

MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA



**Martín Gozálvez
Carlos Herrmann
Eduardo Zappettini**

ISSN: 1666 - 3462

ANALES 39
Buenos Aires • 2004

 INSTITUTO DE
GEOLOGIA Y
RECURSOS
MINERALES

SEGEMAR
SERVICIO GEOLOGICO
MINERO ARGENTINO

**MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA
ARGENTINA**

**SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN
SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO
INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

Anales N° 39

**MINERALES INDUSTRIALES
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA**

MARTÍN R. GOZALVEZ

Dirección de Recursos Geológico-Mineros
IGRM-SEGEMAR

CARLOS J. HERRMANN

Dirección de Recursos Geológico-Mineros
IGRM-SEGEMAR

EDUARDO O. ZAPPETTINI

Director de Recursos Geológico-Mineros
IGRM-SEGEMAR

Buenos Aires – 2004

AUTORIDADES

Secretario de Minería

Ing. JORGE MAYORAL

Presidente del Servicio Geológico Minero Argentino

Ing. JORGE MAYORAL

Secretario Ejecutivo del Servicio Geológico Minero Argentino

Lic. PEDRO ALCÁNTARA

Director del Instituto de Geología y Recursos Minerales

Lic. ROBERTO PAGE

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Av. Julio A. Roca 651 – 10° piso
(C1067ABB) Buenos Aires
República Argentina
www.segemar.gov.ar/segemar@secind.mecon.gov.ar

Referencia bibliográfica

GOZALVEZ, M. R., HERRMANN, C. J. y ZAPPETTINI, E. O., 2004. Minerales Industriales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Anales 39, 371 p. Buenos Aires.

ÍNDICE

CAPÍTULO I MODELOS Y CLASIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

INTRODUCCIÓN	1
CONCEPTOS Y DEFINICIONES	1
MODELOS Y CLASIFICACIÓN DE DEPÓSITOS	
CLASIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES, ROCAS Y GEMAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	2
MODELO DE DEPÓSITOS MINERALES	4
<i>PEGMATITAS COMPLEJAS (3a)</i>	5
<i>PEGMATITAS SIMPLES (3c)</i>	5
<i>CRISOTILO-TALCO-MAGNESITA (5j)</i>	6
<i>AZUFRE FUMARÓLICO (7g)</i>	6
<i>TERMAL (7h)</i>	7
<i>CAOLÍN Y BENTONITA (7i)</i>	7
<i>SEDEX Ba (8d)</i>	7
<i>DEPÓSITOS DE Zn-Pb EN CALIZAS (9c)</i>	8
<i>BARITINA Y CELESTINA ESTRATIFORMES (9d)</i>	8
<i>EVAPORITAS LACUSTRES (Li-B-Na-Mg-K) (9f)</i>	9
<i>EVAPORITAS MARINAS (9g)</i>	9
<i>BENTONITA SEDIMENTARIA (9h)</i>	10
<i>CAOLÍN SEDIMENTARIO (9i)</i>	10
<i>DIATOMITA (9j)</i>	10
<i>ARCILLAS (9m)</i>	11
<i>CEOLITAS (9n)</i>	11
<i>AZUFRE BIOGÉNICO (9o)</i>	12
<i>TALCO-ASBESTO (10e)</i>	13
<i>PERLITAS (11d)</i>	13
<i>ARENAS SILÍCEAS (12e)</i>	13
<i>VERMICULITA (13b)</i>	14
<i>CAOLÍN (13e)</i>	14
<i>BENTONITA (13f)</i>	15
<i>VETAS DE FLUORITA-BARITINA (14h)</i>	15
<i>CUARZO (14j)</i>	15

CAPÍTULO II

GEOLOGÍA Y GÉNESIS DE DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

GÉNESIS DE LOS DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA ARGENTINA, EN EL MARCO DE LA EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA. EPISODIOS MINERALOGENÉTICOS	17
EPISODIOS PRE-PAMPEANO Y PAMPEANO	17
EPISODIOS FAMATINIANOS	18
EPISODIOS GONDWÁNICOS	19
EPISODIOS MESOZOICOS	19
EPISODIOS ÁNDICOS	20
EL MAPA DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	
INTRODUCCIÓN	23
FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS PRE-PAMPEANOS Y PAMPÉANOS	23
<i>DEPÓSITOS MARINOS DEL PRECÁMBRICO SUPERIOR-ORDOVÍCICO</i>	23
<i>BASAMENTO PRECÁMBRICO-CÁMBRICO</i>	25
FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS FAMATINIANOS	26
<i>PLATAFORMA CARBONÁTICA CÁMBRICO-ORDOVÍCICO</i>	26
<i>PLATAFORMA ASOCIADA A VOLCANISMO EXTENSIONAL ORDOVÍCICO</i>	27
<i>TALUD ORDOVÍCICO</i>	29
<i>BASAMENTO ORDOVÍCICO-SILÚRICO</i>	29
<i>GRANITOIDES POST-OROGÉNICOS DEVÓNICO-CARBONÍFEROS</i>	30
<i>SECUENCIAS OFIOLÍTICAS</i>	31
FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS GONDWÁNICOS	34
<i>DEPÓSITOS DE CUENCA CARBONÍFEROS</i>	34
<i>PLATEAU RIOLÍTICO PERMOTRIÁSICO</i>	35
<i>DEPÓSITOS DE CUENCAS INTRACRATÓNICAS TRIÁSICOS</i>	36
<i>DEPÓSITOS DE RIFT JURÁSICOS</i>	37
FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS MESOZOICOS	38
<i>DEPÓSITOS MARINOS JURÁSICO-CRETÁCICOS</i>	38
<i>DEPÓSITOS MARINOS Y LITORALES CRETÁCICO-TERCIARIOS</i>	42
<i>DEPÓSITOS CONTINENTALES CRETÁCICOS</i>	44

FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS ÁNDICOS	46
<i>BASALTOS Y DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS EOCENO-MIOCENOS EN AMBIENTES LAGUNARES</i>	48
<i>DEPÓSITOS LITORALES MIOCENO-HOLOCENOS</i>	49
<i>DEPÓSITOS DE CUENCA NEÓGENOS</i>	50
<i>FACIES EVAPORÍTICAS EN DEPÓSITOS SINOROGÉNICOS TERCIARIOS</i>	53
<i>VOLCANITAS DE ARCO NEÓGENO</i>	55
<i>VOLCANITAS DE ARCO NEÓGENO-CUATERNARIO</i>	56
<i>DEPÓSITOS DE CUENCAS PALUSTRES-LACUSTRES PLEISTOCENOS</i>	57
<i>DEPÓSITOS EVAPORÍTICOS DE SALARES CUATERNARIOS PUNEÑOS</i>	57
<i>DEPÓSITOS EVAPORÍTICOS CUATERNARIOS EN SALARES Y CUENCAS ENDORREICAS</i>	59

CAPITULO III DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ARCILLAS	62
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	64
DEPÓSITOS DE ARCILLAS PRECÁMBRICOS Y PALEOZOICOS	
<i>PROVINCIA DE BUENOS AIRES</i>	64
<i>PROVINCIA DE SAN JUAN</i>	66
<i>PROVINCIA DE LA RIOJA</i>	67
DEPÓSITOS DE ARCILLAS DEL MESOZOICO	
<i>PROVINCIA DEL NEUQUÉN</i>	68
<i>PROVINCIA DE SANTA CRUZ</i>	71
<i>PROVINCIA DE JUJUY</i>	72
DEPÓSITOS DE ARCILLAS DEL TERCIARIO	
<i>PROVINCIA DEL CHUBUT</i>	73
<i>PROVINCIA DE SAN JUAN</i>	74
<i>PROVINCIA DE JUJUY</i>	75
<i>PROVINCIA DE MENDOZA</i>	76
DEPÓSITOS DE ARCILLAS DEL CUATERNARIO	
<i>PROVINCIA DE TUCUMÁN</i>	76
<i>PROVINCIA DE CÓRDOBA</i>	78
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE ARCILLAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	79

ARENA SILÍCEA	81
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	81
ARENAS SILÍCEAS DEL RÍO JARILLA, PROVINCIA DE SAN LUIS	82
ARENAS SILÍCEAS DE DIAMANTE, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS	83
ARENAS SILÍCEAS DE IBICUY, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS	84
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE ARENAS SILÍCEAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	86
AZUFRE	87
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	87
MINA LA BETTY	87
MANIFESTACIONES DE CERRO NIÑO Y SUPISAINO	88
MANIFESTACIONES DE LOS CERROS TINTE Y ZAPALERI	89
MINA JULIA	89
MANIFESTACIONES DEL VOLCÁN DOS CONOS	91
MANIFESTACIONES DEL CERRO JAGÜELITO	91
DEPÓSITO DEL CERRO OVERO	92
CERRO TROMEN, CERRO HUAYLE Y MINA HILDA MARY	92
DEPÓSITO LOS PETISOS	93
FILO MORADO, MANIFESTACIONES DE CERRO PINTADO Y ZONA DE TAQUIMILÁN	95
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE AZUFRE DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	96
BARITINA	98
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	98
DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA CORDILLERA ORIENTAL	99

DISTRITO BARÍTICO CANOTA	100
BARITINA EN LA CUENCA NEUQUINA	101
<i>DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA FORMACIÓN LOS MOLLES. YACIMIENTO</i>	
<i>ARROYO NUEVO</i>	102
<i>DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA FORMACIÓN TÁBANOS</i>	103
<i>DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA FORMACIÓN LA MANGA Y FORMACIÓN</i>	
<i>AUQUILCO</i>	104
MINA OMEGA	109
DISTRITO LA HELVECIA	109
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE BARITINA	
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	112
BENTONITA	114
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	114
DEPÓSITOS DE BENTONITA EN PRECORDILLERA	115
DEPÓSITOS DE BENTONITAS EN LA CUENCA NEUQUINA	116
<i>PROVINCIA DE RÍO NEGRO</i>	118
<i>PROVINCIA DE LA PAMPA</i>	119
<i>PROVINCIA DEL NEUQUÉN</i>	119
DEPÓSITOS DE BENTONITA EN LA CORDILLERA ORIENTAL (NOA)	
<i>PURMAMARCA Y TILCARA</i>	120
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE	
BENTONITA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	122
BORATOS	124
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	124
BORATOS TERCIARIOS	125
<i>YACIMIENTO LOMA BLANCA</i>	126
<i>MANIFESTACIÓN CAUCHARI</i>	128
<i>MANIFESTACIÓN NARCISO</i>	129
<i>YACIMIENTO TINCALAYU</i>	129
<i>BORATOS EN LA DEPRESIÓN DE PASTOS GRANDES</i>	130
BORATOS CUATERNARIOS	
<i>SALAR CAUCHARI</i>	133
<i>SALAR OLAROS</i>	135

<i>SALAR JAMA</i>	135
<i>LAGUNA VILAMA</i>	136
<i>LAGUNA GUAYATAYOC</i>	136
<i>SALINAS GRANDES</i>	137
<i>TURI LARI</i>	137
<i>OTROS DEPÓSITOS Y MANIFESTACIONES DE BORATOS EN LA PROVINCIA DE JUJUY</i>	138
<i>SALAR DEL HOMBRE MUERTO</i>	138
<i>SALAR DIABLILLOS</i>	139
<i>SALAR RATONES</i>	139
<i>OTROS SALARES CON BORATOS DE LA PUNA AUSTRAL</i>	140
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE BORATOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	141
CAOLÍN	145
YACIMIENTOS DE LA ARGENTINA	145
DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN JUJUY	
<i>PEÑAS BLANCAS</i>	146
<i>CHOCOITE Y TACANAITE</i>	146
DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN	
<i>LA DEHEZA</i>	147
<i>LA CHIGUA</i>	147
DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS	148
DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	148
DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	
<i>ZONA DE LOS MENCUCOS</i>	150
<i>AGUADA DE GUERRA</i>	151
<i>CODIHUÉ Y LA CHIQUITA</i>	151
<i>COMALLO</i>	152
DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LAS PROVINCIAS DE CHUBUT Y SANTA CRUZ	152
<i>DEPÓSITOS DE CAOLÍN RESIDUAL EN LAS PROVINCIAS DE CHUBUT Y SANTA CRUZ</i>	153
<i>DEPÓSITOS DE CAOLÍN HIDROTERMAL EN LA PROVINCIA DEL CHUBUT</i>	153
<i>DEPÓSITOS DE CAOLÍN SEDIMENTARIO EN LAS PROVINCIAS DE CHUBUT Y SANTA CRUZ</i>	154
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE CAOLÍN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	155

CELESTINA	157
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	157
DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LA CUENCA NEUQUINA	157
<i>DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LA FORMACIÓN TÁBANOS</i>	158
<i>DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LAS FORMACIONES LA MANGA – AUQUILCO</i>	159
<i>DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LA FORMACIÓN HUITRÍN</i>	161
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE CELESTINA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	165
CEOLITAS	166
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	167
CEOLITAS EN EL DISTRITO PAGANZO, PROVINCIAS DE LA RIOJA	167
CUARZO, FELDESPATO, MICA	
CUARZO	168
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	169
FELDESPATO	170
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	171
MICAS	172
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	172
DISTRITO PEGMATÍTICO EL QUEMADO, SALTA	175
DISTRITO PEGMATÍTICO AMBATO, CATAMARCA	176
DISTRITO PEGMATÍTICO ANCASTI, CATAMARCA	177
DISTRITO PEGMATÍTICO QUILMES, TUCUMÁN	178
DISTRITO PEGMATÍTICO SIERRA BRAVA, LA RIOJA	180
PEGMATITAS DE MAZÁN, LA RIOJA	180
DISTRITO PEGMATÍTICO VALLE FÉRTIL, SAN JUAN	182

DISTRITO PEGMATÍTICO ALTAUTINA, CÓRDOBA	183
DISTRITO PEGMATÍTICO COMECHINGONES, CÓRDOBA	184
DISTRITO PEGMATÍTICO ALTA GRACIA, CÓRDOBA	186
DISTRITO PEGMATÍTICO PUNILLA, CÓRDOBA	188
DISTRITO PEGMATÍTICO CONLARA, SAN LUIS	189
DISTRITO PEGMATÍTICO LA ESTANZUELA, SAN LUIS	190
DISTRITO PEGMATÍTICO TOTORAL, SAN LUIS	191
FILONES DE CUARZO DE ALPA CORRAL, PROVINCIA DE CÓRDOBA	193
CUARZO DE YACIMIENTOS HIDROTERMALES TIPO GREISEN DE CUARZO-SERICITA	193
YACIMIENTO DE CUARZO CERRO BLANCO, PROVINCIA DE SAN LUIS	194
ALBITA EN PEGMATITAS, PROVINCIA DE CÓRDOBA	195
ALBITA EN EL COMPLEJO GRANÍTICO ACHALA, CÓRDOBA	196
GRANITOIDES CON ALTO CONTENIDO ALCALINO RELACIONADOS CON LOS COMPLEJOS METAMÓRFICOS DE CÓRDOBA	197
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE CUARZO- FELDESPATO-MICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	198
DIATOMITA	203
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	203
DIATOMITAS EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	204
DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN	206
DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA	207
DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN	
<i>REGIÓN DE CALINGASTA</i>	208
<i>REGIÓN DE IGLESIA</i>	208
DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA	209

DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE SALTA	
<i>MINA SOCOMPA</i>	210
<i>MINAS LA ANDINA, VIVIANA Y OTRAS</i>	211
MANIFESTACIONES DE DIATOMITAS EN LA PROVINCIA DE JUJUY	211
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE DIATOMITA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	212
FLUORITA	215
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	215
SIERRAS PAMPEANAS	
<i>DEPARTAMENTO EL ALTO, PROVINCIA DE CATAMARCA</i>	216
<i>PROVINCIA DE LA RIOJA</i>	217
<i>PROVINCIA DE CÓRDOBA</i>	218
<i>DISTRITO SAN MARTÍN, PROVINCIA DE SAN LUIS</i>	220
<i>DISTRITO RÍO SECO, PROVINCIA DE SAN LUIS</i>	220
<i>MINA RUTH ESTELA, PROVINCIA DE SAN JUAN</i>	221
CORDILLERA FRONTAL	
<i>DISTRITO FLUORÍTICO PATA DE INDIO, SAN JUAN</i>	221
BLOQUE DE SAN RAFAEL	
<i>DISTRITO AGUA ESCONDIDA Y CERRO DIAMANTE, PROVINCIA DE MENDOZA</i>	222
MACIZO NORDPATAGÓNICO	
<i>FLUORITA EN LAS PROVINCIA DE RÍO NEGRO Y CHUBUT</i>	225
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE FLUORITA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	228
MAGNESITA	238
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	238
MAGNESITA EN EL ÁREA DE TUPUNGATO, PROVINCIA DE MENDOZA	238
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MAGNESITA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	241
ÓNIX	242
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	242

ÓNIX EN LA PROVINCIA DE JUJUY	
<i>MINA PUCARÁ</i>	242
<i>TELAR CUEVA O CUEVA DE TIGRE</i>	243
ÓNIX EN LA PROVINCIA DE SALTA	
<i>ARITA</i>	243
<i>HUAYTIQUINA</i>	244
ÓNIX EN LA PROVINCIA DE CATAMARCA	
<i>MINA INCA Y MÓNICA</i>	245
<i>MINA LAURITA</i>	245
ÓNIX EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS	
<i>CANTERA SANTA ISABEL, CANTERA CÓRDOBA, POTRERILLO Y LAS TOSCAS</i>	245
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE ÓNIX DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	248
PERLITA	249
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	250
PERLITAS EN LA PROVINCIA DE SALTA	250
DEPÓSITOS DE PERLITAS EN CATAMARCA	252
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE PERLITA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	253
ROCAS CARBONÁTICAS (CALIZA, DOLOMÍA Y MÁRMOL)	254
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	254
DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS	
<i>DEPÓSITOS PRECÁMBRICOS</i>	255
<i>DEPÓSITOS PALEOZOICOS</i>	256
<i>DEPÓSITOS MESOZOICOS</i>	259
<i>DEPÓSITOS CENOZOICOS</i>	264
DEPÓSITOS METAMÓRFICOS	
<i>PROVINCIA DE CÓRDOBA</i>	265
<i>PROVINCIA DE SAN LUIS</i>	266
<i>PROVINCIA DE TUCUMÁN</i>	267
<i>PROVINCIA DE CATAMARCA</i>	268
<i>PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO</i>	268
<i>PROVINCIA DE SALTA</i>	269

<i>PROVINCIA DE JUJUY</i>	270
<i>PROVINCIA DE RÍO NEGRO</i>	270
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE ROCAS CARBONÁTICAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	271
SAL (HALITA Y SALMUERAS)	276
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	276
DEPÓSITOS DE SAL EN LA PUNA	277
<i>SALINAS GRANDES</i>	277
<i>SALAR DEL RINCÓN</i>	278
<i>SALAR POCITOS</i>	279
<i>SALAR TACA TACA</i>	279
<i>TOLAR GRANDE</i>	280
SALMUERAS EN LAS SIERRAS SUBANDINAS	
<i>SALINAS DEL TIMBÓ, TUCUMÁN</i>	280
DEPÓSITOS DE SAL EN LAS SIERRAS PAMPEANAS	
<i>SALINAS GRANDES</i>	282
<i>SALINA LA ANTIGUA</i>	283
<i>SALINAS DE MASCASÍN Y PAMPA DE LAS SALINAS</i>	283
<i>MAR CHIQUITA</i>	284
<i>SALINA DEL BEBEDERO</i>	284
DEPÓSITOS DE SAL EN LA CORDILLERA FRONTAL	
<i>SALINA EL LEONCITO</i>	286
DEPÓSITOS DE SAL EN LA REGIÓN PAMPEANA	286
DEPÓSITOS DE SAL EN EL MACIZO NORDPATAGÓNICO	
<i>SALINAS EL GUALICHO</i>	289
DEPÓSITOS DE SAL DE ROCA EN LA CUENCA NEUQUINA	
<i>PROVINCIA DE MENDOZA</i>	291
<i>PROVINCIA DEL NEUQUÉN</i>	292
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE SAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	293
SALES DE POTASIO	297
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	297

CLORURO DE POTASIO EN LA CUENCA NEUQUINA (PROVINCIAS DE MENDOZA Y NEUQUÉN)	297
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE SALES DE POTASIO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	300
SULFATO DE SODIO	301
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	301
DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN LA REGIÓN PAMPEANA	301
DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN LA PUNA	304
<i>SALAR RÍO GRANDE</i>	304
<i>SALAR POCITOS</i>	305
<i>SALAR CAUCHARI</i>	305
<i>LAGUNA SOCOMPA</i>	306
DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN LA CORDILLERA FRONTAL	
<i>LAGUNA BRAVA</i>	306
DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN EL NORTE DE MENDOZA	
<i>SULFATERA GENERAL SAN MARTÍN</i>	307
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE SULFATO DE SODIO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	309
SULFATOS DE ALUMINIO Y MAGNESIO	311
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	311
DEPÓSITOS DE SULFATO DE ALUMINIO Y MAGNESIO EN PRECORDILLERA	311
DEPÓSITOS DE SULFATO DE ALUMINIO Y MAGNESIO EN LA CORDILLERA FRONTAL	313
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE SULFATOS DE ALUMINIO Y MAGNESIO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	315
TALCO	316
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	316
DEPÓSITOS DE TALCO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA	317

DEPÓSITOS DE TALCO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN	
<i>MINA DON LEÓN</i>	318
<i>MINA ARCADIA Y LAPRIDA</i>	319
<i>MINA CERRO ALTO</i>	319
DEPÓSITOS DE TALCO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA	
<i>MINA JUANCHO</i>	319
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE TALCO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	321
TRAVERTINO	323
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	323
TRAVERTINOS DE LA PROVINCIA DE JUJUY	
<i>CANTERA EL TOBA</i>	323
TRAVERTINOS DE LA PROVINCIA DE SALTA	
<i>MINA EL SAUCE</i>	324
TRAVERTINOS DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA	
<i>MINA SANTA BÁRBARA</i>	324
<i>AGUA SALADA-TRES CERRITOS</i>	325
<i>CUCHILLA NEGRA-POTRERO GRANDE</i>	325
TRAVERTINOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA	326
<i>BOLSÓN DE LAS SALINAS Y DEAN FUNES</i>	326
<i>CERRO AZUL</i>	326
<i>LA PLAYA</i>	327
<i>MESA LA ARGENTINA</i>	327
TRAVERTINOS DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN	
<i>LA LAJA-EL SALADO</i>	328
TRAVERTINOS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA	
<i>DISTRITO MINERO N°12, VILLA 25 DE MAYO-SAN RAFAEL</i>	328
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE TRAVERTINO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	330
VERMICULITA	331
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	331

DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE MENDOZA <i>MINA DON ALBERTO</i>	332
DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA <i>ZONA DE LOS GUANACOS</i>	333
<i>ZONA DE SAN ROQUE-AMBOY</i>	333
<i>ZONA DE POTRERO DE LOZA</i>	334
DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN <i>YACIMIENTO LOMAS BLANCAS</i>	334
DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS <i>MINAS "DIANITA" Y "DOS HERMANOS"</i>	335
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE VERMICULITA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	336
YESO	337
YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA	337
DEPÓSITOS DE YESO DEL MESOZOICO. CUENCA NEUQUINA <i>PROVINCIA DE MENDOZA</i>	338
<i>PROVINCIA DEL NEUQUÉN</i>	339
<i>PROVINCIA DE RÍO NEGRO</i>	340
DEPÓSITOS DE YESO DEL CRETÁCICO Y TERCIARIO <i>PROVINCIA DEL CHUBUT</i>	340
<i>PROVINCIA DE SAN LUIS</i>	341
<i>PROVINCIA DE SAN JUAN</i>	342
<i>PROVINCIA DE LA RIOJA</i>	343
<i>PROVINCIA DE CATAMARCA</i>	344
<i>PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO</i>	344
<i>PROVINCIA DE TUCUMÁN</i>	345
<i>PROVINCIA DE SALTA</i>	346
DEPÓSITOS DE YESO DEL CUATERNARIO <i>PROVINCIA DE ENTRE RÍOS</i>	347
<i>PROVINCIA DE BUENOS AIRES</i>	348
<i>PROVINCIA DE LA PAMPA</i>	351
INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE YESO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	353

ANEXO

**MAPA DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA
ARGENTINA (ESCALA 1:2.500.000)**

(I) NORTE

(II) SUR

CAPÍTULO I

MODELOS Y CLASIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

INTRODUCCIÓN

Minerales Industriales de la República Argentina y el mapa escala 1:2.500.000 es un trabajo de síntesis sobre los depósitos no metalíferos, que añade elementos de interpretación geológica para la determinación de áreas favorables para la ocurrencia de este tipo de minerales. Para su elaboración fue necesario reunir los estudios y caracterizaciones yacimientológicas realizadas por diversos autores a lo largo de las últimas décadas y los nuevos conceptos de clasificación y asociación de depósitos minerales.

Los recursos minerales no metalíferos abarcan un amplio campo de estudio, íntimamente ligado a la industria y donde confluyen conceptos geológicos, económicos, ingenieriles y ambientales, entre otros. Por ello es importante aclarar que el presente trabajo se circunscribe al estudio y análisis estrictamente geológico de los siguientes minerales industriales:

Arcillas
 Arena silícea
 Azufre
 Baritina
 Bentonita
 Boratos
 Caolín
 Celestina
 Ceolitas
 Cuarzo
 Diatomita
 Feldespato
 Fluorita
 Magnesita
 Mica (muscovita)
 Ónix
 Perlita
 Rocas carbonáticas (caliza, dolomía y mármol)
 Sal (halita y salmueras)
 Sales de potasio
 Sulfatos de Al y Mg
 Sulfato de sodio
 Talco
 Travertino
 Vermiculita
 Yeso

En el trabajo se han establecido los mecanismos de formación y emplazamiento de los principales

depósitos de minerales industriales del país y se han definido parámetros que orienten la exploración minera, proponiendo zonas de favorabilidad para las diversas yacencias. Esto es resultado de la integración del conocimiento geológico, paleogeográfico y geotectónico con los aspectos genéticos de los yacimientos.

La presente publicación constituye un nuevo aporte al conocimiento de los recursos minerales de la República Argentina y en particular el de minerales industriales. Su diagramación es semejante a la del libro de Recursos Minerales de la República Argentina publicado por el Servicio Geológico Minero Argentino en el año 1999 y con el cual se presentó el Mapa Metalogenético escala 1:2.500.000. Gran parte de los conceptos vertidos en la Normativa de Realización de las Cartas de Minerales Industriales, Rocas y Gemas de la República Argentina han sido aplicados en la producción de este trabajo.

Esta primer versión del Mapa de Minerales Industriales de la República Argentina será actualizada y completada en los próximos años con el tratamiento de nuevos minerales y gemas.

La obra fue realizada por la Dirección de Recursos Geológico-Mineros del Instituto de Geología y Recursos Minerales, dependiente del SERVICIO GEOLOGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR). La elaboración correspondió a Martín R. Gozalvez – en el marco de la beca “Génesis y evaluación del potencial de minerales industriales de la Argentina”- y a Carlos J. Herrmann – Coordinador de Cartas de Minerales Industriales, Rocas y Gemas de la República Argentina-, con la supervisión de Eduardo O. Zappettini.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Rocas y minerales industriales: son recursos minerales difíciles de definir y clasificar debido a su carácter ambiguo, pues algunas de estas sustancias no sólo son utilizadas en procesos industriales sino que también conforman “menas”

de algún elemento metálico. Algunos de los innumerables ejemplos son la magnesita y el cuarzo, los que además de ser explotados por sus propiedades físicas y químicas, útiles en la industria, pueden serlo también para extraer de ellos Mg y Si metal, respectivamente. En este trabajo se definirá como minerales industriales a todas las *sustancias minerales utilizadas en procesos industriales, directamente o mediante una preparación adecuada, en función de sus propiedades físicas y químicas, y no en función de las sustancias potencialmente extraíbles de las mismas ni de su energía* (Lombardero, 1999).

Litotecto: unidad litoestratigráfica que contiene o es favorable para contener un grupo de yacimientos coétaneos y genéticamente relacionados y correspondientes a un modelo determinado.

Mineralotecto: área mineralizada y/o con indicios de uno o más minerales asociados y relacionados en el tiempo y en su génesis. Definen la extensión de posibles áreas de acumulación. A diferencia de los litotectos, los mineralotectos se refieren a mineralizaciones epigenéticas, en los que la mineralización puede no estar vinculada con la roca que la contiene.

Faja litogenética: unidad geológica que contiene o es favorable para contener un grupo de modelos de depósitos de minerales industriales genéticamente relacionados. Las fajas litogenéticas involucran litotectos de edad y ambiente de formación conocidos.

Episodio mineralogenético: suceso generador de depósitos de minerales no metalíferos en relación con procesos geológicos que actuaron en un lapso determinado bajo un régimen geotectónico dominante. Establecer el inicio y finalización de cada episodio depende del conocimiento alcanzado sobre los grandes eventos geotectónicos que afectaron al territorio nacional y continental.

Modelo: un modelo de depósito mineral es una norma conceptual y/o empírica que incluye los rasgos descriptivos del tipo de depósito y una explicación de estos rasgos en términos de procesos geológicos (Hodgson, 1987). Estos modelos son ampliamente usados en la exploración minera como una base para predecir

el potencial exploratorio de áreas que pueden variar su escala desde grandes regiones hasta pequeñas zonas. El modelo puede ser empírico (descriptivo), en cuyo caso se reconocen una serie de atributos esenciales, aunque no se establece la relación entre ellos; o bien puede ser teórico (genético), en donde los atributos están interrelacionados a través de algún fundamento conceptual (Cox y Singer, 1986).

MODELOS Y CLASIFICACIÓN DE DEPÓSITOS

CLASIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES, ROCAS Y GEMAS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

En el presente mapa se utiliza la Clasificación de Depósitos Minerales de la República Argentina (Zappettini, 1999a). Para una mayor comprensión y simplificación de la clasificación sólo se muestran los modelos de depósitos de minerales industriales (Tabla 1).

Esta clasificación de depósitos minerales está compuesta por una serie de **modelos**, que describen sistemáticamente a los depósitos y los explican en función de procesos geológicos, pudiendo constituir modelos empíricos (descriptivos) o conceptuales (genéticos), divididos en **grupos** que los separan según características genéticas comunes. Es una clasificación que ha seguido, esencialmente, el esquema de ambiente lito-tectónico de Cox y Singer (1986), en donde los diversos modelos de depósitos minerales están separados *por ambiente de formación de la roca encajonante* (ígneas, sedimentaria o metamórfica) y/o el *ambiente lito-tectónico del proceso de mineralización*.

El modelo 9c, presente en la clasificación de depósitos minerales metalíferos y no metalíferos (Zappettini, 1999a) ha sido incluido para clasificar los depósitos de baritina del yacimiento La Helvecia y, además, se ha redefinido el modelo 10i incluyendo en él al conjunto de rocas metamórficas con utilidad industrial (pizarra, gneis, mármol, etc.). También se ha removido de la clasificación primeramente citada al modelo 10g (vermiculita), quedando como único modelo descriptivo de depósitos de vermiculita el 13b (del grupo de depósitos residuales y de alteración).

Grupo	1	Depósitos asociados a rocas máficas y ultramáficas		Modelo USGS	Modelo BCGS
Modelos	1b	Fe-Ti en gabros-piroxenitas	Fe-Ti (\pm V)- Ilmenita	3	M05
	1d	Kimberlitas	Diamantes	12	N02
	1e	Olivina	Olivina		
	1f	Rocas ornamentales	Gabros, ultramafitas - Verde Alpe	8j	
Grupo	2	Depósitos carbonatíticos y vetas asociadas			
Modelos	2a	Cuerpos diqueformes y vetiformes	Th-ETR	10b – 11d	N01
	2b	Stock carbonatíticos	Flogopita-Apatita		M08
Grupo	3	Depósitos pegmatíticos			
Modelos	3a	Pegmatitas complejas	Be-Li (-Aguamarina)	13a/b	O01
	3c	Pegmatitas simples	Feldespato-Cuarzo-Mica	13e/f/g	O03/O4
	3d	Pegmatitas desilicatadas	Corindón		Q09
	3e	Pegmatitas aluminíferas	Andalucita		
Grupo	5	Depósitos metamórficos			
Modelos	5g	Berilo		18h	
	5h	Topacio-Fluorita			
	5i	Granatitas	Granate		K08
	5j	Crisotilo-Talco-Magnesita		8f	M07-I17
	5k	Skarn wollastonítico	Wollastonita	18g	K09
5l	Skarn pirítico	Pirita			
Grupo	6	Depósitos asociados a granitoides (incluye rocas sieníticas)			
Modelos	6e	Minerales industriales	Corindón, nefelina		R13
	6f	Rocas	Granito, sienita, etc.		R03
Grupo	7	Depósitos epitermales y de transición			
Modelos	7g	Azufre fumarólico	Azufre	25m	
	7h	Termal	Travertino-Boratos	35d – 35b.3	H01
	7i	Caolín y bentonita	Caolín – Bentonita	251.2-51.1	H09
	7j	Pirita	Pirita		
Grupo	8	Depósitos sedimentario-exhalativos y volcanogénicos submarinos			
Modelos	8d	SEDEX baritina	Baritina	31b	E17
	8f	Volcanogénicos piríticos	Pirita		G06
Grupo	9	Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos			
Modelos	9c	Depósitos de Zn-Pb en calizas	Zn-Pb-Ba+Cu		E13
	9d	Baritina y celestina estratiforme	Baritina - celestina	31b – 35a.1	E17- F04
	9f	Evaporitas lacustres	Yeso, halita, silvita, boratos, sulfatos (Mg-K-Ca-Li)	35b.4/b.5 /b.3	F09
	9g	Evaporitas marinas	Yeso, halita, silvita	35a.2/3/5	F02
	9h	Bentonita sedimentaria	Bentonita	28e.1/2	E06
	9i	Caolín sedimentario	Caolín	31k.3	E07
	9j	Diatomita lagunar	Diatomita	31s	F06
	9k	Caliza-Dolomía	Caliza-Dolomía	32g	R09/10
	9l	Fosforita	Fosforita	34c/d	F07/08
	9m	Arcillas	Arcillas		E07
	9n	Ceolitas	Ceolitas	25o	
	9o	Azufre biogénico	Azufre		F03
	9p	Alunita	Alunita		
	9q	Guano	Guano		
	9r	Rocas clásticas	Cuarzitas, conglomerados, etc.	30d/e	R06
9s	Tosca	Tosca			

Continuación

Grupo	10	Depósitos metamórficos		Modelo USGS	Modelo BCGS
Modelos	10a	Grafito	Grafito	37f	P03
	10b	Silicatos de Al-Ca	Sill.-And.-Cianita, wollastonita		P01/02
	10c	Granate	Granate		P01
	10d	Corindón	Corindón		P06
	10e	Talco-Asbesto	Talco	18m	E08
	10f	Magnesita	Magnesita	18l	E09
	10h	Esmeril	Corindón+magnetita+espinelo		P06
	10i	Rocas	Pizarra, Mármol, Gneis		R08
Grupo	11	Depósitos asociados a volcanismo subaereo			
Modelos	11d	Perlita	Perlita	25k.1	R12
	11e	Piroclastos	Pumicita, puzzolana, etc.	25k.2/k.3	R11
	11f	Piroclastitas	Tobas, ignimbritas, etc.		
	11g	Rocas	Basalto, traquita, andesita, pórfiro		R05
	11h	Sílice hidrotermal	Amatista, cuarzo, ágata, ópalo		Q3/4/11
Grupo	12	Depósitos de placer y sedimentos			
Modelos	12c	Ti-Fe – Ilmenita		39c	C03
	12d	Granate-Monacita		39g	C03
	12e	Arenas silíceas		39i	
	12f	Zafiro, rubí, diamante		39d	C01
	12g	Aridos	Arenas, gravas		B12
Grupo	13	Depósitos residuales y de alteración			
Modelos	13a	Formación ferrífera laterítica	Fe (\pm Ti \pm Al)	38h	B01
	13b	Vermiculita	Vermiculita		M08
	13c	Ocres	Ocres		
	13d	Sulfatos de Al-Mg	Sulfatos de Al-Mg		
	13e	Caolín	Caolín		B05
	13f	Bentonita	Bentonita		E06
	13g	Magnesita	Magnesita		
	13h	Ceolitas	Ceolitas		
Grupo	14	Vetas y brechas (de asignación genética diversa)			
Modelos	14h	F-Ba	Fluorita-Baritina	26b/c – 27e	I10/11
	14i	Asfaltitas	Asfaltita		
	14j	Cuarzo	Cuarzo	Parc. 13g	
	14k	Grafito	Grafito	37g	P05
	14l	Calcita	Calcita, espato de Islandia		

Tabla 1: Clasificación de Depósitos de minerales industriales, rocas y gemas en la República Argentina (Zappettini, 1999), con las modificaciones que se citan en este trabajo.

MODELOS DE DEPÓSITOS MINERALES

Los modelos de depósitos minerales describen las características esenciales de un tipo de depósito y las explican en función de procesos geológicos. Cada modelo tiene su nombre y se le ha asignado un código alfanumérico en base a su ubicación en la clasificación de depósitos minerales. Dicha clasificación ha sido expuesta en el apartado anterior.

El formato presentado por estos modelos es similar a los publicados por el SEGEMAR (Zappettini, 1999a) y los Servicios geológicos de Estados Unidos (USGS, *United States Geological*

Survey) y Columbia Británica (BC, *British Columbia Geological Survey*).

La descripción de los modelos en cuyo nombre figura un asterisco (*) se extrajo de Zappettini (1999a). Cuando en las referencias primarias aparece el signo numeral (#) dicho modelo no ha sido publicado por el respectivo servicio geológico, por ende la descripción del mismo se basa en la información publicada sobre los depósitos, el conocimiento de los autores y toda aquella información adicional que contribuya a sistematizar las características de los mismos.

A continuación se presenta una breve explicación de cada uno de los ítem que integran las fichas de modelos de depósitos de minerales industriales.

NOMBRE DEL MODELO

Grupo: código y nombre del grupo al cual pertenece el modelo según la clasificación de depósitos minerales (Zappettini, 1999).

Modelo: código alfanumérico del modelo según la clasificación de depósitos minerales (Zappettini, 1999).

Referencia primaria: código alfanumérico de un modelo de iguales características definido por otro Servicio geológico.

Otras referencias: código alfanumérico de un modelo de similares características definido por otro Servicio geológico.

Descripción: principales características de los depósitos y mención de los procesos geológicos que las generan.

Marco geotectónico: ambiente geotectónico donde es factible que ocurra este tipo de modelo de depósitos.

Mineralogía: minerales de interés económico.

Ganga: minerales no económicos.

Alteración: minerales y procesos de alteración.

Control de la mineralización: todo aquel elemento geológico (litología, estructura, otro), proceso natural (clima, etc.), parámetro físico (distancia, profundidad, otro) o parámetro químico (composición de fluidos, etc.) que favorece la formación de depósitos.

Características geoquímicas: asociación de elementos químicos que caracterizan las áreas donde ocurren depósitos del modelo citado.

Características geofísicas: señales geofísicas características del tipo de depósito.

Modelo de ley y tonelaje: es un modelo que nace del análisis estadístico de leyes y tonelajes de varios ejemplos de un mismo tipo de depósito. Gráficamente consiste en un modelo de distribución lognormal con valores de ley o tonelaje representados en las abscisas (escala logarítmica) y de frecuencia acumulada en las ordenadas. Proveen información de la magnitud y calidad del tipo de depósito, además de ser usados para predecir la probable ley y tonelaje de depósitos no conocidos.

Ejemplos de yacimientos: depósitos en Argentina que se ajustan al modelo.

Edad y ambiente geotectónico: tiempo y espacio de ocurrencia de los depósitos argentinos que responden al modelo.

*PEGMATITAS COMPLEJAS**

Grupo: 3 (Depósitos pegmatíticos)

Modelo: 3a

Referencia primaria: USGS 13 a/b[#]

Otras referencias: BC O01[#] - GSC 21[#]

Descripción: cuerpos vetiformes o lenticulares con un rango muy variado de dimensiones y formas: irregulares, elipsoidales a tabulares. En ambientes metamórficos normalmente son concordantes con la foliación de la roca hospedante. Presentan zonación con mineralogía característica. Se asocian a granitos peraluminosos a subalcalinos, originados por fusión de rocas de la corteza superior no deprimida.

Marco geotectónico: Terrenos metamórficos afectados por magmatismo de arco y magmatismo postcolisional.

Mineralogía: Amblygonita, espodumeno, lepidolita, berilo, plagioclasa, cuarzo, microclino, pertita, muscovita, triplita, apatita, turmalina.

Alteración: Albitización

Control de la mineralización: Características físico-químicas de los fluidos; distancia a la intrusión.

Características geoquímicas: Li, Rb, Cs, Be. Localmente P, Ta, Nb, F, W, Zr, U, Th, B

Características geofísicas: Anomalías radimétricas (Be y localmente U-Th). La gravimetría puede ser útil para delimitar los cuerpos.

Modelo de ley y tonelaje: Extremadamente variable; varían entre miles y millones de toneladas. En la mayoría de los depósitos Be y Li son obtenidos como subproductos. En los yacimientos principales las leyes varían entre 0,04 y 0,15% Be y entre 0,6 y 2,7% Li.

Ejemplos de yacimientos: Las Tapias, Córdoba (Be: 125 t - Li: 30 t). Campo El Abra, Catamarca (0,01 Mt - Li: 1%). Loma Pelada, Catamarca (0,04 Mt - Li: 2,5%).

Edad y ambiente geotectónico: arco magmático paleozoico inferior y magmatismo postcolisional paleozoico medio.

PEGMATITAS SIMPLES

Grupo: 3 (Depósitos pegmatíticos)

Modelo: 3c

Referencia primaria: USGS 13.e./f./g.[#]

Otras referencias: BC O03/04[#]

Descripción: rocas hipabisales de grano grueso compuestas esencialmente por cuarzo y feldespato. Componen cuerpos de tamaño y formas muy variables, concordantes o discordantes con las estructuras de metamorfitas y rocas plutónicas. Comúnmente presentan zonas diferenciadas por su espesor, tamaño de grano y mineralogía. Las pegmatitas graníticas comienzan

a cristalizar a los 800° - 700° C y en el rango de 700° a 600° C cristaliza la mayor parte de la pegmatita. Turmalina, muscovita, berilo y topacio cristalizan en el rango de 600° a 500° C.

Marco geotectónico: terrenos de basamento metamórfico y rocas plutónicas o batolitos. Las pegmatitas con alto contenido en micas ocurren, generalmente, en antiguos escudos asociados a ciclos magmáticos precámbricos.

Mineralogía: cuarzo, plagioclasa, microclino, muscovita.

Ganga: turmalina, granate, apatita, biotita, vermiculita, circón.

Alteración: caolinización.

Control de la mineralización: la temperatura, presión y composición del fluido magmático y de la roca de caja influyen en el tipo de mineralización. Fallas, fracturas y exfoliación controlan el emplazamiento.

Características geofísicas: la gravimetría puede ser útil para delimitar los cuerpos.

Modelo de ley y tonelaje: entre 50.000 t y 1,4 Mt de cuarzo (contenido medio de 0,26 Mt) y leyes entre 94% y 99% SiO₂.

Ejemplos de yacimientos: Juanita, Córdoba (cuarzo: 0,16 Mt, feldespatos: 0,65 Mt). Distrito Quebrada de las Cañas, Catamarca (muscovita: 850t).

Edad y ambiente geotectónico: Ciclo orogénico pampeano, Neoproterozoico - Paleozoico inferior.

CRISOTILO-TALCO-MAGNESITA

Grupo: 5 (Depósitos metasomáticos)

Modelo: 5j

Referencia primaria: BC M07 e I17

Otras referencias: USGS parc. 8f

Descripción: depósitos de geometría irregular, en algunas ocasiones presentan forma lenticular y en otras la magnesita se presenta en vetas, stockworks o como cemento de brechas. Se alojan a lo largo de fallas regionales que atraviesan complejos ultramáficos o bien en los contactos entre las rocas ultramáficas y rocas de cajas ricas en sílice. Estos depósitos son comúnmente ricos en magnesita y se generan por el metasomatismo de rocas ultramáficas (carbonatización e hidratación) debido al contacto con fluidos que ascienden por fallas. La serpentina reacciona con el CO₂ y H₂O de los fluidos y genera talco y magnesita.

Marco geotectónico: suturas acrecionales. Intrusiones ultramáficas serpentinizadas de cualquier ambiente.

Mineralogía: talco, crisotilo, magnesita.

Ganga: dolomita, serpentina, tremolita, clorita, ankerita, braunerita, olivina, magnetita, cuarzo, pirita, rutilo, calcita, pirrotina, pentlandita.

Control de la mineralización: rocas con altos contenidos de magnesio. Zonas permeables (fallas o contactos litológicos).

Características geoquímicas: suelos formados en zonas ricas con talco podrían contenerlo. Los elementos Mg, Fe, Cr, Ni, Co conforman una *suite* característica de las rocas ultramáficas y pueden detectarse en suelos y sedimentos de corriente y lagos. Zonas con vetas de magnesita podrían contener Hg por encima del valor promedio.

Características geofísicas: las zonas enriquecidas en talco presentan bajos magnéticos relativos.

Modelo de ley y tonelaje: las leyes y tamaños de estos depósitos son muy variables. Generalmente ocurren en cuerpos de 30 a 300 metros de largo y 0,30 a 30 metros de ancho.

Ejemplos de yacimientos: Distrito Cortaderita-Yalguaraz, Mendoza (talco: 0,4 Mt). Cuerpo N°1 y 7, Mendoza (magnesita).

Edad y ambiente geotectónico: suturas acrecionales, Precámbrico - Devónico superior.

AZUFRE FUMARÓLICO*

Grupo: 7 (Depósitos epitermales y de transición)

Modelo: 7g

Referencia primaria: USGS 25 m

Otras referencias: - - -

Descripción: venillas, *stockworks* y zonas de impregnación de azufre en niveles de tobas y coladas andesíticas en estratovolcanes.

Marco geotectónico: Volcanismo de arco de margen continental.

Mineralogía: Azufre nativo

Ganga: Yeso

Alteración: Argilización

Control de la mineralización: Zonas de brecha y fracturas vinculadas con centros eruptivos.

Características geoquímicas: S, Hg

Características geofísicas: Bajos magnéticos.

Modelo de ley y tonelaje: Los depósitos tienen tonelajes entre 0,11 y 9,3 Mt con leyes entre 16,5 y 65,6% de S. Los tonelajes y leyes medios son: 1,01 Mt con 41, 1% S.

Ejemplos de yacimientos: La Casualidad, Salta (3,55 Mt - 22,5% S). Volcán Overo, Mendoza (1,25 Mt - 40% S).

Edad y ambiente geotectónico: Magmatismo de arco terciario.

TERMAL

Grupo: 7 (Depósitos epitermales y de transición)

Modelo: 7h

Referencia primaria: BC H01

Descripción: *geiseres* y manantiales termales que descargan aguas ricas en boratos en áreas alejadas de salares y depresiones. Los *geiseres* presentan depósitos con forma de cono constituidos principalmente por un edificio travertínico con borato depositado directamente sobre él o en sus alrededores. Los manantiales termales generan depósitos tabulares. Además, en este modelo se incluyen los depósitos de travertino formados por precipitación de carbonato de calcio a partir de manantiales calientes y aguas ricas en CO₂ que fluyen en cuencas lacustres someras. Las aguas calientes que depositan el travertino generalmente no exceden 100° C y muchas veces se mineralizan por la disolución de rocas carbonáticas presentes en superficie.

Marco geotectónico: cinturones orogénicos modernos con sistemas geotérmicos vinculados al volcanismo, sistemas de fallas con circulación de aguas profundas. También, zonas de rift intracontinentales con fallamiento de rumbo, con o sin actividad volcánica asociada.

Mineralogía: ulexita, calcita, aragonita.

Ganga: limonitas, óxidos de manganeso, halita, arcillas, carbonato de sodio, yeso, azufre, baritina, sílice.

Alteración: arcillas y/u óxidos de hierro en los huecos del travertino o en sus planos de estratificación.

Control de la mineralización: áreas de debilidad estructural con actividad volcánica y clima árido a semiárido.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de boratos son pequeños, contienen sólo pocos cientos a miles de toneladas de ulexita. Los depósitos de travertino en general son pequeños, del orden de decenas a centenas de miles de toneladas, aunque los mayores contienen entre 1 y 2 Mt.

Ejemplos de yacimientos: Anita I, La Rioja (travertino, 0,8 Mt); La Playa, Córdoba (travertino, 0,36 Mt); Volcancito, Jujuy (ulexita); Antuco, Jujuy (ulexita).

Edad y ambiente geotectónico: volcanismo de arco distal mioceno-holoceno.

CAOLÍN Y BENTONITA

Grupo: 7 (Depósitos epitermales y de transición)

Modelo: 7i

Referencia primaria: USGS 251.1/2

Otras referencias: BC H09

Descripción: depósitos formados por la alteración hidrotermal de rocas volcánicas u otras. Los depósitos de bentonita están compuestos por minerales de arcilla del grupo de las esmectitas. Los depósitos de caolín presentan gran proporción de caolinita y/o halloysita. La formación de bentonita requiere la presencia de magnesio en la roca huésped o en la solución lixivante; la caolinita – halloysita se generan por la alteración de rocas ricas en feldespatos. Las soluciones hidrotermales ácidas lixivian los álcalis de la roca madre y son la alúmina y sílice residuales los que forman los minerales de arcilla.

Marco geotectónico: áreas que han sufrido plutonismo y/o volcanismo.

Mineralogía: montmorillonita (bentonita). Caolinita y/o halloysita (caolín). Pirofilita.

Ganga: caolinita, feldespato, clorita, yeso, cuarzo, cristobalita, illita, muscovita, piroxenos, biotita, ceolitas y ópalo (depósitos de bentonita). Cuarzo, ópalo, cristobalita, sericita, illita, montmorillonita, pirofilita, alunita, trazas de sulfuros metálicos, turmalina, fluorita (depósitos de caolín).

Alteración: se forma caolinita por la lixiviación del Mg y Fe de la bentonita. Los depósitos de caolín pueden estar “encerrados” por un halo enriquecido en sílice.

Control de la mineralización: fallas, fracturas y rocas huéspedes reactivas. Las rocas cálcicas y máficas tienden a ser más reactivas en contacto con soluciones hidrotermales ácidas que ascienden a través de las discontinuidades.

Ejemplos de yacimientos: Los Menucos, Río Negro (45,2 a 83,5% de caolinita).

Edad y ambiente geotectónico: magmatismo post-colisional cretácico. Magmatismo de arco cretácico – terciario.

SEDEX Baritina *

Grupo: 8 (Depósitos sedimentario-exhalativos y volcanogénicos submarinos)

Modelo: 8d

Referencia primaria: USGS 31b

Descripción: yacimientos de baritina estratiforme, alojados en rocas sedimentarias pelíticas de ambiente euxínico. Normalmente

constituyen depósitos periféricos a mineralizaciones de Pb-Ag-Zn tipo SEDEX.

Marco geotectónico: Cuencas epicratónicas.

Mineralogía: Baritina ± cantidades menores de pirita, galena o esfalerita.

Alteración: Localmente sericitica débil.

Control de la mineralización: Cuencas secundarias o terciarias asociadas a cuencas mayores.

Características geoquímicas: Ba, Zn, Pb. Alto contenido en C orgánico.

Características geofísicas: Microanomalía local gravimétrica.

Modelo de ley y tonelaje: Los depósitos tienen tonelajes entre 0,12 y 28 Mt con leyes entre 64 y 96% BaSO₄. Los tonelajes y leyes medios son: 1,8 Mt con 88% BaSO₄.

Ejemplos de yacimientos: Cura Mallín, Neuquén (0,3 Mt - 92,4% BaSO₄). Santa Rosa, Salta. Villavicencio, Mendoza.

Edad y ambiente geotectónico: cuencas marinas de margen pasivo paleozoicas. Cuencas marinas intracratónicas mesozoicas.

DEPÓSITOS DE Zn-Pb EN CALIZAS*

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9c

Referencia primaria: BC E13

Sinónimos: Tipo irlandés, tipo Remac

Descripción: depósitos estratoligados lentiformes de esfalerita masiva, galena, sulfuros de hierro y baritina. Son de espesores extremadamente variables, desde 2-3 cm en las periferias hasta 30 m en la parte central. Se alojan en calizas dolomitizadas formadas en plataformas de mares someros o en márgenes de cuencas. Los depósitos presentan control estructural, generalmente emplazados en las adyacencias de fallas normales. Son yacimientos que, presentando características estratoligadas, no se formaron en el fondo marino. Genéticamente están vinculados a procesos de reemplazo diagenético a epigenético evidenciando texturas de reemplazo y relleno.

Marco geotectónico: Secuencias de plataforma en márgenes continentales, que cubren rocas de basamento deformadas y metamorfizadas.

Mineralogía: Esfalerita ± galena ± baritina ± pirrotina ± sulfosales de Pb. Minerales secundarios: smithsonita, cerusita, anglesita, hemimorfita.

Ganga: Dolomita, calcita, cuarzo, pirita, siderita.

Alteración: Dolomitización. Disolución, recristalización. Halos de Mn en algunos depósitos.

Control de la mineralización: los depósitos están restringidos a secuencias carbonáticas. La presencia de bancos carbonáticos marginales puede constituir una guía regional en algunos distritos.

Características geoquímicas: Pb, Zn, Ag y Mn en sedimentos.

Características geofísicas: magnetometría aérea a nivel distrital para definir paleogeografía. Anomalías de polarización inducida. Los depósitos pueden coincidir con altos gravimétricos y bajos de resistividad.

Modelo de ley y tonelaje: Los depósitos individuales tienen tonelajes inferiores a 10 Mt, pudiendo alcanzar excepcionalmente hasta 80 Mt. Leyes entre 5 y 6% Zn, 1 y 2% Pb y 30 g/t Ag.

Ejemplos de yacimientos: La Helvecia, La Rioja (0,4 Mt - 8,3% Pb - 18,8% Zn - 91 g/t Ag).

Edad y ambiente geotectónico: Discordancias en plataformas calcáreas paleozoicas.

BARITINA Y CELESTINA ESTRATIFORMES*

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9d

Referencia primaria: USGS 35a.1. Parcial 31.b

Otras referencias: BC F04 – BCE 17

Descripción: Mantos singenéticos de facies evaporíticas, afectados localmente por removilización epigenética. La removilización puede producirse *in situ* o bien con migración a través de fracturas con la formación de *vetas descendentes*, en las que se destaca la solubilidad diferencial entre el BaSO₄ y el SrSO₄, siendo este último más móvil. En este modelo tanto el Ba como el Sr son de origen evaporítico marino.

Marco geotectónico: Ambiente de *sabkha* en cuencas de margen cratónico, cuencas intracratónicas y cuencas de antepaís.

Mineralogía: Baritina ± celestina

Ganga: Yeso ± cuarzo ± calcita ± anhidrita ± dolomita

Control de la mineralización: Litoestratigráfico: Facies intramareales de ambiente penesalino.

Características geoquímicas: Ba, Sr, S.

Características geofísicas: Anomalías gravimétricas locales.

Modelo de ley y tonelaje: Entre 0,1 y 6,4 Mt, con leyes entre 45 y 93% SrSO₄. Los tonelajes y leyes medias son 0,83 Mt y 80% SrSO₄.

Ejemplos de yacimientos: Bajada del Agrio, Neuquén (Ba-Sr - 1,8 Mt -73,2% BaSO₄). Naunauco-La Cecilia, Neuquén (0,05 Mt - 90% SrSO₄). Mallín Quemado, Neuquén (Ba).

Edad y ambiente geotectónico: Cuencas de subsidencia térmica (SAG) y de retroarco mesozoicas.

EVAPORITAS LACUSTRES*

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9f

Referencia primaria: USGS 35b.3/4/5

Otras referencias: GAC SP 40 p. 89; BC F09

Descripción: depósitos salinos actuales y fósiles, estos últimos localmente plegados y fallados, intercalados en secuencias sedimentarias continentales. El espesor del depósito puede superar 100 metros en el caso de los boratos, 2.000 m en los de sal y hasta 30 m en los de yeso. La presencia de B y Li está vinculada al volcanismo subaéreo y localmente se relaciona con fuentes termales. Los depósitos de sal y yeso se forman en cuencas continentales de variadas dimensiones y se incluyen en este modelo los depósitos de lagos costeros.

Marco geotectónico: ambiente de convergencia de placas y zonas de extensión con cuencas cerradas o semi-cerradas típicamente estructurales y volcanismo asociado.

Mineralogía: borax ± kernita ± ulexita ± colemanita ± salmuera. Halita. Yeso (anhidrita: su contenido aumenta con la profundidad).

Ganga: arcillas, yeso, calcita, anhidrita.

Alteración: la diagénesis y recristalización produce cambios catiónicos y de hidratación de los minerales primarios.

Control de la mineralización: cuencas cerradas o semi-cerradas, clima árido, volcanismo contemporáneo (fuente de B y Li), la fuente de las sales en el interior de la cuenca.

Características geoquímicas: B, Li, Na, Ca, K, Mg, Sr, I.

Características geofísicas: sin señales distintivas, excepto localmente bajos gravimétricos asociados a grandes cuerpos salinos.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de boratos tienen tonelajes entre 0,04 y 34 Mt con leyes entre 13 y 31% B₂O₅. Los tonelajes y leyes medios son: 1,1 Mt con 22% B₂O₅. Los depósitos de yeso tienen tonelajes entre 0,78 y 247 Mt con leyes entre 74 y 96% CaSO₄.2H₂O. Los tonelajes y leyes medios son: 14 Mt con 85% CaSO₄.2H₂O.

Los contenidos de Li en los salares actuales varía entre 200 y 1600 mg/l.

Ejemplos de yacimientos: Salar del Hombre Muerto (Mina Fénix), Catamarca (650 Mt, 0,7-0,8 g/l Li - 7-8 g/l K). Tincalayu, Salta (Bórax: 5 Mt). Puelches, La Pampa (40 Mt, 70 - 90% CaSO₄.2H₂O). Manto Blanco, Salta (15,5 Mt, 79 - 91% NaCl).

Edad y ambiente geotectónico: Cuencas de retroarco terciarias y cuaternarias con o sin presencia de magmatismo de arco distal.

EVAPORITAS MARINAS

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9g

Referencia primaria: USGS 35a.2/3/5

Otras referencias: BC F02

Descripción: se incluyen en este modelo los depósitos de sales de potasio, yeso y sal originados en cuencas marinas marginales cuya fuente de potasio, sulfato de calcio y cloruro de sodio es el agua de mar. Los depósitos son de gran extensión areal y de un considerable espesor.

Marco geotectónico: cuencas marinas marginales. Rift.

Mineralogía: halita. Yeso. Silvita ± carnalita ± kainita ± langbeinita.

Ganga: anhidrita, calcita, dolomita, halita, arcillas.

Alteración: la circulación de agua subterránea puede modificar las capas, tamaño de grano, porosidad y en algunos casos destruir el depósito.

Control de la mineralización: cuencas con alta salinidad.

Características geoquímicas: contenido de Br en capas de sal (los depósitos marinos tienen entre 60 y 200 ppm). K, Na, Ca, Mg, Cl, SO₄.

Características geofísicas: las capas de sal dan baja resolución en perfiles de rayos gamma. Los mantos de yeso dan una respuesta positiva en un perfil neutrónico debido a la gran cantidad de agua de cristalización. Alta resolución en perfiles de rayos gamma permite medir el contenido de sales de potasio.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de yeso tienen tonelajes entre 14 y 5.600 Mt con leyes entre 81,7 y 99,8% CaSO₄.2H₂O. Los tonelajes y leyes medios son: 280 Mt con 90,7% CaSO₄.2H₂O. Los depósitos de sales de potasio tienen tonelajes entre 49 y 990 Mt con leyes entre 14 y 28% K₂O. Los tonelajes y leyes medios son: 220 Mt con 21% K₂O.

Ejemplos de yacimiento: Potasio Río Colorado, Mendoza (87 Mt; 25% K₂O). Salinas de Loncay, Mendoza (14 Mt, 93,8% NaCl). Auquileo, Neuquén (200 Mt, 90-98% CaSO₄·2H₂O).

Edad y ambiente geotectónico: cuencas marinas marginales intracratónicas extensionales y de retroarco mesozoicas. Margen pasivo del Terciario.

BENTONITA SEDIMENTARIA

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9h

Referencia primaria: USGS 28e.1/2

Otras referencias: BC E06

Descripción: depósitos originados por la erosión, transporte y depositación de arcillas predominantemente montmorilloníticas. Interstratificados junto a pelitas y areniscas conforman depósitos de ambiente marino o lacustre de aguas someras. La montmorillonita se formó por alteración de cenizas volcánicas, de composición andesítica o riolítica, depositadas en cuencas marinas o continentales.

Marco geotectónico: cuencas lacustres o de plataforma continental.

Mineralogía: montmorillonita (sódica-cálcica) ± beidellita ± illita.

Ganga: yeso, ceolitas, cristobalita, caolinita e illita; menor importancia: sulfatos, apatita, titanita, blenda, feldespatos, limonita y raramente cuarzo.

Alteración: el soterramiento y la diagénesis pueden convertir la montmorillonita en illita o clorita. La montmorillonita y otras esmectitas no están presentes en rocas que han sufrido un soterramiento a profundidades mayores a 4 km.

Control de la mineralización: distribución de las unidades piroclásticas y su proximidad a las cuencas.

Características geofísicas: resistividad aparente y análisis litológico a partir de sísmica de refracción.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos contienen de 10.000 m³ a 30 millones de m³ de bentonita con una ley superior al 80% de montmorillonita.

Ejemplos de yacimientos: Purmamarca y Tilcara, Jujuy.

Edad y ambiente geotectónico: cuencas extensionales del Cretácico - Paleoceno.

CAOLÍN SEDIMENTARIO

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9i

Referencia primaria: USGS 31k.3

Otras referencias: BC E07

Descripción: depósitos formados en ambientes de alúferas, estuáricos y/o lacustres, de baja energía, por erosión, transporte y depositación de caolinita o halloysita. Estos minerales de arcillas se forman por alteración de rocas feldespáticas a través de aguas meteóricas con altos contenidos en ácido carbónico, orgánicos u otros, en regiones de clima templado. Algunos depósitos, o parte de ellos, pueden haberse formado en lugares donde la meteorización actuó sobre viejos sedimentos arcillosos.

Marco geotectónico: planicies de márgenes continentales, cuencas extensionales en cinturones orogénicos, cuencas continentales estables, cuencas de retroarco.

Mineralogía: caolinita ± illita ± halloysita.

Ganga: cuarzo, ilmenita, muscovita, limonitas, feldespato, siderita. Algo de gibbsita en los depósitos mas jóvenes.

Alteración: ninguna.

Control de la mineralización: distribución de las unidades litológicas ácidas y su proximidad a las cuencas.

Características geofísicas: resistividad aparente y análisis litológico a partir de sísmica de refracción.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de caolín sedimentario contienen entre 1,5 y 150 Mt con un valor medio de 15 Mt. Las leyes varían de 40 hasta 95% de caolinita.

Ejemplos de yacimientos: Lote 18, Santa Cruz (16 Mt, <40% de caolinita).

Edad y ambiente geotectónico: depósitos de ambiente continental (fluvial y lacustre) del Cretácico medio, Terciario inferior y Cuaternario, en la mayoría de los casos asociados a complejos efusivos ácidos.

DIATOMITA

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9j

Referencia primaria: USGS 31.s

Otras referencias: BC F06

Descripción: las diatomitas de ambiente lacustre se originan por la acumulación de diatomeas de agua dulce o salobre. Para el crecimiento de

diatomeas es necesario la presencia de sílice en el sistema. La misma proviene, esencialmente, de la meteorización de rocas volcánicas. La sílice es transportada hasta el lago a través del escurrimiento, aguas subterráneas o manantiales calientes o fríos.

Marco geotectónico: terrenos volcánicos. Regiones con extensión cortical (rifting).

Mineralogía: diatomita, ópalo-cristobalita.

Ganga: arcillas, cuarzo, feldespato, vidrio volcánico, calcita, materia orgánica, óxidos de hierro y manganeso, yeso, halita.

Control de la mineralización: las limitantes físico – químicas del ambiente de depositación: cuencas continentales someras en un ambiente de baja energía, material volcánico rico en sílice, presencia de nutrientes para la vida de las diatomeas, mínima contaminación química, clástica y orgánica.

Características geofísicas: resistividad aparente, también se han utilizado como herramientas de exploración estudios de sísmica de refracción.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos económicos de diatomitas lacustres cubren una superficie de 2,5 km² a 65 km² y sus espesores varían entre 3 y 60 metros.

Ejemplos de yacimientos: Gr. Ing. Jacobacci, Río Negro (1,1 Mt). Cerro Negro, San Juan (1,03 Mt). Los Ranqueles, Neuquén (0,6 Mt).

Edad y ambiente geotectónico: cuencas extensionales de márgenes activos, Eoceno-Mioceno. Cuencas de retroarco cuaternarias.

ARCILLAS

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9m

Referencia primaria: BC E07

Otras referencias: USGS 31k.1/2

Descripción: depósitos tabulares y lenticulares de sedimentos compuestos por partículas menores a 1/256 mm que presentan una mineralogía variada, esencialmente silicatos de aluminio hidratados con otros componentes como Ca, Mg, Fe, Na, K. Abarcan un amplio rango de materiales según sus cualidades de plasticidad, resistencia a la fusión, capacidad blanqueadora y de absorción. Los depósitos se generan en cuencas de agua dulce rellenas con sedimentos derivados de rocas cristalinas feldespáticas expuestas durante un tiempo prolongado.

Marco geotectónico: cuencas.

Mineralogía: caolinita pobremente cristalizada e hidratada ± illita ± montmorillonita ± clorita

(arcillas plásticas). Caolinita cristalizada ± diásporo ± bohemita (arcillas refractarias). Paligorskita y/o sepiolita (*fuller's clays*). Illita + caolinita + montmorillonita (arcillas comunes).

Ganga: cuarzo, sericita, pirita, óxidos de hierro, feldespato, carbonatos, clorita.

Alteración: en algunos casos es importante la lixiviación de potasio y sílice.

Control de la mineralización: la presencia de rocas graníticas expuestas en las proximidades de cuencas sedimentarias y la ubicación de estas últimas.

Características geofísicas: resistividad y sísmica de refracción.

Dimensiones: los depósitos de arcillas plásticas oscilan entre 100 y 800 m de largo, 50 y 300 m de ancho y de 1 a 5 m de espesor. Los depósitos de arcillas refractarias generalmente son menores a 240 m de largo, 150 m de ancho y 8 m de espesor.

Ejemplos de yacimientos: La Valeriana, Chubut (5,72 Mt caolinita+illita). Marquesado, San Juan (2,5 Mt illita+cuarzo). Talacasto, San Juan (0,8 Mt).

Edad y ambiente geotectónico: depósitos marinos de margen pasivo precámbricos. Depósitos de cuencas intracratónicas por riftogénesis en el Neopaleozoico y Mesozoico. Cuencas de trasarco del Terciario.

CEOLITAS

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9n

Referencia primaria: BC D01/02

Otras referencias: USGS 25o1/2

Descripción: ceolitas microcristalinas en secuencias de vidrio volcánico, acumuladas en ambientes no marinos. Se diferencian depósitos de ceolitas generados en sistemas hidrológicos abiertos y depósitos formados en cuencas cerradas. En el primero de los casos la mineralización puede ser de una decena a centena de metros de espesor y comúnmente presenta una zonación vertical de ceolitas y silicatos asociados, que reflejan las modificaciones químicas del agua meteórica a medida que atraviesa la secuencia vítrica; esta zonación de techo a piso es la siguiente: vidrio inalterado ± esmectita ---- clinoptilolita ± mordenita ± ópalo ---- analcima ± feldespato potásico ± cuarzo ---- albita ± cuarzo. La formación de ceolita está vinculada a reacciones sin y post-depositacionales de vidrio volcánico con soluciones relativamente alcalinas

(ceolitización). Estas reacciones, generalmente, se producen a menos de 100° C; el origen de las soluciones puede ser: hidrotermales de baja temperatura, fluidos diagenéticos, agua meteórica caliente o una mezcla de ellas, proceso que varía de un depósito a otro. En lo referente a depósitos de ceolitas en sistemas cerrados, consisten de uno o varios niveles de ceolitas separados por capas subeconómicas o estériles, formados en cuencas lacustres de regiones áridas a semi-áridas que recibieron material volcánico silícico; la reacción se produce con el agua bicarbonatada sódica de la salina durante los estadios tempranos de la diagénesis. En estos depósitos es común encontrar una zonación lateral con material volcánico no alterado en los bordes de cuenca, ceolitas en la parte intermedia y feldespatos potásicos en la parte central de la paleocuenca.

Marco geotectónico: ambiente de arco continental. Cuencas no marinas o marinas someras, en terrenos volcánicos; también en cuencas limitadas por fallas. Muchos depósitos se forman en secuencias volcánicas fluviales o lacustres. Los sistemas cerrados se desarrollan comúnmente en cuencas intermontanas y de rift.

Mineralogía: clinoptilolita, mordenita, chabasita, phillipsita, heulandita (en sistemas abiertos); analcima, chabasita, clinoptilolita, heroinita, mordenita, phillipsita (en sistemas cerrados).

Ganga: esmectitas, esmectita-illita, ópalo (cristobalita-tridimita), cuarzo, plagioclasa, microclino, sanidina, biotita, muscovita, calcita.

Alteración: en los depósitos formados en sistemas hidrológicos abiertos las ceolitas ricas en álcalis (clinoptilolita-mordenita) son reemplazadas en las partes profundas del depósito por analcima, feldespatos potásicos y/o biotita. En los sistemas cerrados este mismo reemplazo se da en la parte central de la cuenca durante los estadios tardíos de la diagénesis.

Control de la mineralización: tamaño de grano y permeabilidad de la tufa y composición de la roca de caja (tufa silícica: clinoptilolita y mordenita, tufa traquítica o máfica: chabasita y phillipsita) en ambos sistemas hidrológicos; flujo o precolación de agua meteórica en un sistema hidrológico abierto; salinidad, pH (≥ 9) y la relación entre iones alcalinos y alcalinotérreos.

Características geofísicas: identificación de materiales ceolitizados a través de imágenes multiespectrales.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos formados en sistemas hidrológicos abiertos son estratiformes o lenticulares de cientos a miles de kilómetros cuadrados de extensión areal. Los depósitos

pequeños tienen menos de 30 metros de espesor pero los mayores pueden superar los 1.000 metros. En el caso de los depósitos de ceolitas de cuencas cerradas, son estratoligados con espesores de un rango entre 10 cm y 10 metros y su extensión areal es de una decena a centena de kilómetros cuadrados.

Ejemplos de yacimientos: Agua Blanca, La Rioja (100.000 t cada 10 metros de extensión)

Edad y ambiente geotectónico: cuencas sinorogénicas terciarias.

AZUFRE BIOGÉNICO

Grupo: 9 (Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos)

Modelo: 9o

Otras referencias: BC F03[#]

Descripción: mineralización de azufre producida por la acción de bacterias sulforreductoras. Según Ruckmick *et al* (1979) el azufre biogénico puede ocurrir como: (1) depósito sedimentario en ambientes de albuferas o en ambientes lacustres y marinos restringidos. En estos ambientes la reducción de SO_4^{2-} genera H_2S , por medio de bacterias, y la posterior oxidación del H_2S por la actividad de aguas oxigenadas o euxínicas superficiales produce azufre nativo (*depósitos biosingenéticos*). (2) *depósitos bioepigenéticos*, emplazados en los sombreros de diapiros de sal o bien como capas tabulares entre mantos de evaporitas, donde las bacterias sulforreductoras reducen yeso o anhidrita y oxidan hidrocarburos generando H_2S , CaCO_3 y H_2O , la formación de azufre nativo es producto de la posterior oxidación del sulfuro de hidrógeno a partir de la reacción con polisulfuros en el caso de ambientes anaeróbicos o bien con O_2 en ambientes aeróbicos. La presencia de hidrocarburos y iones sulfatos, ambos disueltos y dispersos en las aguas subterráneas circulantes, es elemental para el ciclo vital de las bacterias.

Marco geotectónico: cuencas marinas marginales. Rift. Cuencas continentales.

Mineralogía: azufre nativo.

Ganga: calcita, dolomita, yeso.

Control de la mineralización: manto potente de yeso (sin intercalaciones de sedimentos clásticos), con una cubierta impermeable y presencia de hidrocarburos en las unidades infrayacentes. El conjunto litológico debe presentar discontinuidades (fallas o fracturas) que permitan la circulación de hidrocarburos y aguas meteóricas a través del manto de yeso. Durante el proceso de

génesis de la mineralización el manto debe encontrarse entre 100 y 700 m de profundidad.

Modelo de ley y tonelaje: tanto los depósitos estratiformes como los ubicados en los sombreros de diapiros de sal pueden contener entre 0,5 Mt y 200 Mt de azufre.

Ejemplos de yacimientos: Los Petisos, Mendoza (30,8 Mt; 15,2% S)

Edad y ambiente geotectónico: cuenca marina marginal en el ámbito de Cuenca neuquina, Cretácico.

TALCO-ASBESTO

Grupo: 10 (Depósitos metamórficos)

Modelo: 10e

Referencia primaria: BC E08

Otras referencias: USGS 18m

Descripción: depósitos de origen metamórfico cuyos protolitos son dolomías, mármoles dolomíticos o capas de magnesita. Son lenticulares o tabulares, concordantes con las estructuras metamórficas. Se emplazan en rocas de facies esquistos verdes o anfíbolita baja; cuando aparecen en rocas de facies anfíbolita alta el talco fue generado por metamorfismo retrógrado.

Marco geotectónico: protolitos depositados en ambiente pericratónico afectados por metamorfismo regional de bajo grado e intrusión de rocas plutónicas.

Mineralogía: Talco.

Ganga: tremolita, dolomita, calcita, magnesita, clorita, serpentina, forsterita, diópsido, esfalerita.

Control de la mineralización: protolito magnésiano o dolomítico. Zonas de cizalla. Presencia de sílice en el sistema y condiciones metamórficas favorables.

Características geoquímicas: presencia de talco en suelos residuales.

Características geofísicas: métodos electromagnéticos permiten identificar zonas de contacto entre rocas carbonáticas y otras litologías, o bien resaltar zonas de fallas relacionadas a sectores con talco e impregnadas de agua.

Dimensiones: depósitos lenticulares de centenas de metros de largo, decenas de metros de ancho y decenas a centenas de metros de profundidad. Las leyes son muy variables.

Ejemplos de yacimientos: no hay ejemplos en Argentina de depósitos que pertenezcan a este modelo.

Edad y ambiente geotectónico: favorabilidad en áreas de metamorfismo regional precámbrico-eocámbrico.

PERLITAS

Grupo: 11 (Depósitos asociados a volcanismo subaéreo)

Modelo: 11d

Otras referencias: USGS 25k.1[#]; BC R12[#]

Descripción: la perlita es un vidrio riolítico alterado, que contiene entre 2% (en profundidad) y 5% (en superficie) de agua dentro de su estructura. Es muy probable que dicha alteración se produzca a través de una lenta hidratación, posterior al emplazamiento de las lavas, debido al agua meteórica y la afluencia de volátiles. Los depósitos de perlitas ocurren en los bordes de domos lávicos de composición riolítica con alto contenido en sílice. Estos cuerpos lávicos presentan forma circular o elíptica con una relación ancho:espesor desde 5:1 hasta 8:1. Las lavas riolíticas silíceas son extremadamente viscosas, su extrusión lenta y el rápido enfriamiento facilitan el desarrollo de potentes depósitos de vidrio volcánico en los sectores externos. La continua extrusión de material lávico y el enfriamiento diferencial del mismo provocan una zonación concéntrica, en cuyo núcleo se encuentran rocas volcánicas félsicas.

Marco geotectónico: arco volcánico en márgenes activos.

Mineralogía: perlita, pumicita.

Control de la mineralización: volcanismo ácido del Oligoceno al Cuaternario medio. El vidrio volcánico generado durante este lapso temporal puede conseguir la hidratación necesaria y difícilmente haya sido erosionado o desvitrificado.

Ejemplos de yacimientos: Quebrada de Quirón, Salta (6 Mt).

Edad y ambiente geotectónico: arco volcánico activo durante el Mioceno – Plioceno.

ARENAS SILÍCEAS

Grupo: 12 (Depósitos de placer y sedimentos)

Modelo: 12e

Otras referencias: USGS 39i[#]

Descripción: depósitos de arenas caracterizadas por su alta madurez textural y mineralógica. Se producen como resultado de intensos procesos de meteorización, principalmente físicos, que han ocurrido durante largos periodos de tiempo y se encargan de remover todos los minerales menos el cuarzo. La mayoría de estas arenas son probablemente sedimentos de una segunda o tercer generación, derivados de arenas o areniscas menos puras de un ciclo anterior. Un ambiente típico para la depositación de arenas parentales

son las costas marinas levemente inclinadas, muy amplias y someras, que durante un evento transgresivo permiten la depositación de arenas cuarzosas en áreas internas, generándose extensas capas de arenas que posteriormente son cubiertas logrando preservarse en la estratigrafía local. En ambientes fluviales la acción eólica actúa como elemento de redistribución de las arenas acumuladas en las planicies aluviales, transportándolas aguas arriba y de esa manera prolongan la exposición de los granos de arena favoreciendo la meteorización.

Marco geotectónico: áreas cratónicas y márgenes pasivos.

Mineralogía: cuarzo.

Ganga: feldespato, fragmentos líticos, anfíboles, piroxenos, magnetita, óxidos de hierro, granate, turmalina, circón, hornblenda, biotita y apatito.

Control de la mineralización: los mecanismos de transporte y la distancia recorrida por las partículas detríticas controlan la madurez textural y mineralógica de los depósitos.

Ejemplos de yacimientos: Ibicuy, Entre Ríos (85,7% de cuarzo; 98,4% SiO₂). Río Jarilla, San Luis (5 Mt, 60 a 70% de cuarzo).

Edad y ambiente geotectónico: sistemas litorales en márgenes pasivos, Mioceno-Holoceno. Ambientes fluviales en paisajes modernos.

VERMICULITA

Grupo: 13 (Depósitos residuales y de alteración)

Modelo: 13b

Referencia primaria: parcialmente BC M08

Otras referencias: ----

Descripción: masas lenticulares de vermiculita presentes en rocas metamórficas (gneises, esquistos biotíticos, esquistos anfíbolíticos) en contacto con rocas ultramáficas o intruidas por pegmatitas. También se encuentran en grandes complejos ultramáficos zonados (plutones de piroxenita) o en rocas carbonatíticas intruidas por sienitas o granitos alcalinos y pegmatitas. Los depósitos se emplazan en el contacto del intrusivo ultramáfico y la metamorfita de la caja, o bien en el interior del intrusivo cuando es cortado por una pegmatita o atravesado por una falla. La vermiculita se forma por alteración supergénica de minerales máficos (biotita y/o flogopita) debido al efecto combinado de la meteorización y la circulación de fluidos meteóricos. Los depósitos ocurren en la superficie o en sectores próximos a la superficie.

Marco geotectónico: complejos ofiolíticos. Intrusiones ultramáficas en basamento metamórfico pericratónico. Rift continental.

Mineralogía: vermiculita ± hidrobiotita.

Ganga: biotita, flogopita, talco, clinopiroxeno, hornblenda, epidoto, olivina, cuarzo, feldespato, apatita.

Control de la mineralización: presencia de rocas ultramáficas, proximidad de las rocas a la superficie, permeabilidad para la circulación de fluidos.

Características geoquímicas: vermiculita en los suelos.

Características geofísicas: en áreas de rocas ultramáficas los sectores con vermiculita presentan bajos magnéticos.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de este tipo varían en su contenido entre cientos de toneladas y miles de toneladas, y sus leyes deben ser superiores a 35% de vermiculita. La mayoría de estos depósitos contienen entre 20.000 y 50.000 toneladas de vermiculita con una ley de 20 a 40%.

Ejemplos de yacimientos: Los Guanacos, Córdoba. Yacimiento Lomas Blancas, San Juan. Mina Don Alberto, Mendoza (126.000 t, 50% vermiculita).

Edad y ambiente geotectónico: áreas afectadas por magmatismo post-orogénico del Paleozoico superior. Emplazamiento de ofiolitas en zonas acrecionales durante el Devónico-Carbonífero.

CAOLÍN

Grupo: 13 (Depósitos residuales y de alteración)

Modelo: 13e

Referencia primaria: USGS 38h

Otras referencias: BC B05

Descripción: depósitos de forma irregular formados por la meteorización química de rocas feldespáticas. El agua meteórica contiene ácidos carbónicos, orgánicos o de otra naturaleza, que convierten los feldespatos de la roca parental en caolinita o halloysita según tenga o no alto contenido en micas, respectivamente.

Marco geotectónico: cuencas.

Mineralogía: caolinita, halloysita.

Ganga: cuarzo, muscovita, ilmenita y otros minerales pesados.

Control de la mineralización: litología, clima templado.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de caolín residual tienen entre 80.000 t y 46 Mt con un valor medio de 1,9 Mt.

Ejemplos de yacimientos: Distrito Valle Inferior del Río Chubut, Chubut (25 Mt, ≈60% caolinita). Distrito Tafna, Jujuy (1,23 Mt). Lote 8, Santa Cruz (1,2 Mt, ≈45% caolinita).

Edad y ambiente geotectónico: márgenes continentales de aguas someras durante el Cretácico superior. Cuencas de retroarco y magmatismo ácido asociado del Cuaternario.

BENTONITA

Grupo: 13 (Depósitos residuales y de alteración)

Modelo: 13f

Referencia primaria: USGS 28e.1/2

Otras referencias: BC E06

Descripción: depósitos de arcillas montmorilloníticas. La bentonita se forma por alteración de cenizas volcánicas de composición andesítica o riolítica en ambientes marinos o lacustres alcalinos y de aguas someras. El ambiente depositacional debe ser de baja energía y de condiciones climáticas templadas. La bentonita es producto de la alteración del vidrio volcánico de las cenizas y aglomerados. Debido a que el calcio se incorpora a la estructura de las esmectitas más fácilmente que el sodio, la bentonita sódica sólo se forma donde la concentración de iones de Ca es baja y el Na es relativamente abundante.

Marco geotectónico: cuencas lacustres o de plataforma continental.

Mineralogía: montmorillonita (sódica-cálcica) ± beidellita ± illita.

Ganga: yeso, ceolitas, cristobalita, caolinita e illita; menor importancia sulfatos: apatita, titanita, blenda, feldspatos, limonita y raramente cuarzo.

Alteración: el soterramiento y la diagénesis pueden convertir la montmorillonita en illita o clorita. La montmorillonita y otras esmectitas están ausentes en rocas que han sufrido soterramiento a profundidades mayores a 4 km.

Control de la mineralización: la distribución de las unidades piroclásticas y su proximidad a las cuencas.

Características geofísicas: resistividad aparente y análisis litológico a partir de sísmica de refracción.

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos contienen entre 10.000 m³ y 30 millones de m³ de bentonita con una ley superior al 80% de montmorillonita.

Ejemplos de yacimientos: Lago Pellegrini, Río Negro (5,9 Mt; 98% montmorillonita sódica). Cerro Bandera, Neuquén (1,3 Mt; 73% montmorillonita sódica). La Elcha, Mendoza (0,4 Mt).

Edad y ambiente geotectónico: cuencas extensionales y volcanismo asociado del Triásico. Márgenes continentales de aguas someras durante

el Cretácico superior. Cuencas de retroarco y magmatismo asociado del Terciario.

VETAS DE FLUORITA-BARITINA *

Grupo: 14 (Vetas y brechas de asignación genética diversa)

Modelo: 14h

Referencia primaria: USGS 26b, c / 27e

Otras referencias: BC I11 + BC I10

Sinónimos: Vetas epigenéticas de fluorita-baritina

Descripción: Vetas de fluorita-baritina que constituyen relleno de fallas y zonas de brecha. Pueden gradar a vetas polimetálicas con baritina como ganga principal.

Marco geotectónico: En terrenos orogénicos antiguos: proximidad a zonas tectónicas mayores, grabens, lineamientos, fallas regionales. En terrenos orogénicos modernos: cercanía de intrusiones post-orogénicas y tardío-orogénicas. Las vetas de baritina pura son comunes en o cerca de los márgenes de cuencas con depósitos tipo SEDEX o Kuroko.

Mineralogía: Fluorita ± baritina

Ganga: Cuarzo ± siderita ± calcita ± minerales de manganeso.

Alteración: Caolinización y silicificación.

Control de la mineralización: Fallas. Fracturas. Zonas de cizalla.

Características geoquímicas: F, Ba, Sr. Localmente Hg, Pb, Zn, Ag.

Características geofísicas: altos gravimétricos lineales sobre vetas mayores (Ba). Anomalías radimétricas asociadas a alteración potásica (F).

Modelo de ley y tonelaje: los depósitos de baritina tienen tonelajes entre algunos miles de toneladas y 3 Mt, con leyes del orden de 80% BaSO₄. Los depósitos de fluorita tienen tonelajes de hasta 6 Mt con leyes entre 30 y 60% CaF₂.

Ejemplos de yacimientos: Distritos Sierra Grande, Río Negro (6,5 Mt), Valcheta y Los Menucos, Río Negro (F). Mono Abra, Salta (Ba) (2 Mt).

Edad y ambiente geotectónico: depósitos de talud y de intraarco eopaleozoicos en Pampia. Magmatismo postcolisional permotriásico en Cuyania, Chilenia y Patagonia.

CUARZO

Grupo: 14 (Vetas y brechas de asignación genética diversa)

Modelo: 14j

Otras referencias: USGS parc. 13g[#]; BC I07[#]

Descripción: vetas y diques de cuarzo masivo alojados en rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas. Muchas vetas de cuarzo se asocian a intrusivos graníticos con procesos asociados de silicificación y alteración. Es común encontrar generaciones de cuarzo con importante cantidad de inclusiones fluidas, lo que va en detrimento de la calidad; en el caso de vetas de cuarzo hidrotermales estas inclusiones se eliminan durante el metamorfismo obteniéndose cuarzos de mejor calidad. En zonas de fallas silicificadas es posible encontrar cuerpos cuarzosos potentes, lenticulares con generaciones tempranas de cuarzo de grano grueso, deformados y muy contaminados y otras más jóvenes de grano fino y de cuarzo más puro.

Marco geotectónico: terrenos metamórficos y plutónicos.

Mineralogía: cuarzo.

Ganga: feldespato, mica, caolinita, óxidos de hierro.

Control de la mineralización: presencia de discontinuidades. Plutonismo. Metamorfismo.

Características geofísicas: la gravimetría puede ser útil para delimitar los cuerpos.

Modelo de ley y tonelaje: las vetas de cuarzo contienen entre 50.000 t y 1,4 Mt de cuarzo con un contenido medio de 260.000 t y leyes variables entre 94% y 99% SiO₂.

Ejemplos de yacimientos: Adelita, Córdoba (cuarzo: 0,2 Mt; 99,993% SiO₂ para la mejor calidad)

Edad y ambiente geotectónico: arco magmático paleozoico inferior y magmatismo postcolisional paleozoico medio.

CAPÍTULO II

GEOLOGÍA Y GÉNESIS DE DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

GÉNESIS DE LOS DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES DE ARGENTINA, EN EL MARCO DE LA EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA. EPISODIOS MINERALOGÉNÉTICOS

La República Argentina ocupa el extremo sur del continente sudamericano, y al igual que éste, su basamento está constituido por diversos terrenos ensamblados a lo largo del tiempo geológico. La acreción de tales terrenos se produce a través de la interacción entre placas y microplacas, lo que dio lugar a varios ciclos orogénicos con magmatismo y metamorfismo asociados, además de procesos de depositación de importantes secuencias sedimentarias en cuencas de diversos orígenes.

En trabajos recientes (Zappettini, 1999b) se estableció la relación entre la génesis de yacimientos minerales (especialmente depósitos de minerales metálicos) y la evolución geotectónica del país, definiéndose “fajas metalogenéticas” como unidades geológicas que contienen o son favorables para contener un grupo de modelos de depósitos coetáneos y genéticamente relacionados. Estas se encuentran vinculadas a elementos tectonoestratigráficos y se reconocen fajas metalogenéticas preacrecionales, sinacrecionales y postacrecionales, según su ubicación temporal con respecto a la colisión de dos terrenos.

Del mismo modo, se plantea la existencia de una estrecha relación entre los procesos genéticos que dieron lugar a la formación de yacimientos de minerales industriales y la compleja evolución geotectónica del país.

En el presente capítulo de Minerales Industriales de la República Argentina se establecen las relaciones entre los modelos de depósitos y los ciclos orogénicos y episodios mineralogenéticos. Los ciclos orogénicos fueron considerados según Ramos (1999) y los episodios mineralogenéticos siguen el ordenamiento que Zappettini (1999b) dio a los episodios metalogenéticos para los recursos minerales de la República Argentina.

Los modelos de depósitos se indican entre paréntesis.

EPISODIOS PRE-PAMPEANO Y PAMPEANO

Durante el Neoproterozoico (≈ 700 Ma), en el **Cratón del Río de la Plata** se desarrolló una plataforma epicontinental con depositación de sedimentos pelíticos, psamopelíticos, carbonáticos cálcicos y magnesianos, que dieron origen a depósitos de *arcillas plásticas* y *refractarias* (modelo 9m -Olavarría, Buenos Aires-) y de *rocas carbonáticas* (modelo 9k -Loma Negra-Cerro Bayo, Buenos Aires-). En el Ordovícico se reinstauraron las condiciones de ambiente marino, en este caso litorales y sublitorales, depositándose areniscas y pelitas con intercalaciones de material piroclástico que generaron depósitos de *caolín* (modelo 7i -San Manuel, Buenos Aires-).

Entre 600 y 530 Ma, en el borde sur occidental de Gondwana se desarrolló una cuenca de margen pasivo (Baldo *et al.*, 1999) con depositación, entre otros, de protolitos calcáreos originados por precipitación química. Al mismo tiempo se aproximaban el terreno **Pampia** y el borde occidental del supercontinente gondwánico; durante la etapa de cierre del orógeno Pampeano tuvo lugar un importante evento metamórfico *barroviano* que generó depósitos de *mármol* de variada composición (modelo 10i -marmoles, Sierras Pampeanas-). Estos yacimientos son comunes en el basamento de Sierras Pampeanas (Córdoba, San Luis, Tucumán y Catamarca) como así también de la Cordillera Oriental (Formaciones Volcán y Las Tienditas, Jujuy y Salta). Su ubicación en una elongada faja norte-sur podría marcar un paleoambiente de depositación calcáreo en la antigua plataforma allí desarrollada.

El magmatismo básico presente en muchos sectores de las Sierras de Córdoba y las ultramafitas de la faja ofiolítica obductada durante el cierre de la cuenca oceánica y acreción del terreno **Pampia** conforman cuerpos anfibolíticos; durante el metamorfismo regional vinculado al orógeno algunos de ellos fueron afectados por procesos metasomáticos produciéndose depósitos de *talco* (modelo 5j -Mina Juancho, Córdoba-), en especial en las Sierras Pampeanas de Córdoba.

Durante el mismo ciclo orogénico Pampeano se emplazaron pegmatitas de clase muscovita (modelo 3c) -distritos pegmatíticos Alta Gracia y Altautina, en las Sierras Pampeanas Orientales; Ambato (Catamarca); Quilmes (Tucumán) y Valle Fértil (San Juan)-, constituyendo importantes depósitos de *mica* y *minerales cerámicos*. Galliski (1994b) propone un origen anatético para estos depósitos pegmatíticos, mayoritariamente generados en el Paleozoico inferior y en menor proporción en el Precámbrico superior.

EPISODIOS FAMATINIANOS

Durante el ciclo orogénico Pampeano el terreno de **Antofalla-Arequipa** -en el sector noroeste del país- colisionó con el terreno **Pampia**. En el ciclo orogénico Famatiniano un proceso de riftogénesis (Paleozoico inferior) separó ambos terrenos, dando lugar a la apertura de una cuenca marginal donde se formaron depósitos sedimentarios exhalativos (Pb-Zn-Ag); asociados a ellos, en el área de plataforma, se generaron yacimientos **SEDEX baritina** (modelo 8d -Santa Rosa, Salta-), sitios en la Cordillera Oriental. Nuevamente en el Ordovícico-Silúrico colisionan ambos terrenos; el comienzo de los movimientos oclóyicos provocaron la deformación de los depósitos ordovícicos y un metamorfismo dinámico con generación de zonas de cizalla y removilización de mineralizaciones, generando *vetas de baritina* (modelo 14h -Mono Abra, Salta-) que intruyen rocas ordovícicas, eocámbricas y precámbricas.

En el terreno **Cuyania** se desarrolló durante el Cámbrico y Ordovícico inferior una plataforma carbonática, aflorante actualmente en Precordillera Oriental y Central, representada por extensos depósitos de *calizas* y *dolomías* (modelo 9k -Sierra de Villicum-Albardón, San Juan-); en la zona de talud, hacia el oeste, la proximidad con actividad volcánica submarina (O-S) permitió la generación de depósitos estratiformes **SEDEX baritina** (modelo 8d -Canota, Mendoza-) en las pelitas oscuras de las secuencias precordilleranas.

En el Ordovícico inferior comenzó la subducción de **Cuyania** por debajo de **Pampia**, lo que provocó la formación de un arco magmático en las Sierras Pampeanas Occidentales y el posterior desarrollo de una cuenca de antepaís, en el ámbito de Precordillera, durante los estadios finales de la colisión de ambos terrenos (Ordovícico superior -Silúrico, Ramos, 1999). El arco magmático famatiniano, representado en el ámbito de Sierras Pampeanas por numerosos granitoides, coincide

temporalmente con la edad de *pegmatitas complejas* (modelo 3a -distrito pegmatítico La Estanzuela, San Luis-) sinorogénicas (Ordovícico). Las pegmatitas están emplazadas en un cinturón de rocas afectadas por metamorfismo de baja presión y alta temperatura de tipo Abukuma (Galliski, 1994b) que se extiende desde Salta hasta las Sierras de San Luis. Estos distritos pegmatíticos se encuentran vinculados genéticamente a los plutones graníticos del Paleozoico inferior.

En el ámbito precordillerano, la colisión entre Cuyania y Pampia deformó (movimientos oclóyicos) y exhumó muchas de las rocas cámbricas, con la consiguiente generación de una importante discordancia sobre la que se apoyan secuencias carboníferas y donde se emplazan mineralizaciones de *baritina* (modelo 9c -La Helvecia, La Rioja-) en la Precordillera riojana. Durante el Devónico y Carbonífero en **Pampia**, más precisamente en Sierras Pampeanas Orientales, tuvo lugar un magmatismo postcolisional y anorogénico al que se asocian *pegmatitas* de clase elementos raros (modelo 3a -distrito pegmatítico Punilla, Córdoba-) post-orogénicas portadoras de minerales industriales (cuarzo y feldespatos), *leucogranitos episieníticos* (modelo 6f -Los Riojanos, Córdoba-) aptos en la industria cerámica y depósitos vetiformes de *fluorita* (modelo 14h -Mina Dal, Catamarca-), estas últimas en las Sierras Pampeanas de Catamarca y La Rioja. Muchas de las pegmatitas, al emplazarse en cuerpos básicos a ultrabásicos, provocaron la alteración de minerales magnesianos y la formación de yacimientos de *vermiculita* (modelo 13b -Mina Los Guanacos, Córdoba) en sectores de las Sierras de Córdoba; también se generaron este tipo de depósitos en los contactos entre las pegmatitas y los esquistos y gneises biotíticos (Córdoba y San Luis).

En el Devónico inferior se produce la colisión entre **Chilenia** y **Cuyania-Pampia**, lo que trae aparejada deformación (movimientos de la Fase Chánica) y levantamiento de la Sierra de Pie de Palo. Se ponen en evidencia suturas internas indicadas por rocas básicas-ultrabásicas cuya deformación, metamorfismo y metasomatismo dio lugar a la generación de yacimientos de *talco* (modelo 5j -Mina Don León, San Juan-). En sectores más occidentales (Precordillera Occidental) esta deformación culmina con la obducción de las secuencias ofiolíticas y la consiguiente formación de depósitos de *talco* (modelo 5j -Cortaderita-Yalguaraz, Mendoza-),

magnesita (modelo 5j –Río Las Tunas, Mendoza-) y *vermiculita* (modelo 13b –Mina Don Alberto, Mendoza-) en los ámbitos de Cordillera Frontal y Precordillera de Mendoza.

EPISODIOS GONDWÁNICOS

Durante el Paleozoico superior tuvo lugar en el oeste del país un orógeno tipo andino (Ciclo orogénico Gondwánico) responsable de la formación de una cuenca de antearco (sector chileno), una cuenca de retroarco (Uspallata-Iglesias) y una cuenca de antepaís (Paganzo), con el emplazamiento de granitoides calcoalcalinos carbonífero-pérmicos (Fase orogénica San Rafael) aflorantes en Cordillera Frontal (Azcuy *et al.*, 1999). En el lapso Pérmico superior-Triásico inferior se produjo un importante evento extensional vinculado a episodios postcolisionales asociados al orógeno, generador de secuencias riolíticas (Grupo Choiyoi) y granitos.

Los numerosos depocentros intracratónicos desarrollados por riftogénesis durante el Carbonífero y Pérmico, y posteriormente durante el Triásico, en el centro – oeste del país, dieron lugar a la formación de depósitos de *arcillas* continentales (modelo 9m –Distrito Patquía-Amaná, La Rioja-) en rocas carboníferas del Grupo Paganzo y de *bentonitas* residuales (modelo 13f –Barreal, San Juan-) en secuencias lacustres triásicas de la Precordillera de San Juan y Mendoza.

El magmatismo de secuencias volcánicas post-orogénicas a anorogénicas y los granitos post-colisionales del Pérmico-Triásico están vinculados a las mineralizaciones de *fluorita* (modelo 14h –Distrito Agua Escondida, Mendoza-) presentes en la Cordillera Frontal, Bloque de San Rafael y noroeste del Macizo Nordpatagónico. La formación de depósitos de *caolín hidrotermal* (modelo 7i -Los Menucos, Río Negro-) en el norte patagónico, emplazados en rocas permo-triásicas del Complejo Porfírico, estaría relacionada con la fase póstuma del volcanismo que dio origen tanto a la roca de caja como al ciclo de mineralización que originó los depósitos de fluorita (Maiza y Hayase, 1975).

En este ciclo orogénico se produjo la colisión del terreno **Patagonia** con el resto de Gondwana (Paleozoico superior). Luego de la colisión, el volcanismo ácido (*plateau* riolítico ignimbrítico) del régimen extensivo instalado en el Macizo Nordpatagónico como respuesta a la compresión

anterior y a la apertura del Atlántico Sur, sería el responsable de las mineralizaciones de *fluorita* (modelo 14h –Rectángulo fluorítico nordpatagónico oriental, Río Negro y Chubut-), de edades del Jurásico medio al Cretácico superior (Aliotta, 1985).

EPISODIOS MESOZOICOS

La principal característica de los episodios mesozoicos es el dominio, en gran parte del territorio, de un régimen extensional. A partir del Jurásico se formó una gran cuenca en las periferias del núcleo cratónico, ya totalmente amalgamado, en la cual se depositaron secuencias sedimentarias en cuencas intracratónicas de subsidencia térmica y retroarco. Estos depósitos son hallados desde el sur de San Juan hasta el sur de Neuquén, y son portadores de depósitos sedimentario exhalativos (modelo 8d –Arroyo Nuevo, Neuquen-) y estratoligados (modelo 9d –Distrito Loncopué, Neuquen-) de *baritina* y *baritina-celestina*, respectivamente. En el primer caso se menciona la existencia de mantos de baritina entre pelitas negras de la Formación Los Molles (J_m), que representa sedimentos de ambiente marino subtidal, donde el catión Ba tiene un origen volcánico submarino (modelo 8d). A partir del Jurásico medio alto (Formación Tábanos) se formaron *depósitos estratoligados de baritina* en sedimentos de ambiente costero. El mar jurásico aportó el ion SO_4^{2-} , mientras que el catión Ba estaba adsorbido como ion de intercambio en las arcillas provenientes de las zonas de aporte; al llegar al mar las arcillas intercambian el catión Ba por Na, liberándolo.

Muchos de éstos depósitos sufrieron modificaciones debido a procesos diagenéticos o a la intrusión de rocas plutónicas, provocando la removilización de la mineralización y la formación de *vetas de baritina* (modelo 14h).

Durante el Jurásico superior (Formaciones La Manga y Auquilco) continuaron generándose estos depósitos aunque comenzaron a cobrar mayor importancia las secuencias evaporíticas formadas por material calcáreo y dolomítico y por potentes cuerpos de *yeso* (modelo 9g –Cañada Ancha, Mendoza-), sulfato íntimamente ligado a la celestina, con los que conforma verdaderas estructuras estratoligadas (modelo 9d –Mina Luthema-Monteagudo, Neuquen-).

En el sistema sedimentario Jurásico los depósitos de *calizas* más importantes están representados por los sedimentos calcáreos de precipitación química (modelo 9k –El Salitral, Neuquen-) de la

Formación Vaca Muerta en la provincia de Neuquén.

En el ámbito de la Cuenca Neuquina continuó durante el Cretácico la ciclicidad depositacional, con unidades de ambiente marino, transicional y continental. En aquellas de condiciones supratidales y marinas restringidas (Formación Huitrín, K_i) se destacan importantes secuencias evaporíticas, con la formación de depósitos de **yeso** (modelo 9g –Campo de los Militares, Mendoza-), **celestina** (modelo 9d –Sierra del Salado, Neuquén-), **sal** (modelo 9g –Ranquiles, Mendoza-) y **silvita** (modelo 9g –Potasio Río Colorado, Mendoza-). Los excelentes mantos de yeso de esta unidad, especialmente en el sur de Mendoza, fueron en sectores reemplazados por azufre y calcita, generándose depósitos de **azufre biogénico** (modelo 9o –Los Petisos, Mendoza-) íntimamente ligados a la presencia de hidrocarburos.

Concomitantemente comienza, en el sector patagónico, un ciclo de deformación orogénica cretácico. En el sector occidental predomina un régimen compresional mientras que la zona de retroarco está controlada por procesos extensionales ligados a la apertura del Atlántico Sur. Esto produjo que en la región oriental se formaran depocentros rellenos por sedimentos continentales que dieron origen a depósitos de **arcillas** (modelo 9m –Lote 18 y 19, Santa Cruz-) y **caolín** (modelo 9i –Lote 18 y 19, Santa Cruz), en sedimentos de la Formación Baqueró (K_i), Santa Cruz.

Los yacimientos de **caolín hidrotermal** (modelo 7i –Alto Río Senguer, Chubut-) generados en rocas riolíticas triásico-jurásicas del Grupo Lonco Trapial se asignan con reservas al mismo Ciclo orogénico patagónico, representado en la Cordillera Patagónica por el Batolito Patagónico.

Durante el Cretácico superior y hasta el Paleoceno, el régimen extensional alcanzó gran distribución regional. En el ámbito de la Cuenca Neuquina, con el arco formado en el oeste por la subducción pacífica, existe un predominio de secuencias continentales (Grupo Neuquén). En la zona de engolfamiento dicha unidad alcanza amplia distribución y es portadora de depósitos de **arcillas** (modelo 9m –Departamento Confluencias, Neuquén-).

A fines del Cretácico (Maastrichtiano) se produjo una importante transgresión marina desde el Atlántico, con la depositación de la Formación Allen en áreas de Neuquén, Río Negro y La Pampa y la generación de depósitos de **yeso** (modelo 9g –Valle del Río Negro, Río Negro-) y

de **bentonita residual** (modelo 13f –Departamento Puelén, La Pampa-), estas últimas originadas por argilización de tobas en aguas de mar somero. Coetáneamente, en el borde oriental del sector patagónico las unidades superiores de los Grupos Lonco Trapial y Bahía Laura, en las provincias de Chubut y Santa Cruz, sufrieron un proceso de caolinización que generó depósitos de **caolín** (modelo 13e –Camarones, Chubut-). Con las diferentes facies de la transgresión mastrichtiana, que se prolongó durante el Paleoceno, se vincula la generación de depósitos de **calizas** (modelo 9k –Valcheta, Río Negro-) y de **caolín sedimentario** (modelo 9i –Valle inferior del Río Chubut, Chubut) en la Formación Roca.

También se generaron yacimientos de **calizas** (modelo 9k –Bahía Bustamante, Chubut-) y **yeso** (modelo 9g –Cerro Tacho, Chubut-) en rocas de la Formación Salamanca, en el extremo sudeste de Chubut.

En el sector oriental de las Sierras Pampeanas (Córdoba), se registró durante el Cretácico un volcanismo basáltico de intraplaca al cual se vincula la anomalía térmica propuesta como factor responsable de la generación de varias de las vetas de **fluorita** (modelo 14h –Distrito Sierra de Comechingones, Córdoba-) emplazadas en los granitos paleozoicos de dicha provincia.

En el noroeste argentino, el desarrollo de cuencas intracratónicas durante el Cretácico permitió la depositación de las secuencias del Grupo Salta, cuyas unidades son principalmente de ambiente continental, donde se han formado depósitos de **arcillas** (modelo 9m –Casa Grande, Jujuy-). La única unidad de ambiente marino es la Formación Yacoraite, que contiene mantos de **calizas oolíticas** (modelo 9k –Puesto Viejo, Jujuy-).

De gran importancia en el centro del país fueron, durante el Cretácico superior, los sistemas de rift; en la provincia de San Luis se desarrolló la cuenca de Beazly, portadora de depósitos de **yeso** lacustre (modelo 9f –Canteras Recomar, San Luis-).

EPISODIOS ÁNDICOS

El Ciclo orogénico Andico ha sido subdividido según la velocidad de convergencia relativa de la placa de Nazca, en los subciclos Paleógeno y Neógeno (Ramos, 1999); la evolución y desarrollo de los mismos muestran marcadas diferencias según la región geográfica que se trate, reconociéndose ocho segmentos contiguos desde 22° hasta 54° de latitud sur.

Subciclo Paleógeno: el arco volcánico se desarrolla principalmente en territorio chileno; en el sector puneño penetra a la latitud del salar de Arizaro y se asocia a su ciclo volcánico la génesis de cuencas intermontanas. A la latitud del norte de Neuquén, se desarrolló un arco magmático andesítico y riolítico-basáltico en la zona extraandina, al cual se asocia un fenómeno extensional que formó las cuencas de Collón Cura y Ñirehuau y la presencia de importantes *plateau* basálticos, con depósitos sedimentarios continentales y marinos del Pacífico. Este magmatismo básico del Eoceno y Oligoceno, junto con depósitos epiclásticos y piroclásticos del Mioceno acumulados en las cuencas mencionadas y en depocentros aledaños, afloran junto a depósitos de *diatomitas* de origen lagunar (modelo 9j –Ing. Jacobacci, Río Negro-).

Subciclo Neógeno: en este subciclo tuvieron lugar un conjunto de episodios responsables de importantes depósitos de minerales industriales en el país.

El extremo austral de la región mesopotámica se vio afectado, a partir del Neógeno, por dos grandes eventos transgresivos desde el Atlántico, el primero durante el Mioceno medio (mar Paranense) y el segundo durante el Pleistoceno superior y Holoceno. Los actuales ríos de La Plata y Paraná constituyeron importantes vías de acceso del mar hacia el continente durante ambas ingresiones. Como consecuencia de ello, en el sudoeste de la provincia de Entre Ríos se generó un ambiente estuárico, de mar somero, en general hiposalino debido a la influencia del río Paraná, donde se acumularon depósitos de *arenas silíceas* (modelo 12e –Diamante, Entre Ríos-).

En el noroeste del territorio nacional, durante el Mioceno inferior, se estableció un arco magmático que dio lugar a la denominada Zona Volcánica Central, emplazada a través de corredores de orientación noroeste y caracterizada por estratovolcanes, calderas, domos volcánicos y cuerpos subvolcánicos. En las sucesivas cuencas de antepaís formadas por la migración del frente de corrimiento (levantamiento de la Puna, Cordillera Oriental y Sierras Subandinas) que acompañó la expansión del volcanismo hacia el antepaís, se depositaron las secuencias del Grupo Orán (Mioceno-Plioceno) con la formación de depósitos de *bentonita* sedimentaria (modelo 9h –Purmamarca, Jujuy-) aflorantes en la Quebrada de Humahuaca. A partir del Mioceno superior-Plioceno, con el incremento en el ángulo de

inclinación de la zona de Benioff se generan importantes calderas en la zona cordillerana y en el borde occidental de la Puna, expresados en superficie por flujos ignimbríticos asociados a fusión cortical y responsables de mineralizaciones polimetálicas con ganga de *baritina* (modelo 7e –Mina Viejas Bonanzas, Jujuy-) y de depósitos de *perlita* (modelo 11d –Quebrada de la Rupasca, Salta-). La continua migración del arco volcánico hacia el oeste provocó el desarrollo de importantes estratovolcanes plio-pleistocenos a lo largo de la actual cordillera, en cuyas zonas superiores se hallan yacimientos de *azufre fumarólico* (modelo 7g –La Casualidad, Salta-) vinculados al evento volcánico. Las diferentes facies diastróficas de la evolución del orógeno produjeron en el zócalo puneño la reactivación de antiguos lineamientos, que compartimentaron la Puna y facilitaron la depositación de secuencias terciarias en subcuencas hidrológicas, que se mantienen hasta la actualidad como cubetas de depositación. A estos depósitos netamente continentales y de ambientes de clima árido están asociados los yacimientos de *ónix*, *travertino* (modelo 7h –Huaytiquina, Salta-) y *boratos* (modelo 9f –Tincalayu, Salta-), vinculados al termalismo producto de los eventos póstumos del volcanismo Mioceno-Plioceno presente en el ámbito puneño de Jujuy, Salta y Catamarca. Como depósitos evaporíticos continentales se destaca la presencia de mantos de *yeso* (modelo 9f –Puente Plata, Salta) e importantes bancos de *sal de roca* (modelo 9f –Tolar Grande, Salta-) en depresiones de la Puna salteña.

En el segmento cordillerano que se extiende desde los 26°S hasta los 30°S se emplazó el arco volcánico (Oligoceno superior) y conforme se produjo la horizontalización de la placa oceánica el arco fue migrando, según lineamientos de rumbo noroeste, hacia el este. Tal horizontalización provocó volcanismo en Precordillera y Sierras Pampeanas y el levantamiento de ambas unidades morfoestructurales. Ello trajo aparejado el desplazamiento del frente orogénico, lo que produjo una migración de las cuencas de antepaís a partir del Mioceno inferior. En la provincia de Tucumán se asocian a los sedimentos terciarios (Formación Río Salí) depósitos de *yeso* (modelo 9f –El Jumial, Tucumán-) y de *calizas* (modelo 9k –Sierra de La Ramada, Tucumán-).

Inmediatamente al sur (30°-34° S) se encuentra el segmento cordillerano central, caracterizado por la

falta de volcanismo activo. Durante el Mioceno tuvo lugar una importante migración del volcanismo desde la Cordillera Principal (15 a 16 Ma), atravesando Precordillera (Mioceno medio a superior), hasta alcanzar las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis (4 Ma y 1,9 Ma, respectivamente). Nuevamente el volcanismo se expande a través de lineamientos preferenciales. La horizontalización de la placa de Nazca no sólo provocó la migración del arco hacia el antepaís sino que también provocó el engrosamiento cortical, teniendo lugar una importante actividad magmática en el ámbito cordillerano que culminó con mineralizaciones auríferas de alta sulfuración. La meteorización de estos yacimientos generó depósitos de *sulfato de aluminio* (modelo 13d – La Alumbraera, San Juan-). Asimismo, el magmatismo dio lugar a la generación de yacimientos polimetálicos asociados a *vetas de baritina* (modelo 14h –Mina Omega, Mendoza-) en la Cordillera Frontal. La llegada del arco al ámbito de Sierras Pampeanas permitió la generación de depósitos de *ónix* (modelo 7h – Cantera Santa Isabel, San Luis-) y de *travertinos* (modelo 7h –La Playa, Córdoba-) en Córdoba, San Juan, Mendoza y La Rioja. El concomitante desplazamiento hacia el este del frente orogénico levantó secuencias ordovícicas (Formación Alpacarrosa) del ámbito precordillerano, portadoras de sulfuros singenéticos y sulfuros tipo Chipre. Estos depósitos fueron meteorizados y objeto de un continuo proceso similar al enriquecimiento secundario que originó yacimientos de *sulfatos de aluminio y magnesio* (modelo 13d –Cerro Alumbre, San Juan-). En las cuencas de antepaís (intermontanas) formadas por el desplazamiento del frente orogénico hacia el este, se depositaron sedimentos sinorogénicos que dieron lugar a la formación de yacimientos de *arcillas* (modelo 9m –Calle 14-La Flecha, San Juan-) en San Juan, La Rioja y Mendoza; *ceolitas* (modelo 9n –Agua Blanca, La Rioja) en La Rioja y *yeso* (modelo 9f –Cuenca yesífera santiagueña, Santiago del Estero-) en La Rioja, San Juan, Catamarca y Santiago del Estero. En el segmento neuquino (38°-41° S) durante el Mioceno se levantó un arco mediante inversión tectónica de los sistemas extensionales mesozoicos. Así se formó una cuenca de antepaís ubicada en el centro de Neuquén que alberga depósitos de *bentonita residual* (modelo 13f – Departamento Zapala, Neuquen-).

El Cuaternario del noroeste argentino, en particular la Puna, está representado, además de rocas volcánicas y depósitos piroclásticos, por acumulaciones aluviales y depósitos intermontanos. Estos últimos ocurren en un gran número de depresiones tectónicas, en cuyos bordes afloran secuencias neógenas y en los centros depósitos cuaternarios coronados por mantos evaporíticos. Durante el Pleistoceno estos depocentros eran cuerpos de agua dulce; posteriores cambios climáticos y el comienzo de un periodo de salinización produjeron una constante transferencia de iones desde las fuentes vinculadas al volcanismo. En el Holoceno la desecación de las depresiones fue total, con la conformación de salares (Alonso, 1999).

Los salares presentan estructura zonada, transicional en el pasaje de una zona a otra, y caracterizadas por poseer distintos depósitos evaporíticos: la zona interna del salar posee depósitos de *halita* (modelo 9f –Salinas Grandes, Salta y Jujuy-), la zona que lo rodea presenta sulfatos y la más externa, o playa, está compuesta por sedimentos limo-arcillosos con depósitos calcáreos diseminados o formando depósitos de *travertinos* y *boratos* (modelo 9f –Turi Lari, Jujuy-). En el subambiente evaporítico (centro de la depresión) comúnmente se alojan depósitos de *sulfato de sodio* (modelo 9f –Salar Río Grande, Salta-) junto con carbonato de sodio y salmueras metálicas.

En el sector extraandino, la presencia de cuencas centripetas en ambientes desérticos dio lugar a la generación de depósitos de *sal*, *sulfato de sodio* y *yeso* (todos del modelo 9f –Salina del Bebedero, San Luis-).

En Mendoza y Neuquen, durante el subciclo neógeno, el frente magmático no migró - permaneció en sectores al oeste- y provocó un magmatismo de retroarco en territorio argentino. Los eventos póstumos de este volcanismo, de edad cuaternaria, generaron depósitos de *azufre fumarólico* (modelo 7g –Cerro Overo, Mendoza-).

En el área mesopotámica, la inundación del río Uruguay durante el Pleistoceno provocó la sedimentación de la Formación Hernandarias, que en sus facies palustres y lacustres posee arcillitas que portan nódulos de *yeso* (modelo 9f –Piedras Blancas, Entre Ríos-). Además, la ingresión marina del Atlántico que continuó durante el Holoceno participa en la acumulación de *arenas*

silíceas (modelo 12e –Ibicuy, Entre Ríos-) a orillas del río Paraná.

EL MAPA DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

INTRODUCCIÓN

Las *fajas litogenéticas* representan unidades geológicas vinculadas espacial y/o genéticamente a un grupo de depósitos de minerales industriales. Están constituidas por litotectos de edad y ambiente de formación conocidos, siendo factible asignarles a dichas fajas un periodo de tiempo geológico, un tipo de litología y un ambiente geotectónico. Todo ello permite que las fajas litogenéticas sean unidades mapeables sobre una base geológica en escala regional (1:2.500.000) y con una importante suma de antecedentes yacimientológicos.

Esto hace de las fajas litogenéticas elementos con una connotación metalogenética directa, dando información sobre la presencia, génesis y potenciales áreas de ocurrencia de un cierto grupo de depósitos de minerales industriales de características generales definidas por los modelos al cual pertenecen. Como tal pueden ser usadas en la actividad exploratoria y prospectiva de depósitos de minerales industriales.

A cada una de las fajas litogenéticas se le ha asignado un nombre, una edad y una nomenclatura cartográfica (*ambiente-edad*). A continuación se detallan las unidades litoestratigráficas (litotectos) que estas fajas involucran, un resumen de sus principales características geológicas y los tipos de depósitos a los cuales se vinculan. Los litotectos hacen referencia a unidades geológicas cartografiadas en el Mapa Geológico de la República Argentina escala 1:2.500.000 (SEGEMAR, 1997) e indicadas en el texto que sigue con la nomenclatura y siglas del mencionado mapa.

FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS PRE-PAMPEANO Y PAMPEANO

La faja **Depósitos marinos del Precámbrico superior-Ordovícico (dm-PCO)** involucra los depósitos sedimentarios precámbricos de arcillas y calizas-dolomías del Grupo Sierras Bayas (PCs) y

las pelitas marinas ordovícicas de la Formación Balcarce (O), ambas aflorantes en las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires, unidades que constituyen litotectos de depósitos asociados a sedimentos marinos (modelos 9m, 9i y 9k).

En la región de Sierras Pampeanas las metamorfitas precámbricas-eopaleozoicas generadas durante el metamorfismo regional *barroviano*, aflorantes en las actuales Sierras Pampeanas y Cordillera Oriental (PCa y PCb), son susceptibles de ser agrupadas como litotectos de depósitos metamórficos (modelo 10i) y pegmatíticos (modelo 3c). Ellas definen una extensa faja litogenética denominada **Basamento precámbrico-cámbrico (b-PCC)**.

dm-PCO (DEPÓSITOS MARINOS DEL PRECÁMBRICO SUPERIOR – ORDOVÍCICO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: secuencias marinas de plataforma. Grupo Sierras Bayas, Formaciones Cerro Negro, Las Águilas y Balcarce.

Edad: Precámbrico superior - Ordovícico

Ubicación: unidades litoestratigráficas aflorantes a lo largo del extremo meridional de la faja serrana de Tandilia, provincia de Buenos Aires. De oeste a este: Sierras Bayas-Olavarría, Barker, La Negra, San Manuel y Balcarce. Incluye los afloramientos de la cobertura sedimentaria precámbrica y parcialmente las rocas ordovícicas de la Formación Balcarce, en especial las localizadas en los sectores más occidentales. Al este de la ciudad de Balcarce no existen depósitos de caolín, evidenciándose un cambio lateral de facies.

Descripción: el Grupo Sierras Bayas representa la unidad litoestratigráfica basal de la cobertura sedimentaria en la faja serrana de Tandilia. Se apoya en discordancia sobre el basamento ígneo-metamórfico del Complejo Buenos Aires (2.000 Ma) y constituye las secuencias sedimentarias de un ambiente marino de plataforma epicontinental. El Grupo Sierras Bayas está integrado por la Formación basal **Villa Mónica**, la cual presenta dos asociaciones verticales de facies, una cuarzo-arcósica de 16 metros de espesor y otra dolomítico-pelítica de 36 metros de espesor donde se destaca la naturaleza biogénica de la asociación dolomítica con numerosos estromatolitos de tipo estratiforme (Iñiguez, 1999). Apoyada sobre una discordancia erosiva yace la **Formación Cerro Largo**, definida por asociaciones psamopelíticas, cuarcíticas y arcilíticas que en suma constituyen

75 metros de depósitos. Finalmente, el techo del Grupo Sierras Bayas está definido por las **calizas Loma Negra**, unidad de gran interés económico para la región, constituida por facies carbonáticas grises oscuras, negras y rojizas con niveles clásticos en su porción basal y materia orgánica en su parte superior. En varios sectores de las serranías de Tandilia, por encima de las secuencias del Grupo Sierras Bayas se apoyan, en discordancia, secuencias de arcillitas illitocloríticas (Iñiguez, 1999) correspondientes a la **Formación Cerro Negro** (170 m de espesor), correlacionable con la **Formación Las Águilas**, que según datos geocronológicos son de edad precámbrica superior (Bonhomme y Cingolani, 1980). En la mitad suroriental de las serranías aparecen los principales afloramientos de la **Formación Balcarce**, una unidad marina netamente transgresiva de edad ordovícica, apoyada discordantemente sobre el basamento y cobertura precámbrica. La formación Balcarce está compuesta esencialmente por ortocuarcitas, conglomerados finos y pelitas caoliníferas, siendo una unidad de ambiente litoral, sublitoral, con fluctuaciones periódicas progradantes y de somerización, y con rocas de origen piroclástico básico intercaladas en las secuencias de algunos sectores, muchas de ellas transformadas por alteración hidrotermal. (Iñiguez, 1999).

Potencial minero

Mineral o roca: caolín

Modelo: 9i (caolín sedimentario). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: un importante número de labores mineras se localizan en la región de Chillar – La Negra donde reviste importancia el contenido caolinítico del Miembro inferior de la Formación Balcarce. Son depósitos de arcillas blancas, duras y poco plásticas en cuerpos de buena continuidad lateral y espesores variables.

Véase:

[Depósitos de caolín en Buenos Aires \(pág. 148\).](#)

Mineral o roca: caolín

Modelo: 7i (caolín y bentonita). Grupo depósitos epitermales y de transición.

Depósitos: se encuentran heterogéneamente distribuidos en el sector sur y suroriental de las Sierras Septentrionales (provincia de Buenos Aires). Son conocidos los depósitos del área de Cerro Segundo y sierra La Barrosa conjuntamente

con los de Loma del Piojo y San Manuel. En términos generales consisten en material arcilloso producto de la alteración hidrotermal de rocas del basamento cristalino y de los niveles con tobas de la Formación Balcarce. La calidad y magnitud de los yacimientos son muy variables.

Véase:

[Depósitos de caolín en Buenos Aires \(pág. 148\).](#)

Mineral o roca: arcillas

Modelo: 9m (arcillas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: en las proximidades de San Manuel, sierra Las Águilas, Cerro Negro, Barker y Olavarría ocurren depósitos de arcillas comunes y arcillas plásticas. Generalmente se presentan como mantos interestratificados con depósitos silicoclásticos de las formaciones Villa Mónica y Cerro Largo (Grupo Sierras Bayas) además de los yacimientos presentes en las formaciones Cerro Negro y Las Águilas. El conjunto de depósitos tiene una gran incidencia en la producción nacional y su utilización se circunscribe, principalmente, a la industria de la construcción.

Véase:

[Depósitos de arcillas precámbricos y paleozoicos en Buenos Aires \(pág. 64\).](#)

Mineral o roca: calizas, dolomías

Modelo: 9k (caliza-dolomía). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: las rocas carbonáticas ocurren en las inmediaciones de las localidades de Olavarría y Barker. Se distinguen depósitos de dolomías y de calizas. Los primeros se desarrollan en la Formación Villa Mónica, como cuerpos lenticulares de hasta 30 metros de espesor. Se explotan como áridos o bien en bloques para revestimientos ornamentales; fueron objeto de explotación en la industria siderúrgica varias décadas atrás, y luego en la industria del vidrio. Los yacimientos de calizas presentan mucho mayor distribución areal y forman parte de la Formación Loma Negra. Son depósitos intensamente explotados, usados en la fabricación de cemento y cal.

Véase:

[Depósitos sedimentarios de calizas y dolomías \(Precámbrico\) en Buenos Aires \(pág. 255\).](#)

Mineral o roca: caolín

Modelo: 13e (caolín). Grupo depósitos residuales y de alteración.

Depósitos: en la región de Loma del Piojo se halla la cantera Gutiérrez, donde el material arcilloso, de origen residual, contiene hasta un 74% de caolinita, contenido que disminuye en profundidad. El paquete de arcilla presenta un espesor de 10 metros, es de color blanco con tonos rojizos, con variedades de arcillas rojas que contienen 17% de hematita. El depósito de arcilla caolinítica se originó por la alteración meteórica o supergénica de una diabasa de la Formación Buenos Aires o Formación Balcarce (Dominguez y Silletta, 2002).

Véase:

Depósitos de caolín en Buenos Aires (pág. 148).

b-PCC (BASAMENTO PRECÁMBRICO-CÁMBRICO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: metamorfitas de grado alto, medio y bajo de Sierras Pampeanas y de Cordillera Oriental, originadas por metamorfismo regional.

Edad: Precámbrico - Eocámbrico

Ubicación: áreas del basamento metamórfico de bajo y alto grado aflorantes en Sierras Pampeanas y Cordillera Oriental. La faja litogenética se circunscribe a aquellos sectores del basamento donde ocurren depósitos de calizas cristalinas o donde simplemente afloran mármoles. Se suman las áreas de los distritos pegmatíticos que, al igual que los depósitos anteriores, se originaron durante el Ciclo Pampeano.

Descripción: faja de rocas metamórficas de más de 1.000 km de longitud en sentido N-S, entre 24° y 33° L.S., generada durante el Ciclo orogénico Pampeano. Las metamorfitas constituyen extensas cadenas montañosas levantadas durante la orogenia andina, con estilo estructural del tipo bloques basculados, que limitan elongados valles intermontanos de orientación meridional.

En el extremo norte de esta faja (Cordillera Oriental) aflora la Formación Puncoviscana, la cual consiste de metasedimentos de muy bajo grado, representada por rocas en facies de esquistos verdes a ceolitas. Hacia el sur afloran metasedimentitas en facies de esquistos verdes, anfibolitas y granulitas con desarrollo de extensas áreas migmatíticas con escasa presencia de rocas de bajo grado. Los protolitos de estas rocas

corresponderían a secuencias turbidíticas con contenidos subordinados de rocas carbonáticas y volcánicas propios de un margen pasivo desarrollado a lo largo del borde occidental de Gondwana (Rapela *et al.*, 1998).

El magmatismo (Cámbrico) que tuvo lugar durante el ciclo Pampeano incluye secuencias metaluminosas foliadas y granitos (G1) y migmatitas peraluminosas vinculadas al evento metamórfico de alto grado (Rapela *et al.*, 1990; 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: cuarzo - feldespato - mica

Modelo: 3c (pegmatitas simples). Grupo depósitos pegmatíticos.

Depósitos: estos minerales ocurren en los depósitos pegmatíticos de los distritos Valle Fértil (San Juan) y Alta Gracia (Córdoba); las pegmatitas pertenecen a la clase muscovita (Galliski, 1994a). Los cuerpos pegmatíticos presentan en general geometría tabular o lenticular, y están emplazados discordantemente en las metamorfitas de la caja, con longitudes de 20 a 200 metros y potencias de 3 a 20 metros. Las pegmatitas del distrito Valle Fértil tienen contenidos de 2% de mica, 30% de feldespato potásico y 25% de cuarzo. Alta Gracia fue un importante productor de mica. Aún con la evidente falta de dataciones geocronológicas sobre las pegmatitas de estos distritos, se interpreta que fueron generadas durante el Ciclo Pampeano a partir de un proceso de anatexis de protolitos I o S en condiciones de presión de 5 a 8 Kb y temperaturas de 650° a 850°C (Galliski, 1994b).

Véase:

Distrito pegmatítico Valle Fértil, San Juan (pág. 182).

Distrito pegmatítico Alta Gracia, Córdoba (pág. 186).

Mineral o roca: rocas carbonáticas. Mármol

Modelo: 10i (rocas). Grupo depósitos metamórficos.

Depósitos: estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos tanto en las Sierras Pampeanas como en el ámbito de la Cordillera Oriental. Afloran en las sierras Chica, Grande, de Guasapampa, de Pocho y Altautina de la provincia de Córdoba; en las sierras del Gigante, de La Estanzuela, de Socoscora y Comechingones en

San Luis; flanco oriental de la sierra de Ancasti (Catamarca); flanco oriental de las Cumbres Calchaquíes en Tucumán y por último en la quebrada de Humahuaca en la provincia de Jujuy. Consisten en cuerpos de mármol tabulares y/o lenticulares, comunmente deformados a muy deformados y concordantes con las estructuras de las metamorfitas a las que se asocian. Las reservas de material carbonático ascienden a más de mil millones de toneladas y su composición (mineralógica y química) y calidad son muy variadas. En Córdoba se destacan varios subdistritos de composición definidamente cálcica o magnesia, aunque son comunes las tendencias calcodolomíticas. Su destino industrial es muy amplio y diversificado, desde la fabricación de cales y cemento para construcción hasta la molienda y micronizado para uso en plásticos y pinturas, destacándose la aptitud y uso ornamental de importantes depósitos.

Véase:

Rocas carbonáticas. Depósitos metamórficos. Córdoba (pág. 265).

Rocas carbonáticas. Depósitos metamórficos. San Luis (pág. 266).

Rocas carbonáticas. Depósitos metamórficos. Tucumán (pág. 267).

Rocas carbonáticas. Depósitos metamórficos. Santiago del Estero y Catamarca (pág. 268).

Rocas carbonáticas. Depósitos metamórficos. Jujuy (pág. 270).

FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS FAMATINIANOS

El extenso Ciclo orogénico Famatiniano involucra variados ambientes y procesos geológicos, y numerosas e importantes mineralizaciones que permiten definir cinco fajas litogénéticas famatinianas y la faja de secuencias ofiolíticas pampeana-famatiniana que involucra eventos de acreción en distintos terrenos y edades; para su definición se priorizó la asociación entre los modelos de depósitos y la litología portadora.

Las secuencias de plataforma carbonática cámbricas y ordovícicas (C y Om) de la Precordillera Oriental y Central definen una faja portadora de importantes depósitos de calizas y dolomías sedimentarias (modelo 9k) denominada

Plataforma carbonática cámbrico-ordovícica (p-CO).

Las secuencias ordovícicas de *Cuyania* y *Pampia* son portadoras de mineralizaciones de baritina cuyo catión Ba es de origen volcanogénico; en algunos casos se presentan como depósitos diagenéticos (modelo 8d), mientras que en otros lo hace como material removilizado por denudación de su roca portadora (modelo 9c), o bien en vetas (modelo 14h) por metamorfismo y deformación de los depósitos primarios. Las secuencias de talud ordovícicas (Formación Empozada, Om) de Precordillera representan una faja litogénética de depósitos baríticos – **Talud ordovícico (t-O)** – mientras que los yacimientos de baritina sinsedimentarios y epigenéticos de la Cordillera Oriental están comprendidos por una faja litogénética definida por la ocurrencia, principalmente, de rocas del Grupo Santa Victoria (Om) originadas bajo condiciones paleogeotectónicas adecuadas para la formación y posterior removilización de las mineralizaciones de baritina (**Plataforma asociada a volcanismo extensional ordovícico, p-O**).

Las fajas de rocas ultrabásicas situadas a lo largo de las suturas de acreción, en *Cuyania* y *Pampia*, representan las unidades que definen la faja litogénética (Precámbrico-Carbonífero) de depósitos de talco, magnesita y vermiculita (modelos 5j y 13b) denominada **Secuencias ofiolíticas (ru-PCC)**.

En el ámbito de Sierras Pampeanas, la faja litogénética que contiene depósitos pegmatíticos (modelos 3a y 3c) vinculados a los granitoides sinorogénicos del Paleozoico inferior – **Basamento ordovícico-silúrico (b-OS)** – comprende un extenso cinturón de rocas metamórficas (PCa y PCb), encajonantes de aquéllas. Por otra parte, la faja **Granitoides post-orogénicos devónico-carboníferos (gpos-DC)** involucra los granitoides (DCg) y sus rocas de caja (PCa y PCb) siendo los litotectos de los depósitos de pegmatitas complejas (modelo 3a) y granitoides con alto contenido alcalino (modelo 6f) de las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis.

p-CO (PLATAFORMA CARBONÁTICA CÁMBRICO-ORDOVÍCICA)

Unidades litoestratigráficas involucradas: facies de plataforma carbonática originada en el borde del terreno Cuyania. Formaciones La Laja, Zonda, La Flecha, La Silla y San Juan.

Edad: Cámbrico inferior – Ordovícico inferior

Ubicación: afloramientos en la Precordillera Oriental y Central de las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza, de rocas sedimentarias cámbricas y ordovícicas de facies de plataforma carbonática. La faja se demarcó sobre la base de mapas geológicos de menor escala.

Descripción: las rocas involucradas componen una importante sucesión estratigráfica, predominantemente carbonática, depositada en ambiente de plataforma interna, cuyo borde de plataforma y talud continental se ubicaban hacia el oeste (Bordonaro, 1999). Esta distribución de facies es válida para el Cámbrico y Ordovícico inferior.

La base estratigráfica la constituye la **Formación La Laja** (Cámbrico inferior tardío – Cámbrico medio tardío), unidad de 1.200 metros de espesor formada por calizas, calizas arcillosas y margas propias de ambiente de plataforma abierta poco profunda. Por encima se apoya la **Formación Zonda** con calizas dolomíticas y dolomías, en una sucesión de 350 metros de potencia característica de un ambiente marino somero con evidencias de episodios temporarios de exposición subaérea (Bordonaro, 1999). Le sigue la **Formación La Flecha** (Cámbrico superior), constituida por una alternancia cíclica de calizas y dolomías con chert y abundantes estructuras algales, que en conjunto alcanzan los 500 metros de espesor, generados en un ambiente de plataforma tidal parcialmente restringido (Armella, 1989). El arreglo estratigráfico continúa, sin discontinuidades, con la **Formación La Silla** (Ordovícico inferior) formada por 400 metros de calizas macizas gris oscuras con intercalaciones de dolomías (Bordonaro, 1999), seguidas por la **Formación San Juan** (Ordovícico inferior), integrada por 400 metros de calizas lajosas y margas de ambiente de plataforma abierta (Keller y Bordonaro, 1993).

Potencial minero:

Mineral o roca: rocas carbonáticas. Calizas y dolomías.

Modelo: 9k (caliza-dolomía). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: la faja comprende un importante número de depósitos de rocas carbonáticas distribuidos a lo largo de la Precordillera Oriental y Central en las provincias de San Juan y norte de Mendoza. Los yacimientos sanjuaninos se distribuyen en las regiones de Jáchal, Villicum y alrededores de San Juan, constituyendo un

importante recurso de calizas y dolomías (del orden de cientos de millones de toneladas) en explotación continua por más de tres décadas hasta la actualidad. Los espesos mantos calcáreos pertenecen a las formaciones cámbricas La Laja, Zonda y La Flecha y a las ordovícicas La Silla y San Juan. La roca es un material carbonático de alta calidad utilizado en la fabricación de cales industriales (cálcicas y magnesianas) y en las industrias siderúrgica, papelera, cristalería, cerámica, entre otras. En el norte de Mendoza los depósitos son más escasos y forman parte de la Formación San Juan. La caliza se presenta en bancos de gran homogeneidad textural y continuidad. Los colores son grises (varias tonalidades), el grano fino a sacaroide, con algunas intercalaciones de ftanita y desarrollo, en ocasiones, de vetas calcíticas.

Véase:

Rocas carbonáticas Calizas y Dolomías. Depósitos sedimentarios. Paleozoico. San Juan (pág. 256).

Rocas carbonáticas Calizas y Dolomías. Depósitos sedimentarios. Paleozoico. Mendoza (pág. 258).

p-O (PLATAFORMA ASOCIADA A VOLCANISMO EXTENSIONAL ORDOVÍCICO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: secuencias de plataforma asociadas a volcanismo extensional. Grupo Santa Victoria.

Edad: Ordovícico inferior

Ubicación: afloramientos de rocas ordovícicas (Grupo Santa Victoria) de facies de plataforma, en el ámbito de Cordillera Oriental, que presentan mineralizaciones de baritina estratiforme. La faja también incluye al conjunto de rocas próximas a este ambiente con depósitos vetiformes de baritina debido a removilización de la mineralización primaria, como las propias rocas ordovícicas y -en algunos sectores- las rocas cámbricas (Grupo Mesón) y precámbricas (Formación Puncoviscana).

Descripción: la faja abarca gran parte de la Cordillera Oriental y queda incluida dentro de la denominada provincia metalogénica Quiaqueña (Sureda y Galliski, 1987). La Cordillera Oriental presenta una compleja historia geológica cuyos elementos más antiguos corresponden a rocas de la Formación Puncoviscana (Precámbrico superior - Cámbrico inferior) ampliamente difundida en la región noroeste del país y caracterizada por secuencias pelíticas, cuarcíticas, conglomerádicas

y calcáreas, en sucesiones turbidíticas rítmicas, fuertemente deformadas y en algunos casos metamorizadas como respuesta a la fase diastrófica Tilcárica. Posteriormente, durante el Cámbrico medio y superior, en un ambiente de plataforma estable, se depositaron en discordancia angular las ortocuarcitas y conglomerados del Grupo Mesón. Este periodo de sedimentación fue interrumpido a partir del Cámbrico superior por la fase diastrófica Irúyica, donde tuvieron lugar movimientos distensivos generadores de un ambiente de rift (~515 Ma), comenzó a depositarse el Grupo Santa Victoria y se emplazaron fuentes geotermales y depósitos sedex en los fondos marinos (Sureda, 1988). La unidad basal de dicho grupo está representada por lutitas grises oscuras y grises verdosas, con intercalaciones de areniscas y bancos de calizas y margas de la Formación Santa Rosita (Cámbrico cuspidal – Tremadociano); unidad depositada, según Aceñolaza *et al.* (1999), en un ambiente de plataforma estable con facies de depósitos intermareales al este y de plataforma distal al oeste. En la región norte de la provincia de Jujuy y oeste de Salta el tope del grupo Santa Victoria está constituido por las sedimentitas arenigianas de la Formación Acoite, unidad formada por una espesa sucesión de pelitas y areniscas muy finas originadas en una extensa plataforma marina (Aceñolaza *et al.*, 1999). El rift irúyico, que abortó con los movimientos compresivos de la fase diastrófica Guandacol (~470 Ma), estuvo asociado a un magmatismo escaso de tipo anorogénico (Sureda, 1999).

En algunos sectores de la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas sobre la Formación Acoite se apoya la Formación Sepultura, constituida por areniscas calcáreas, calizas y lutitas del Llanvirniano inferior. A diferencia de lo acontecido durante la riftogénesis, los movimientos guandacólicos se caracterizaron por un considerable aumento en las emisiones volcánicas. La fase diastrófica Guandacol intervino de un modo primordial en la concentración de metales base y elementos asociados de la región; en líneas generales las mineralizaciones vetiformes polimetálicas (Au, Cu, Fe, Pb, Zn) yacen en posiciones distales de la cuenca, y las vetiformes (Pb, Zn, Ba) y estratiformes (Pb, Zn, Ba) lo hacen en posiciones proximales o de plataforma (Sureda *et al.*, 1986; Sureda y Martín, 1990 en Sureda, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: baritina

Modelo: 8d (SEDEX baritina). Grupo depósitos sedimentario-exhalativos y volcanogénicos submarinos.

Depósitos: de escasa dimensión. Constituyen generalmente manifestaciones donde la mineralización ocurre en rocas ordovícicas como mantos estratiformes. Así lo hacen en el distrito Sierra de Aguilar, en lutitas y areniscas (Castillo, 1992) de las Formaciones Padrioc (Tremadociano) y Acoite (Arenigiano), donde además ocurren vetas discordantes a las sedimentitas marinas.

Los depósitos de baritina no poseen gran importancia desde el punto de vista económico, si bien ayudan a interpretar la historia metalogenética de la región ya que son singenéticos, generados bajo controles de emplazamiento netamente litológico-estratigráfico en unidades sedimentarias marinas de plataforma proximal durante el Ordovícico inferior.

Véase:

[Depósitos de Baritina en la Cordillera Oriental \(pág. 99\).](#)

Mineral o roca: baritina

Modelo: 14h (F-Ba). Grupo vetas y brechas de asignación genética diversa.

Depósitos: en la totalidad de los distritos baríticos de la Cordillera Oriental la baritina se presenta en depósitos vetiformes, constituyendo el mineral principal, asociada a cuarzo y galena, y los accesorios son blenda, piritita, calcopiritita, óxidos de Fe-Mn y óxidos de cobre. Las vetas y filones atraviesan principalmente rocas ordovícicas pero en algunos casos se emplazan en rocas cámbricas y precámbricas. Este tipo de mineralización presenta un control netamente estructural con migración de fluidos y concentración mineral debido a la compresión de la fase diastrófica Oclóyica (Ordovícico-Silúrico).

Véase:

[Depósitos de Baritina en la Cordillera Oriental \(pág. 99\).](#)

†O (TALUD ORDOVÍCICO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: secuencias de talud. Formación Empozada.

Edad: Ordovícico superior

Ubicación: la Formación Empozada ha sido reconocida en la localidad de Canota (Mendoza) y desde la quebrada de Las Chilcas hasta la región del Totoral, en la provincia de San Juan (Bordonaro, 1999). Afloramientos de unidades olistostrómicas cambro-ordovícicas de la Precordillera se reconocen en el Mapa Geológico de la provincia de San Juan escala 1:500.000 (Ragona *et al.*, 1995).

Descripción: a partir del Ordovícico inferior, en la Precordillera Oriental y Central el ambiente de plataforma es reemplazado por facies de talud interior y cuencas internas parcialmente coetáneas con un nuevo régimen de plataforma silicoclástica. La Precordillera Occidental mantuvo un ambiente de talud continental a lo largo de todo el Ordovícico (Bordonaro, 1999). Estas tectofacies occidentales representan sistemas turbidíticos de margen activo (Astini, 1992).

La secuencia estratigráfica de depósitos de talud y cuenca oceánica comienza con la **Formación Empozada**, considerada por Bordonaro *et al.* (1993) como una unidad olistostrómica integrada por un miembro inferior de pelitas oscuras (Llanvirniano-Caradociano superior) con numerosos olistolitos cámbricos calcáreos y megabrechas, y un miembro superior formado por pelitas y areniscas del Ashgilliano (Ordovícico superior tardío). En el área de Canota, Bordonaro (1999) reconoce la presencia de una escama tectónica perteneciente a la Formación Empozada entre las turbiditas de la Formación Villavicencio (Silúrico-Devónico), dicha escama está conformada por pelitas negras graptolíferas con mineralizaciones de baritina en su techo. Anteriormente Cuerda *et al.* (1988) habían interpretado estos depósitos como parte de la Formación Villavicencio, a la cual le asignaban edad Ordovícica.

Potencial minero:

Mineral o roca: baritina

Modelo: 8d (SEDEX baritina). Grupo depósitos sedimentarios exhalativos y volcanogénicos submarinos.

Depósitos: baritina como nódulos, lentes o cristales en estratos lutíticos. El distrito Canota, en la Precordillera mendocina, es el ejemplo

argentino más notable. Allí la mineralización de baritina es de tipo estratoligada y vinculada a volcanismo submarino; forma parte de una faja de pelitas negras y grises que aflora a lo largo de 4 km desde la quebrada de Corral Viejo al norte, hasta la quebrada de Canota al sur, secuencia que corresponde a la Formación Empozada (Villavicencio según Cuerda *et al.*, 1988). La mineralización se localiza dentro de los estratos pelíticos, principalmente en la parte superior de la formación. Las lentes de baritina son de dimensiones variadas, generalmente 1 a 8 metros de largo y 0,3 a 0,8 metros de espesor, hasta casos extremos de 15 a 20 metros de largo y 1 a 8 metros de potencia. La textura interna de los nódulos puede ser homogénea (cristales de 0,3 mm a 0,4 mm) o heterogénea (núcleo de material fino y hacia los bordes cristales que alcanzan los 5 mm).

Véase:

[Baritina. Distrito barítico Canota \(pág. 100\).](#)

b-OS (BASAMENTO ORDOVÍCICO-SILÚRICO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: metamorfitas de baja presión y alta temperatura y granitoides orogénicos de Sierras Pampeanas.

Edad: Ordovícico - Silúrico

Ubicación: sectores del basamento metamórfico de San Luis, Córdoba, La Rioja, Catamarca, Tucumán y Salta con distritos pegmatíticos vinculados genéticamente al Ciclo orogénico Famatiniano. En general, ocurren en una faja de rocas sometidas a metamorfismo de baja presión y alta temperatura (tipo Abukuma), que se extiende meridionalmente desde Salta hasta San Luis.

Descripción: los depósitos pegmatíticos comprendidos por esta faja litogénica se encuentran vinculados a los granitoides sinorogénicos de Sierras Pampeanas, representados por cuerpos plutónicos emplazados durante los estadios tempranos de la orogenia famatiniana. El Ciclo orogénico Famatiniano transcurrió desde el Ordovícico inferior hasta el Carbonífero inferior según Rapela *et al.* (1999), y se caracteriza por el desarrollo de un importante arco magmático principal con metamorfismo de baja presión sin-plutónico, junto al emplazamiento de un arco magmático interno desarrollado sobre el antepaís pampeano (Baldo *et al.*, 1999). En la síntesis de Rapela *et al.* (1999) se explican las principales diferencias existentes entre los grupos

de granitoides pampeanos (G1), famatinianos (G2) y carboníferos (G3) presentes en Sierras Pampeanas, Sistema de Famatina, Cordillera Oriental y Puna. Entre los granitoides G2, de edad ordovícico – devónica, se diferencian **granitoides sin-tectónicos, tardio-tectónicos y post-orogénicos**, siendo los dos primeros los vinculados a las mineralizaciones pegmatíticas.

Los granitoides sin-tectónicos se caracterizan por ser de tamaño pequeño, generalmente lenticulares y concordantes con las estructuras regionales, con numerosas pegmatitas asociadas. Petrológicamente son tonalitas biotíticas a granodioritas biotítico-muscovíticas con granate. Ejemplos de ellos afloran en las sierras de Quilmes, de Ancasti y de San Luis (Rapela *et al.*, 1999).

Los granitoides tardio-tectónicos (410-480 Ma) son cuerpos de mayor tamaño que los anteriores, y alcanzan dimensiones de pequeños batolitos (Granito Cafayate, Granito La Tapera); tienen contactos netos (mayormente discordantes) y presencia de aureolas de contacto. A ellos se vincula una escasa cantidad de diferenciados filonianos (pegmatitas turmaliníferas). Se definen como granitoides peraluminosos de dos micas, generalmente granitos y granodioritas, con epidoto magmático y granate; existen además cantidades subordinadas de tonalitas y trondjemitas (Rapela *et al.*, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: cuarzo-feldespato-mica

Modelos: 3a (pegmatitas complejas) y 3c (pegmatitas simples). Grupo depósitos pegmatíticos.

Depósitos: distritos pegmatíticos El Quemado (Salta), Quilmes (Tucumán), Ambato y Ancasti (Catamarca), Sierra Brava (La Rioja), Altautina y Comechingones (Córdoba), Conlara, La Estanzuela y Totoral (San Luis). En ellos se desarrollaron pegmatitas complejas, clasificadas por Galliski (1994a) como de la clase elementos raros y familia LCT, y pegmatitas de clase muscovita (distritos Quilmes y Ambato), todas ellas portadoras de una variada mineralogía si bien resalta su importante contenido en cuarzo y feldespato. La serie de plutones calcoalcalinos del Ciclo Famatiniano que intruyó el cinturón de rocas metamórficas en facies anfibolita (metamorfismo de baja presión y alta temperatura) donde se emplazaron las pegmatitas tendría, según Galliski (1994b) una vinculación genética con las pegmatitas complejas. Las pegmatitas presentan

formas y dimensiones muy variadas; en general son tabulares a lenticulares, concordantes a discordantes, con longitudes de 50 a 1000 metros y espesores de 2 a 100 metros.

Véase:

Distrito pegmatítico El Quemado (pág. 175).

Distrito pegmatítico Quilmes (pág. 178).

Distrito pegmatítico Ambato (pág. 176).

Distrito pegmatítico Ancasti (pág. 177).

Distrito pegmatítico Sierra Brava (pág. 180).

Distrito pegmatítico Altautina (pág. 183).

Distrito pegmatítico Comechingones (pág. 184).

Distrito pegmatítico Conlara (pág. 189).

Distrito pegmatítico La Estanzuela (pág. 190).

Distrito pegmatítico Totoral (pág. 191).

Mineral o roca: feldespatos alcalinos.

Modelo: 6f (rocas). Grupo depósitos asociados a granitoides.

Depósitos: importante grupo de granitoides emplazados en las sierras de Córdoba, los cuales poseen una composición modal con alto contenido de feldespato alcalino. Ello los convierte en potenciales depósitos de feldespato para uso en la industria cerámica. Bonalumi *et al.* (2001) los han descrito como granitoides relacionados con los Complejos Metamórficos no vinculados al plutonismo peraluminosos post-orogénico de Achala. Forman parte de los plutones menores ordovícicos no vinculados con la anatexis (Bonalumi com. verbal).

Véase:

Granitoides con alto contenido alcalino relacionados con los Complejos Metamórficos de Córdoba (pág. 197).

gpos-DC (GRANITOIDES POST-OROGÉNICOS DEVÓNICO-CARBONÍFEROS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: granitoides de tipo A (+S) post-orogénicos.

Intrusivos de dimensiones hasta batolíticas de las Sierras de Córdoba (Achala, Alpa Corral) y San Luis (Las Chacras – Piedras Coloradas).

Edad: Devónico - Carbonífero

Ubicación: la faja incluye los cuerpos granitoides devónico - carboníferos aflorantes en las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis y los sectores de roca de caja aledaños a ellos que contienen pegmatitas vinculadas con este magmatismo.

Descripción: los granitoides post-orogénicos de las Sierras Pampeanas son intrusivos claramente posteriores a los eventos orogénicos del Cámbrico y Ordovícico y se caracterizan por constituir cuerpos de proporciones hasta batolíticas, netamente discordantes (Rapela *et al.*, 1999). Se generaron durante los estadios tardíos del Ciclo orogénico Famatiniano, el cual ha sido acotado por los autores citados entre el Ordovícico inferior y el Carbonífero inferior. Durante este ciclo se desarrolló un importante arco magmático principal con un metamorfismo de baja presión sinplutónico, junto al emplazamiento de un arco magmático interno desarrollado sobre el antepaís pampeano (Baldo *et al.*, 1999). En las Sierras Pampeanas, Sistema de Famatina, Cordillera Oriental y Puna los intrusivos famatinianos (G2), de edad ordovícico – devónico, fueron convenientemente divididos por Rapela *et al.* (1999) en **granitoides sin-tectónicos, tardío-tectónicos** y **post-orogénicos**, siendo los últimos las rocas que definen esta faja.

Petrológicamente los granitoides post-orogénicos se destacan por la presencia de facies porfiroides con megacristales de microclino, como monzogranitos porfiroides con microclino y biotita, a veces con muscovita, además de monzo-leucogranitos muscovíticos y monzogranitos de grano fino, generalmente intruyendo a los anteriores. Los batolitos de Achala y Las Chacras-Piedras Coloradas constituyen ejemplos de estas rocas.

En las sierras de Quilmes, Capillitas, Zapata-Vinques y Mazán (Catamarca y La Rioja) afloran monzogranitos fuertemente peraluminosos también post-orogénicos.

Potencial minero:

Mineral o roca: cuarzo-feldespatos-mica.

Modelo: 3a (pegmatitas complejas). Grupo depósitos pegmatíticos.

Depósitos: comprenden los distritos pegmatíticos Punilla (Córdoba) y parcialmente Conlara (San Luis). Las pegmatitas han sido clasificadas como complejas; Galliski (1994a) las asigna a la clase

elementos raros, con filiación petrogenética híbrida por presentar signatura mixta entre las familias LCT y NYF. Se vinculan a intrusivos post-orogénicos del Devónico – Carbonífero y se emplazaron en los granitoides cogenéticos con ellos o aflorando en las cercanías. Tienen generalmente forma ovoidal, sin evidencias de deformación posterior a su cristalización (Galliski, 1994b).

Véase:

Distrito pegmatítico Punilla (pág. 188).

Distrito pegmatítico Conlara (pág. 189).

Mineral o roca: feldespatos alcalinos

Modelo: 6f (rocas). Grupo depósitos asociados a granitoides.

Depósitos: leucogranitos ubicados en el extremo occidental del batolito de Achala, provincia de Córdoba, con alto contenido de albita (Bonalmi *et al.*, 1999). Sus minerales principales son cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasa y muscovita; son accesorios turmalina, granate y escasa biotita y minerales secundarios sericita, caolín y muscovita. Lira (1985) determinó que esta facies de leucogranitos con tendencias sódicas corresponde a monzogranitos que han soportado la acción de fenómenos de naturaleza deutérica (muscovitización, albitización y turmalización) típico de cuerpos graníticos peribatolíticos enriquecidos con agua y fluidos magmáticos residuales. Los fluidos formadores de albita reaccionaron con el microclino, produciendo el crecimiento de la plagioclasa sódica.

Véase:

Feldespatos. Complejo granítico Achala, Córdoba (pág. 196).

ru-PCC (SECUENCIAS OFIOLÍTICAS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: secuencias ofiolíticas.

Edad: Precámbrico - Carbonífero

Ubicación: la faja litogenética incluye a todas las rocas ultramáficas que forman parte de las diferentes zonas de suturas de los terrenos Cuyania y Pampia y que contienen yacimientos de minerales industriales vinculados a ellas. Estas constituyen secuencias ofiolíticas aflorantes en los ámbitos de Precordillera, Cordillera Frontal y Sierras Pampeanas obductadas durante la

compleja historia acrecional paleozoica del borde occidental de Gondwana.

Descripción: en el extremo occidental de Argentina se reconocen numerosas fajas de rocas ultrabásicas, interpretadas como fajas ofiolíticas emplazadas en las diferentes suturas que definen los límites de los terrenos acrecionados durante el Paleozoico. En la síntesis de Ramos (1999) sobre la evolución tectónica del país se mencionan siete fajas ofiolíticas y suturas, ellas son: 1) Precordillera Occidental, 2) Cordillera Frontal Oriental, 3) Pie de Palo, 4) Valle Fértil, 5) Virorco, 6) Córdoba Occidental y 7) Córdoba Oriental.

Estas dos últimas fajas presentan importantes asomos de rocas ultramáficas, aflorantes en las sierras Chica y Grande de la provincia de Córdoba, formando parte del basamento cristalino precámbrico – eocámbrico. Mutti (1997) las describe como cuerpos ultramáficos con geometría de *boudins* en lentes no mayores a 2 km de extensión entre calizas cristalinas, esquistos y/o gneises biotíticos granatíferos que constituyen la roca de caja del complejo. Estas rocas ultramáficas y máficas (harzburgitas, lherzolitas, ortopiroxenitas, gabros, entre otras) registran tres eventos metamórficos según Mutti (1997) o cuatro según Escayola (1997). Primeramente se evidencia un evento relicto correspondiente a la facies de esquistos verdes, el cual afecta sólo a las rocas ultramáficas y no a sus encajonantes, de modo que debió ocurrir previamente al emplazamiento de las rocas ultramáficas (Escayola, 1997; Mutti, 1997). Luego tuvo lugar un segundo evento metamórfico, esencialmente progradante, que alcanzó el límite alto de la facies anfíbolita, y por último un metamorfismo retrógrado o hidrotermalismo equivalente a facies de esquistos verdes (Mutti, 1997) que Escayola (1997) en su trabajo sobre la faja ultramáfica occidental discrimina en un evento M3, esencialmente retrógrado y previo o concomitante con fenómenos de deformación en el dominio dúctil y en la transición frágil-dúctil, y un evento M4 también retrógrado pero que se produce en el dominio frágil, asociado a circulación de fluidos en sistemas de fracturas, que afecta por igual a todos los afloramientos ultramáficos. Cabe destacar que este último evento es el responsable de la formación de vetas de crisotilo y talco (Escayola, 1997).

El conjunto de rocas ultramáficas y máficas de Córdoba corresponde a la sección basal de un complejo ofiolítico desmembrado (Mutti, 1997). Ambas fajas ofiolíticas fueron obductadas durante la colisión de los terrenos de Pampia y del Río de La Plata, como producto del cierre de una cuenca de trasarco en el extremo oriental y de la cuenca

de margen pasivo desarrollada hacia el oeste (Kraemer *et al.*, 1995).

Los asomos de rocas ultramáficas de Precordillera y Cordillera Frontal definen una extensa faja que se inicia en la provincia de San Juan y finaliza en Mendoza, siendo de relevante importancia los afloramientos mendocinos, como los de la sierra de Cortaderas, sierra de Uspallata, cordón de Bonilla y los cuerpos ultramáficos al sur del río Las Tunas. En esta faja se han definido varios tipos litológicos, los cuales corresponden a rocas peridotíticas y unidades litológicas asociadas como así también rocas gábricas (Haller y Ramos, 1993). Estos autores concluyen que al reconstruirse las distintas secciones litológicas que componen la faja, puede establecerse una secuencia ofiolítica, obductada a partir de la colisión y emplazamiento de Chilenia contra Precordillera durante el Devónico basal (Ramos, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: talco

Modelo: 5j (Crisotilo-talco-magnesita). Grupo Depósitos metasomáticos.

Depósitos: en las Sierras Pampeanas de Córdoba, más precisamente en la Pampa de Olaen, se encuentran una serie de depósitos y manifestaciones de talco en capas lentiformes con estructuras bolsoneas concordantes con las metamorfitas del entorno. El cuerpo mineralizado de la mina Juancho tiene una extensión de 260 metros y en una de las labores efectuadas en la mina el frente de cantera alcanza 20 metros de alto. En él se reconocen dos capas de esteatita, de espesores variables (entre 1 y 1,5 metros en los bolsones) y con estructura masiva, grano fino y color pardo claro a pardo verdoso. Los cuerpos mineralizados están separados por una anfíbolita de grano fino y circundado por esquistos talcosos con anfíbolitas en la base y anfíbolitas con vermiculita en el techo (Angelelli *et al.*, 1980). Durante la etapa orogénica del ciclo Pampeano se originaron numerosos cuerpos de anfíbolitas a partir de protolitos de rocas básicas, las cuales se vieron afectadas por un metamorfismo retrógrado posterior, responsable de la génesis de los depósitos de talco.

Depósitos de talco de este tipo también ocurren en la faja ofiolítica de Pie de Palo, en el extremo occidental de la sierra homónima. Allí se encuentran varios yacimientos y manifestaciones (Mina Don León, Arcadia, Laprida, Cerro Alto, entre otros) representados por cuerpos lenticulares

de varios metros de largo y entre 0,1 y 1 m de espesor, con bolsones que alcanzan 8 metros. Muchos de los depósitos se encuentran asociados a plutones máficos metamorfizados y serpentinizados intruidos en las metamorfitas de Pie de Palo, en cuyas zonas de contacto se desarrollan las mineralizaciones. En otros casos el talco ocurre en cuerpos anfíbolíticos.

Los yacimientos de talco de las fajas ultramáficas de Precordillera Occidental y Cordillera Frontal se extienden desde el límite interprovincial de San Juan y Mendoza, a lo largo de los cordones precordilleranos de Cortaderas, Uspallata y Bonilla hasta el cordón del Portillo en el ámbito de Cordillera Frontal. Los depósitos se presentan en vetas y bolsones, preferentemente en las zonas de contacto entre las rocas básicas y ultrabásicas serpentinizadas y las lutitas metamorfizadas de la caja; también hay vetas dentro de las serpentinitas y en la roca de caja, presumiblemente como producto de la talquización total de pequeñas masas de rocas magnesianas (Lavandaio, 1993). Junto al talco se han formado actinolita y crisotilo; en los depósitos hay una importante mezcla en los contenidos de estos minerales, como también en las variedades de talco (Fallet y Zanoni, 1999).

Véase:

[Depósitos de talco en la provincia de Mendoza \(pág. 317\).](#)

[Depósitos de talco en la provincia de San Juan \(pág. 318\).](#)

[Depósitos de talco en la provincia de Córdoba \(pág. 319\).](#)

Mineral o roca: magnesita.

Modelo: 5j (Crisotilo-talco-magnesita). Grupo depósitos metasomáticos.

Depósitos: los principales indicios de magnesita se registran en la porción austral de la faja ultramáfica de Mendoza, al sur del río Las Tunas. Consisten en una serie de cuerpos vetiformes alojados en rocas ultrabásicas serpentinizadas, formados por una mezcla de magnesita y otros carbonatos junto a sílice criptocristalino y algunos sulfuros metálicos. Su formación es posterior a la obducción de las rocas ultramáficas y está genéticamente vinculada con procesos metasomáticos.

Véase:

[Depósitos de magnesita en la provincia de Mendoza \(pág. 238\).](#)

Mineral o roca: vermiculita.

Modelo: 13b (vermiculita) Grupo depósitos residuales y de alteración.

Depósitos: es común encontrar depósitos de vermiculita residual en muchas de las rocas ultramáficas de las fajas ofiolíticas descriptas. Ejemplo de ello son los depósitos que se generan por el contacto de estas rocas con intrusivos pegmatíticos y aplíticos comunes en el ámbito de las Sierras Pampeanas. En Córdoba existen depósitos de vermiculita residual en el área de Los Guanacos, faja ultramáfica occidental, donde la mineralización se concentra en cuerpos ubicados en el contacto de la serpentinita (Los Guanacos) con las metamorfitas y pegmatitas. La mineralización está asociada a material caolínico (producto de la alteración de los feldespatos), asbesto, esteatita (talco) y biotita desferrizada. También en la zona de Potrero de Loza, faja ultramáfica oriental, las metamorfitas del basamento (esquistos micaceos inyectados) están surcados por filones capa y diques aplítico-pegmatíticos. En general los cuerpos son irregulares, tipo bolsones, con desarrollo de nidos de mayor espesor (0,6 metros); inmersos en la masa de vermiculita se encuentran lentes de anfíbolitas, esteatita y “jaboncillo”. En la faja ultramáfica de Precordillera occidental yace el depósito de vermiculita Don Alberto, cuya mineralización se encuentra en filones capa de lamprófiros ultramáficos que intruyen rocas devónicas del Grupo Villavicencio (Fusari, 1999). El mismo autor destacó la presencia de 5 vetas, en general de 200 metros de corrida y hasta 8,5 metros de espesor; Lavandaio (1993) señala un contenido en superficie de aproximadamente 50% de vermiculita en forma de fenocristales.

Véase:

[Depósitos de vermiculita en la provincia de Mendoza \(pág. 332\).](#)

[Depósitos de vermiculita en la provincia de Córdoba \(pág. 333\).](#)

FAJAS LITOGÉNÉTICAS DEL LOS EPISODIOS GONDWÁNICOS

Para la definición de estas fajas litogénéticas se destaca que durante el Ciclo orogénico Gondwánico comienza, en la zona de retroarco, una etapa de régimen extensional que se prolongará durante el Mesozoico. La formación de cuencas intracratónicas por riftogénesis dio lugar a la generación de depósitos minerales de origen sedimentario continental, tanto en las Sierras Pampeanas Occidentales como en Precordillera. Tales eventos formaron depósitos de arcillas (modelo 9m) carbonífero-pérmicos en La Rioja y depósitos de bentonita residual (modelo 13f) durante el Triásico en San Juan y Mendoza. Se definen dos fajas litogénéticas para cada uno de estos grupos de depósitos, diferenciadas en edad y modelo de depósitos. Tanto la faja neopaleozoica **Depósitos de cuenca carboníferos (dc-C)** como la triásica **“Depósitos de cuencas intracratónicas triásicas (dc-R)”** han sido definidas en base a su vinculación con depósitos de arcillas de ambiente lacustre (modelos 9m, 13f).

Parte de las unidades volcánicas mesosilícicas y ácidas (**PR**) aflorantes en la Cordillera Frontal, Bloque de San Rafael y el extremo noroeste del Macizo Nordpatagónico constituyen una amplia faja litogénética para las mineralizaciones de fluorita (modelo 14h) vinculadas a los episodios post-orogénicos gondwánicos, denominada **Plateau riolítico permotriásico (plα-PR)**.

La faja litogénética **Depósitos de rift jurásicos (rv-J)** con mineralizaciones vetiformes de fluorita (modelo 14h), en este caso de edad comprendida entre el Jurásico medio - Cretácico superior, está integrada por las rocas volcánicas y piroclásticas de la Formación Marifil (Jv) aflorantes en el extremo oriental de las provincias de Río Negro y Chubut. La duda que aún persiste sobre la génesis post-colisional o vinculada al ambiente de pre-rift y rift de la apertura atlántica para esta formación, impide ser determinante en la ubicación de la faja en el Episodio Gondwánico o bien Mesozoico.

dc-C (DEPÓSITOS DE CUENCA CARBONÍFEROS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos lacustres en cuencas de antepaís. Formación Lagares.

Edad: Carbonífero superior.

Ubicación: la faja se circunscribe a los depósitos del Carbonífero superior de la Formación Lagares ubicados en el sector sur de la cuenca de Paganzo, cuyos afloramientos se reconocen en mapeo a

escala 1:500.000 (Guerrero *et al.*, 1993). La faja incluye sectores donde afloran rocas de la Formación Patquía debajo de la cual infrayace la unidad de interés.

Descripción: durante el Paleozoico superior, en el centro – oeste del país se desarrollaron tres grandes depocentros: cuenca de Paganzo, cuenca Uspallata-Iglesias y cuenca San Rafael. Azcuy *et al.* (1999), en su síntesis sobre los depósitos neopaleozoicos, caracterizaron a la cuenca de Paganzo como una cuenca de antepaís desarrollada a partir del Carbonífero superior, separada de la cuenca de Uspallata-Iglesias por el levantamiento de la Protoprecordillera. En la cuenca se reconocen dos ambientes, el sector oriental tiene un basamento ígneo-metamórfico que se comportó más rígidamente que el del sector occidental, además de contener depósitos menos potentes; la separación de ambas áreas está dada por los actuales cordones de Famatina, Sañogasta, Valle Fértil y La Huerta. La secuencia sedimentaria neopaleozoica del depocentro comienza con el Grupo Paganzo, compuesto por numerosas formaciones mayormente de ambiente continental (fluviales, lacustres y eólicos) y con una distribución discontinua de afloramientos - muchos de ellos aparecen en paleovalles glaciales y valles intermontanos- (Azcuy *et al.*, 1999). En el Grupo Paganzo, Azcuy y Morelli (1970) reconocieron dos grandes tipos de depósitos, una sección I (inferior) de edad carbonífera superior compuesta por areniscas y pelitas con niveles de carbón, y una sección II (superior) del Pérmico inferior formada por capas rojas, concordante con las anteriores y con intercalaciones de coladas basálticas en sus niveles basales.

Potencial minero:

Mineral o roca: arcillas

Modelo: 9m (arcilla). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los depósitos de arcillas refractarias de La Rioja ocurren principalmente en el distrito Patquía-Amaná. Se destacan las minas Las Mellizas, Las Kokas, Clariza, Vallecito, Faraón, Sonia y Los Mogotes, distribuidas entre las sierras de Vilgo, Paganzo y Los Colorados, en el centro – sur de la provincia. En general los depósitos de arcillas se presentan como lentes o bancos intercalados entre areniscas arcósicas de la Formación Lagares (base del Grupo Paganzo) cuyos tramos basales corresponden a facies lacustres con evidencias glaciales, mientras que el tramo medio corresponde a facies aluviales, deltaicas y fluviales portadoras de delgados

niveles de carbón o lutitas carbonosas formados en pantanos o meandros abandonados (Azcué *et al.*, 1999). Los cuerpos tienen espesores entre 1 y 4 metros y su contenido en caolinita varía de 81 a 95%. Son comunes los depósitos de arcillas carbonosas, gris oscuras a negras.

Véase:

Depósitos de arcillas paleozoicas. La Rioja (pág. 67).

*p*l α -P \bar{R} (PLATEAU RIOLÍTICO PERMOTRIÁSICO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: plateau riolítico postcolisional. Grupo Choiyoi.

Edad: Pérmico superior – Triásico inferior

Ubicación: la faja incluye los afloramientos de rocas del Grupo Choiyoi, tanto en el área del antiguo cinturón orogénico gondwánico (Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael) como en el área de antepaís (macizo Nordpatagónico), que presentan mineralizaciones de fluorita vetiforme vinculadas genéticamente con el evento efusivo permo-triásico.

Descripción: el magmatismo del Pérmico – Triásico inferior, representado por la provincia magmática Choiyoi (Llambías, 1999), se desarrolló a lo largo del cinturón orogénico gondwánico (Cordillera Frontal, Bloque de San Rafael) y el antepaís (Bloque de Chadileuvú, Macizo Nordpatagónico).

En el cinturón orogénico, esta provincia magmática está representada por volcanitas y plutonitas genéticamente vinculadas, de composición general andesítico-granodioríticas las más antiguas y riolítico-graníticas las más modernas. A partir de estudios realizados en el batolito de Colangüil se postula que no existe una evolución continua entre ambos grupos composicionales, lo que reflejaría un importante cambio en las condiciones de formación del magma (Llambías, 1999).

Tanto en la Cordillera Frontal como en el Bloque de San Rafael las rocas de la asociación volcánica constituyen mantos ignimbríticos, piroclastitas, lavas dómicas y cuerpos subvolcánicos apoyados sobre una discordancia erosiva de distribución regional que Llambías *et al.* (1993) denominaron superficie San Rafael (Pérmico inferior temprano). Dicha asociación presenta una sección inferior, del Pérmico inferior, compuesta por andesitas y dacitas, con sedimentitas epiclásticas y piroclásticas basales relacionadas espacial y temporalmente con plutones granodioríticos

calcoalcalinos característicos de arco magmático. El conjunto de rocas de la asociación está relacionado a la etapa final de la subducción y comienzo de la tectónica extensional de relajamiento (ambiente posorogénico temprano). La sección superior, del Pérmico superior – Triásico inferior, está compuesta por rocas riolíticas y dacíticas, y por plutones graníticos que Llambías (1999) caracterizó como de una asociación granítica independiente, probablemente originados por la fusión de la base de la corteza, que se corresponden con un período posorogénico tardío, ambiente semejante al asignado para las volcanitas. Esta sección superior se correlaciona, en el ámbito del Bloque de San Rafael, con las formaciones Agua de los Burros, Quebrada del Pimiento y Cerro Carrizalito.

En el antepaís, las rocas eruptivas ácidas del Pérmico – Triásico inferior se extienden desde el sector noroccidental del macizo Nordpatagónico hasta la localidad de Valcheta; también se asocian a intrusivos plutónicos, conformando una asociación plutónico-volcánica cuyos miembros extrusivos se apoyan en discordancia erosiva sobre los granitoides de la asociación plutónica carbonífera? – pérmica (Llambías *et al.*, 1984; Llambías, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: fluorita.

Modelo: 14h (fluorita). Grupo vetas y brechas de asignación genética diversa.

Depósitos: los yacimientos de fluorita vinculados genéticamente con la provincia magmática Choiyoi se encuentran en la Cordillera Frontal, Bloque de San Rafael y Macizo Nordpatagónico. El distrito Pata de Indio -ejemplo en el ámbito cordillerano- está conformado por numerosas vetas de fluorita y fluorita-baritina que cortan a intrusivos hipabisales riolíticos del Grupo Choiyoi y a sedimentitas paleozoicas; la mineralización se presenta en cuerpos lenticulares de hasta 2.000 metros de corrida con bolsones de 50 a 100 metros de espesor, donde la fluorita masiva alterna con “capas” de calcedonia y cuarzo o bien baritina en agregados tabulares.

Los depósitos del Bloque de San Rafael se emplazan en zonas tectonizadas, principalmente en los distritos Cerro Diamante en el norte y Agua Escondida en el sur. Las vetas de fluorita constituyen relleno de fallas con estructuras brechadas y en rosario, que atraviesan principalmente a rocas de la Formación Cerro Carrizalito. La longitud de los cuerpos mineralizados alcanza 700 metros, con espesores

que varían entre 1,5 y 4 metros; la fluorita se presenta junto a sulfuros de plomo y óxidos de manganeso, además de gohetita, calcedonia, cuarzo, baritina, carbonato de calcio y yeso.

En el ámbito nordpatagónico, los depósitos de fluorita asociados al magmatismo del Grupo Choiyoi se circunscriben mayormente al área de Los Menucos, provincia de Río Negro. Las vetas se caracterizan por tener estructuras complejas, formadas por polipulsaciones mineralizadoras que atraviesan granitoides, traquiandesitas, andesitas, riolitas, ignimbritas y tobas riolíticas y riocáciticas del Carbonífero y Triásico superior (Malvicini y Vallés, 1984).

Véase:

Fluorita. Cordillera Frontal. Distrito Pata de Indio, San Juan (pág. 221).

Fluorita. Bloque de San Rafael, Mendoza (pág. 222).

Fluorita. Macizo Nordpatagónico. Distrito Los Menucos, Río Negro (pág. 225).

dc- F (DEPÓSITOS DE CUENCAS INTRACRATÓNICAS TRIÁSICOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: secuencias epiclásticas de cuencas intracratónicas. Formaciones Barreal, Cortaderita, El Alcázar y Potrerillos.

Edad: Triásico

Ubicación: los depósitos triásicos aparecen desde la región de Calingasta – Barreal hasta la latitud de la ciudad de Mendoza; la faja incluye al conjunto de rocas triásicas epiclásticas aflorantes en el área.

Descripción: a partir del Triásico temprano se generaron en la región centro – oeste del país una serie de depresiones extensionales, la mayor parte de ellas con geometría tipo hemigraben, que perduraron a través de todo el periodo. Los depósitos triásicos de la Precordillera Occidental y los del extremo norte de la cuenca Cuyana son de importancia para la descripción de la faja; los primeros están distribuidos en Barreal-Calingasta (borde oriental del valle de Los Patos) y en Rincón Blanco (sierra de Tontal) en la provincia de San Juan. Los depósitos triásicos se apoyan en discordancia angular sobre sedimentitas del Paleozoico inferior y son cubiertos por sedimentos del Cenozoico. Según López Gamundi (1994) la depresión es un hemigraben con eje meridional fuertemente asimétrico cuyos depósitos de rampa,

correspondientes al lado occidental de la estructura, representan a la región de Barreal-Calingasta y los depósitos del margen fallado activo (con buzamiento al oeste) a los de Rincón Blanco (Kokogian *et al.*, 1999). En la primera de las regiones Stipanovic (1979) definió la litoestratigrafía triásica, de base a techo, comenzando por la **Formación Barreal**, una secuencia de 180 a 216 metros de espesor de depósitos arenosos-conglomerádicos en la base con intercalación de pelitas y delgados niveles de tobas, areniscas y conglomerados en el techo. Continúa la **Formación Cortaderita**, 197 a 216 metros de una sucesión granocreciente con arcillas bentónicas oscuras intercaladas con tobas y arenas en la base y areniscas tobáceas, areniscas y conglomerados en el techo. Sigue la Formación Cepeda, compuesta por conglomerados basales, seguidos de areniscas gruesas y pelitas junto a tobas en la sección superior. En el extremo norte de esta misma región, Stipanovic (1979) también definió otras tres unidades, las formaciones Agua de los Pajaritos, **El Alcázar** e Hilario, que, según Spalletti (1995), son correlacionables con las anteriores, a excepción del tramo inferior donde los depósitos fluvio-lacustres basales de la Formación Barreal son reemplazados por facies de flujos piroclásticos y de planicie tobácea asociada con fajas de meandros de la Formación Agua de los Pajaritos.

En el sector mendocino de la cuenca Cuyana, Kokogian *et al.* (1999) reconocen diferentes subcuencas, parcial o totalmente desconectadas durante la etapa inicial del relleno: los de Calingasta-Tupungato, Ñacuñán, Jagüel-La Esperanza, Los Tordillos y General Alvear. Las secuencias triásicas definen el Grupo Uspallata, el cual está conformado, de base a techo, por la Formación Río Mendoza (depósitos de abanico aluvial), Formación Cerro Las Cabras (depósitos fluviales efímeros y ríos entrelazados), **Formación Potrerillos** y Formación Cacheuta (ambas fluvio-lacustres) y, por último, la Formación Río Blanco (psamitas y pelitas tobáceas, tobas y chonitas).

Potencial minero:

Mineral o roca: bentonita.

Modelo: 13f (Bentonita). Grupo Depósitos residuales y de alteración.

Depósitos: los depósitos de bentonita triásicos se ubican a lo largo de una extensa faja de aproximadamente 60 km de longitud que comprende afloramientos del ámbito

precordillerano de San Juan (Calingasta-Barreal) y Mendoza (Potrerillos-Cacheuta).

En San Juan los yacimientos triásicos se alojan en una faja meridional de 22 km de largo, 5 km de ancho en el sur y 1 km de ancho en el norte. Los bancos o mantos forman parte de las formaciones triásicas Barreal, Cortaderita y El Alcázar; presentan arrumbamiento norte-sur y se disponen en los flancos de amplios anticlinales. En la zona mineralizada se distinguen tres áreas: Barreal, Sorocayense-Quebrada de los Pajaritos y Cerro Alcázar-Hilario.

En la provincia de Mendoza los depósitos de bentonita se encuentran en la Formación Potrerillos, distribuidos en las cercanías de la localidad homónima, al oeste de la ciudad capital; los más importantes son San Carlos, Santa Elena, María Laura, San Felix, La Elcha I y II, Virgen de Andacollo y La Joyita.

Los cuerpos mineralizados tienen geometría lenticular, rumbo meridional y buzamiento variable, según la posición que ocupen en los flancos de los anticlinales. Sus espesores son generalmente de 1 a 2 metros pero pueden alcanzar hasta 7 metros. Su composición mineralógica es esencialmente montmorillonita con beidellita e impurezas de material arenolimoso. En todos los casos se trata de productos de alteración de materiales volcánicos, atribuible a un proceso diagenético (halmirólisis) en un medio preferentemente lacustre, alcalino-sódico (Schalamuk y Cábana, 1999).

Véase:

[Depósitos de bentonita en Precordillera \(pág. 115\)](#)

rv-J (DEPÓSITOS DE RIFT JURÁSICOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: volcanitas. Formación Marifil.

Edad: Jurásico inferior – medio.

Ubicación: la faja abarca las rocas jurásicas de la Formación Marifil ubicadas en el extremo oriental de las provincias de Río Negro y Chubut junto a rocas ígneas paleozoicas y metamorfitas pre-silúricas. Las volcanitas alojan vetas de fluorita con las que se vinculan genéticamente; se incluyen las rocas del basamento por ser también encajonantes de la mineralización.

Descripción: la faja litogenética incluye parte de las efusiones volcánicas que tuvieron lugar en el ámbito del macizo Nordpatagónico durante el Jurásico. Las rocas del basamento metamórfico y sedimentitas siluro-devónicas del extremo oriental del macizo fueron intruidas por rocas ígneas

neopaleozoicas y mesozoicas del evento magmático gondwánico. Se reconocen dos episodios eruptivos (Llambías *et al.*, 1984), uno inicial constituido por una asociación plutónica que evoluciona de granodioritas y tonalitas hasta granitos, denominada Complejo plutónico Navarrete (Caminos, 1983) y un segundo episodio generador de una asociación plutónico – volcánica, cuyos términos efusivos se apoyan discordantemente sobre la anterior y que en general está formada por rocas que evolucionan desde dacitas hasta leucoriolitas y leucogranitos constituyendo el Complejo plutónico – volcánico Treneta (Caminos, 1983). Los mismos autores reconocieron una tercer asociación de rocas, en este caso volcánicas, que se extienden a lo largo del extremo oriental del macizo, desde el Gran Bajo del Gualicho hasta el límite con la provincia de Chubut al sur, y que constituyen el denominado *plateau* riolítico ignimbrítico, vinculado genéticamente a las anteriores asociaciones y definido formalmente como **Formación Marifil** (Malvicini y Llambías, 1974). En un trabajo de síntesis sobre las rocas ígneas gondwánicas, Llambías (1999) incluye a las asociaciones litológicas plutónicas y plutónico – volcánicas del área de La Esperanza (sector occidental) y por analogía a las de Nahuel Niyeu (sector oriental) dentro de la provincia magmática Choiyoi desarrollada durante el Pérmico y Triásico inferior (280 y 240 M.a.). En lo referente a la Formación Marifil, edades radiométricas publicadas por Caminos (1983) sobre ignimbritas riódacíticas, tobas e ignimbritas riolíticas las ubican en el Jurásico inferior – Jurásico medio (200 M.a. a 160 M.a.).

En resumen, la evolución eruptiva del sector oriental del macizo se inicia con el emplazamiento de asociaciones plutónicas (Carbonífero? – Pérmico), un levantamiento posterior generó la superficie de erosión sobre la cual se apoyan los términos efusivos (Triásico inferior) de las asociaciones plutónico – volcánicas, seguidas de un volcanismo ácido (*plateau* riolítico ignimbrítico) muy extendido durante el Jurásico. Las asociaciones plutónicas y plutónico-volcánicas son consideradas como rocas de probable ambiente colisional (magmatismo de arco) por el acercamiento del terreno de Patagonia al borde occidental de Gondwana (Ramos y Cortes, 1984; Llambías *et al.*, 1984; Caminos, 1999), mientras que las rocas de la Formación Marifil estarían vinculadas a un evento distensivo post-colisional o a un ambiente de pre-rift y rift asociado a la apertura del Atlántico (Ramos y Cortes, 1984; Busteros *et al.*, 1998; Caminos, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: fluorita

Modelo: 14h (fluorita). Grupo vetas y brechas de asignación genética diversa.

Depósitos: son numerosos y se localizan en el extremo oriental de un extenso *plateau* riolítico que abarca parte de las provincias de Río Negro y Chubut. La mineralización se aloja en vetas de hasta 1.600 metros de corrida con 0,1 a 9,2 metros de potencia y excepciones que superan 10 m, las cuales cortan volcanitas de la Formación Marifil y, en menor medida, granitos y leucogranitos pérmicos, metamorfitas del basamento, intrusivos hipabisales jurásicos, milonitas permo-triásicas y conglomerados del grupo Chubut. Las vetas tienen texturas de relleno con presencia de brechas cementadas por fluorita, también muestran texturas bandeadas, crustificaciones, escarpelas, texturas coliformes y drusas en espacios abiertos (Aliotta, 1999). Son yacimientos epitermales vinculados con el magmatismo jurásico, aparentemente controlado por el comportamiento extensional (rifting) de la Patagonia Extraandina (Malvicini y Caminos, 1994).

Véase:

[Fluorita en Río Negro y Chubut \(pág. 225\)](#)

FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS MESOZOICOS

Del análisis de los episodios mesozoicos se desprende la identificación de tres fajas litogenéticas: **Depósitos marinos jurásico-cretácicos (dm-JK)** comprende las secuencias marinas del Jurásico inferior-Cretácico medio (J, JK y Ki) de la Cuenca Neuquina, con depósitos de baritina (modelo 8d) en la zona de plataforma distal, y depósitos de baritina-celestina estratoligados (modelo 9d) en ambientes inter y supratidal, junto a calizas (modelo 9k), yeso (modelo 9g), sal (9g), silvita (9g) y azufre biogénico (modelo 9o). La faja **Depósitos marinos y litorales cretácico-terciarios (dm-KT)** involucra secuencias marinas del Cretácico superior-Terciario inferior presentes tanto en Cuenca Neuquina como en algunas cubetas mesozoicas del NOA y las costas orientales del sector patagónico (K_t). En ella se destacan el desarrollo de depósitos de arcillas (caolín, modelo 9i y bentonita, modelo 13f), como así también de calizas (modelo 9k) y yeso (modelo 9g). La tercer faja litogenética (**Depósitos continentales cretácicos, dc-K**) incluye las unidades

continentales del Cretácico inferior-Terciario inferior (Ksc, Kpa, Kc y Kic), con buena representación en las provincias de Jujuy, San Luis, Neuquén y Santa Cruz, a las cuales se asocian depósitos de arcillas (modelos 9m y 9i) y yeso lacustre (modelo 9f).

dm-JK (DEPÓSITOS MARINOS JURÁSICO-CRETÁCICOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos marinos del Pacífico. Formaciones Los Molles, Lajas, Tábanos, La Manga, Auquilco, Quintuco y Huitrín.

Edad: Jurásico inferior (Toarciano tardío) - Cretácico medio (Albiano medio).

Ubicación: comprende una faja norte-sur cuyo extremo septentrional comienza próximo al límite entre las provincias de Mendoza y San Juan y se prolonga hasta el centro-sur de la provincia de Neuquén. Sólo incluye los afloramientos de las unidades litoestratigráficas presentes en sectores de ambientes sedimentarios donde ocurren facies favorables a las mineralizaciones, de acuerdo con estudios paleogeográficos y paleoambientales de la cuenca Neuquina.

Descripción: los depósitos marinos mesozoicos de la Cuenca Neuquina forman parte de una potente secuencia estratigráfica donde alternan unidades detríticas, carbonáticas y evaporíticas de variados ambientes.

A partir del Jurásico se desarrolló una gran cubeta sedimentaria, con su eje orientado meridionalmente, resultado de la unión de una serie de pequeños depocentros formados durante el Triásico. El estilo de subsidencia de esta cuenca se mantuvo hasta el Cretácico superior (Legarreta y Uliana, 1999).

A comienzos del Jurásico los depósitos eran de origen continental con facies de abanicos aluviales, barreales y taludes con interestratificación de rocas volcánico-piroclásticas. Sólo en el norte de la cuenca se registran sedimentos marinos (areniscas y pelitas oscuras). A fines del Jurásico inferior y comienzos del Jurásico medio se desarrolló una gran cuenca marina y comenzó el denominado "ciclo Cuyano". La transgresión ingresó desde el norte y dio lugar a una cuenca de aguas relativamente profundas y fondos euxínicos donde se acumularon las espesas sucesiones de pelitas grises y negras de la **Formación Los Molles** y Tres Esquinas (Legarreta y Uliana, 1999). Durante el Jurásico medio continuó el mismo ambiente depositacional con un importante incremento de las facies litorales – deltaicas y aluviales (**Formación**

Lajas) y, hacia el final del Jurásico medio, sistemas depositacionales evaporíticos, carbonáticos y siliciclásticos controlados, en parte, por los cambios en el nivel de base. La **Formación Tábanos** presenta un importante manto de yeso (10 a 50 metros de potencia) generado en la antigua zona de talud y cuenca. El Jurásico medio finaliza con un evento transgresivo representado por las arcillitas y areniscas de las formaciones Barda Negra y Lotena. Este pulso transgresivo permitió que en regiones anteriormente expuestas se instaurara un ambiente depositacional con escaso aporte clástico favorable para la acumulación de depósitos carbonáticos (Legarreta y Uliana, 1999), como las calizas del Jurásico superior de la **Formación La Manga**. El posterior retiro de las aguas permitió que espesas capas de evaporitas (yeso de la **Formación Auquilco**) se depositaran en el interior de una cuenca profunda pero de aguas marinas someras hipersalinas. Durante el Jurásico superior tardío la cuenca vuelve a ser inundada y comienza el “ciclo Mendoza”, generándose un ambiente de cuenca profunda euxínica (Legarreta y Uliana, 1999), donde se depositó la Formación Vaca Muerta, rodeada por una faja nerítica con depósitos carbonáticos de la **Formación Quintuco** y Formación Picun Leufú.

A comienzos del Cretácico inferior los sistemas depositacionales continuaban como durante el Jurásico superior, con la diferencia de un incremento en el desarrollo de facies clásticas, lo que produjo el achicamiento de la plataforma carbonática. El Cretácico inferior culminó con numerosos eventos de transgresión – regresión. En el Cretácico medio se depositaron las rocas de la **Formación Huitrín** y Formación Rayoso, caracterizadas por ser unidades netamente evaporíticas (anhidrita, halita y silvita). En ellas se reconocen facies eólicas y de barreal (Miembro Troncoso inferior), facies evaporíticas (Miembro Troncoso superior), depósitos carbonáticos (caliza La Tosca) y por último facies fluviales y marinas restringidas.

Potencial minero:

Mineral o roca: baritina.

Modelo: 8d (SEDEX baritina). Grupo depósitos sedimentarios-exhalativos y volcanogénicos.

Depósitos: el más conspicuo es el yacimiento Arroyo Nuevo, en la provincia de Neuquén, 40 km al NNO de la localidad de Chos Malal. Presenta un manto homoclinal de baritina interestratificado entre las lutitas negras de la Formación Los Molles. El depósito ha sido explotado por cuarenta

años con un volumen extraído de 425.000 t de baritina a través del método de cámaras y pilares. Brodtkorb *et al.* (1994) propusieron que la fuente de Ba pudo haber sido volcanogénica submarina.

Véase:

Baritina en la Cuenca Neuquina. Depósitos de baritina en la Formación Los Molles. Yacimiento Arroyo Nuevo (pág. 102).

Mineral o roca: baritina.

Modelo: 9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los yacimientos de baritina característicos de este modelo son comunes en la Cuenca Neuquina, vinculados a las formaciones Tábanos, La Manga y Auquilco.

El distrito Loncopué, en la provincia de Neuquén, consiste en una serie de niveles de baritina entre capas de rocas calcáreas y lentes de yeso de la Formación Tábanos, formados en un ambiente hipersalino y de playa de circulación restringida, como también pequeñas vetas discordantes con las unidades suprayacentes. En Brodtkorb *et al.* (1999) se sugirió que el catión Ba proviene de la meteorización de los feldespatos de las rocas del área de aporte, posteriormente puesto en solución y precipitado en el ambiente marino de generación.

En el distrito Mallín Quemado, al norte de la localidad neuquina de Zapala, sobre el anticlinal de Vaca Muerta, se reconocen yacimientos mantiformes y vetiformes. El manto de baritina se encuentra en la mina Achalay (4 m de espesor y 400 m de largo), estratoligado a los calcáreos del techo de la Formación Auquilco, formando parte del abultamiento micrítico suprayacente a las capas de yeso. Por encima se apoya la Formación Tordillo, de origen continental y arreglo estratal granodecreciente, atravesada por las vetas de baritina de la mina Achalay, Río Agrio y La Porfia. Las vetas pueden alcanzar hasta 1.000 metros de longitud y su potencia oscila entre 1 y 5 metros.

En el extremo sudoeste de la provincia de Mendoza, en el departamento Malargüe, se encuentran yacimientos de baritina estratiforme, como El Compadrito y La Isidora. Los cuerpos mineralizados son mantos de geometría lenticular yacentes entre los depósitos calcáreos del techo de la Formación la Manga, y en la interfase con la Formación Auquilco. La baritina se presenta en mantos de estructura bandeada, con niveles intercalados con finas láminas de limo-arcillitas y carbonatos. El espesor del conjunto mineralizado

varía entre 3 y 7 metros y su longitud entre 100 y 200 metros.

Para las mineralizaciones de baritina estratoligada en las formaciones La Manga y Auquilco, Del Blanco y Barbieri (1999) proponen un origen singenético por precipitación química con posterior removilización y consecuente formación de vetas discordantes.

Véase:

[Baritina en la Cuenca Neuquina. Depósitos de baritina en la Formación Tábanos \(pág. 103\).](#)

[Baritina en la Cuenca Neuquina. Depósitos de baritina en las formaciones La Manga y Auquilco. Mina Achalay, Mina Rio Agrio, Mina La Porfia, Mina El Compadrito y Mina La Isidora \(pág. 104\).](#)

Mineral o roca: celestina

Modelo: 9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los yacimientos de celestina a nivel mundial se consideran de origen evaporítico-diagenéticos y se encuentran siempre relacionados a yeso (Brodtkorb, 1989). Los depósitos de celestina de Cuenca Neuquina se relacionan espacial y temporalmente a los depósitos estratoligados de baritina formando parte de las formaciones Tábanos, La Manga, Auquilco y del Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín.

Los depósitos de celestina estratoligados con sedimentos de la Formación Tábanos se localizan en las proximidades del distrito Mallín Quemado, en el faldeo austral de la Sierra de Cuchillo Curá. Los mantos generalmente tienen geometría lenticular y también tabular, con espesores de 1 a 3 metros y longitudes variables. Se encuentran intercalados entre lentes de yeso inmersos en rocas calcáreas con texturas sinsedimentarias, algunas de ellas modificadas por removilización epigenética. En la síntesis de Brodtkorb *et al.* (1999) indican que el origen de la mineralización es evaporítico.

La mina Llao Llao se halla en la misma región; es un manto de celestina de geometría lenticular interestratificado con capas de yeso y calizas estromatolíticas del techo de la Formación Auquilco. La celestina ocurre en delgadas capas intercaladas rítmicamente con niveles de calcita (textura sinsedimentaria) o bien capas de cristales de celestina bipolares entre láminas de celestina-calcita (textura diagenética). Las principales concentraciones de celestina se encuentran en

cavidades en el yeso o en calizas, que han sido rellenas por celestina, yeso y calcita removilizadas y recristalizadas durante el Terciario. Hacia el norte, en el departamento Chos Malal, la mina La Gisela presenta baritocelastina intercalada entre calizas fétidas de un nivel calcáreo rodeado por yeso-anhidrita de la Formación Auquilco.

En la provincia de Mendoza, en el departamento Malargüe, la mina Luthema-Monteagudo es representante de este modelo, con un manto de celestina de hábito “bolsonero” intercalado entre calizas margosas de la Formación La Manga.

En Del Blanco y Barbieri (1999) se resume que la celestina de la Formación Tábanos y La Manga-Auquilco tiene un origen singenético y se formó por precipitación química. Está vinculada espacialmente a los depósitos de yeso y su generación posiblemente se deba a la liberación de Sr por la aragonita al ser reemplazada -en ambientes supratidales y de sabkha- por dolomita.

Los depósitos de celestina vinculados al Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín se localizan en el flanco oriental de la Sierra del Salado (Grupo minero Continental y de la Sierra del Salado) y en el departamento Ñorquín a 30 km al sur de Chos Malal (distrito Naunauco-Taquimilán), ambos en la provincia de Neuquén. La mineralización consiste en cuerpos lentiformes que alcanzan 1 metro de espesor y 100 metros de longitud, relacionados estratigráficamente con niveles calcáreos arenosos y calcáreos algales, entre capas de yeso y pelitas verdes. En De Barrio (1999) se define a estos depósitos como evaporíticos de ambiente costero en procesos de somerización.

Véase:

[Celestina en la Cuenca Neuquina. Depósitos de celestina en la Formación Tábanos. Distrito Cuchillo Curá \(pág. 158\).](#)

[Celestina en la Cuenca Neuquina. Depósitos de celestina en las formaciones La Manga-Auquilco. Mina Llao Llao, Mina Luthema - Monteagudo, Vega de la Veranada \(pág. 159\).](#)

[Celestina en la Cuenca Neuquina. Depósitos de celestina en la Formación Huitrín. Grupo Continental y de la Sierra del Salado. Distrito Naunauco-Taquimilán \(pág. 161\).](#)

Mineral o roca: sal.

Modelo: 9g (evaporitas marinas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: son yacimientos de sal de roca, vinculados espacial y temporalmente al Miembro Salina de la Formación Huitrín. Existen depósitos de importancia en el sur de la provincia de Mendoza (Malargüe y Calmuco) y en Neuquén (anticlinal de Huitrín). Consisten en potentes cuerpos mantiformes y lenticulares; los primeros pueden alcanzar 2.400 metros de longitud, son de textura gruesa y sacaroide, interestratificados con rocas calcáreas, detríticas finas y evaporitas propias de ambiente lagunar costero (Etcheverry, 1999).

Véase:

Depósitos de sal de roca en la Cuenca Neuquina (pág. 291).

Mineral o roca: sales de potasio.

Modelo: 9g (evaporitas marinas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se encuentran en el depocentro de la cuenca huitriniana, que se desarrolló en el límite entre las provincias de Neuquén y Mendoza durante el Cretácico medio. Son extensos mantos de silvinita (silvita + halita) entre niveles salinos (halita) de la sección superior del Miembro Troncoso (Formación Huitrín). Los mantos mineralizados ocurren a profundidades entre 600 y 1.200 metros, en varios horizontes, con gran continuidad lateral y espesor (hasta 13 metros para un solo horizonte), generando cuantiosas reservas. A la fecha no han sido explotados aunque en el sector mendocino existe un yacimiento prefabricado (Potasio Río Colorado).

Véase:

Cloruro de potasio en la Cuenca Neuquina (pág. 297).

Mineral o roca: yeso.

Modelo: 9g (evaporitas marinas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: en la cuenca Neuquina los yacimientos de yeso se circunscriben a las formaciones Auquilco y Huitrín. En la provincia de Mendoza, en los alrededores de Malargüe, el yeso se presenta como mantos de mineral blanco interdigitado con lentes de anhidrita gris azulada, en la base de la Formación Auquilco (Cañada Ancha), como también en lentes de yeso gris blanquecinos de hasta 30 metros de espesor interestratificados con lutitas y arcillitas de la Formación Huitrín (Campo de los Militares). En la provincia de Neuquén los depósitos de yeso

forman parte de la Formación Huitrín, ubicados en las zonas de Auquilco, volcán Tromen y la sierra de Vaca Muerta. Todos ellos comprenden extensos mantos de yeso de hasta 90 km² de superficie (Tromen) con espesores que alcanzan 1.300 metros.

Véase:

Depósitos de yeso mesozoicos. Cuenca Neuquina. Mendoza (pág. 338).

Depósitos de yeso mesozoicos. Cuenca Neuquina. Neuquén (pág. 339).

Mineral o roca: rocas carbonáticas

Modelo: 9k (caliza – dolomía). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se localizan en las inmediaciones de Zapala, provincia de Neuquén, destacándose dos zonas: Pichi Moncol y Picun Leufu. Los depósitos están formados por bancos de calizas bituminosas o compuestos por restos coralinos, ambos pertenecientes a la Formación Quintuco y depositados junto a areniscas y arcillitas margosas en un ambiente sublitoral y de mar poco profundo.

Véase:

Rocas carbonáticas. Depósitos sedimentarios mesozoicos. Neuquén (pág. 261).

Mineral o roca: arcillas.

Modelo: 9m (arcillas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se localizan en el departamento Zapala, provincia de Neuquén, y se destacan como los más importantes depósitos de arcillas plásticas en la región. Conforman grandes cuerpos lenticulares con presencia de dos o tres niveles arcillosos de 0,8 a 2,0 metros de espesor interestratificados entre areniscas y pelitas de la Formación Lajas. Corresponden a depósitos clásticos de ambiente deltaico.

Véase:

Depósitos de arcillas mesozoicos. Neuquén. Departamento Zapala (pág. 68).

Mineral o roca: azufre

Modelo: 9o (azufre biogénico). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los depósitos de azufre biogénico en la Cuenca Neuquina se encuentran genéticamente

vinculados a las capas yesíferas de la Formación Huitrín y a la presencia de hidrocarburos. El yacimiento Los Petisos, en las inmediaciones de la localidad mendocina de Malargüe, presenta dos niveles mineralizados: uno inferior circunscripto a las capas de yeso puro del Miembro Chorreado superior, y un nivel superior en el Miembro Troncoso superior. En ambos casos las secciones mineralizadas se encuentran selladas en su base y techo por calizas y separadas por pelitas. En la provincia de Neuquén se destaca el depósito Filo Morado, a 50 km de Chos Malal, además de las manifestaciones de cerro Pintado y Taquimilán. La mineralización de azufre se produjo a través de un proceso de reemplazo biogénico de algunos niveles yesíferos de la Formación Huitrín debido a la presencia de hidrocarburos, adecuada porosidad y un efectivo intercambio con aguas meteóricas (Carotti, 1999; Gabriele, 1999).

Véase:

Azufre. Depósito Los Petisos (pág. 93).

Azufre. Filo Morado, manifestaciones de Cerro Pintado y zona de Taquimilán (pág. 95).

dm-KT (DEPÓSITOS MARINOS Y LITORALES CRETÁCICO-TERCIARIOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos marinos. Formaciones Allen, Roca, Bustamante, Salamanca y Yacoraite.

Edad: Cretácico superior - Paleoceno (Campaniano – Daniano).

Ubicación: la faja litogenética incluye los depósitos marinos del Cretácico-Terciario acumulados durante la transgresión maastrichtiana en el ámbito de la cuenca Neuquina, la cuenca del Golfo de San Jorge y la cuenca del NOA. En esta última la escala del mapa admite sólo la identificación del Grupo Salta, impidiendo el trazado de la faja litogenética que involucra la Formación Yacoraite. Para su trazado se consideran los afloramientos donde ocurren depósitos minerales y manifestaciones vinculadas con las unidades litoestratigráficas características de este evento, como así también aquellas áreas donde afloran rocas marinas más jóvenes que cubren las unidades favorables para la prospección. La extensión del evento transgresivo y la distribución de cada una de las facies se determinó a partir de mapas paleogeográficos y paleoambientales de cada una de las cuencas.

Descripción: la faja litogenética comprende los depósitos marinos formados durante el evento transgresivo del Cretácico superior-Paleoceno, en los ámbitos de cuenca Neuquina, costa oriental del sur argentino y cuenca del NOA.

En la síntesis de Page *et al.* (1999) se señala que el Ciclo orogénico Patagónico provocó el ascenso de la región cordillerana y plegó el relleno de la fosa del Agrio, se produjo la desvinculación de las cuencas mesozoicas del océano Pacífico y el mar comenzó a ingresar desde el este (Page *et al.*, 1999). En el Campaniano (74 Ma) los movimientos de la fase Huantraíquica (Méndez *et al.*, 1995) produjeron la inversión de la pendiente regional en la cuenca Neuquina y Macizo de Somún Curá, que pasó a ser atlántica. En dicha región, luego de un prolongado periodo de continentalización donde tuvo lugar la depositación del Grupo Neuquén y Grupo Chubut al norte y sur del Macizo de Somún Curá, respectivamente, se reinstauró un ámbito sedimentario con definida influencia marina, representado por el **Grupo Malargüe**, de edad Campaniano tardío – Paleoceno. Así, la cuenca Neuquina y el Macizo de Somún Curá se vieron invadidos desde el Atlántico por dos brazos de mar que ingresaron por la cuenca del Colorado y el golfo de San Jorge (Uliana y Biddle, 1988).

La base del Grupo Malargüe está definida por la **Formación Allen** y equivalentes, como la Formación Loncoche y la Formación Huantraico, muy bien desarrollados en la cuenca Neuquina. Los depósitos corresponden a facies de mares poco profundos, en algunos casos de circulación restringida, con una marcada tendencia -en varios sectores de la cuenca- a emerger e instaurar un ambiente evaporítico, como en el caso de los depósitos de Río Negro y Neuquén (Legarreta y Uliana, 1999). Esta unidad litoestratigráfica se apoya en discordancia erosiva sobre las sedimentitas del Grupo Neuquén; en su base presenta un nivel de areniscas medianas a gruesas de ambiente fluvial que transicionalmente pasan a arcillitas laminares verde olivas, de ambiente marino poco profundo, y culminan en niveles de yeso intercalados con rocas calcáreas producto del retiro del mar y la evaporación de cuerpos de agua aislados. Posteriormente, durante el Maastrichtiano y Daniano un nuevo episodio transgresivo inundó las depresiones epicontinentales que formaban la cuenca Neuquina, ingresando a través de un brazo marino desde la cuenca del Colorado y continuando hacia el oeste en una faja litoral y una zona de bajadas. Esta disposición de ambientes se encuentra bien

definida en el perfil oeste – este descrito por Legarreta y Uliana (1999), donde se reconocen depósitos piroclástico-aluviales (Formación Pircala) seguidos por sedimentos arcillosos litorales, conectados a las rocas calcáreas organógenas (biostromas y biohermos) de la **Formación Roca** (correlacionable con la Formación Aguada Cecilio y parcialmente con la Formación Arroyo Barbudo), unidad que se desarrolló en una rampa junto a acumulaciones supralitorales de carácter evaporítico; más hacia el este se depositaron facies marinas de plataforma con buena circulación y en posición alejada de la costa (Formación Jagüel).

En la costa oriental argentina existen varios registros del brazo de mar que ingresó desde el Golfo de San Jorge. En Bahía Bustamante afloran bancos calcáreos blanquecinos (**Formación Bustamante**) que algunos autores incluyen como un miembro de facies lateral de la Formación Salamanca; sin embargo nuevos trabajos destacan que la Formación Salamanca se apoya en contacto neto sobre las calizas, y asignan a la Formación Bustamante de edad maastrichtiana (Ardolino, 1980; Ardolino *et al.*, 1998).

La **Formación Salamanca** se depositó en el borde oriental del Golfo de San Jorge, es de edad maastrichtiana – daniana y en general se apoya discordantemente sobre sedimentitas del Grupo Chubut. Su base está definida por un manto de areniscas cuarzosas con niveles de glauconita (Miembro Glauconítico) de ambiente litoral, estuárico y de zonas costeras, cubierto por bancos pelíticos de color verde de origen netamente marino; en el techo de la Formación existen facies danianas típicamente regresivas (Uliana y Legarreta, 1999).

En el noroeste argentino la ingresión maastrichtiana-paleocena cubrió las fosas extensionales (rift) y los altos estructurales existentes. Esta transgresión marina depositó el subgrupo Balbuena -unidad intermedia del Grupo Salta- que se generó como acumulaciones de postrift durante un estadio de tranquilidad tectónica; está constituida por las formaciones Lecho, **Yacoraite** y Olmedo. La Formación Yacoraite es la unidad que alcanzó mayor dispersión areal; son depósitos marinos calcáreos tabulares (calizas y calizas estromatolíticas), en parte dolomíticos, con pelitas y areniscas, además de tobas y volcanitas (Salfity y Marquillas, 1999). Su amplia distribución ha permitido definir la “cuenca Yacoraite”, que representa una depresión intracontinental, carbonática restringida, somera y

alejada de las influencias del mar abierto (Marquillas, 1985 en Salfity y Marquillas, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: yeso.

Modelo: 9g (evaporitas marinas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los yacimientos de yeso de esta faja litogenética se ubican en las provincias de Río Negro y Chubut. En las cercanías de las localidades de General Roca y Allen existen depósitos mantiformes, con bancos de hasta 2 metros de potencia, interestratificados con arcillitas y margas de la Formación Allen y de hasta 15 metros de potencia en la Formación Roca. En Chubut los depósitos se localizan en la proximidades de Sarmiento y al sur de la Gran Laguna Salada; forman parte de la Formación Salamanca y se caracterizan por ser mantos de yeso de hasta 3 metros de potencia y gran extensión areal con estructura laminar y en algunos casos textura sacaroide.

Véase:

Yeso. Depósitos mesozoicos. Cuenca Neuquina. Río Negro (pág. 340).

Yeso. Depósitos terciarios. Chubut (pág. 340).

Mineral o roca: caolín.

Modelo: 9i (caolín sedimentario). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se encuentran en el valle inferior del río Chubut y forman parte de la Formación Roca (depósitos de facies fluviales). Son capas masivas, con intercalación de lentes conglomerádicos, compuestas principalmente por caolinita, con cuarzo e illita. Los depósitos se generaron por la erosión de acumulaciones caoliníticas cretácicas, de origen residual, existentes en el área.

Véase:

Depósitos de caolín sedimentario en Chubut (pág. 154).

Mineral o roca: rocas carbonáticas

Modelo: 9k (caliza-dolomía). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los yacimientos de rocas carbonáticas de origen marino y edad maastrichtiana – daniana están bien representados en muchos sectores del país, debido a la importancia del evento

transgresivo. En el noroeste argentino afloran depósitos de calizas en la quebrada de Humahuaca (cantera Maimará) y en la sierra de Puesto Viejo (Mojón-Cerro Plano), a 74 km al norte y 55 km al sur de la ciudad de San Salvador de Jujuy, respectivamente. Son depósitos de calizas masivas, calizas oolíticas y areniscas calcáreas pertenecientes a la Formación Yacoraite; la secuencia carbonática tiene hasta 10 metros de espesor e importante extensión areal, con bancos calizos de hasta 1,5 metros de potencia. El material carbonático contiene entre 80 y 87 % de CaCO_3 .

En el sector sur del país se encuentran depósitos de calizas en los alrededores de Valcheta, provincia de Río Negro, y en la costa oriental de Chubut (Bahía Bustamante, Sierra de Chaira y valle del río Chubut). Los depósitos de Valcheta son sedimentos marinos de moderada profundidad, condiciones estables de sedimentación, generados por precipitación química de carbonatos (Espejo, 1999), que conformaron depósitos mantiformes y lenticulares de calizas y dolomías (Formación Roca) de estructura masiva, brechada y en algunos casos con oquedades rellenas como producto de disoluciones posteriores a su formación. Los cuerpos tienen extensiones de 1.000 a 5.000 metros, 200 a 2.000 metros de ancho y entre 2 y 7 metros de espesor.

Los depósitos de Chubut corresponden principalmente a material calcáreo organógeno, aunque también se encuentran bancos con estructura masiva. Pertenecen a depósitos de la Formación Bustamante y Salamanca y consisten en bancos de calizas de hasta 12 metros de espesor. Sus reservas son cuantiosas, con una calidad química de 73 a 95% CaCO_3 .

Véase:

[Calizas y dolomías. Jujuy \(pág. 259\).](#)

[Calizas y dolomías. Río Negro \(pág. 260\).](#)

[Calizas y dolomías. Chubut \(pág. 262\).](#)

Mineral o roca: bentonita

Modelo: 13f (bentonita). Grupo depósitos residuales y de alteración.

Depósitos: los yacimientos cretácicos de bentonita en la Cuenca Neuquina se distribuyen en una acotada región que comprende el límite entre las provincias de Río Negro, La Pampa y Neuquén (subregión mineralogenética de bentonita del Cretácico superior). Allí ocurren depósitos

tabulares y lenticulares de miles de metros de extensión y hasta 0,7 metros de potencia, intercalados en fangolitas de la Formación Allen, además de calizas, niveles de yeso y piroclásticas. En Vallés e Impiccini (1999) se mencionan los estudios realizados sobre la génesis de estos depósitos, indicando que la mineralización se generó por la desvitrificación *in situ* del vidrio volcánico presente en las cenizas acumuladas en ambientes marinos someros no afectados por las olas. Se caracteriza por ser una bentonita sódica (entre 95 y 99% de montmorillonita) con escaso contenido de feldespato, cuarzo, trizas de vidrio, yeso, ceolitas y clastos líticos. Los yacimientos del área del Lago Pellegrini sustentan una industria que destina gran parte del producido, luego de la molienda y tratamiento, a los mercados de exportación.

Véase:

[Depósitos de bentonita en la Cuenca Neuquina \(pág. 116\).](#)

dc-K (DEPÓSITOS CONTINENTALES CRETÁCICOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos continentales del Cretácico en la cuenca de Beazley, cuenca Neuquina, Macizo del Deseado y cuenca del NOA. Formación Lagarcito, Grupo Neuquén (formaciones Anacleto, Bajo de la Carpa, Plottier, Portezuelo, Lisandro, Huincul) y Formación Baqueró. Se incluye al Grupo Salta (formaciones Maíz Gordo, Lumbrera) por sus depósitos de arcillas.

Edad: Cretácico

Ubicación: la faja litogenética comprende depósitos en diferentes sectores del país, de edad cretácica, acumulados en ambientes continentales extensionales. En San Luis incluye los afloramientos de la Formación Lagarcito identificados en la Hoja Geológica San Francisco del Monte de Oro (Costa *et al.*, 2002). En la cuenca Neuquina se incluyen los afloramientos del Grupo Neuquén que delimitan áreas con facies arcillosas, identificadas -debido a la limitación de escala- en base a la presencia de zonas mineralizadas (yacimientos de arcillas). Para el trazado de la faja litogenética en la provincia de Santa Cruz se consideraron los sectores de afloramientos de la Formación Baqueró, utilizando el apoyo del mapa geológico de De Barrio *et al.* (1999). En la cuenca del NOA, la faja litogenética no fue trazada debido a que la base geológica identifica como unidad mapeable al Grupo Salta.

Descripción: durante el Cretácico muchos sectores del país se vieron afectados por una intensa continentalización. Las importantes cuencas extensionales del norte argentino, las cuencas de San Luis y Cuyo, la cuenca Neuquina y las depresiones del sector oriental patagónico, se rellenaron con secuencias esencialmente continentales, que hoy representan a los grupos Salta, Neuquén y Chubut, y formaciones como Lagarcito y Baqueró, entre otras. Numerosos yacimientos de minerales industriales y rocas se encuentran vinculados genéticamente a ellos y sustentan la definición de esta faja litogenética.

En el noroeste argentino, a partir del Cretácico inferior, comenzaron a estructurarse en forma aislada una serie de rift limitados por altos estructurales (arcos), cuyo relleno comenzó con los bancos rojos basales del Subgrupo Pirgua, seguidos por areniscas, calizas y pelitas del Subgrupo Balbuena y colmatadas, durante el Paleoceno – Eoceno medio, por las pelitas policromas con calizas y areniscas del **Subgrupo Santa Bárbara**, conformándose así la secuencia completa del Grupo Salta (Salfity y Marquillas, 1999). El subgrupo Santa Bárbara representa la finalización de los episodios de inundación que depositaron la Formación Yacoraite; está integrado por las formaciones Mealla, **Maíz Gordo** y **Lumbrera**, secuencias fluviales y lacustres cuya mayor expansión está representada por la Formación Lumbrera, unidad cuspidal formada por depósitos fluvio-lacustres con planicie fangosa y un característico nivel pelítico (“faja verde”) generado en un ambiente lacustre durante un episodio de inundación regional instantáneo (Salfity y Marquillas, 1999).

En la provincia de San Luis se desarrollaron, a partir del Triásico, las cuencas de Beazley, Las Salinas y Mercedes, que funcionaron como depocentros durante todo el Mesozoico, presentando unidades triásicas equivalentes a las de la cuenca Cuyana y un paquete sedimentario total de 3.500 a 4.000 metros de espesor (Kokogian *et al.*, 1999). Todas estas secuencias son de ambiente fluvial y lacustre. Los depósitos triásicos están representados por las unidades del Grupo Cocodrilo, mientras que las acumulaciones jurásico-cretácicas, en discordancia sobre las anteriores, están integradas por el Grupo del Gigante y la Formación suprayacente **Lagarcito**. La Formación Lagarcito, yacente en algunos sitios sobre una leve discordancia angular, ha sido asignada por Yrigoyen (1975) al Cretácico superior y consta de un conjunto litológico de carácter psamítico-evaporítico, de ambiente lacustre salino, compuesto predominantemente por

areniscas, limonitas, arcillitas, en varias localidades bancos de yeso y anhidrita, y en algunas un conglomerado de base (Criado Roque *et al.*, 1981).

La cuenca Neuquina, a partir del Cretácico superior, quedó desconectada paleogeográficamente del océano Pacífico, lo que dio lugar a la depositación de las unidades continentales del Grupo Neuquén. La secuencia se desarrolló principalmente en el sector oriental de la cuenca y alcanza los mayores espesores (1.500 m) en el centro y norte de Neuquén (Legarreta y Uliana, 1999). El Grupo Neuquén está integrado por tres subgrupos; de base a techo son: subgrupo Limay (formaciones Candeleros, **Huincul** y **Lisandro**); Subgrupo Río Negro (**formaciones Portezuelo y Plottier**) y Subgrupo Río Colorado (**formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto**). Estas unidades constituyen principalmente sucesiones de areniscas y fangolitas con depósitos de conglomerados y areniscas conglomerádicas muy restringidos y que en conjunto representan facies aluviales, presumiblemente a partir de un sistema distributivo efímero que drenaba a una cuenca endorreica (Legarreta y Uliana, 1999).

Por su parte, el Macizo del Deseado estuvo afectado por la apertura del océano Atlántico (Jurásico superior – Cretácico inferior); procesos distensivos y subsidentes formaron cuencas donde se produjo la depositación piro-epiclástica correspondiente a las formaciones Bajo Grande, **Baqueró** y las equivalentes del Grupo Chubut, estas últimas situadas en el borde septentrional del nesocratón (De Barrio *et al.*, 1999). La Formación Baqueró (Barremiano – Aptiano según Archangelsky, 1967; Archangelsky *et al.*, 1984) se encuentra ampliamente distribuida en el centro del Macizo del Deseado y está integrada por dos miembros concordantes pero representantes de distintos ambientes de depositación. El Miembro inferior, que se apoya en discordancia angular sobre la Formación Bajo Grande y el Complejo Porfírico Jurásico, presenta conglomerados basales, areniscas y principalmente arcillitas y limolitas grises y negras, con intercalaciones de niveles tobáceos y un importante contenido paleontológico (tafoflora). Son depósitos de morfología lenticular con una gran variación lateral y vertical, depositados en ambiente fluvial, en partes lagunar, constituyendo el relleno de depresiones labradas en el prerrelieve y colmatadas paulatinamente por corrientes fluviales (De Barrio *et al.*, 1999). El Miembro superior está integrado por una intercalación rítmica de cineritas blancas a blanco grisáceas y tobas castañas, propias de la sedimentación directa de

lluvia de cenizas debido a la intensa actividad volcánica en comarcas alejadas, en un ambiente de llanuras, muy uniforme y sin desnivel (Barrios *et al.*, 1999).

Potencial minero:

Mineral o roca: yeso

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se encuentran en el extremo occidental de la provincia de San Luis, sobre el flanco sudeste de la sierra del Gigante. Los depósitos, formados en ambiente lagunar, están constituidos por uno o dos bancos de yeso de 0,7 a 2,0 metros de espesor, de color blanco grisáceo y rojizo, estructura compacta a granular, intercalados con arcillitas rojas de la Formación Lagarcito. Su explotación, en canteras, se destina a la industria del cemento.

Véase:

Depósitos de yeso del Terciario. San Luis (pág. 341).

Mineral o roca: caolín.

Modelo: 9i (caolín sedimentario). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: en la provincia de Santa Cruz los depósitos de caolín sedimentario se encuentran junto con los de arcillas plásticas en los lotes 18 y 19. Ocurren como cuerpos de morfología lenticular, estructura masiva, originados en cuerpos de agua (lagos) abandonados, durante la depositación del Miembro inferior de la Formación Baqueró. Domínguez y Cravero (1999) proponen un origen sedimentario por erosión y transporte de los depósitos de caolín residual formados en las volcanitas infrayacentes del Grupo Bahía Laura. Los yacimientos cubren hasta 180.000 m² y presentan espesores de hasta 12 metros. El material arcilloso contiene un máximo de 60% de partículas menores a 2µm, que corresponden principalmente a caolinita, además de cuarzo, illita y esmectitas. Los depósitos constituyen uno de los principales distritos caoliníferos del país; sus yacimientos (varios en cada lote) son explotados actualmente a cielo abierto.

Véase:

Depósitos de caolín sedimentario en Santa Cruz (pág. 154).

Mineral o roca: arcillas.

Modelo: 9m (arcillas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: en la provincia de Jujuy, en las proximidades de la localidad de Tilcara en la Quebrada de Humahuaca, afloran pequeños depósitos y manifestaciones de arcillas comunes en estratos de arcillas margosas del techo de la Formación Maíz Gordo y base de la Formación Lumbrera.

En la cuenca Neuquina los yacimientos de arcillas comunes, de edad cretácica superior, se encuentran en el departamento Confluencia de la provincia de Neuquén. Son cuerpos tabulares-lenticulares de espesores variables entre 1 y 7 m, con gran continuidad lateral. Los depósitos están constituidos por fangolitas rojas con intercalación de niveles arenosos y de láminas de yeso secundario, presentes en todas las unidades del Grupo Neuquén, y cuyo material arcilloso se compone principalmente de illita e illita/esmectita. Su explotación está destinada fundamentalmente a la industria de cerámica roja y –como componente minoritario– en pastas cerámicas, en plantas manufactureras de la región.

Los depósitos de arcillas plásticas de la Patagonia se ubican en el área de San Julián, en la provincia de Santa Cruz, principalmente en los denominados lotes 18 y 19. Consisten en paquetes sedimentarios de hasta 50 metros de espesor con bancos de arcillitas de 2 a 8 metros intercalados con areniscas, tobas y conglomerados. Forman parte del Miembro inferior de la Formación Baqueró, son de origen lacustre y fluvial y presentan morfología lenticular con gran variación lateral. Son importantes productores a nivel nacional, con depósitos explotados en su mayoría a cielo abierto.

Véase:

Depósitos de arcillas. Neuquén. Departamento Confluencia (pág. 69).

Depósitos de arcillas. Santa Cruz (pág. 71).

Depósitos de arcillas. Jujuy (pág. 72).

FAJAS LITOGÉNÉTICAS DE LOS EPISODIOS ÁNDICOS

En los episodios mineralogénéticos ándicos se han generado numerosos depósitos de minerales industriales en diferentes regiones del país y vinculados a diversos procesos genéticos. Han

sido divididos en episodios paleógenos, neógenos y cuaternarios como respuesta a la dinámica tectónica del orógeno, reflejándose importantes diferencias en el tipo de mineralizaciones que ocasionaron.

Los afloramientos de basaltos y piroclastitas de las volcanitas Las Chacras, el basalto Cari Laufquen y las formaciones Collón Curá y La Pava (T, Tp y Tβ1) conforman la faja litogenética **Basaltos y depósitos piroclásticos eoceno-miocenos en ambientes lagunares (plβrv-T)** con depósitos de diatomita (modelo 9j).

La faja litogenética **Depósitos litorales mioceno-holocenos (dl-TQ)** involucra sedimentitas marinas y litorales (Tm5 y Qm) del margen oriental del río Paraná, aflorantes desde la ciudad de Paraná hasta Ibicuy, responsables de los depósitos de arenas silíceas (modelo 12e) más importantes del país.

La gran mayoría de los depósitos minerales del Terciario superior y Cuaternario se encuentran íntimamente ligados al orógeno andino y su evolución. La variedad de depósitos ampliamente distribuidos a lo largo del ámbito cordillerano y su prolongación extraandina pueden ser divididos en tres grupos, según la región geográfica en que ocurren: a) depósitos de la región extraandina, b) depósitos en el arco y c) depósitos de la Puna.

En la región extraandina tuvieron lugar una serie de secuencias epiclásticas con presencia de material piroclástico, acumuladas en cubetas intermontanas, las cuales conformaron depósitos principalmente de arcillas (modelo 9m) y en menor cuantía de bentonita (modelos 9h y 13f). Existen asimismo depósitos de calizas (modelo 9k), ceolitas (modelo 9n), sal (modelo 9f) y yeso (modelo 9f). Con el objeto de asignar una faja litogenética que involucre a estos depósitos se agrupan los sedimentos neógenos continentales sinorogénicos del Bloque San Rafael, Precordillera, Sierras Pampeanas, Famatina, Cordillera Oriental y Sierras Subandinas (Tc, Tc2, Tc3 y Ty) en la faja **Depósitos de cuenca neógenos (dc-T)**. En el sector extraandino, que en el Cuaternario se extiende hasta la región pampeana, en La Pampa y Buenos Aires, se generaron como sedimentos evaporíticos de cubetas endorreicas depósitos de sal, sulfato de sodio y yeso (del modelo 9f). La faja litogenética para este episodio en la región extraandina la constituyen los depósitos evaporíticos (Qev) junto con las lagunas efímeras de la región pampeana y ha sido denominada **Depósitos evaporíticos cuaternarios en salares y cuencas endorreicas (de3-Q)**.

En la zona de arco los depósitos de minerales industriales están íntimamente relacionados a la actividad hidrotermal, siendo el representante más importante el azufre fumarólico (modelo 7g). A lo largo del sector cordillerano se formaron, en menor dimensión, depósitos de caolín hidrotermal (modelo 7i) sobre rocas volcánicas, y vetas de baritina (modelo 14h). También se destacan los yacimientos de sulfato de aluminio y magnesio (13d). Los estratovolcanes plio-pleistocenos (Qα2 y TQp) del ámbito cordillerano septentrional definen una extensa faja litogenética con depósitos de azufre fumarólico (modelo 7g) denominada **Volcanitas de arco neógeno-cuaternarias (rv-TQ)**.

La Puna es una región que cobra gran importancia desde el punto de vista de los minerales industriales por sus excelentes depósitos de boratos (modelo 9f) asociados a ónix calcáreo y travertinos (modelo 7h), formados en cubetas tectónicas e intercalados entre las secuencias sedimentarias y mantos salinos (modelo 9f) que allí se depositaron. La faja litogenética **Facies evaporíticas en depósitos sinorogénicos terciarios (de-T)** agrupa los depósitos asociados al termalismo derivado de la actividad volcánica póstuma y a secuencias de ambientes de clima árido. Está constituida por sedimentos continentales epiclásticos, piroclásticos y evaporíticos de la Puna Austral (Tc) de edad miocena. También se destacan los depósitos de perlitas (modelo 11d), circunscriptos a los extremos ácidos de las secuencias volcánicas miopliocenas (Tcv) de la Puna salteña y catamarqueña, volcanitas que conforman la faja litogenética **Volcanitas de arco neógenas (rv-T)**. Los depósitos cuaternarios de boratos y travertino (modelos 9f y 7h) tienen génesis semejante a la de los depósitos terciarios debido a la continuidad de la actividad hidrotermal en la zona. Junto a ellos se depositaron importantes mantos de sal (modelos 9f) y, en los sedimentos infrayacentes, se formaron salmueras ricas en sulfato de sodio. Los salares puneños representan el ámbito de ocurrencia de éstos depósitos y sus evaporitas (Qev) constituyen la faja litogenética **Depósitos evaporíticos de salares cuaternarios puneños (de2-Q)**.

En el área mesopotámica, en la provincia de Entre Ríos, se reconocen yacimientos de yeso (modelo 9f) a lo largo de la faja litogenética **Depósitos de cuenca palustre-lacustre pleistocenos (de1-Q)** representada por la Formación Hernandarias (Qel).

*plβrv-T (BASALTOS Y DEPÓSITOS
PIROCLÁSTICOS EOCENO-MIOCENOS EN
AMBIENTES LAGUNARES)*

Unidades litoestratigráficas involucradas: coladas basálticas de intraplaca y depósitos piroclásticos de cuencas de retroarco en ambientes continentales lagunares. Volcanitas Las Chacras, Basalto Cari Laufquen, Formación La Pava y Formación Collón Cura.

Edad: Eoceno – Mioceno medio

Ubicación: la faja litogenética abarca las coladas basálticas y depósitos piroclásticos contemporáneos del oeste de Río Negro y centro-sur de Neuquén, donde se desarrollan depósitos de diatomitas. La extensión de la faja fue restringida a las áreas con presencia de yacimientos y/o manifestaciones minerales y afloramientos de las litologías mencionadas, debido a la limitación del reconocimiento de facies lagunares a esta escala.

Descripción: las unidades de la faja litogenética están vinculadas al volcanismo extensional de intraplaca (plateau basáltico) y al volcanismo explosivo (depósitos piroclásticos) que ocurrieron concomitantemente desde el Paleoceno en gran parte de la Patagonia.

A partir del Paleoceno y durante el Eoceno se desarrolló un arco volcánico cuyos exponentes, de la Serie Andesítica Extraandina, se distribuyen en la faja oriental que se extiende, aproximadamente, entre las ciudades de Bariloche e Ingeniero Jacobacci y los 40° y 43° de latitud sur. La faja se caracteriza por un volcanismo bimodal con predominancia de extremos riolíticos en las secciones basales y extremos basálticos en posiciones estratigráficas más altas. Las facies ignimbríticas están muy distribuidas; la Formación Huitrera es la unidad que representa a las rocas ácidas y mesosilíceas.

En el Oligoceno el arco migró hacia el oeste 25 a 50 km debido a cambios en la convergencia de placas, desarrollándose una nueva faja -faja occidental o andina- que corresponde a las rocas de la Serie Andesítica, cuya unidad más difundida son las andesitas y dacitas de la Formación Ventana. Sobre la faja oriental se depositaron nuevas unidades volcánicas, como los Basaltos Rehuau, la Formación Auca Pan (andesitas y riodacitas) y el Basalto Cerro Colorado.

Durante el desarrollo de los arcos del Paleoceno y del Oligoceno la convergencia de placas fue oblicua; como se describe en la síntesis de Ardolino *et al.* (1999) esto generó una componente transversal que permitió, contemporáneamente con el volcanismo de arco,

múltiples episodios volcánicos relacionados con procesos extensionales, desarrollados en los ámbitos de retroarco e intraplaca, dando lugar al emplazamiento de *plateau* basálticos y rocas subvolcánicas alcalinas. Si bien el magmatismo extensional se desarrolló en gran parte del sector patagónico, son de interés las coladas basálticas emplazadas en el sector noroccidental del Macizo Nordpatagónico. Estas constituyen los extensos *plateau* basálticos del Oligoceno tardío – Mioceno medio de la **meseta de Cari Laufquen** y Coli Toro, sucesiones de coladas basálticas olivínicas apoyadas sobre depósitos volcanoclásticos.

A partir del Mioceno hubo un importante cambio en el régimen de convergencia -pasó a ser normal- que provocó la migración del arco hacia sectores más occidentales, desde Copahue hacia el norte, representado por las andesitas de la Formación Epulahuquen.

Debido a las características explosivas del magmatismo se generaron en todo el sector patagónico, concomitantemente con las volcanitas, potentes y extensos depósitos piroclásticos. Ejemplo de ello son las tobas del Grupo Sarmiento (Eoceno – Mioceno) depositadas en el área de la cuenca de Collón Cura y Precordillera Patagónica, que representan al más importante depósito piroclástico del Cenozoico. Durante el Mioceno medio el volcanismo explosivo provocó los depósitos de tobas y flujos piroclásticos de la **Formación Collón Cura** a lo largo del sector occidental del Macizo Nordpatagónico.

Potencial minero:

Mineral o roca: diatomita

Modelo: 9j (diatomita). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los principales yacimientos del país se ubican en el extremo occidental de la provincia de Río Negro, en cercanías de la localidad de Ingeniero Jacobacci. En general se presentan como bancos de diatomitas separados por niveles de tobas, y en algunos casos cubiertos por coladas de basaltos olivínicos (1 a 2 metros de espesor). Los bancos se disponen prácticamente horizontales y su espesor varía desde algunos centímetros hasta 3 metros. Genéticamente están relacionados a cuencas lacustres, con aportes de cenizas por transporte eólico depositadas durante el Eoceno-Mioceno (Prozzi y Kröger, 1973). Existen depósitos de gran pureza y otros que gradan a tobas con distinta participación de diatomeas, estos últimos empleados fundamentalmente como absorbentes. Constituyen el principal distrito diatomífero del país y sus

yacimientos se explotan en la actualidad a cielo abierto.

Los depósitos de la provincia de Neuquén, en los alrededores de Zapala, están situados estratigráficamente en el nivel superior de la Formación Collón Cura; son bancos de diatomitas de hasta 3 metros de espesor, diferenciados entre sí por su calidad, mayor a medida que disminuye el contenido de vidrio volcánico. Generalmente están cubiertos por material detrítico suelto (1 metro) y presentan intercalaciones de niveles tobáceos. Los cuerpos tienen morfología lenticular con gran discontinuidad lateral, y fueron depositados en un ambiente lagunar de depocentros aislados y muchas veces cubiertos por potentes acumulaciones detríticas y coladas basálticas.

Véase:

[Depósitos de Diatomitas en Rio Negro \(pág. 204\).](#)

[Depósitos de Diatomitas en Neuquén \(pág. 206\).](#)

dl-TQ (DEPÓSITOS LITORALES MIOCENO-HOLOCENOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos de margen pasivo y ambiente litoral. Formación Paraná y depósitos litorales del Querandínense.

Edad: Mioceno superior - Holoceno

Ubicación: la faja litogenética incluye las sedimentitas y sedimentos de ambientes litorales, acumulados próximos al cauce del río Paraná durante las transgresiones marinas del Mioceno y Holoceno. Se destaca la importancia económica de los depósitos de arenas silíceas de la región mesopotámica. Si bien no existe aún el conocimiento exacto de los procesos geológicos que originaron estos depósitos, es clara su vinculación genética con la dinámica del río y la interacción con los eventos transgresivos. Por ello la faja incluye a los afloramientos de estas unidades a lo largo de la porción austral del río Paraná.

Descripción: la faja litogenética encierra los depósitos litorales formados a orillas del río Paraná durante las transgresiones atlánticas del Mioceno (transgresión Entrerriense-Paranense) y del Pleistoceno superior - Holoceno (transgresión Querandina).

Durante el Mioceno gran parte del territorio estuvo cubierto por el mar (“mar entrerriense o paranense”); se conocen facies marinas en el este

y facies marginales y lacustres en el oeste y noroeste del país. Los espesores más potentes corresponden a los depósitos del subsuelo de la región Chaco-paranense; secuencias que no superan 200 metros de espesor afloran en Patagonia nororiental (Formación Puerto Madryn) y en el este de la provincia de Entre Ríos (delgada secuencia de la **Formación Paraná**) (Del Río, 2000). El límite oriental de la transgresión se ubicó al oeste de Uruguay y sudoeste de la provincia de Entre Ríos y el occidental es menos delimitado (Marengo, 2000); el avance del mar sobre el continente estuvo condicionado por la máxima altura que este logró y la topografía resultante de una paleogeografía no demasiado diferente de la actual (Aceñolaza, 2000). Las microfaunas marinas son indicadoras de las condiciones de este mar; Marengo (2000) reconoce que las microfaunas con mayor diversidad ocurren en el sudoeste de Entre Ríos y en el este de Santa Fe, en tanto que hacia el noroeste y noreste las microfaunas se empobrecen en forma notable debido a la disminución de la profundidad del mar y a la mezcla de agua marina con aguas dulces. Estas microfaunas, tanto de la Formación Paraná como de sus equivalentes, son típicas de mares muy someros, generalmente hiposalinos, y de una temperatura similar a algo superior a la actual para los mares adyacentes. En la región entrerriana de Diamante la transgresión habría comenzado como un lento ascenso del mar, del que sólo se registra un delgado nivel con fragmentos de ostras y muy escasos microfósiles. Sobre éste se depositó un potente nivel de arenas gruesas a medianas, con pelitas intercaladas, características de un ambiente de transición. Franguelli (1920) explicó las intercalaciones de niveles arenosos en la Formación Paraná como producto de varios ciclos transgresivos-regresivos, mientras que Stappenbeck (1926) interpretó que fueron producidos por la progradación de un sistema deltaico sobre el ambiente costero. El hallazgo de fragmentos de madera y de intercalaciones de delgados bancos de pelitas oscuras apoyarían la interpretación de Stappenbeck (1926). Aceñolaza y Aceñolaza (1999) consideraron que estos niveles arenosos fueron depositados en un ambiente de dunas costeras.

Cualquiera de estas dos últimas interpretaciones indicaría muy leves desplazamientos de la línea de costa, ya sea por ligeros movimientos eustáticos, o por progradación de los sistemas costeros.

En el Pleistoceno superior y Holoceno se produjo una nueva transgresión marina atlántica; Guida y

González (1984) reconocieron en el SE de la provincia de Entre Ríos, en la margen oriental del río Paraná, dos sectores principales: a) en el norte, un sector elevado con características geomorfológicas exclusivamente continentales; b) un sector austral más bajo, con evidencias de paleoambientes estuárico y litoral fluvial. La división entre uno y otro sector está dada por un “frente de erosión” que desarticuló la red de drenaje del sector norte y que se extiende entre las cotas +10 y +20 metros (principalmente entre las localidades de Ceibas y Gualeguay). Desde allí, y hacia cotas menores, hay evidencias morfológicas de un antiguo estuario que respondió a un nivel marino relativamente elevado durante el final del Pleistoceno superior.

Por debajo de la curva de nivel de +5 metros las evidencias morfológicas indican una expansión estuárica más moderna que la anterior, desarrollada ya en el Holoceno, a la cual también se asocian geoformas fluviales litorales. Así aparece un amplio cordón litoral arenoso (Irondo, 1980), que hacia el NE se adosa a la “barranca” formada durante la transgresión pleistocénica, continúa hacia el oeste en las localidades de Ceibas y Médanos, y desde Gualeguay tuerce hacia el NO. Detrás de ese cordón litoral arenoso, existe un paisaje llano que pertenece a la superficie de una antigua albufera vinculada genéticamente al cordón.

Descendiendo desde el cordón litoral hacia el río Paraná, existe una sucesión de cordones arenosos, mencionados por Cordini (1949), paralelos entre sí, separados por depresiones que encauzan las aguas de escurrimiento superficial, principalmente los desbordes de los ríos Gualeguay e Ibicuy. Este autor los definió como *médanos costeros*, vinculados a la ingresión holocénica, cuyos sedimentos se mezclaron con sedimentos fluviales durante las inundaciones, pasando de arenas finas a limos arenosos.

Pereyra *et al.* (en prensa) mapearon estos cordones arenosos como depósitos de cordones litorales marinos, ubicados por debajo de la cota de +5 metros, con la nomenclatura H3M1A, diferenciándolos de los cordones litorales de estuario, al sur del río Paranacito, denominados H3M2I. Los primeros representarían una fase ingresiva del mar (Holoceno medio alto-Holoceno superior) que se extendió aguas arriba por los valles de los cursos fluviales que desembocan en los ríos de La Plata, Uruguay y Paraná. Los cordones litorales de estuario se engranan lateralmente a los anteriores; son depósitos de

materiales conchiles, areno-gravillosos. Estos cordones, algunos claramente litorales marinos y otros probablemente relacionados a ambientes estuáricos transicionales, marcan la fase regresiva de la ingresión durante el periodo Neoglacial (Holoceno superior).

Potencial minero:

Mineral o roca: arena silícea.

Modelo: 12e (arenas silíceas). Grupo depósitos de placer y sedimentos.

Depósitos: a orillas del arroyo El Salto, 30 km al sur de la ciudad de Paraná, cercano a Diamante, y en la costa oriental del río Paraná Ibicuy, entre las localidades de Mazzaruca e Ibicuy, se encuentran los dos principales yacimientos de arenas silíceas del país, en explotación mediante carguío directo o dragado. Provee materia prima para la fabricación de vidrios especiales. El primero de estos yacimientos data del Mioceno y está constituido por un extenso banco de areniscas blancas, de alta madurez mineralógica (90% de cuarzo) y textural (moda entre 0,25 y 0,35 mm), que cubre una superficie de 2 km² con espesor variable entre 8 y 15 metros. Forma parte de la Formación Paraná; su génesis está en discusión aunque claramente pertenece a un ambiente litoral relacionado al evento transgresivo paranense. Las arenas de Ibicuy son de edad holocena y su depósito conforma una extensa medialuna de hasta 12 km de largo y en algunos sectores hasta 1 km de ancho, con un manto arenoso de 4 metros de espesor, prácticamente 86% de cuarzo (la mayor parte con impurificaciones de hierro) y una moda de 0,18 a 0,25 mm. Es un depósito con características eólicas, de un ambiente litoral y vinculado a la transgresión marina querandina.

Véase:

[Arenas silíceas de Diamante, Entre Ríos \(pág. 83\).](#)

[Arenas silíceas de Ibicuy, Entre Ríos \(pág. 84\).](#)

dc-T (DEPÓSITOS DE CUENCA NEÓGENOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos sinorogénicos acumulados en cuencas de antepaís. Formación Pozuelos, Grupo Orán, Formación Río Salí, Estratos Calchaquenses, Estratos de Los Llanos, Formación Cañón Colorado y Formación Mogna.

Edad: Mioceno - Plioceno

Ubicación: la faja abarca numerosos depósitos sedimentarios neógenos acumulados en cuencas intermontanas del norte y centro del país (desde San Salvador de Jujuy hasta San Rafael, Mendoza). La delimitación de la faja requirió el reconocimiento de las unidades involucradas en mapas de escala más detallada y la identificación de los yacimientos vinculados genéticamente a ellas.

Descripción: esta faja litogenética comprende parte de los depósitos sinorogénicos terciarios de la región andina, en especial los que se distribuyen desde San Salvador de Jujuy hasta San Rafael (Mendoza).

Con la denominación **Estratos Calchaquenses** tradicionalmente se han identificado secuencias Araucanenses y Estratos Jujeños, sin embargo estos depósitos representan facies sinorogénicas distintas. Sus variaciones litológicas son función de la mayor o menor proximidad al frente de corrimiento, que por tener tiempos de levantamiento y migración variables, además de geometrías diferentes, presentan límites diacrónicos entre estas secuencias (Ramos, 1999). Los estratos Calchaquenses son secuencias generalmente grano y estratocrecientes, de facies de areniscas fluviales con intercalaciones de fangolitas de grano mediano a fino. Secuencias Araucanenses son las facies de ríos anastomosados (conglomerados) con participación de rocas piroclásticas y lavas que se apoyan en discordancia erosiva sobre los estratos anteriores. Los Estratos Jujeños yacen en discordancia angular sobre el Araucanense y están constituidos por fanglomerados o conglomerados fluviales proximales.

En el noroeste argentino se alinean de oeste a este una serie de cuencas ubicadas en la Puna Austral, Cordillera Oriental y Sistema de Santa Bárbara. A partir del Eoceno superior – Oligoceno se formó la cuenca de Arizaro en el ámbito puneño, y las cuencas Calchaquí y Metán en Cordillera Oriental y Sistema de Santa Bárbara, respectivamente. En la cuenca de Arizaro se depositó la Formación Geste, unidad netamente continental conformada por sedimentitas rojas de ambiente fluvial; en las cuencas del este se depositó concomitantemente la Formación Quebrada de los Colorados. En el Mioceno medio la cuenca de Arizaro es bisectada, formándose en su borde oriental la cuenca de Pastos Grandes y depositándose en ambas la **Formación Pozuelos**, una unidad predominantemente evaporítica, con mantos de sal de roca de hasta 5 metros de potencia, generados en ambiente desértico de salares. En los

depocentros del este comenzó la depositación del **Grupo Orán**, representado en la cuenca Calchaquí -sobre el borde oriental de la proto Cordillera Oriental- por las areniscas y conglomerados de ambiente fluvial de la Formación basal Río Seco. La cuenca de Metán, durante este mismo periodo, fue afectada por la transgresión marina paranense con anegamiento del sistema fluvial y el desarrollo de depósitos fluviolagunares (Ramos y Alonso, 1995) representados por las areniscas finas, pelitas verdes y niveles de calizas oolíticas y yeso de la Formación Anta (Formación San José; **Formación Río Salí**). En el Mioceno superior – Plioceno las cuencas puneñas, ya típicamente endorreicas, recibieron los depósitos de la Formación Sijes, reconocida por sus importantes cuerpos salinos de halita y boratos. En el límite entre las cuencas Calchaquí y Metán se produjo un nuevo frente de corrimiento con el desarrollo de la cuenca central de Lerma, que junto a las anteriores contienen los depósitos predominantemente conglomerádicos de la Formación Río Guanaco. En el Plioceno tuvo lugar un nuevo levantamiento, la depositación de los conglomerados de la Formación Singuel en las cuencas de la Puna y los conglomerados y areniscas pardas de la Formación Piquete en las cuencas orientales.

En la porción central del país se observa una evolución similar a la anterior para las cuencas de antepaís formadas por la orogenia andina. Las primeras cuencas se desarrollaron en los sectores occidentales y a medida que se levantaron y migraron los frentes de corrimiento se estructuraron las cuencas hacia el este. En el Eoceno – Oligoceno el levantamiento cordillerano generó la cuenca del Valle del Cura con la depositación de la Formación Tobas del Valle del Cura. En el Mioceno inferior la migración del frente de corrimiento hacia el este aumentó la subsidencia de la cuenca del Valle del Cura y generó los primeros depósitos en la cuenca de Iglesias, al este de la anterior, con la depositación de la Formación La Ollita y equivalentes. A partir del Mioceno medio y superior se produjo el levantamiento de la proto Precordillera quedando las cuencas anteriores en los bloques levantados de occidente y formándose en el sector oriental las cuencas de Bermejo y Pagancillo. En estos depocentros se depositó en primer término una secuencia granodecreciente constituida por las areniscas de la Formación Quebrada del Jarillal, seguidas por las fangolitas de la Formación Huachipampa y en los sectores más distales (hacia el este) se depositaron las rocas de la Formación

Río Mareño. Por encima, y de manera concordante, se apoya una nueva secuencia granodecreciente con las areniscas y pelitas de la Formación Quebrada del Cura, seguidas por las fangolitas y tobas del Miembro inferior de la Formación Río Jachal, en tanto que en la cuenca de Pagancillo se depositaba la Formación Desencuentro. En el Plioceno inferior se levantaron, al este de la cuenca de Pagancillo, las sierras de Velasco, Ancasti y Sierra Norte de Córdoba, ubicándose entre ellas las cuencas de Los Llanos y de Las Salinas Grandes. Al mismo tiempo, en la cuenca de Bermejo se depositaban los conglomerados del Miembro superior de la Formación Río Jachal. En el Plioceno tardío – Pleistoceno temprano se levantó la sierra de Valle Fértil y su prolongación norte -la sierra del Morado-, desvinculando las cuencas de Bermejo y Pagancillo y depositando, sólo en la primera de ellas, los conglomerados de la **Formación Mogna**.

Potencial minero:

Mineral o roca: sal.

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: el principal yacimiento neógeno de sal de roca es Tolar Grande, en la Puna salteña entre los salares de Arizaro y Pocitos. A lo largo de una extensa faja norte-sur de 10 km de largo y 2,5 km de ancho se encuentran una serie de montículos formados por mantos de sal de hasta 30 metros de longitud y 3 a 4 metros de potencia, entre areniscas rojas y grises y lutitas de la Formación Pozuelos (Plioceno). Otro manto se ubica en el flanco oriental de un anticlinal de dirección noreste-sudoeste, acompaña la estructura y alcanza 60 metros de longitud y 8 metros de potencia. Genéticamente corresponden a depósitos evaporíticos lacustres generados en depresiones endorreicas similares a los salares puneños actuales.

Véase:

Depósitos de sal en la Puna. Tolar Grande (pág. 280).

Mineral o roca: yeso

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: existen depósitos en la faja ubicada en el extremo occidental de la Puna, aunque la gran mayoría se circunscribe a una elongada faja que se

prolonga desde el sur de La Rioja hasta la localidad salteña de Rosario de la Frontera, atravesando gran parte de las Sierras Pampeanas y el extremo austral de las Sierras Subandinas. Entre los depósitos puneños se destaca la mina Punta Negra, ubicada al noroeste del salar de Pocitos, formada por un manto yesífero de 150 metros de largo y 0,6 metros de potencia con bloques de alabastro de hasta 0,4 m³, intercalado en las areniscas y limolitas grises de la Formación Pozuelos.

Los demás depósitos yesíferos se encuentran en una serie de cuencas intermontanas desarrolladas en los bordes de los bloques montañosos levantados por la orogenia andina. La formación de lagos y lagunas en regiones de clima árido facilitó la depositación de evaporitas (yeso) entre estratos de sedimentitas clásticas finas. En general son mantos de yeso de hasta 2,5 metros de potencia, con intercalaciones de láminas de arcillitas, compuestos por láminas de yeso masivo, compacto, y por bochas de textura sacaroide y diámetro variable (5 a 50 cm) soportadas por una matriz arcillosa. En la provincia de La Rioja el yeso se localiza en la cuenca de Los Llanos, desarrollada al este y oeste de la sierra homónima, donde se depositaron los Estratos de los Llanos que sobresalen como montículos entre el relleno cuaternario. Más hacia el norte, en el extremo sur de la provincia de Catamarca, se ubica el yacimiento Rossana, con un manto de yeso intercalado entre sedimentitas de la misma unidad que la anterior; estos depósitos constituyen la prolongación sur de la cuenca yesífera de Santiago del Estero, donde los niveles de yeso se intercalan con arcillitas verdes del Mioceno. Inmediatamente al norte, en Tucumán y Salta, la cuenca de Vipos-Tapia desarrollada al este de las Cumbres Calchaquies y de la Sierra de La Ramada contiene depósitos de yeso entre las limolitas arcillo-arenosas de la Formación Río Salí (Mioceno).

Véase:

Depósitos de yeso. La Rioja (pág. 343).

Depósitos de yeso. Catamarca (pág. 344).

Depósitos de yeso. Santiago del Estero (pág. 344).

Depósitos de yeso. Tucumán (pág. 345).

Depósitos de yeso. Salta (pág. 346).

Mineral o roca: bentonita

Modelo: 9h (bentonita sedimentaria). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se localizan en la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, en las proximidades de Tilcara y Purmamarca. Son depósitos de arcillas muy plásticas, de alto contenido en esmectitas, intercalados entre areniscas, arcillitas, limolitas y tobas del Grupo Orán.

Véase:

Depósitos de bentonita en Purmamarca y Tilcara (pág. 120).

Mineral o roca: caliza

Modelo: 9k (caliza-dolomía). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: en la provincia de Tucumán, al pie de las laderas oeste y este de las sierras de La Ramada, del Campo y Medina, afloran depósitos de calizas oolíticas en bancos de hasta 2,2 metros de potencia interestratificados con pelitas verdosas y arcillitas blancas de la Formación Río Salí (Mioceno). Los depósitos son cubiertos por niveles de yeso de textura sacaroides. La caliza fue generada en un ambiente continental lagunar.

Véase:

Rocas carbonáticas. Depósitos sedimentarios. Cenozoico. Tucumán (pág. 264).

Mineral o roca: arcillas

Modelo: 9m (arcillas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: yacimientos de arcillas predominantemente plásticas, en sedimentos terciarios-cuaternarios de la Cordillera Oriental, en la provincia de Jujuy (alrededores de Tilcara), y en los depósitos terciarios en laderas orientales de Precordillera (San Juan y Mendoza) y Bloque de San Rafael. Los de mayor importancia son los de la provincia de San Juan, en los alrededores de la ciudad capital, cuyos bancos de material arcilloso presentan una gran distribución areal, alcanzan hasta 3 metros de potencia y se encuentran intercalados entre areniscas gruesas y conglomerados de los Estratos Calchaqueños. Hacia el sur, en la provincia de Mendoza, los depósitos disminuyen en calidad e importancia aunque fueron explotados intensamente para su uso en obras de diques (Los Reyunos).

Véase:

Depósitos de arcillas. San Juan (pág. 74).

Depósitos de arcillas. Jujuy (pág. 75).

Depósitos de arcillas. Mendoza (pág. 76).

Mineral o roca: ceolitas

Modelo: 9n (ceolitas). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: recientemente se han hallado interesantes secuencias de tobas vitroclásticas con niveles de ceolitas de más de 1 metro de espesor y 4,5 km de corrida en las cubetas terciarias de Paganzo, provincia de La Rioja. Representan un proceso de ceolitización de material volcánico en un ambiente lagunar de baja energía dentro de un sistema hidrológico cerrado.

Véase:

Depósitos de ceolitas de la provincia de La Rioja (pág. 167).

Mineral o roca: bentonita

Modelo: 13f (bentonita). Grupo depósitos residuales y de alteración.

Depósitos: distribuidos a lo largo del flanco oriental de la Precordillera de San Juan y Mendoza, en la sierra de Mogna y en el cerro Salinas, respectivamente. Los depósitos sanjuaninos, en el área de Cañón Colorado, conforman un horizonte de 12 km² de bentonita blanca con manchas de óxidos de hierro y espesores de 1 a 2 metros. En San Juan pertenecen a las formaciones Cañón Colorado (Mioceno) y Mogna (Plioceno) y en Mendoza constituyen niveles arcillosos de los Estratos Calchaqueños. Según Schalamuk y Cábanas (1999) la bentonita es producto de la alteración de materiales volcánicos producida durante la diagénesis en un medio preferentemente lacustre.

Véase:

Depósitos de bentonita en Precordillera (pág. 115).

de-T (FACIES EVAPORÍTICAS EN DEPÓSITOS SINOROGÉNICOS Terciarios)

Unidades litoestratigráficas involucradas: facies evaporíticas de depósitos sinorogénicos en

cuenclas de antepaís neógenas de la Puna. Formación Sijes y en forma subordinada Formación Pozuelos.

Edad: Mioceno - Plioceno

Ubicación: faja elongada de rumbo submeridional que une los afloramientos de sedimentitas neógenas de la Puna, portadoras de mineralización de boratos y calizas hidatogénicas. En estas paleocuenclas se reconoció actividad geotermal con la que se vincula genéticamente las mineralizaciones mencionadas.

Descripción: durante la orogenia andina la Puna se comportó como una única unidad morfotectónica, formando parte del alto *plateau* de los Andes Centrales con una elevación promedio de 3,7 km (Allmendinger, 1986; Jordan y Alonso, 1987 a y b; Isacks, 1988). Las diferentes fases diastróficas del orógeno produjeron en el zócalo puneño la reactivación de antiguos lineamientos de rumbo meridiano, que funcionaron como fallas inversas, y otros de rumbo ONO-ESE que, siendo fallas normales transversales, fueron reactivadas como rampas laterales. Estos movimientos de bloques fueron compartimentando la Puna y facilitaron que las secuencias terciarias se depositaran en subcuenclas hidrológicas que se mantienen hasta la actualidad como cubetas de depositación. En los sectores más deprimidos de dichas cuenclas se encuentran los salares de formación cuaternaria en tanto que los depósitos neógenos se ubican en sus alrededores, conformando secuencias de gran espesor. La columna de sedimentos terciarios en estos sectores se compone de evaporitas y material clástico aluvial, con depósitos tobáceos subordinados. La gran actividad volcanogénica de este periodo influyó decididamente en la composición de los salares.

El Grupo Pastos Grandes (Turner, 1960, 1964) fue definido en la depresión de Pastos Grandes, conformado por la Formación Geste, unidad basal con conglomerados, areniscas y escasas pelitas rojas, la **Formación Pozuelos**, integrada por niveles salinos con intercalaciones de pelitas rojizas, y en el techo la **Formación Sijes**, con depósitos de psamo-pelitas, piroclastitas y evaporitas de colores grisáceos, amarillos y verdosos.

Los sedimentos terciarios se apoyan en clara discordancia angular sobre sedimentos preincaicos y rocas ordovícicas y están cubiertos por las formaciones Singuel, Catal y Pastos Chicos. La

columna culmina con depósitos aluvionales y salinos o con efusiones volcánicas.

Potencial minero:

Mineral o roca: travertino - ónix

Modelo: 7h (termal). Grupo depósitos epitermales y de transición.

Depósitos: son escasos; se localizan al oeste de San Antonio de Los Cobres y en las proximidades de Susques. Están genéticamente vinculados a eventos volcánicos terciarios y constituyen cuerpos lentiformes bandeados, dispuestos entre sedimentitas epiclásticas y piroclásticas terciarias. Son depósitos de dimensiones en general modestas, algunos alcanzan hasta 4 metros de potencia y 230 metros de largo.

Véase:

Depósitos de travertino y ónix terciarios. Telar Cueva (pág. 243).

Depósitos de travertino y ónix terciarios. Huaytiquina (pág. 244).

Mineral o roca: boratos

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: acumulaciones de boratos interestratificadas con rocas terciarias. Se destacan los yacimientos Loma Blanca, Tincalayu y los ubicados en la depresión de Pastos Grandes. En los tres casos la mineralización ocurre en la Formación Sijes, que se encuentra plegada y afectada por fallamiento inverso. Alonso y Viramonte (1993) concluyen que la formación de depósitos de boratos en la Puna, tanto terciarios como cuaternarios, se debe a la concurrencia de tres factores fundamentales: el volcanismo, las cuenclas cerradas y el clima árido; además ratifican el origen primario, singenético, para la mayoría de las especies de boratos, como producto del aporte mayoritario volcanogénico, endógeno, canalizado a través de fuentes termales.

En Loma Blanca los boratos forman parte de la sección media, denominada pelítico-boratífera, donde los niveles de colemanita e inyoita se intercalan entre arcillitas verdes y grises conformando una capa de 2 metros de potencia, sobre la cual -separada por un manto de tufitas- se dispone un banco de bórax de 1 metro de potencia inmerso en una arcillita tufítica verde.

En Tincalayu el depósito se encuentra en la sección boratífera de la Formación Sijes, en este

caso constituye un único manto de 30 metros de espesor, 1.000 metros de largo y 100 a 150 metros de ancho apoyado sobre un cuerpo de sal de roca y constituido por diecisiete especies minerales de boratos intercalados con lentes de sal y tufitas.

En la depresión de Pastos Grandes los depósitos de boratos se encuentran no sólo en la Formación Sijes sino también en la infrayacente Formación Pozuelos. La Formación Sijes está constituida por tres miembros, de base a techo: Monte Amarillo, Monte Verde y Esperanza. En el primero de ellos se alojan tres niveles de hidroboracita entre capas de yeso y pelitas, el conjunto tiene 137 metros de espesor y se extiende a lo largo de 2,5 km. Los depósitos del Miembro Monte Verde presentan características similares pero los niveles están mineralizados principalmente con colemanita e inyoita. En la sección superior se aloja un manto de aproximadamente 37 metros de espesor con niveles de colemanita de hasta 0,3 metros de potencia, entre fangolitas y tobas.

Véase:

Boratos terciarios. Depósito Loma Blanca (pág. 126).

Boratos terciarios. Depósito Tincalayu (pág. 129).

Boratos terciarios. La depresión de Pastos Grandes (pág. 130).

rv-T (VOLCANITAS DE ARCO NEOGENAS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: arco volcánico neógeno de la Puna. Formación Rumibola y volcanitas equivalentes.

Edad: Mioceno superior - Plioceno

Ubicación: la faja litogenética involucra la totalidad de volcanitas neógenas de la Puna desde 25° 30' de latitud sur hacia el norte. Si bien la ocurrencia de depósitos de perlitas es conocida en ciertos sectores de la región, la magnitud y homogeneidad del volcanismo neógeno puneño permiten englobar, dentro de esta faja, la totalidad de los afloramientos.

Descripción: al norte de 26° de latitud sur, desde el Mioceno inferior y por disminución en el ángulo de inclinación de la zona de Wadati-Benioff, se produjo una migración del arco hacia sectores de antepaís. Ramos (1999) explica que esta migración sucedió a lo largo de corredores preferenciales, la mayoría de ellos de dirección noroeste-sudeste, dando lugar a estratovolcanes, calderas, domos volcánicos y cuerpos

subvolcánicos. En el Mioceno superior y Plioceno inferior cambiaron las condiciones de subducción, aumentando el ángulo de inclinación de la placa, lo que produjo la migración del arco hacia la trinchera y la formación de importantes calderas y flujos ignimbríticos asociados. Desde el Plioceno inferior hasta el presente el frente volcánico se circunscribe al sector chileno.

Blasco y Zappettini (1996) destacan tres episodios magmáticos ocurridos en la región durante dicho periodo: a) el *magmatismo Paleógeno*, representado principalmente por las monzonitas cuarcíferas de la Formación Acay; b) el *magmatismo Mioceno*, con la presencia de cuatro grupos litológicos bien diferenciados: las lavas y cuerpos subvolcánicos ácidos representados por la Formación Aguas Calientes (Mioceno superior) y equivalentes; las lavas y cuerpos subvolcánicos mesosilícicos de la Formación Pucará; brechas hidrotermales de la Formación Brecha Centenario e ignimbritas y tobas de la Formación Tajamar; c) el *magmatismo Mioceno superior - Plioceno*, posterior a la fase Quechua principal. En este último episodio de magmatismo también se han reconocido otros grupos litológicos, como las lavas y cuerpos subvolcánicos mesosilícicos y/o básicos de la **Formación Rumibola** (8 a 2 Ma según Coira y Paris, en Blasco y Zappettini, 1996), las dacitas de la Formación Bequeville y equivalentes de edad pliocena, y las tobas e ignimbritas de la Formación Abra del Gallo contemporánea con el resto de las unidades.

La Formación Rumibola conforma cuerpos volcánicos (Tul Tul, del Medio, Pocitos, Nevado del Queva y el domo de la serranía de Pucará) alineados en sentido noroeste-sudeste, siguiendo los lineamientos regionales antes mencionados que constituyen un importante control estructural ya activo durante el Mioceno superior.

Potencial minero:

Mineral o roca: perlita

Modelo: 11d (perlita). Grupo depósitos asociados a volcanismo subaéreo.

Depósitos: los depósitos de mayor relevancia se encuentran en los alrededores de San Antonio de los Cobres, departamento Los Andes de la provincia de Salta, donde se localiza el cerro Azufre. También existen depósitos al oeste del salar de Arizaro formando parte de las coladas del cerro Amarillo, y se destacan también los yacimientos ubicados en la ladera este del volcán de Antofalla, Catamarca.

En Salta los depósitos se distribuyen en la quebrada de Quirón, quebrada de la Rupasca y en La Ramada, encontrándose cuerpos perlíticos dómicos y estratiformes entre bloques, brechas y volcánicas andesíticas, además de piroclásticas riolíticas de la Formación Rumibola. En los yacimientos existen diversos tipos de rocas vítreas; las perlitas son de color gris, verde claro y castaño, estructura de flujo y textura masiva con fractura concoide. El material perlítico de las minas Anfitriti y Taurus alcanza 40 metros de potencia. La producción de Salta supera 20.000 t anuales; es la principal productora de perlita de Argentina. En el distrito Quirón se estimaron recursos por más de 6 Mt.

Según Ramallo (1999) las perlitas son un material asociado a los extremos más ácidos del volcanismo cenozoico calcoalcalino genéticamente vinculados a la Formación Rumibola en Salta y a las coladas del volcán Antofalla en Catamarca.

Véase:

[Perlitas en la provincia de Salta \(pág. 250\).](#)

[Perlitas en la provincia de Catamarca \(pág. 252\).](#)

rv-TQ (VOLCANITAS DE ARCO NEÓGENO-CUATERNARIO)

Unidades litoestratigráficas involucradas: arco volcánico terciario-cuaternario de la Puna, volcánicas básicas a mesosilícicas.

Edad: Plioceno – Pleistoceno.

Ubicación: la faja incluye los estratovolcanes básicos a mesosilícicos de edad plio-pleistocena que se localizan sobre el límite internacional chileno-argentino, donde es común encontrar depósitos y manifestaciones de azufre fumarólico. Esta faja se extiende hasta el lineamiento NE-SO de Aconquija-Tucumán, al sur del cual desaparece el volcanismo de la Puna.

Descripción: la distribución del volcanismo post-oligoceno de la Puna se caracteriza por la presencia de una “Faja Volcánica Occidental” dispuesta submeridionalmente sobre el límite internacional chileno-argentino; varias “Cadenas Volcánicas Transversales” coincidentes con megatrazas de rumbo ONO-ESE que interceptan a la faja anterior, y una “Faja Volcánica Oriental” cuyos aparatos volcánicos son el extremo oriental de dichas cadenas transversales (Viramonte *et al.*, 1984). Estos autores destacaron una variación

composicional del volcanismo a través del tiempo, así como una migración en sentido este – oeste. El volcanismo cuaternario se ubica en zonas del arco magmático, es decir en la Faja Volcánica Occidental; fue producto de la fase Diaguita (Pleistoceno temprano) la cual provocó la movilidad diferencial de bloques afectados por fallas inversas de alto ángulo y rumbo N-S, cuyo alivio compresivo generó una intensa efusividad que dio lugar al emplazamiento de la Cordillera Occidental (Igarzábal, 1999). Ramos (1999) explica la migración del arco volcánico hacia el oeste como respuesta al progresivo aumento en el ángulo de subducción de la placa de Nazca a partir del Plioceno.

Potencial minero:

Mineral o roca: azufre.

Modelo: 7g (azufre fumarólico). Grupo depósitos epitermales y de transición.

Depósitos: sobre el límite internacional chileno-argentino, desde 24° 30' hasta 27° 00' de latitud sur, se desarrollaron numerosos depósitos y manifestaciones de azufre fumarólico asociados con la actividad hidrotermal póstuma del volcanismo plio-pleistoceno. Lurgo Mayón (1999) define dos zonas para la presencia de azufre volcanogénico en la Puna Septentrional: el área occidental (junto al límite internacional, desde el Hito XXIV en Salta hasta Cerro Azufre y Cerro Bayo en Catamarca) y el área central (con alta densidad de manifestaciones de azufre desde Cerro Niño y Supisaino, Mina Betty y otras en Jujuy hasta Cerro Azufre en Salta). Esta faja litogenética incluye a los depósitos de la primer área. Dentro de la faja litogenética se destaca Mina Julia, la principal acumulación de azufre volcánico del país, y su continuación septentrional, la corrida de Cori. Como continuación sur de estos depósitos se mencionan las manifestaciones de cerro Azufre y cerro Bayo (Catamarca).

En Mina Julia el azufre se encuentra en niveles de tobas intercaladas entre mantos de lavas basálticas. En general la mineralización ocurre en cuerpos de forma groseramente tabular, con azufre nativo rellenando poros de lavas y tobas, como impregnaciones y también tapizando diaclasas o microfisuras formadas por el empuje de fluidos.

Véase:

[Azufre volcanogénico. Mina Julia \(pág. 89\).](#)

de1-Q (DEPÓSITOS DE CUENCAS PALUSTRE-LACUSTRES PLEISTOCENOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos de cuenca palustre-lacustre de la Mesopotamia. Formación Hernandarias.

Edad: Pleistoceno medio.

Ubicación: en el margen oriental del río Paraná, entre la población entrerriana de Piedras Blancas y el norte de Paraná. La faja litogenética comprende los afloramientos de la facies limo-arcillosa con yeso de la Formación Hernandarias. La discriminación de facies de dicha unidad se toma de Bertolini (1995).

Descripción: durante el importante evento transgresivo del Mioceno medio que cubrió gran parte de las regiones pampeana y patagónica se depositaron varias unidades litológicas. La Formación Paraná, una de las representante de dicho evento, se distribuye ampliamente en el subsuelo de la cuenca Chaco-paranense y el oeste de la provincia de Entre Ríos; se conocen facies marinas en el este y facies marginales y lacustres en el oeste y noroeste del país. En el ámbito de la provincia de Entre Ríos, la Formación Paraná presenta facies marinas calcáreas, arenosas a arcillosas con abundantes fósiles marinos. En el Plioceno el río Paraná deposita las arenas de la Formación Ituzaingó, equivalentes a las "Arenas Puelches" del subsuelo de Santa Fe y Buenos Aires, siendo la actividad fluvial de dicho río junto a la del río Uruguay el principal mecanismo de control sobre los depósitos cuaternarios de la región litoral (Iriondo, 1999). Por encima de la Formación Ituzaingó se apoyan las arenas gruesas y finas de colores rojizos de la Formación Salto Chico (Pleistoceno inferior o medio) depositadas por el río Uruguay. La secuencia estratigráfica del litoral continúa con la depositación de limos marrones del Grupo Punta Gorda, sedimentos de tipo pampeanos localizados en el extremo sudoeste de Entre Ríos. Esta provincia está cubierta casi en su totalidad por rocas de la **Formación Hernandarias** (Pleistoceno medio), unidad depositada por el río Uruguay en un ambiente de barreal, que constituye una extensa capa de sedimentos arcillosos marrones y grises, montmorilloníticos, que a lo largo del borde occidental del territorio entrerriano presenta facies con yeso (Iriondo, 1999). Por último y coronando la columna litoestratigráfica se reconocen arenas gruesas, gravas y un manto de loess pleistocenos y holocenos.

Potencial minero:

Mineral o roca: yeso

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: el yeso está contenido como nódulos en un horizonte limo-arcilloso (hasta 15% de nódulos de yeso de 15 cm de tamaño máximo, algunas rosetas) que forma parte de la sección basal de la Formación Hernandarias. Estos depósitos han sido intensamente explotados y se distribuyen a lo largo de una extensa faja submeridiana a orillas del río Paraná.

El material se originó en un ambiente palustre-lacustre siendo el principal mecanismo de aporte de sulfato de calcio la lixiviación de la Formación Paraná, unidad infrayacente, de origen marino, edad terciaria y muy extendida en la región (Romero y Schalamuk, 1992). En cantera Tuyango (actualmente inactiva) el encape oscila entre 4 y 8 metros y el material arcilloso yesífero tiene potencias de 3 a 8 metros, por lo que se debieron realizar excavaciones que fluctúan entre 5 y 12 metros. En la única faena minera activa de importancia en la actualidad en esta localidad (cantera Cabrol) el horizonte yesífero que se explota tiene 6 a 7 metros de potencia y subyace un nivel de suelo, loess y arcillas de 8 metros de espesor; la cantera es un *pit* del orden de 100 metros de diámetro y 15 metros de profundidad.

Véase:

Depósitos de yeso del Cuaternario. Entre Ríos (pág. 347).

de2-Q (DEPÓSITOS EVAPORÍTICOS DE SALARES CUATERNARIOS PUNEÑOS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos evaporíticos de los salares puneños.

Edad: Holoceno

Ubicación: la faja se comprende la totalidad de salares y lagunas de la Puna.

Descripción: en el Mioceno inferior el sector puneño se vio afectado por la migración del arco volcánico y del frente de corrimiento hacia el este, provocando la formación de cuencas de retroarco (cuencas centripetas) y originando ambientes lagunares. A comienzos del Cuaternario la última fase orogénica andina (fase Diaguíta) movilizó los bloques del zócalo puneño a través de fallas inversas de alto ángulo y orientación norte-sur,

generándose un alivio compresivo que permitió un intenso volcanismo pleistoceno formador de potentes estratovolcanes (Igarzábal, 1999). Los numerosos salares que existen actualmente en la Puna argentina ocupan las cotas más deprimidas del zócalo puneño y representan el desarrollo presente de aquellas fosas neógenas que durante el Pleistoceno eran lagos de agua dulce y se fueron salinizando hasta desecarse en el Holoceno (Igarzábal, 1984). Al encontrarse en un ambiente predominantemente volcánico estos salares constituyeron el principal receptáculo de los aportes clásticos y líquidos de tal marco tectono-litológico (Alonso, 1999). La principal fuente de aporte catiónico está relacionada a la actividad volcánica, hecho que se comprueba en la mayoría de los salares cuaternarios de la Puna al estudiar los depósitos de boratos del interior de las depresiones, que están ligados al derrame de fuentes termales cuyas aguas boratíferas ascienden por los planos de fractura que limitan las cubetas de sedimentación (Alonso y Viramonte, 1993). Igarzábal (1999) concluye que la rápida ionización de los cuerpos lacustres de la Puna se debe en gran medida a la actividad volcánica, en particular a su hidrotermalismo asociado.

En la caracterización de los salares púneños, Alonso (1992 y 1999) reconoció tres subambientes, y una zonación concéntrica de facies que en términos generales puede aplicarse a la mayoría de ellos. En los sectores más externos se encuentra el subambiente clástico con facies aluvionales pedemontanas, continúa el subambiente clástico-evaporítico con una facies externa de playa en donde se encuentran limo-arcillitas con travertino y boratos (ulexita y subordinado tincal), y una facies interna en donde predominan los sulfatos, principalmente yeso, además de anhidrita, mirabilita, thenardita y glauberita. Por último, en el subambiente evaporítico ocurre la facies central con halita, sulfato de sodio y salmueras metálicas.

Potencial minero:

Mineral o roca: boratos.

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: se circunscriben a los salares de la Puna Septentrional y Austral, constituyendo acumulaciones evaporíticas cuaternarias aflorantes o bien cubiertas por delgadas capas de eflorescencias salinas o material detrítico. Tienen como característica común que la mineralización está representada por la especie ulexita y en

algunos depósitos tincal subordinado; la excepción es el yacimiento Turi Lari donde el tincal compone la mena. Las acumulaciones de ulexita se disponen en delgadas láminas, como nódulos, barras o en estructura maciza, entre niveles de material arenoso, limoso o arcilloso, a veces con concentraciones de cloruro de sodio y sulfatos. En varios salares se comprobó la relación con surgencias termales, dispuestas en las fracturas que limitan las depresiones.

Véase:

[Boratos cuaternarios. Salar Cauchari \(pág. 133\).](#)

[Boratos cuaternarios. Salar Olaroz \(pág. 135\).](#)

[Boratos cuaternarios. Salar Jama \(pág. 135\).](#)

[Boratos cuaternarios. Laguna Vilama \(pág. 136\)](#)

[Boratos cuaternarios. Laguna Guayatayoc \(pág. 136\).](#)

[Boratos cuaternarios. Salinas Grandes \(pág. 137\).](#)

[Boratos cuaternarios. Turi Lari \(pág. 137\).](#)

[Boratos cuaternarios. Salar del Hombre Muerto \(pág. 138\).](#)

[Boratos cuaternarios. Salar Diablillos \(pág. 139\).](#)

[Boratos cuaternarios. Salar Ratones \(pág. 139\).](#)

Mineral o roca: sal

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: la Puna constituye una región con grandes reservas de cloruro de sodio y los salares son el ámbito natural de ocurrencia. Los yacimientos ocupan generalmente los sectores centrales de las acumulaciones evaporíticas y, si bien están formados por delgadas capas de halita aflorantes en las superficies, en algunos casos - como en el salar de Pocitos- el manto salino alcanza 5 metros de potencia. Es común encontrar una variación de calidad tanto en sentido vertical como horizontal; los materiales más puros se hallan en las láminas más profundas y los sectores más internos de los depósitos. Los principales yacimientos se encuentran en: laguna Guayatayoc, Salinas Grandes, salar del Rincón, salar Pocitos y salar Taca Taca.

Véase:

Depósitos de sal. Salinas Grandes (pág. 277).

Depósitos de sal. Salar del Rincón (pág. 278).

Depósitos de sal. Salar Pocitos (pág. 279).

Depósitos de sal. Salar Taca Taca (pág. 279).

Mineral o roca: sulfato de sodio

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: ubicados en las salinas y lagunas de la Puna, constituyen capas masivas de mirabilita o bien salmueras con altos contenidos en sulfato de sodio. Las capas de mirabilita pueden alcanzar hasta 1,2 metros de espesor (salar Pocitos) y se apoyan o intercalan con material arcilloso rico en halita y yeso. De acuerdo con Argañaraz (1999) el origen del sulfato en la región puneña se debe a la actividad volcánica póstuma, de carácter solfatárica-fumarólica, y a las fuentes termales que generalmente vierten aguas sulfatadas en las cubetas, actividad que en algunos casos se aprecia debido al desprendimiento de SH₂. Los depósitos de mayor interés son los del salar Río Grande (de difícil acceso, con recursos estimados en 40 Mt), salar Pocitos, salar Cauchari y laguna Socompa, entre otros.

Véase:

Depósitos de sulfato de sodio en la Puna. Salar Río Grande (pág. 304).

Depósitos de sulfato de sodio en la Puna. Salar Pocitos (pág. 305).

Depósitos de sulfato de sodio en la Puna. Salar Cauchari (pág. 305).

Depósitos de sulfato de sodio en la Puna. Laguna Socompa (pág. 306).

de3-Q (DEPÓSITOS EVAPORÍTICOS CUATERNARIOS EN SALARES Y CUENCAS ENDORREICAS)

Unidades litoestratigráficas involucradas: depósitos evaporíticos en salares y cuencas endorreicas efímeras.

Edad: Holoceno

Ubicación: la faja litogenética comprende los salares y lagunas de la región extraandina que poseen depósitos salinos y salmueras de interés.

Descripción: las provincias de La Pampa y Buenos Aires constituyen las principales productoras de sal y sulfato de sodio del país. Los depósitos se encuentran en salinas y sulfateras con características morfológicas similares. Cordini (1967) señaló que la ubicación de estas concentraciones de evaporitas corresponden a accidentes tectónicos que no sólo modelaron las cubetas sino que también hicieron posible el ascenso de las aguas portadoras de sales. El origen tectónico de las cubetas es compartido por diversos autores, por su disposición alineada ocupando valles orientados en dirección ENE-OSO y ONO-ESE a casi E-O. Estos lineamientos son los que estructuraron, a partir del Cretácico inferior, la cuenca de Colorado, como también la fosa de Macachín, en respuesta a la apertura del océano Atlántico. Si bien en el basamento pampeano existen dichos lineamientos y muchos de ellos han constituido fallas con desplazamiento de rumbo, de edad Plioceno superior – Pleistoceno (Linares *et al.*, 1980 en Schalamuk, 1999), también se considera una propuesta genética probable la que incluye a los procesos erosivos fluvio-eólicos como principal agente de control en la formación de las cubetas (Salso, 1966; Terrazas *et al.*, 1981 y Sellés Martínez, 1987 en Schalamuk, 1999).

En la región dentro de Sierras Pampeanas, la evolución de las cuencas intermontanas se remonta al Terciario. Su génesis tiene estrecha vinculación con la estructuración en bloques de las serranías, debido a la migración del frente de corrimiento por la horizontalización de la placa de Nazca en el segmento comprendido entre 27° y 33° 30' de latitud sur a partir del Mioceno medio.

Potencial minero:

Mineral o roca: sal

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: la ocurrencia de salares intermontanos es común en el ámbito de Sierras Pampeanas, donde se destacan dos sectores. Uno de ellos es el constituido por las Salinas Grandes y la salina La Antigua, que definen una extensa área topográficamente deprimida donde tiene lugar la generación de eflorescencias salinas que en algunos casos alcanzan acumulaciones de interés económico. Las depresiones son alimentadas por escorrentías superficiales y aguas subterráneas que

transportan sales disueltas. Otro sector de interés lo constituyen la salina de Mascasín – Pampa de las Salinas y la salina del Bebedero, cuyos depósitos de sal están constituidos por costras salinas formadas por la evaporación de las aguas superficiales que escurren hacia la depresión, y que provienen de áreas elevadas donde existen depósitos sedimentarios ricos en evaporitas.

Los depósitos de sal de la región pampeana comprenden salitrales y lagunas de la provincia de Buenos Aires y La Pampa. Las depresiones muestran un gran control estructural y sus mecanismos de formación aún están en discusión. Los yacimientos de mayor relevancia son las salinas Grandes de Hidalgo, salina Colorada Grande, salitral Negro, salina de Anzoátegui, salinas Chicas y salina de Piedra. En la mayoría de ellos se reconoce una capa inferior conformada por niveles de arcillitas intercaladas con depósitos salinos (entre 60 y 80 % de halita y 1 a 6 % de yeso) que constituyen la “reserva permanente” y que alcanza hasta 8 metros de espesor; sobre ella se forma la costra salina, típica de los períodos de sequías, que es “cosechada”. Esta capa de “reserva temporal” presenta espesores de 1 a 3 centímetros y en algunos casos está separada de la reserva permanente por un manto grueso de sedimentos clásticos. En las lagunas, por encima de la capa temporal se encuentra la capa de agua madre, que puede alcanzar una profundidad de 30 cm y en muchos casos contiene altas concentraciones de NaCl. El aporte de sales es a través de aguas subterráneas mineralizadas que ascienden hasta alcanzar la superficie de la salina después de haber atravesado sedimentos con gran contenido de sales, y por aguas superficiales de carácter sulfato-clorurado sódico debido a la composición de las rocas de la región pampeana sobre las que fluyen (Schalamuk *et al.*, 1999).

En la provincia de Río Negro se destaca la salina El Gualicho, que ocupa los sectores más deprimidos del bajo homónimo. En ella se ha reconocido un manto salino apoyado sobre fango limoso, constituido por una capa inferior (permanente) de más de 0,5 metros de espesor, impregnada por salmueras y formada por sedimentos terrígenos con altos contenidos en materia orgánica y evaporitas. Por encima se apoya la capa temporal, formada por un nivel salino de base de 4 cm de espesor y un nivel salino superior de hasta 5 cm de espesor; este último es el que se cosecha debido a que ambos se encuentran separados por un manto de sedimentos eólicos. El aporte de aguas subterráneas es muy importante; son aguas saladas de origen

continental que provienen de sectores más occidentales donde los acuíferos superficiales son en parte recargados por aguas subterráneas antiguas circulantes a través de fallas y que probablemente hayan atravesado mantos evaporíticos mesozoicos (Brodtkorb, 1999).

Véase:

[Depósitos de sal en las Sierras Pampeanas. Salinas Grandes \(pág. 282\).](#)

[Depósitos de sal en las Sierras Pampeanas. Salina La Antigua \(pág. 283\).](#)

[Depósitos de sal en las Sierras Pampeanas. Salinas de Mascasín y Pampa de Las Salinas \(pág. 283\).](#)

[Depósitos de sal en las Sierras Pampeanas. Mar Chiquita \(pág. 284\).](#)

[Depósitos de sal en las Sierras Pampeanas. Salina del Bebedero \(pág. 284\).](#)

[Depósitos de sal en la región Pampeana \(pág. 286\).](#)

[Salina El Gualicho, Río Negro \(pág. 289\).](#)

Mineral o roca: sulfato de sodio

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: los de la región pampeana se circunscriben a una elongada faja extendida a lo largo del sector sur de la provincia de Buenos Aires y el este de La Pampa. Entre los principales depósitos se cuentan la laguna Epecuén, sulfatera El Hinojo, laguna Chasilauquen, laguna Guatraché, laguna San Marcos y El Pioner. Las concentraciones de sulfato de sodio se pueden presentar como delgadas capas superficiales de mirabilita en los centros de las depresiones, thenardita en las zonas de playa, o como soluto en aguas saladas (entre 50 y 90 g/l). En general las cubetas ricas en sulfato de sodio, ya sean lagunas, sulfateras, salitrales o salinas, no presentan sustrato salino y sí es común la presencia de una capa freática salada o capa madre. Según Schalamuk *et al.* (1999) el sulfato de sodio de las sulfateras y lagos salinos de la región pampeana se concentra por el transporte de aguas subterráneas y corrientes efímeras superficiales. Las aguas subterráneas atraviesan los sedimentos pampeanos, compuestos por plagioclasas intermedias a básicas, líticos volcánicos, cuarzo,

vidrio volcánico y arcillas que aportan gran cantidad de Na^+ , Cl^- y SO_4^- y dan al agua un carácter sulfatado-clorurado sódico.

El depósito de laguna Brava, en la Cordillera Frontal de la provincia de La Rioja, se caracteriza por presentar como especie mineral predominante la thenardita, dispuesta en una capa de hasta 0,5 metros de espesor cubierta parcialmente por una delgada costra salina. El depósito se halla en los sectores secos de la laguna y su origen está íntimamente relacionado al aporte de aguas subterráneas y la actividad volcánica reciente (Marcos, 1999).

En la provincia de Mendoza, en el límite con San Luis y San Juan, se encuentra una extensa salina que se extiende a lo largo del margen occidental del río Desaguadero. En ella se ubica la sulfatera General San Martín, con depósitos de thenardita en material arcilloso y areno arcilloso con un encape de 0,4 metros de espesor. Su origen se debería a la presencia de sedimentos ricos en sulfato de sodio ubicados en el subsuelo de la depresión, que contribuyen con la salinidad del agua subterránea.

Véase:

Depósitos de sulfato de sodio en la región Pampeana. Buenos Aires y La Pampa (pág. 301).

Depósitos de sulfato de sodio en la Cordillera Frontal. Laguna Brava (pág. 306).

Depósitos de sulfato de sodio en el norte de Mendoza. Sulfatera Gral. San Martín (pág. 307).

Mineral o roca: yeso

Modelo: 9f (evaporitas lacustres). Grupo depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósitos: son muy escasos en el ámbito extraandino; se destacan los ubicados en el extremo sudoeste de la provincia de La Pampa en las cercanías de la localidad de Puelches, a ambos lados del río Salado. Los depósitos en esta región son bancos de yeso de más de 2 metros de espesor con tres horizontes de diferente calidad cuyas leyes aumentan de base a techo (de 50-70 a 80-90% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Los bancos se asocian a lentes de limos y arcillas de ambiente lacustre intercalados en areniscas fluviales. En Buenos Aires se investigó la potencialidad de los depósitos del río Quequén Salado, cuyos contenidos son variables entre 50 y 90 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en una capa mineralizada con yeso pulverulento, en algunos sectores masivo, con espesor de 4 metros, intercalada con sedimentos cuaternarios.

Véase:

Depósitos de yeso del Cuaternario. Buenos Aires (pág. 348).

Depósitos de yeso del Cuaternario. La Pampa (pág. 351).

CAPÍTULO III

DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ARCILLAS

El término arcilla tiene tres implicancias: 1) material natural con propiedades plásticas; 2) compuesto de partículas de tamaño muy fino (fracción menor a 1/256 mm) y 3) compuesto de fragmentos cristalinos de minerales que son esencialmente silicatos hidratados de aluminio u ocasionalmente silicatos hidratados de magnesio (Gillot, 1968). Este último hace referencia a los minerales de arcillas, silicatos de aluminio hidratados que también pueden contener componentes como Ca, Mg, Fe, Na, K y otros.

La estructura básica de los minerales arcillosos es la de láminas superpuestas (filosilicatos) formadas por hileras encadenadas de tetraedros de silicio y otras láminas de aluminio octaédrico coordinadas, donde cada átomo de silicio está rodeado por cuatro átomos de oxígeno (SiO_4) y cada aluminio por seis átomos de oxígeno o moléculas de oxhidrilos. Existen minerales de arcillas cuya capa está compuesta por una lámina tetraédrica y una octaédrica (t-o=1:1) y otros minerales en los cuales una lámina de aluminio octaédrica está entre dos láminas de SiO_4 (t-o-t=2:1). Se reconocen diversos grupos minerales según la estructura, siendo ellos: grupo de la caolinita t-o/t-o; grupo de la montmorillonita (esmeclitas) t-o-t/t-o-t; grupo de la illita t-o-t/t-o-t/t-o-t y grupo de la vermiculita (Helmut, 1980).

Estos grupos tienen un espaciado basal característico, de aproximadamente 7 Å para el grupo de la caolinita, 10 Å para el grupo de la illita, 15 Å para el grupo de las esmeclitas y 15,4 Å para el grupo de la vermiculita, aunque dicha separación varía de tamaño al expandirse por intercalación de agua o líquidos orgánicos o por encogimiento debido a un proceso de deshidratación (Deer *et al*, 1996).

La mayoría de los minerales de arcillas presentan partículas de forma plana en agregados de grano fino, que cuando se mezclan con agua conforman materiales con variados grados de plasticidad. Las arcillas tienen la propiedad de absorber agua al humedecerse. Esta agua puede ser extraída por calentamiento a 100° - 200° C. Existen tres tipos de aguas en las arcillas: a) agua poral: situada entre los cristales simples o agregados cristalinos al penetrar el agua por los espacios o poros; b)

agua adsorbida: las moléculas de agua que se presentan en las superficies del mineral o muy cerca de ellas no constituyen una fase fluida en el sentido físico del término; esta película, de ~30 Å de espesor, difiere en viscosidad y densidad del agua normal; y c) agua interlamina: cuando el agua penetra entre las láminas compuestas (t-o-t) de la estructura cristalográfica y provoca su expansión.

La plasticidad depende de la adición de cierta cantidad de líquidos compuestos por moléculas polares (por ejemplo agua); en el proceso de hidratación de minerales secos de arcilla en polvo se observan tres etapas: a) primeramente se liga el *agua adsorbida* (no fluida) en la superficie de las partículas y cuando se superponen dos estratos de este agua de partículas contiguas se obtiene una ligazón fuerte y fija entre ellas. Este es un estado muy fuerte al secado. b) Al seguir agregando agua, se logra una fina capa de agua "normal" entre estratos de agua "no fluida", que actúa como lubricante permitiendo el movimiento conjunto de las partículas (plasticidad); los cambios de forma son permanentes y se mantienen aún después de haber cesado las fuerzas de deformación. c) Cuando predomina el agua "normal" se pierde la plasticidad y obtiene arcilla en suspensión.

El índice de plasticidad (IP) de las arcillas se encuentra determinado por los Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) de la siguiente manera:

$$IP = LL - LP (\% \text{ H}_2\text{O})$$

Plasticidad óptima de algunos minerales de arcillas:

Caolinita ----- 9% - 60% de agua (en peso)
Illita ----- 17% - 40% de agua (en peso)
Montmorillonita -- 83% - 250% de agua (en peso)

Otra propiedad importante de muchos minerales de arcillas es la *capacidad de intercambio catiónico*, esto significa que pueden captar ciertos cationes (Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc) y aniones (SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^- , etc) y retenerlos en un estado intercambiable, es decir que esos iones pueden intercambiarse por otros cationes o

aniones si los minerales de arcillas son tratados con una solución acuosa de dichos iones.

Aptitud de intercambio catiónico y velocidad a la que se produce:

Caolinita ----- 3-15 meq/100 g --- muy rápida
 Illita ----- 10-40 meq/100 g --- muy lenta
 Montmorillonita -- 80-150 meq/100 g -- lenta

Las arcillas encuentran en la industria innumerables usos y desde tiempos remotos se han realizados diversas clasificaciones tecnológicas para optimizar su utilización. En el presente trabajo se mencionará la clasificación para arcillas industriales adoptada por el U. S. Bureau of Mines, extraída del trabajo de Pérsio de Souza Santos (2001):

Arcillas Industriales: -caolines
 -arcillas *ball* (plásticas)
 -arcillas refractarias
 -bentonitas
 -*fuller's earth*
 -arcillas comunes

Caolin: analizado separadamente en otro ítem de este mismo trabajo.

Arcillas ball (plásticas): abarca una serie desde refractarias a no refractarias. El color varía del blanco al negro según el contenido orgánico. El mineral de arcilla, la caolinita pobremente cristalizada con mica hidratada y cuarzo, tiene un grano más fino que en el caolín y su contenido de sílice y álcalis es generalmente mayor (Helmut, 1980).

Arcillas refractarias: todos los tipos de arcillas con un punto de fusión de por lo menos 1.650° C (Helmut, 1980); otros autores postulan 1.434° C (cono pirométrico COPANT n° 15). El punto de fusión de estas arcillas está ligado esencialmente al porcentaje de caolinita presente (1.785° C para la caolinita pura).

Bentonitas: analizadas separadamente en otro ítem de este mismo trabajo.

Fuller's earth: denominación tradicional para las arcillas que tienen un alto poder blanqueador y decolorizador en aceites, grasas y ceras de origen animal, vegetal, mineral o sintético. Las *fuller's earth* son arcillas altamente absorbentes, cuyo

principal mineral arcilloso constituyente es la paligorskita y/o sepiolita; otros minerales de arcillas como esmectitas de Ca e illita-esmectitas podrían tener también este poder decolorizante. La bentonita cálcica, tratada con HCl o H₂SO₄, es transformada en arcilla ácida activada con alto poder blanqueador de aceites y grasas (Pérsio de Souza Santos, 2001).

Arcillas comunes: no refractarias, funden entre los 1.000 y 1.200° C como consecuencia de su alto contenido de fundentes (álcalis y compuestos de hierro). Su composición incluye principalmente diversas cantidades de illita, caolinita y montmorillonita. Otros componentes: cuarzo, muscovita, feldespato, hornblenda, biotita, glauconita, pirita, marcasita, óxidos de hierro y sustancias orgánicas (Helmut, 1980).

Este nombre fue propuesto por el U. S. Bureau of Mines para designar al grupo de arcillas de variada composición mineralógica y química, cuya demanda industrial es de gran porte, su precio es bajo y su uso se circunscribe, principalmente, a la producción de materiales de construcción: Productos pesados: ladrillos, tejas, azulejos y todos los productos de "cerámica roja". La arcilla utilizada contiene minerales arcillosos ricos en Na, K, Ca, Mg, Fe. Cemento portland: caolinita, illita e illita-esmectita son utilizados con las calizas. Puzolana: caolinita y/o illita calcinada a 700° - 800° C en hornos rotatorios en una atmósfera oxidante; se usa para el cemento portland y como cemento puzolánico para minimizar la reacción, por el agregado de álcalis, con el concreto. Cerámicos: las arcillas sedimentarias ricas en Fe - K son el principal componente de los cuerpos cerámicos de illita-esmectitas. Estas arcillas pueden también ser utilizadas como cobertura de los agregados livianos y como productos pesados de alta calidad. Arcilla: roca friable constituida por 40% de cuarzo de grano fino, 30% de caolinita/halloysita y sericita, es usada en la fabricación de sanitarios y azulejos como sustituto de feldespato, caolinita y mica. El contenido de hierro es menor que 1% y se vitrifica cuando se calcina a una temperatura entre 1.200° y 1.250° C (Pérsio de Souza Santos, 2001).

MODELOS DE DEPÓSITOS DE ARCILLAS		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9m		E 07

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En un país tan extenso, con ámbitos geológicos variados, y tratándose de un recurso mineral de difícil definición desde el punto de vista geológico y técnico, son muy numerosas las regiones con favorabilidad para contener yacimientos de arcillas.

Del estudio realizado ha sido posible reconocer un amplio rango de edades de los depósitos. Existen yacimientos precámbricos como los niveles de arcillas de ambiente marino (modelo 9m), presentes en las diferentes formaciones del Grupo Sierras Bayas en las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires, y también yacimientos paleozoicos como los de Precordillera, que ocurren en rocas del Grupo Tucunucu (modelo 9m, Silúrico) y en las sierras Pampeanas Occidentales de La Rioja como secuencias lacustres (Formación Lagarcito, Carbonífero).

A partir del Cretácico y hasta el Terciario inferior, los depósitos de arcillas más importantes se circunscriben al sector sur del país con la formación de depósitos de arcillas sedimentarias (9m) en Santa Cruz, en el centro-este de Neuquén y en el valle del Río Negro, todas de ambiente continental. Concomitantemente, las depresiones del NOA también recibían depósitos arcillosos.

Durante el Terciario, la orogenia andina genera el levantamiento de muchos cordones montañosos, con generación de frentes de

corrimiento y de cubetas intermontanas en el oeste y centro del país. Esto conlleva la generación de depósitos de arcillas de muy variada composición, tamaño y distribución.

DEPÓSITOS DE ARCILLAS PRECÁMBRICOS Y PALEOZOICOS

PROVINCIA DE BUENOS AIRES
(Domínguez y Schalamuk, 1999)

Generalidades

Ubicación: importantes yacimientos de arcillas se encuentran ubicados en diversos sectores de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. Algunos de ellos son: *Cerro Reconquista*, en las proximidades de San Manuel, donde se encuentran las canteras Verellén y Palmar Mar del Plata (37° 46' -58° 54'), entre otras. En la región próxima a *Barker*, se destacan la cantera La Siempre Verde, el yacimiento Milli y el campo de Gonzalez. En la *zona de Olavarría*, la cantera antigua de Losa, cantera de Cerro Negro, campo de Araquistain, entre otras. La *Zona de Cerro Negro* y la *sierra Las Águilas* son también áreas de gran interés.

Producción: las Sierras Septentrionales de Buenos Aires producen anualmente más de 2 millones de toneladas de minerales arcillosos.

Datos de producción anual de arcillas en zonas de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires

Zona	Cantera/Sector	Producción anual promedio (t/año)	Referencia
San Manuel, Cerro Reconquista		200.000	Domínguez y Schalamuk, 1999
Barker	La Siempre Verde	12.000	
Olavarría		500.000	
Cerro Negro		100.000	
Sierra Las Águilas, Barker	Sector oeste	200.000	

Principales usos y características de las arcillas de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires

Zona	Cantera/Sector	Material arcilloso				Usos
		Color	Dureza	Plasticidad	Cont. de alúmina	
San Manuel, C° Reconquista		Rojo	Duro	Baja		Mejora la resistencia al fuego y color de las pastas rojas.
Barker	La Siempre Verde	Rojo	Blando	Alta		Mejora la plasticidad de la pasta cerámica roja.
Olavarría		Amarillo	Semi-duro	Baja		Confección de ladrillos.
Cerro Negro		Pardo	Duro	Baja	Bajo	Cerámica.

continuación.

Zona	Cantera/ Sector	Material arcilloso				Usos
		Color	Dureza	Plasticidad	Cont. de alúmina	
Sierra Las Águilas, Barker	Sector este	Blanco-Rojo	Duro	Baja		La arcilla blanca se usa en la industria cerámica. Las rojas como fuentes de hierro para las cementeras.
	Sector oeste	Blanco	Duro	Baja	Alto	Son arcillas resistentes al fuego.
		Rojo	Semi-duro	Media		

Cuadro estratigráfico de las Sierras Septentrionales (Iñiguez et al., 1989, modificado)

Edad	Sector			Litología	
	Olavarría Sierras Bayas	Barker Villa Cacique	Las Águilas La Juanita		
Ordovícico		F. Balcarce		Cuarcitas y conglomerados cuarcíticos con escasas psefitas y pelitas.	
Precámbrico	Superior	F. Cerro Negro		F. Las Águilas	Pelitas.
		F. Loma Negra			Calizas.
		F. Cerro Largo			Pelitas, psamitas (Cuarcitas Superiores) y psamopelitas (depósitos de arcillas)
		F. Villa Mónica		F. La Juanita	Dolomías, cuarcitas arcósicas (Cuarcitas Inferiores) y pelitas.
		Complejo Buenos Aires			Granitos y rocas metamórficas (granitoides, migmatitas, milonitas, ectinitas y en algunos sectores anfibolitas, rocas filonianas y arcillas).

Observación: as rocas pertenecientes al Grupo Sierras Bayas se depositaron en un ambiente marino de plataforma epicontinental.

Geología de los yacimientos

Zona	Sector	Características del depósito
San Manuel, Cerro Reconquista		Depósito en explotación. Arcillas residuales como producto de la alteración de gneises del basamento. Mineralogía: pirofilita (47%), caolinita (19%), illita/muscovita (18%), hematita (16%). Manto arcilloso horizontal con estructura foliada N322°/17°SO.
Barker	Cantera La Siempre Verde	El material arcilloso es parte de un manto de pelitas dispuesto entre dos bancos de cuarcitas, todos pertenecientes a la Formación Villa Mónica . Se apoya sobre el basamento, presenta una estructura masiva, con importante contenido de óxidos e hidróxidos de hierro y cristales de cuarzo que alcanzan 10 cm de largo. Mineralogía: illita (68%), cuarzo (13%), hematita (11%), caolinita (8%), esmectitas (trazas).
Olavarría		En la zona de Olavarría el material arcilloso es parte de la Formación Cerro Largo ; la misma se apoya en las Cuarcitas Superiores de la formación Villa Mónica y está cubierta por las calizas de la formación Loma Negra. El manto de interés está compuesto por una superposición de capas de limolitas cuarzosas y finos estratos de arcillitas (2-3 cm), donde el banco en total puede alcanzar 20 metros de espesor (3 a 4 m de promedio). En algunos sectores se presenta como una estructura monoclinial mientras que en otros forma parte de un braquisinclinal. Las capas inferiores del manto presentan color amarillo y las superiores color rojo. Las arcillas amarillas son de composición illítica con contenidos de cuarzo medios a altos. El material actualmente se encuentra en explotación.
Cerro Negro		El material extraído es una arcilla illítico clorítica con interestratificación de illita/esmectita. Se presenta interestratificado con cuarcitas. Perteneciente a sedimentos de la Formación Cerro Negro .

continuación

Zona	Sector	Características del depósito
Sierra Las Águilas, Barker	Sector este	Al este de Barker las arcillitas son de composición illítico-pirofilíticas con contenidos de hematita y gohetita variables (18-35%), y casi no presentan cuarzo. Pertenecen a sedimentos de la Formación Las Águilas .
	Sector oeste	Al oeste de Barker el manto de arcilla alcanza 4 metros de espesor y es de composición illítico/muscovítico-pirofilítica, sin cuarzo y con un contenido de hierro que hace variar su color de blanco (0%) hasta rojo (20% Fe). Pertenecen a sedimentos de la Formación Las Águilas .

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Los yacimientos de arcilla del Cerro Reconquista se han originado por la actividad hidrotermal sobre rocas preexistentes, en especial sobre rocas del basamento migmático y también sobre las sedimentitas suprayacentes (Dristas y Frisicale, 1984).

PROVINCIA DE SAN JUAN

(Perucca, 1999)

Yacimiento Talacasto

Generalidades

Ubicación: el depósito se localiza en el ámbito de la Precordillera, aledaño a la ruta provincial 436 que une la Estación Talacasto con Las Flores y distante 77 km al norte de la ciudad de San Juan. Forma parte de la sierra de Talacasto y limita al este con los altos estructurales formados por bloques de calizas de la Formación San Juan. En el sector se observan pequeñas lomadas surcadas por quebradas (El Gaucho y Talacasto, entre otras) de orientación norte-sur, que por su amplitud facilitan las operaciones de acceso y minado.

Infraestructura minera: el material extraído se acumula en montículos de 50 a 70 cm de alto separados por color (verde y gris) para su meteorización, a lo largo de un año, transformando a la arcillita en arcilla deleznable. En fábrica se realiza la dosificación adecuada para el uso convenido.

Producción: la mina tiene una actividad intermitente, dependiendo de la demanda. El promedio oscila alrededor de 500 t/mes.

Usos: fabricación de placas cerámicas de revestimiento.

Yacimiento	Recursos (t)
Talacasto	800.000

Sistema de explotación: a cielo abierto. La labor minera consiste en una zanja de 120 metros de largo, 30 metros de ancho y aproximadamente 20 metros de alto. El mineral se extrae desde sus frentes con pala frontal, posteriormente es depositado en la playa mina para su posterior meteorización física hasta un estado deleznable.

Geología del yacimiento

Descripción: los bancos de arcilla explotados forman parte del **Grupo Tucunucu** (Silúrico), que en conjunto alcanza 400 metros de espesor y está compuesto por las formaciones La Chilca y Los Espejos. En él se destacan conglomerados con clastos de areniscas y calizas con limolitas en la base y arenisca fina en el techo, paquetes de lutitas y limolitas verde olivas con intercalaciones de areniscas y calcáreos, y también una alternancia rítmica de material calcáreo, lutitas y areniscas. Los bancos de arcillas alcanzan 20 a 25 metros de potencia, están dispuestos subhorizontalmente y presentan una variedad cromática que se diferencia entre material verde claro y gris negruzco.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE LA RIOJA
(Schalamuk *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: las cuencas o unidades litoestructurales reconocidas en la provincia de La Rioja que contienen materiales arcillosos son tres: a) la cuenca de Paganzo, de origen continental, que incluye varios distritos, siendo el de Patquía-Amaná el más importante; b) la del sistema del Famatina, de origen marino, que incluye al distrito Famatina-Sañogasta, de menor importancia, y c) los bolsones del Terciario superior y Cuaternario inferior, cuyo representante es el distrito Tinocán-Mazan (Schalamuk *et al.*, 1983). Los depósitos del distrito Patquía-Amaná son los de mayor relevancia y entre ellos se destacan el de Las Mellizas, en el flanco occidental de la sierra de Vilgo a 86 km al oeste de Patquía y 12 km al este de la localidad de Amaná; Las Kokas, a 7 km al nornoroeste del anterior; Clariza y Vallecito, ubicados en las proximidades del poblado de Las Torres; Faraón, en el faldeo oriental de la sierra de Vilgo; Sonia, en el flanco occidental de la sierra de Paganzo; Los Mogotes, en el flanco occidental de la sierra de Los Colorados, y otros.

Acceso: a los depósitos del distrito Patquía-Amaná se llega por ruta provincial 26, que une Villa Unión y Patquía; a la altura del kilómetro 58 la ruta es cortada por un camino de huella que recorre entre 25 y 35 km antes de llegar a los yacimientos.

Producción: el distrito Patquía-Amaná ha sido intensamente explotado; según datos de la Estadística Minera de la Nación desde 1965 hasta 1997 produjo 470.000 toneladas. El depósito Las Mellizas acumula una producción hasta 1995 de 230.000 toneladas.

Usos: arcilla refractaria utilizada en la industria cerámica. La arcilla negra obtenida del yacimiento Las Mellizas se calcina y se obtiene “chamote” de buena calidad.

Sistema de explotación: en la mina Las Mellizas el laboreo es subterráneo, la explotación data de comienzo de la década de 1950 y continúa en la actualidad con más de 2 km de labores. El yacimiento Las Kokas se explota a cielo abierto en una cantera de 60 a 70 metros de frente y de 8 a 20 metros de alto.

Geología de los yacimientos

Descripción: yacimiento Las Mellizas: cuerpos arcillosos lentiformes intercalados entre areniscas arcósicas gris rosadas de la formación Lagares. En el sector sur-suroeste se encuentran dos cuerpos de material arcilloso, de 3,5 m de espesor, ambos de color negro con delgadas láminas (1 a 2 cm) de grafito; contienen plantas fósiles, uno de ellos es muy foliado mientras que el otro es compacto y duro. En el sector nornoroeste el lente arcilloso tiene 1 a 1,5 metros de potencia y se apoya en material conglomerádico; es duro y compacto y de color gris. Los estratos se orientan NE-SO/10°-12° SE.

Yacimiento Las Kokas: los sedimentos de la Formación Lagares se apoyan sobre el basamento precámbrico y en ellos se destacan tres bancos arcillosos de algunos centímetros hasta 4 metros de potencia, intercalados en areniscas arcósicas hasta conglomerádicas de color rojo morado y finalmente areniscas grises de grano medio-fino con intercalaciones de horizontes lutíticos gris verdosos (Formación Saladillo). Estos horizontes arcillosos alcanzan 1,2 metros de potencia. Las sedimentitas presentan una disposición N35°O/5°-10°SO.

Estratigrafía de la cuenca de Paganzo (edades modificadas según Azcuy *et al.*, 1999)

Edad	Grupo	Formación	Descripción
Permo-Triásico	Paganzo	Amaná	Areniscas de grano medio-fino pardas a moradas claras.
Pérmico		La Colina	Bancos limo-arcillosos pardo rojizos con intercalaciones de arcosas rosadas y traquiandesitas con coladas de basaltos olivínicos en la base.
Carbonífero superior		Lagares = Saladillo	Se apoya en discordancia sobre los granitos del basamento. Morelli <i>et al.</i> (1984) definió cuatro facies: A) conglomerado y arena conglomerádica. B) Mantos de arcillitas de hasta 4 metros de espesor entre niveles de arcosas que en conjunto alcanzan 14 metros de potencia. C) Arena conglomerádica y D) conglomerado, arena y limolita. Los tramos basales corresponden a facies lacustres con evidencias glaciales, mientras que el tramo medio corresponde a facies aluviales, deltaicas y fluviales portadoras de delgados niveles de carbón o lutitas carbonosas formados en pantanos o meandros abandonados (Azcuy <i>et al.</i> , 1999).
Paleozoico inferior Precámbrico			Granitos.

Composición química de arcillas del distrito Patquía-Amaná

Composición Química (%)	Arcillas negras (carbonosas)	Arcillas grises compactas	Arcillas gris-verdosas castañas
SiO ₂	46,40-55,6	44,5-56,3	48,9-55,0
Al ₂ O ₃	32,3-35,30	26,5-39,9	32,4-36,0
Fe ₂ O ₃	0,51-0,93	0,39-0,68	0,22-0,31
TiO ₂	0,3-0,5	0,5-0,7	0,2-0,6
MgO	0,05-0,37	0,03-0,05	0,04-0,05
Na ₂ O	0,8-2,14	0,7-1,74	0,24-0,34
K ₂ O	1,1-1,76	0,56-2,94	0,26-0,83
H ₂ O (+)	14,36-16,50	11,50-14,02	11,30-15,30

Los bancos inferior y superior son de color gris, mientras que el del medio es negro carbonoso. Los estratos se disponen E-O/8°-10° S.

Yacimiento Los Mogotes: sobre las rocas del basamento se apoyan sedimentos del Grupo Paganzo que comienza con un conglomerado basal polimíctico seguido por areniscas gruesas.

Composición mineralógica de los niveles arcillosos en yacimientos de La Rioja

Mineral (%)	1	2	3	4	5
Caolinita	95	90	81	83	86
Illita		5	5	3	1
Cuarzo	5	3	12	14	12
Feldespatos		2	2		1

Referencias: 1: Arcilla gris compacta (Las Mellizas); 2: Negra carbonosa (Las Mellizas); 3: Gris clara compacta (Las Kokas); 4: Gris carbonosa (Las Kokas) y 5: Verdosa compacta (Las Kokas).

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE ARCILLAS DEL MESOZOICO

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Departamento Zapala

Generalidades

Ubicación: los depósitos de arcillas plásticas del departamento Zapala se localizan en la zona de la meseta de la Barda Negra (39° 07'–69° 39'), a 45 km al sudeste de la localidad de Zapala. En el área se reconocen dos distritos mineros, uno localizado al este de la Meseta de la

Barda Negra, que conforma una elongada faja NE-SO con numerosos yacimientos entre los que se destacan Beatriz I y II, Chita, Rincón del Águila y Mi Sud I/X, y el distrito ubicado al oeste del extremo sur de la meseta, con la mina Verdacho.

Acceso: desde Zapala, por ruta provincial 22, en dirección este hasta el empalme con la ruta nacional 34. Desde allí hacia el sur.

Usos: las arcillas extraídas en la región se utilizan para la fabricación de cerámicos, sanitarios, revestimientos y losas. El uso como materia prima para pastas refractarias se restringe a aquellas arcillas con altos valores de alúmina.

Sistema de explotación: a cielo abierto y en otros casos minado subterráneo (cámaras y pilares) debido al buzamiento subhorizontal que presentan muchas de las capas.

Mina	Reservas	Referencia
Beatriz I y II	5,3 Mt (indicadas)	Danieli, 1997
Chita	500.000 t	
Verdacho	890.000 t	

Marco Geológico

Cuadro estratigráfico de las secuencias jurásicas de la Cuenca Neuquina:

Edad		Unidad Litoestratigráfica
Jurásico	Superior	F. Vaca Muerta
		F. Tordillo
		F. Auquilco
		F. La Manga
		F. Lotena
	Medio	F. Tábanos
		F. Challacó
		F. Lajas
	Inferior	F. Los Molles
		F. Puesto Araya y El Freno

Resultados de los ensayos físicos en arcillas del departamento Zapala.

	LL	LP	Contracc. % P-S	Contracc. % S-C	Pérd. Peso % S-C	Densidad (g/cm ³)
Arcillas del departamento Zapala	41,5 – 77,5	21,2 – 36,1	6,5 – 21,2	0,7 – 6,5	5 - 12	2,4 – 2,7

Referencias: LL= límite líquido; LP= límite plástico; P-S= de estado plástico a seco a 105° C; S-C= de estado seco a cocido a 900° C/2hs

La Cuenca Neuquina representa un depocentro de trasarco desarrollado a partir del Triásico superior, caracterizado por un relleno inicialmente volcánico ignimbrítico y luego, desde el Jurásico inferior hasta principios del Terciario, una acumulación sedimentaria marcada por una ciclicidad donde alternan sucesiones litológicas marinas y continentales.

Geología de los yacimientos

Descripción: el material arcilloso integra la Formación Lajas, que consiste en una alternancia de areniscas, conglomerados y pelitas con estratificación cruzada y estructuras de corte y relleno de ambiente deltaico. Los depósitos del distrito oriental generalmente se presentan en cuerpos lenticulares a escala regional y bancos tabulares a escala local, constituidos por dos o tres capas de 0,8 a 2 metros de espesor de colores grises y rojos con diferentes tonalidades. Cubren los depósitos entre 6 y 15 metros de areniscas gruesas a conglomerádicas, amarillentas, de la misma unidad litoestratigráfica. La mina Verdacho, del distrito occidental, presenta niveles arcillosos epiclásticos en areniscas conglomerádicas grises amarillentas; el depósito está compuesto por dos bancos de arcillas, uno inferior de 1,2 a 2 metros de material arcilloso de color rojo, ferruginoso y plástico y uno superior de 0,3 a 0,4 metros de espesor compuesto de arcilla gris blancuzca, muy plástica. La cubierta es de 5 a 14 metros de arena gruesa con material conglomerádico hacia el techo. En general las arcillas de ambos distritos son plásticas, con propiedades refractarias cuando los contenidos de caolinita se elevan.

Morfología: cuerpos lenticulares de hasta 2.000 metros de longitud; localmente se pueden caracterizar como bancos tabulares.

Estructura: los depósitos de la formación Lajas se encuentran plegados y fallados.

Quimismo (%) de los materiales arcillosos del Departamento Zapala

SiO ₂	49 – 63
Al ₂ O ₃	18,5 – 30
Fe ₂ O ₃	1 – 9
CaO+MgO	0,2 – 1,8
Na ₂ O	1 – 4,5
K ₂ O	0,8 – 5,3

Composición mineral de las capas de arcillas

	Mina Chita		
	Capa gris clara	Capa gris	Capa roja
Caolinita	85%	50%	50%
Montmorillonita	10%	40%	40%
Cuarzo	5%	10%	10%

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Departamento Confluencia
(Pettinari *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: los depósitos se localizan en el departamento Confluencia, en el centro-este de la provincia del Neuquén. En el área se encuentran las minas Eleonora, Alexandra, La Salvación, La Salvación I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XII, La Orejana, Elizabeth, Tres Puntas y Agosto 1976. Sus coordenadas son 69° 30' / 68° 00' L.O. y 38° 45' / 39° 00' L.S.

Acceso: los afloramientos de rocas mesozoicas ricas en material arcilloso aparecen inmediatamente al norte de la ruta 22, a lo largo de 100 km, entre la ciudad de Neuquén y la población de Cutral Co.

Producción: en el período 1978-1989 se extrajeron en promedio 70.000 t/año (para entonces representaba el 50% de la producción provincial). Durante 1990-1997 la producción promedio se redujo a aproximadamente 43.000 t/año.

Usos: el color, plasticidad, contracción y “cochura” de estos materiales arcillosos determinan que pueden ser utilizados solamente en cerámica roja y como componentes minoritarios en pastas para la producción de pisos y revestimientos cerámicos y gres. Ladrillos, ladrillos portantes, baldosas cerámicas y revestimiento cerámico.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco Geológico

El Grupo Neuquén representa una importante secuencia continental de ambiente fluvial meandriforme-llanura de inundación del Cretácico superior. Está integrado por fangolitas y limolitas rojas, pardo rojizas y grises con intercalaciones de bancos de areniscas. Todas las unidades presentan una amplia distribución areal, abarcando gran parte de las provincias de Neuquén, Río Negro, oeste de La Pampa y sur de Mendoza, en lo que fue el área de engolfamiento de la Cuenca Neuquina. Los movimientos Intersenonianos levantaron los sectores noroeste y sudeste permitiendo que los procesos fluviales depositen material detrítico en la cuenca. A fines

del Cretácico (Maastrichtiano inferior) se produjo una importante transgresión marina con la depositación de la Formación Allen y luego un nuevo proceso de continentalización. En las proximidades de la zona de interés se observan afloramientos de andesitas y basaltos productos del magmatismo mesoácido y básico que tuvo lugar durante el Terciario superior – Cuaternario.

Estructuralmente se destaca un plegamiento suave con inclinación de los flancos menor a 5° - 6° y resaltos estructurales de una decena de metros. La orientación predominante de las estructuras es NO-SE y E-O.

Geología de los yacimientos

Descripción: el material arcilloso está presente en todas las formaciones del Grupo Neuquén; si bien existen diferencias de color, mineralogía y textura, en general son fangolitas rojas con niveles verdes subordinados intercalados entre bancos de arenas finas, medias y hasta gruesas de color gris, muchas de ellas con delgadas láminas de yeso secundario.

Formación	Arcilla %	Limo %	Arena %
Anacleto	61	30	<10
Bajo de la Carpa			
Plottier	<15	37-61	20-50
Portezuelo			
Lisandro	30	64	18
Huincul	57	27	14

Arreglo estratigráfico del Grupo Neuquén

Edad	Grupo	Subgrupo	Formación	Descripción
	Malargüe		Allen	
Cretácico superior	Neuquén	Río Colorado	Anacleto	Fangolitas rojas, pardo rojizas y gris, areniscas subordinadas de grano medio, moderada selección, colores claros. Espesor máximo: 150 m.
			Bajo de la Carpa	Secuencias arenosas de grano medio a grueso con baja a moderada selección. Presenta intercalaciones de fangolitas pardo-rojizas, gris, verdosas, de estructura maciva. Espesor: 130 – 200 m.
		Río Negro	Plottier	Fangolita roja, maciza, en bancos de gran espesor. Alternan con areniscas claras. Espesor: 20 – 50 m.
			Portezuelo	Areniscas mal seleccionadas, gruesas y de composición cuarzo-feldespáticas con intercalaciones de fangolitas de color rojo intenso, estructura macizas y conglomerados polimícticos. Espesor: 100 – 300 m.
		Limay	Lisandro	Potentes bancos de fangolitas rojas con fangolitas grises subordinadas, estructura masiva. Presenta intercalaciones rítmicas de areniscas grises. Espesor total: 75 – 150 m.
			Huincul	Areniscas y en menor proporción fangolitas. Espesor: 200m.
			Candeleros	
			Rayoso	

Quimismo de los materiales arcillosos. Valores promedios de muestra pelítica; total en % en base seca

Formación	P. seco	Humed.	ppc	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Anacleto	92	8	14,60	56,40	18,28	6,89	4,06	3,00	2,63	2,12
Bajo de la Carpa	95	5	3,50	65,51	14,45	4,08	1,98	2,03	0,97	3,13
Plottier	95	5	2,84	71,46	13,12	2,41	1,28	1,53	1,19	2,36
Portezuelo	98	2	4,13	57,26	18,72	4,62	1,73	2,57	1,62	2,13
Lisandro	96	4	7,71	66,00	15,89	4,47	0,94	0,42	2,63	2,37
Huincul	96	4	8,22	56,87	21,90	8,09	0,80	1,88	3,50	1,30

Ensayos físicos sobre pelitas

Formación	LL	LP	IP	Contracción		Pérd. Peso % S-C	Abs. Agua 900°C	Color 900°C	Proceso secado-cocción
				% P-S	% S-C				
Anacleto	73,5	40,0	33,5	12,7	5,4	5,8	4,5	Marrón rojizo	Satisf.
Aanacleto	58,5	34,2	24,3	11,0	4,0	6,6	8,9	Marrón rojizo	Poco satisf.
Portezuelo	43,1	24,0	19,1	9,5	0,1	1,8	13,8	Marrón rojizo	Poco satisf.
Portezuelo	37,2	20,0	17,2	7,1	0,1	2,6	14,0	Marrón rojizo	Satisf.
Lisandro	54	22,4	31,6	14,4	2,3	3,9	6,3	Rojizo	Poco satisf.
Lisandro	45,2	24,1	22,1	11,6	0,7	3,3	13,0	Rojizo	Poco satisf.
Huincul	60,3	27,2	33,1	13,7	1,4	3,0	11,4	Marrón	Poco satisf.
Huincul	64,3	27,8	36,5	11,2	4,9	3,9	3,3	Rojizo	Poco satisf.

Referencias: LL= límite líquido; LP= límite plástico; IP= índice plástico; S-P= de estado plástico a seco a 105° C; S-C= de estado seco a cocido a 900° C.

Mineralogía de las arcillas del departamento Confluencia

Subgrupo	Formación	Mineralogía de la fracción < 2μ			Mineralogía de la fracción > 62μ	
		% mat. illítico	% interestratificado Illita/esmectita	% Caolinita	Minerales	Madurez mineralógica
Río Colorado	Anacleto	25	71 (RO)	4	Cuarzo, feldespato potásico y muscovita	Baja ↑ Alta
	Bajo de la Carpa	27	70 (RO)	3		
Río Negro	Plottier	32	63 (RO)	5		
	Portezuelo	34	62 (RO)	(+ clorita) 4		
Limay	Lisandro	30	55 (RO)	(+ clorita) 15		
	Huincul	70 a 90	10 a 30 (R1-R3)	(+ clorita) 10 a 30		

Morfología: las fangolitas se disponen en cuerpos tabulares-lenticulares de espesores variables (entre 1 y 7 m) y gran continuidad lateral.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Las fangolitas y limolitas están vinculadas a ambientes de llanura de inundación. Las formaciones inferiores del Grupo Neuquén presentan, en la región, evidencias de meteorización moderada a alta del material original, asociada con condiciones de oxidación junto a madurez mineralógica y textural, con una disminución significativa de estos procesos hacia las formaciones superiores. La mineralogía de la

fracción < 2μ mostró un proceso gradual de illitización.

PROVINCIA DE SANTA CRUZ

(Angelelli *et al.*, 1976)

Generalidades

Ubicación: los depósitos de arcillas plásticas santacruceños se encuentran en el área de San Julián, en los lotes 17, 18, 19, 20, 21 y 25. Los de mayor importancia son el Lote 18 (48° 41' S - 69° 14' O) y el Lote 19 (48° 37' S - 69° 10' O).

Producción: según datos de la Estadística Minera de la Nación, la provincia de Santa Cruz produjo 31.808 toneladas de arcillas en 1998; 5.055 t en el año 2000 y 19.073 t estimado en 2002.

Composición química y resultados de ensayos físicos en arcillas de los Lotes 18 y 19, San Julián

Área San Julián		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	Pérd. a 900°C (%)	Contracción	
									Por secado (%)	A 1.200° C (%)
Lote 18	Campamento 1	65,11	25,13	0,86	0,13	0,17	0,12		9,46	2,5
	Campamento 2	65,62	23,96	0,81	0,13	0,24	0,14	9,28	9,65	2,36
	Campamento 3	58,17	27,59	0,72	0,19	0,3	0,22	12,77	9,33	3,83
Lote 19	Campamento 4	60,96	26,65	0,69	0,09	0,16	0,16	11,70	10,0	2,33
	Campamento 5	54,44	30,46	0,96	0,17	0,37	0,58	10,44		

Sistema de explotación: algunas minas del campamento 1 se han explotado subterráneamente, el resto se explotan a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en los lotes 18 y 19 los cuerpos de arcillas forman parte de la Formación Baqueró (Cretácico inferior). Esta unidad corresponde a sedimentos continentales de ambientes lacustres y fluviales con gran variedad lateral y morfología lenticular. En conjunto conforma un paquete de aproximadamente 50 metros de espesor, que consiste de areniscas en la base, seguidas de **arcilitas gris claras** (entre 2 y 8 metros de espesor) que pasan transicionalmente a arcilitas arenosas, conglomerados y tobas arenosas. Dicha formación se apoya sobre bancos de conglomerados, areniscas y tobas varicolores (Formación Aike) suprayacentes a los pórfiros cuarcíferos, traquitas, tobas y depósitos sedimentarios de tobas caolinizadas y areniscas (Formación La Matilde) del Grupo Bahía Laura (Jurásico medio – superior). Por encima de la Formación Baqueró se apoya la Formación Patagonia (Terciario) además de los basaltos y Rodados Tehuelches (Cuaternario).

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE JUJUY
(Viruel *et al.*, 1998)

Generalidades

Ubicación: en las proximidades de la quebrada de Humahuaca, los afloramientos más importantes se reconocen al este de Tilcara y en las cercanías de Casa Grande.

Acceso: por ruta nacional N° 9 se llega hasta Tilcara, 40 km al norte de dicha localidad se ubica el poblado de Humahuaca, allí empalma la ruta N° 9 con la ruta N° 14 que atraviesa la localidad de Casa Grande, ubicada 20 km al oeste de Humahuaca.

Usos: alfarería, cerámica roja, ladrillería y bovedillas.

Marco geológico

El Cretácico – Terciario del norte argentino se caracteriza por la formación de varias cubetas por efecto de la tectónica extensiva, rellenadas por las sedimentitas del Grupo Salta (Salfity *et al.*, 1999).

Uno de estos depocentros, denominado Tres Cruces, abarcó el centro-norte de la provincia de Jujuy. Su columna litoestratigráfica está formada por rocas ordovícicas en su base; sobre ellas, en discordancia angular, se apoya el subgrupo Pirgua con conglomerados basales y areniscas con niveles lutíticos. Le siguen areniscas de la Formación La Yesera y por encima la Formación Yacoraite con sus calizas características; ambas unidades conforman el subgrupo Balbuena. El subgrupo Santa Bárbara con la Formación Mealla (lutitas), Formación Maíz Gordo (lutitas en la base y margas en el techo) y la Formación Lumbrera (margas en la base y lutitas en el techo) cierra el Grupo Salta, que infrayace a las formaciones terciarias Río Grande y Pisungo cubiertas por vulcanitas del cuaternario.

Geología de los yacimientos

Descripción: en los afloramientos del subgrupo Santa Bárbara hay estratos de **arcillas margosas** (techo de la Formación Maíz Gordo y base de la Formación Lumbrera), siendo mayormente favorables aquellos tramos litológicos con menor contenido carbonático. Constituyen depósitos de arcilla común de edad cretácica-terciaria.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE ARCILLAS DEL Terciario

PROVINCIA DEL CHUBUT

(Angelelli *et al.*, 1976)

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Chubut los principales depósitos de arcillas se encuentran en el *Valle del Río Chubut*, como los yacimientos de La Valeriana (43° 40' S. - 66° 26' O.), Colón (75 km al sur de Trelew) y las canteras Las Carpas y Acrópolis (55 km al sureste de Dolavon). Otro grupo de yacimientos se encuentra en la zona de *Meseta Montemayor*, a una decena de kilómetros de la localidad de Camarones.

Producción: la producción provincial del año 1998, según datos de la Estadística Minera de la Nación fue de 116.336 toneladas; en el 2000 se produjeron 95.583 t y se estima que en el año 2002 la producción fue de 71.755 t.

Usos: como arcillas refractarias en la fabricación de cerámica blanca.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de arcillas refractarias del valle del Río Chubut son de origen sedimentario y corresponden a depósitos de facies fluviales de la Formación Roca (Paleoceno). En La Valeriana esta unidad se apoya sobre un potente paquete de tobas riolíticas caolinizadas (material explotado en las minas Don Carlos I y

II). El paquete de arcillas tiene un espesor de 8 metros, es de color blanco grisáceo con capas de arcillas multicolores y material fósil en la base, con intercalación de dos cuerpos lenticulares de arena fina friable de colores gris y rojizo. El yacimiento presenta un encape de 1 metro de relleno moderno junto a Rodados Tehuelches. En la cantera Las Carpas el material explotado ocurre en una capa subhorizontal, gris blanquecina, de 2 metros de espesor, con manchas de óxidos de hierro. Se apoya sobre un manto de arenas friables y por debajo aparece un banco caolínico de 8 metros de espesor. Cubren el depósito 0,5 metros de arena además de los Rodados Tehuelches. En la zona de Meseta de Montemayor el material arcilloso de interés ocurre en la base de la Formación Roca, en el contacto con las volcanitas de la Serie Porfírica (Grupo Lonco Trapial). La Formación Roca está compuesta por sedimentos de facies marinas, comenzando la secuencia con 3,5 metros de arcilla caolínica de color blanca, seguida por 2,5 metros de limo brechoso con clastos de calcedonia, Continúa un conglomerado fango-soportado con matriz arcillosa y clastos amarillentos (3,5 metros) seguido por un importante banco de alunita silicificada (1 metro de espesor) finalizando con 7 metros de arcilitas oscuras. La cubierta de material moderno consiste de arena arcillosa y Rodados Tehuelches.

Mineralogía: el mineral de arcilla más abundante es caolinita; también están presentes illita y halloysita, además de cuarzo, sericita, feldespato potásico, óxidos de hierro y material lítico (restos de la roca alterada).

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Composición química de las arcillas del Valle del Río Chubut y Meseta Montemayor

Sector		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Pérd. a 900°C (%)	
La Valeriana	Material de 1 ^{ra} (Blanco grisáceo)	66,92	23,0	0,7	0,1	0,5	0,1	0,3		
	Material de 2 ^{da} (Multicolor)	70,35	19,8	0,82	0,9	0,5	0,1	0,38		
	Material de 2 ^{da} lavado	64,55	23,51	0,76	1,3	0,74	0,09	0,42		
Las Carpas		82,67	13,51	0,84	1,28	0,19	0,26	0,34	5,08	
		82,43	13,42	0,95	0,27	0,15	0,38	0,33	8,02	
Meseta Montemayor		49,4	34,2	1,6	0,12	0,25			11,53	
		Arcilla sedimentaria	48,78	33,55	2,3	0,15	0,18			11,19
			55,86	29,50	2,2	0,09	0,16			9,29
		Arcilla residual	62,46	22,7	1,2	0,07	0,32			8,73

El origen de los depósitos de arcillas del Valle del Río Chubut se atribuye a la depositación de materiales arcillosos procedentes de la alteración de rocas piroclásticas y brechas de la Serie Porfírica (Grupo Lonco Trapial), en pequeñas cuencas lacustres o lagunas locales.

Los depósitos de Meseta Montemayor, que se presentan en bancos, son producto de un proceso de sedimentación; también existen cuerpos que se originaron "in situ" como material de alteración de una roca porfírica.

PROVINCIA DE SAN JUAN
(Perucca *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de San Juan existen varios depósitos de arcillas, aunque sólo algunos han sido explotados. En las proximidades de la capital provincial se encuentran la *manifestación de Planta Conmina-Pocito*, ubicada en la bajada del faldeo oriental de la Sierra de Zonda, 16 km al sursureste de la ciudad de San Juan; la *manifestación Calle 14-La Flecha*, 20 km al sursureste de la capital provincial, en dos quebradas que cortan rocas de edad terciaria y que pueden considerarse como la prolongación sur de los depósitos de Conmina, y el *yacimiento Marquesado*, 11 km al noroeste de la capital, en la barranca del río San Juan entre el dique de embalse Ullum y el nivelador Ignacio de la Roza. Por último cabe mencionar la *manifestación Tudcum-Iglesias*, ubicada en el Valle de Iglesias-Calingasta, a lo largo de una estrecha faja de 37 km de largo y de rumbo norte-sur que va desde Las Flores al sur hasta Angualasto al norte, en una región localizada a 220 km, en dirección nornoroeste, de la ciudad de San Juan.

Producción: sólo se han realizado tareas de explotación en el yacimiento Marquesado.

Usos: los depósitos próximos a la ciudad de San Juan presentan características que los califican como de muy buena calidad para cerámica roja (ladrillos rojos o cerámicos, y para alfarería). La arcilla de Tudcum-Iglesias es un material apto para todo tipo de cerámica coloreada, ladrillos huecos o estructurales y, en especial, para la fabricación de tejas y alfarería de gres.

Sistema de explotación: el yacimiento Marquesado se explotó extrayendo con pala frontal el material degradado naturalmente.

Marco Geológico

Durante el Terciario se produjeron, en la región andina, importantes secuencias sedimentarias sinorogénicas. Tradicionalmente a los depósitos terciarios de esta región se los ha dividido en tres grupos separados por discontinuidades regionales, ellos son, de base a techo: "Calchaquense" (facies de areniscas fluviales interpuestas con fangolitas de grano medio a fino, estrato grano creciente); "Araucanense" (conglomerados de facies de ríos anastomosados con importante participación de material piroclástico o lávico) y "Estratos Jujeños" (fanglomerados o conglomerados fluviales proximales). Esta división suponía una relativa sincroneidad de las fases de deformación que los produjeron, aunque estudios magnetoestratigráficos posteriores mostraron que el levantamiento andino tiene un carácter intermitente y diacrónico y por lo tanto estos grupos litológicos carecen de significado cronoestratigráfico (Ramos, 1999). De manera que estos depósitos sólo representan facies sinorogénicas distintas producidas a lo largo del levantamiento andino y sus diferencias litológicas están dadas por su mayor o menor proximidad con el frente de corrimientos (Ramos, 1999).

Reservas y recursos de los principales yacimientos de arcillas terciarias de la provincia de San Juan

Sector	Reservas probadas	Reservas inferidas	Recursos indicados	Recursos inferidos	Recursos potenciales
Conmina-Pocitos	100.000 t	600.000 t			Varios millones de toneladas
Calle 14-La Flecha		200.000 t		800.000 t	
Marquesado	50.000 t		500.000 t	2.500.000 t	
Tudcum-Iglesias	Pismanta			100.000 t	
	Las Flores			250.000 t	
	Macalacasto		200.000 t		

Mineralogía de los niveles arcillosos

Sector	Minerales
Conmina-Pocitos	Illita, cuarzo, feldespato potásico, anortoclasa y posiblemente calcita.
Calle 14-La Flecha	Montmorillonita, clorita, cuarzo, illita, caolinita, feldespato.
Marquesado	Illita, cuarzo, feldespato, anortosita y algo de calcita. Reducidos sectores con montmorillonita

Características físicas de las arcillas de la provincia de San Juan

Sector	Temp. °C	Color	PH	Agua de plast (%)	Contracción (%)		Resist. en seco	Dur. Mohs	Absor de agua (%)	Poros. aparen	Densidad aparen
					Al secado	Total					
Conmina-Pocitos	1.000					2,5		4	0	3,3	1,79
	1.100					7,5		7	19	34	2,23
Calle 14-La Flecha	1.100					5		4	16,4-17,1	31,1	1,85
	1.200					10		6,5	6,9	15,4	2,23
Marquesado	Amb.	Rosado	5	17	5		B				
	1.000	Ladrillo				5		4	13,3	26,1	1,92
	1.100	Marrón				10		7	1,1	15,3	2,15
Tudcum Iglesias	Pismanta	Amb.	Gris claro	5	25,5		10	MB			
		1.000	Habano claro			12,5		4	10,1	20,9	2,07
		1.100	Marrón			15		6,5	0,4	0,8	2,45
Las Flores	Amb.	Rosado	5,5	27,2		7,5	MB				
	1.000	Ladrillo				7,5		4	11,6	22,6	1,95
	1.100	Marrón				12,5		6	0,8	1,9	2,38
Macalacasto	Amb.	Gris	6	41		12,5	MB				
	1.000	Marrón rojizo				17,5		4	15	27,9	1,86
	1.100	Marrón				20		7	0,6	1,4	2,40

Geología de los yacimientos

Descripción: los materiales arcillosos forman parte de la serie limo-arcillosa terciaria denominada Estratos Calchaqueños. Se apoyan tanto sobre calizas cambro – ordovícicas precordilleranas como en rocas carbonífero-pérmicas del Paganzo II (Calle 14-La Flecha) y se encuentran cubiertas por material moderno proveniente de las sierras alledañas. Los depósitos se circunscriben a cubetas de origen tectónico, flanqueadas por fallas inversas de alto ángulo que generaron un estructuramiento en bloques con formación de empinadas sierras y depresiones intermontanas. El cauce de diversos ríos disectan las sedimentitas terciarias y ponen de manifiesto los depósitos de arcillas. Los mismos se presentan, en general, como bancos de arcillas plásticas, de variados colores, con espesores que varían de 0,3 m hasta 3 metros inclusive. Se encuentran interstratificados con areniscas finas a gruesas grises, rojas, rosadas y pardas, apoyadas, en

muchas ocasiones, sobre un conglomerado basal con clastos de calizas, pedernal o cuarzo. Los depósitos tienen gran continuidad lateral y orientación noreste-suroeste con inclinaciones muy variables al este.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE JUJUY
(Viruel *et al.*, 1998)

Generalidades

Ubicación: en la Cordillera Oriental de Jujuy aflora material arcilloso terciario – cuaternario en el oeste de la localidad de Iturbe y en la cuesta que sube a la población de Tres Cruces, como así también en la quebrada de Huychaira, frente a Tilcara.

Acceso: por ruta nacional N° 9 se llega a la población de Tilcara, siguiendo la misma ruta por algunos kilómetros se alcanza la cuesta a Tres Cruces. La ruta provincial N° 13 llega a la localidad de Iturbe, la misma intersecta 4 km antes la ruta N° 9.

Usos: industria de la cerámica de cocción roja (ladrillos, tejas, azulejos y gres).

Geología de los yacimientos

Descripción: en el oeste de Iturbe y en la cuesta a Tres Cruces el material arcilloso se presenta como una arcilla plástica roja, morada y verde, no margosa, con delgadas intercalaciones de areniscas. En la quebrada de Huychaira hay un importante yacimiento de arcillas rojo – anaranjado con algo de yeso. La arcillita está formada por illita, clorita y montmorillonita y su formación tuvo lugar durante el Terciario-Cuaternario.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE MENDOZA
(Angelelli *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: la producción de arcillas comunes y plásticas es de relativa importancia en la provincia de Mendoza. Se destacan los yacimientos del Departamento Las Heras (cantera El Salado, cantera El Borbollón) en las proximidades de la capital provincial, del Departamento Tupungato (“La Zapatina”) a 1,5 km al oeste de la localidad de Zapata, y del Departamento San Rafael (Los Reyunos) a 4 km al noroeste de la Villa 25 de Mayo y 30 km al oeste de San Rafael.

Producción: la provincia de Mendoza produjo en 1998, según datos de la Estadística Minera de la Nación, 180.000 toneladas de arcilla; en el año 2000 la producción fue de 250.000 t y se estima que en el año 2002 se produjeron 61.955 t.

Usos: las arcillas plásticas se utilizan en la fabricación de ladrillos huecos, tejas, entre otros, y

las arcillas varias se usaron como pantalla de impermeabilización de diques.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la cantera El Salado la arcilla proviene de un material arcilloso a arcillolimoso pardo claro dispuesto en un banco de espesor variable (en general 2 metros), mientras que en la cantera El Borbollón se explotó una tierra aluminosa-arcillosa de color pardo clara con nódulos de tosca. En el área de “La Zapatina” la arcilla se dispone en bancos de 0,7 a 2,7 metros de espesor que consisten en arcillita y arcillita limosa parda a gris parduzca con restos vegetales, sobre ellas se dispone un delgado encape de arena fina-limosa y suelo. En Los Reyunos el material arcilloso se dispone en un banco de 8 a 10 metros de potencia, en rocas de edad terciaria con niveles intermedios de arcillitas grises con clastos volcánicos y areniscas finas en el techo. Presenta un encape de 1,2 metros.

Mineralogía: illita es el mineral de arcilla con mayor presencia, acompañada por importante cantidad de cuarzo.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El material arcilloso es residual, producto de la descomposición de silicatos, en particular de feldespatos, con la formación de silicatos de aluminio hidroxilados de variada composición. La proporción en que estos participan definen las propiedades útiles de los materiales en consideración.

DEPÓSITOS DE ARCILLA DEL CUATERNARIO

PROVINCIA DE TUCUMÁN
(Schalamuk *et al.*, 1983; Urdaneta *et al.*, 1994)

Generalidades

Ubicación: en Tucumán se encuentran depósitos de arcillas en las proximidades de la ciudad capital y en el norte de la provincia. Los yacimientos del primer grupo se localizan al

nordeste de Villa Carmela, en Los Pocitos, departamento Taífi Viejo (coordenadas centrales: 26°46' L.S. y 65°15' L.O.) aproximadamente 10-13 km de San Miguel de Tucumán (canteras La Cartujana, ex-Sacet y Marcos Paz). Los del segundo grupo se localizan en la localidad de Chulca, departamento Trancas (26°14' L.S. y 65°33' L.O.) aproximadamente a 100 km de la ciudad capital; se destaca la Cantera Staneff.

Producción: la provincia de Tucumán, en el año 1998, produjo 243.868 toneladas de material arcilloso. Datos de 2001 manifiestan una producción anual de 125.200 t con 5.290 t producidos por Cantera Staneff, 24.000 t La Cartujana, 47.100 t Marcos Paz y 48.520 t la cantera ex-Sacet (Viruel *et al.*, 2002). La producción anual estimada de la provincia de Tucumán durante el año 2002 fue de 169.027 t (Estadística Minera de la Nación).

Usos: el material arcilloso obtenido de los yacimientos próximos a la ciudad capital (arcilla plástica) es utilizado en la industria de la cerámica roja para la fabricación de ladrillos huecos, tejas, cerámicas. El material limo-arcilloso (arcillas rojas) del departamento Trancas presenta importante heterogeneidad; los depósitos de la llanura, por sus valores de plasticidad (relativamente bajos), son clasificados como material magro a semimagro aunque pueden en general usarse en mezclas con componentes grasos. Existe un tonelaje importante de reservas geológicas estimadas de material que podrá ser usado para la fabricación de cerámica roja.

Sistema de explotación: a cielo abierto, en

amplias labores con frentes de 40 a 60 metros y 2 a 2,5 metros de alto.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos del departamento Taífi Viejo corresponden a materiales limo-arcillosos del Cuaternario; son depósitos del cono de deyección vinculados al área pedemontana de la sierra de San Javier (González *et al.*, 2000). El principal proveedor de materia prima es el horizonte A de 1,4 a 1,6 m de espesor; consiste en material limo - arcilloso, pardo oscuro a pardo amarillento donde predomina la fracción limo (46% a 48%), la fracción arcilla oscila entre 43% a 44% y la fracción arena entre 9 y 9,5 % (Viruel *et al.*, 2002). En general presentan un encape de suelo de 0,15 a 0,20 metros de espesor.

En el área de Trancas los depósitos de material limo-arcilloso se presentan en afloramientos terciarios-cuaternarios y en el subsuelo (Formación Río Salí) del sector de llanura. Estos últimos son niveles de arcillitas rojas intercaladas con capas finas margosas y presencia de yeso sacaroideo. El material presente en los afloramientos son distintas variedades pelíticas (arcillas y limolitas) y areniscas, que mineralógicamente están compuestas por cuarzo, feldespato, líticos, opacos, muscovita y biotita. En los minerales arcillosos se destacan illita, esmectitas y caolinita, siendo comunes los cementos carbonáticos, venillas de yeso y basanita.

Composición química de arcillas de yacimientos de la provincia de Tucumán

Canteras	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Pérd. a 900°C (%)
La Cartujana	57,55	16,40	0,7	6,8	2,47	2,44	1,53	4,75	7,5
Cerámica Staneff S.A.	56,04	15,20	8,4	0,7	2,47	2,88	2,00	5,46	7,0
Sacet-Cerámica Tucumán	59,6	14,5	7,2	0,6	1,85	2,66	1,42	4,37	7,96
Del departamento Trancas	50,0-68,0	11,8-19,0		3,4-6,2	1,1-7,7		Na ₂ O/ K ₂ O= 3,2-5,4		6,4

Estratigrafía de los alrededores de San Miguel de Tucumán

Edad	Unidad	Características
Cuaternario		Gravas, arenas y limo arcilloso.
Terciario	F. India Muerta	Areniscas rojizas y limolitas castañas con intercalaciones conglomerádicas.
	F. Río Salí	Arcillitas de color castaño rojizo y verdes e intercalaciones de yeso macizo y calizas oolíticas.
	Subgrupo Pírgua	Areniscas rojas de grano medio y areniscas conglomerádicas apoyadas en discordancia sobre el basamento.
Cretácico		
Paleozoico		
Precámbrico	F. Medina	Metamorfitas de bajo grado (pizarras, filitas) y granitos.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE CÓRDOBA

(Angelelli *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: los depósitos de mayor importancia se localizan en Montecristo, 13 km al este de la ciudad de Córdoba, a orillas del río Primero. Otros yacimientos de menor envergadura son los ubicados en Sauce Punco (Departamento Tulumba), 7 km al este de Dean Funes, y los depósitos de Los Tártagos (Departamento Ischilín) a 28 km al este de Cruz del Eje.

Producción: la provincia de Córdoba en el año 1998 produjo 151.307 toneladas de arcilla; en el año 2002 la producción provincial estimada fue de 110.160 t (Estadística Minera de la Nación).

Usos: en la industria de la cerámica roja.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: el depósito sito en Montecristo presenta material arcilloso perteneciente a la Formación Río Primero (Pleistoceno), que consta de dos miembros, uno inferior formado por arcillitas limosas de color pardo rojizo a amarillento, con niveles de areniscas en la parte superior, y el miembro superior formado por material más grueso (grava y arena). La unidad tiene un espesor de 35 metros; la potencia del miembro inferior es de 20 metros. El material limo-arcillo-arenoso aflora en las terrazas altas del río. El material explotado presenta la siguiente distribución granulométrica: arena fina (20,2%); limo (61,6%) y arcillas (18,2%).

Mineralogía: el mineral más abundante es illita, contiene algo de montmorillonita y escasa caolinita. En las fracciones más gruesas abunda mica alterada (80%), feldespato y cuarzo.

Modelo genético

9m (Arcillas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Composición química de arcillas en yacimientos del sector de Montecristo, provincia de Córdoba

Sector		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Pérd. a 900°C (%)
Cuenca del río Primero	Montecristo	56,9	17,0	0,6	7,2	3,6	4,8	9,7
	Chacra de la Merced	60,02	21,4		4,8	3,2	1,66	6,6

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ARCILLAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Huaychaira	23° 52'	65° 31'	Arcillas	Lentiforme			Terciario-Cuaternario	Arcilita y yeso		9m	Terciario-Cuaternario
Trancas	Cantera Staneff	26° 13'	65° 32'	Arcillas	Lentiforme		33.605 t (estimadas)	Mioceno	Limo-arcilitas	Formación Río Sali	9m	Mioceno
	La Cartujana, ex-Sacet, Marcos Paz	26° 46'	65° 15'	Limo-arcillas	Lentiforme		La Cartujana: 264.000 t (estimadas); Marcos Paz: 307.870 t (estimadas); ex-Sacet: 214.000 t	Cuaternario	Limos, arena y conglomerados	Depósitos aluviales antiguos, loess y aluviales recientes	9m	Cuaternario
Tinocán-Mazán	Angelita	28° 39'	66° 34'	Arcillas	Lentiforme			Terciario-Cuaternario	Arcillas limolíticas		9m	Terciario-Cuaternario
Tinocán-Mazán	El Apio, Huairapuca, Calvario	28° 39'	66° 34'	Arcillas	Lentiforme			Terciario-Cuaternario	Arcillas limolíticas		9m	Terciario-Cuaternario
	Talacasto	31° 00'	68° 50'	Arcillas	Lentiforme		800.000 t (totales)	Silúrico	Conglomerado areniscas, limolitas y lutitas	Gr. Tucunucu	9m	Silúrico
	Conmina-Pocitos, Calle 14-La Flecha, Marquesado	31° 30'	68° 55'	Arcillas	Lentiforme		1.000.000 t (totales)	Terciario	Secuencias limo-arcillosas con conglomerado basal	Estratos Calchaquíes	9m	Terciario
	Los Tártagos	30° 31'	64° 36'	Arcilla	Estratiforme			Cuaternario			9m	Cuaternario
Patquía-Amaná	San Antonio, Los Mogotes, Las Kokas, Margarita I y II, Las Mellizas, La Sonia, Osiris, Los Baldecitos, El Gaucho, Farón, Alba	30° 00'	67° 26'	Arcillas refractarias	Lentiforme		Las Mellizas: 716.932 t (totales)	Carbonífero	Limolitas Carbonosas	Formación Tupe - Formación Guandacol	9m	Carbonífero
Patquía-Amaná	Las Torres, Vallecito, Don Paco, Los Colorados, Clariza	30° 14'	67° 36'	Arcillas	Lentiforme			Carbonífero	Arcillas Carbonosas	Formación Tupe - Formación Guandacol	9m	Carbonífero

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ARCILLAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Scop	31° 28'	68° 31'	Arcillas refractarias	Estratiforme			Mioceno superior	Limolitas	Formación Loma de las Tapias	9m	Mioceno superior
	Cerámica San José	31° 30"	68° 39'	Arcillas refractarias	Estratiforme			Mioceno superior	Limolitas	Formación Loma de las Tapias	9m	Mioceno superior
	El Salado, El Borbollón	32° 47'	68° 45'	Arcillas plásticas	Lenticular			Terciario	Arcilita y limolita		9m	Terciario
	La Zapatina	33° 19'	69° 00'	Arcillas plásticas	Lenticular			Terciario	Arcilita y limolita		9m	Terciario
	Los Reyunos	34° 45'	68° 41'	Arcillas plásticas	Lenticular			Terciario	Arcilita y limolita		9m	Terciario
San Manuel		37° 45'	59° 01'	Arcilla	Estratiforme			Precámbrico superior		Grupo Sierras Bayas	7i	Precámbrico superior
	La Salvación, La Salvación I	38° 52'	69° 25'	Arcillas	Mantiforme	Arcilla: 57% Limo: 27% Arena: 14%		Cretácico inferior	Arcilitas limosas	Formación Huíncul	9m	Cretácico inferior
	La Beatriz I, II, Chita	39° 07'	69° 38'	Arcillas refractarias	Mantiforme		5.300.000 t (indicadas)	Jurásico medio	Arcilitas limosas	Formación Lajas	9m	Jurásico medio
Valle Inferior del Río Chubut	La Valeriana	43° 40'	66° 26'	Arcillas varias			5,72 Mt (inferidos)	Paleoceno	Areniscas y arcillas	Formación Roca	9m	Paleoceno
Distrito Lote 18	Campamento 1 (La Araucana, Pehuenches, El Choique, El Charabón, Las Perdices, Elsa, La Emilia)	48° 39'	69° 16'	Arcilla plástica caolínica	Estratiforme		3 Mt (lotes 18 y 19)	Cretácico inferior	Arcilitas, areniscas, tobas	Formación Baquero	9m	Cretácico inferior
Distrito Lote 18	Campamento 2 (La Tehuelche, El Charito, El Chulengo, La Liebre, Guanaco)	48° 40'	69° 17'	Arcilla plástica caolínica	Estratiforme		3 Mt (lotes 18 y 19)	Cretácico inferior	Arcilitas, areniscas, tobas	Formación Baquero	9m	Cretácico inferior
Distrito Lote 19	Campamento 4 (El Cimarrón, Refractaria, Los Baguales)	48° 44'	69° 12'	Arcilla plástica caolínica	Estratiforme		3 Mt (lotes 18 y 19)	Cretácico inferior	Arcilitas, areniscas, tobas	Formación Baquero	9m	Cretácico inferior
Distrito Lote 18	Campamento 3 (Mariampal 2a., Mariampal 3a., Yolanda)	48°45'	69° 15'	Arcilla plástica caolínica	Estratiforme		3 Mt (lotes 18 y 19)	Cretácico inferior	Arcilitas, areniscas, tobas	Formación Baquero	9m	Cretácico inferior

ARENA SILÍCEA

Se denomina arena silícea al depósito clástico con granulometría entre 0,0625 y 2,0 milímetros, cuyo contenido en granos de cuarzo es superior al 90%. Son depósitos de alta madurez textural y mineralógica cuyos procesos de selección y clasificación pueden haber ocurrido en más de un ciclo sedimentario.

Son muchas las variables que condicionan la génesis de las arenas silíceas. Scasso y Limarino (1997) indican que los mecanismos de transporte y la distancia recorrida por las partículas detríticas son los que ejercen un mayor control en la alta madurez mineralógica y textural de estas arenas. La distancia de transporte de los sedimentos modifica las modas detríticas, produciéndose un aumento en la madurez mineralógica de las arenas al incrementarse la distancia de transporte. Un buen ejemplo de ello son los depósitos de arenas cuarzosas en la desembocadura del río Amazonas, generadas a partir de un único ciclo sedimentario, concluyendo que la mineralogía en su desembocadura no es representativa de sus rocas fuentes (pues en las cabeceras se han recolectado arenas líticas y sublíticas) sino que son producto de las grandes distancias recorridas, el relieve poco pronunciado y condiciones climáticas sumamente húmedas. La concentración selectiva de cuarzo también es función de los agentes de transporte, siendo el oleaje el más efectivo a la hora de eliminar, por ruptura, los fragmentos líticos; por ello es más factible que los depósitos de playas marinas presenten una mayor concentración de cuarzo. En ambientes fluviales la acción eólica actúa como elemento de redistribución de las arenas acumuladas en las planicies aluviales, transportándolas aguas arriba y de esa manera prolongando la exposición de los granos de arena a la meteorización. La alta madurez textural y el buen redondeamiento de los clastos presentes en muchos de los depósitos de arenas cuarzosas se debe a la participación de procesos eólicos.

Usos: fabricación de envases, cristalería, vidrios planos, vidrio verde y ámbar.

Características químicas de las arenas silíceas

SiO ₂	En general mayor a 90%, en algunos casos superior a 99%.
Al ₂ O ₃	Por lo general menor de 4%.
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Generalmente mayor de 40.
F ₂ O ₃	Con frecuencia menor de 1%.
FeO	Generalmente menor de 4%.
Na ₂ O	Muy escaso, generalmente menor de 0,2%.
K ₂ O	Muy escaso, generalmente menor de 0,2%.
CaO+MgO	Muy variable, puede incrementarse con cementos carbonáticos.

Fuente: Publicación Técnica N° 4 SEGEMAR-UNSAM, 1999

MODELOS DE DEPÓSITOS DE ARENA SILÍCEA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
12e	39i	

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos de arenas silíceas (modelo 12e), fuentes de cuarzo principalmente para la industria del vidrio, se localizan en la provincia de Entre Ríos y San Luis.

Los más destacados son los depósitos de la provincia mesopotámica, con los yacimientos de Diamante e Ibicuy; en ambos casos corresponden a importantes depósitos arenosos de origen aún no bien establecido, de ambiente litoral, formados durante los eventos transgresivos del Mioceno y Holoceno, respectivamente, que tuvieron lugar en la región. Se encuentran en las márgenes de los ríos Salto y Paraná Ibicuy, conformando yacimientos de importantes reservas, muy accesibles y de gran incidencia en la economía de la región. Battaglia (1950) determinó que prácticamente existen estas arenas en todo el subsuelo de la región de Paso Paracao, extendiéndose hasta la localidad de Ramirez, donde han sido encontradas en perforaciones entre 74,7 y 88 metros de profundidad.

Del conocimiento geológico de la región se desprende que la costa oriental de la República Argentina se ha visto afectada, a partir del Neógeno, por dos grandes eventos transgresivos desde el Atlántico, el primero durante el Mioceno medio (mar Paranense) y el segundo durante el Pleistoceno superior y Holoceno. Los actuales ríos

de La Plata y Paraná constituyeron importantes vías de acceso del mar hacia el continente durante ambas ingresiones. Como consecuencia de ello, en el sudeste de la provincia de Entre Ríos se generó un ambiente estuárico, de mar somero, generalmente hiposalino debido a la influencia del río Paraná. En este ámbito se acumularon los depósitos de **arenas silíceas**, tanto en las proximidades de Diamante como de Ibicuy, en el Mioceno medio y Holoceno, respectivamente.

Si bien aún no existe acuerdo sobre la génesis de los mismos, es claro que su ocurrencia se circunscribe a sectores puntuales donde tuvieron lugar procesos estuáricos, deltaicos, eólicos y fluviales. Por lo antes dicho es dable señalar a los depósitos sedimentarios marinos y litorales del margen oriental del río Paraná, desde la ciudad de Paraná hasta Ibicuy, como el **litotecto** de depósitos de arenas silíceas, vinculados temporal y genéticamente a las ingresiones marinas, acumulados en ambientes estuáricos y de delta.

Los depósitos del río Jarilla, en la provincia de San Luis, son de menor calidad que los anteriores, sin embargo lo forman sedimentos fluvio-eólicos modernos. La existencia de depósitos de arenas silíceas en ríos serranos de San Luis permite considerar al ámbito de Sierras Pampeanas como una región con potencialidad para la ocurrencia de este tipo de depósitos.

ARENAS SILÍCEAS DEL RÍO JARILLA, PROVINCIA DE SAN LUIS (Beninato, 1999)

Generalidades

Ubicación: el yacimiento se localiza sobre el río Jarilla, 75 km al oeste de la ciudad de San Luis y 10 km al este del límite interprovincial con Mendoza. El río Jarilla es afluente del río Desaguadero.

Producción: desde 1972 hasta 1997 se extrajeron 190.000 toneladas. En 1998 la producción provincial fue de 5.420 t; en el año 2000 fue de 73.812 t y se estima que en el 2002 se extrajeron 6.557 t.

Area	Reserva estimada (t)
Cauce del río	5.000.000
Montículos eólicos	---

Usos: la producción se destina principalmente a la industria del vidrio (vidrio coloreado).

Sistema de explotación: cantera a cielo abierto, siguiendo horizontes con frentes de 10 metros promedio por 1 metro de profundidad y

Análisis granulométrico e impurezas de las arenas silíceas del río Jarilla, provincia de San Luis

Malla	Abertura (mm)	Peso (gr)	% Retenido	Magnetita	Turmalina	Granate	Hierro total (%)
20	0,841	6,50	4,54	---	0,80	0,30	0,2 – 1,0
40	0,420	31,00	21,66	---	0,30	0,30	
80	0,177	75,10	52,48	0,12	0,25	0,18	
100	---	16,69	11,66	0,11	0,69	0,26	
200	0,0074	12,20	8,38	0,11	0,34	0,12	
Totales		141,49	98,72				

Marco geológico del área del Río Jarillas, provincia de San Luis

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario	Actual	Sedimentos fluvio palustres recubren la cañada del Milagro, el río Jarilla (curso medio y superior) y su paleocauce. Manto de sedimentos aluviales y eólicos de 0,3 a 0,7 metros que forman el suelo actual. Paleosuelo de 0,2 a 0,3 metros de espesor.
	Holoceno	Depósitos loésicos pardo rojizos de 1,5 a 4 metros de espesor, con gravas y rodados de las unidades terciarias y cretácicas. Depósitos pedemontanos e intermontanos.
	Pleistoceno	
Terciario	Mioceno Oligoceno	F. San Roque Areniscas rojizas. Cubren el alto estructural de Alto Pencoso.
Cretácico	inferior	Gr. del Gigante Conglomerados rojizos, sobre bancos de areniscas estratificadas.

avances de hasta 40 metros. Se usan palas cargadoras y herramientas menores. Actualmente operan alrededor de 10 canteras, en una superficie total del orden de 280 ha.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito consiste de sedimentos fluviales cuaternarios predominantemente arenosos, que recubren el cauce actual del río Jarilla en una extensión de 12 km por 0,15 km de ancho y 1,5 metros de espesor promedio. El material es de grano medio a fino, subredondeado, teñido por hidróxido de hierro que le otorgan colores amarillentos a pardo claros, con escasa participación de minerales opacos y feldespatos. Depósitos eólicos de arena fina, dispuestos en montículos en las proximidades de las líneas de ribera y campos adyacentes, también forman parte del yacimiento, siendo explotados por su finura y selección. Se consideran recursos de carácter renovable.

Estructura: el principal lineamiento estructural del sector responde a una falla nort-sur, con su labio levantado al este (bloque montañoso de la Cerrillada de la Cabra) y el labio hundido al oeste.

Mineralogía: la arena contiene entre 60 y 70% de cuarzo, entre 25 y 30% de feldespato y escasa cantidad de minerales accesorios (muscovita, turmalina, magnetita, granate, fragmentos líticos).

Modelo genético

12e (Arenas silíceas). Grupo: Depósitos de placer y sedimentos.

Las arenas del río Jarilla tendrían procedencia en la destrucción, arrastre y acumulación fluvio-eólica de las areniscas terciarias del flanco occidental del Alto Pencoso,

situadas sobre la margen izquierda de la Cañada del Milagro.

ARENAS SILÍCEAS DE DIAMANTE, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS (Arrospide, 1999)

Generalidades

Ubicación: los depósitos se encuentran en ambas márgenes del arroyo El Salto, a 3 km de la localidad de Aldea Brasileira y a 30 km (por ruta) al sur de la ciudad de Paraná.

Acceso: por Ruta Provincial 11, desde Paraná hacia Diamante, hasta El Cruce (5 km antes de Aldea Brasileira), donde se toma un desvío de asfalto por aproximadamente 2 km hasta alcanzar un camino vecinal que llega hasta las canteras.

Producción: las minas producen alrededor de 10.000 toneladas mensuales de arena silícea.

Análisis granulométrico de las arenas silíceas de Diamante

Malla	% Acumulado	Moda (mm)
16	---	Entre 0,250 y 0,355
30	2,3	
40	13,6	
70	76,9	
100	98,4	
140	99,7	

Composición química de las arenas silíceas de Diamante

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	p.p.c (%)
Arena silícea	98,5	0,70	0,06	0,10	0,30	0,30

Usos: materia prima para usos especiales en la fabricación de vidrio, esencialmente la variedad *flint container*.

Sistema de explotación: el banco productivo es explotado por minado directo mediante cargador frontal o por dragado.

Estratigrafía cenozoica de la provincia de Entre Ríos

Edad	Descripción	
Cuaternario	Limo loésico pardo rojizo claro.	
	Limo loésico pardo rojizo.	
Terciario	Tosca calcárea epigenética, de 0,5 a 1,5 metros de espesor, maciza y dura.	
	Limos cementados con CaCO ₃ y SiO ₂ , con espesores de 3 a 6 metros.	
	Arenas y arcillas gris verdosas. Manto de 3,5 metros de espesor, depositado durante un período de regresión marina. Correlacionable con la Formación Ituzaingó.	
	Plioceno	Nivel de <i>Ostrea patagónica</i> , de 0,5 a 2,0 metros de potencia. Correlacionable con la Formación Paraná. Arcillas limosas, marinas.
	Mioceno	Sedimentos fluvio-eólicos continentales litorales, de color blanco, con estratificación entrecruzada de alto ángulo. Su espesor es de 10 a 15 metros.
	Arcillas azuladas de origen marino deltaico.	

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito presenta gran extensión areal (2 km²), donde las reservas de material son cuantiosas; sin embargo la calidad del mismo es muy variable, lo que dificulta la explotación. En general consiste en un banco de arena de característico color blanco con algunos sectores rojizos, teñidos por óxidos e hidróxidos de hierro, tiene 8 a 15 metros de espesor con estratificación entrecruzada de gran tamaño (posible origen eólico) y lentes de material arcilloso alojados principalmente en la base del banco. El depósito posee un encape de espesor variable pero que en ocasiones supera los 25 metros.

Morfología: banco tabular subhorizontal

Composición mineral de las arenas silíceas de Diamante

Mineral	Contenido (%)
Cuarzo sin inclusiones	80
Cuarzo con inclusiones	10
Feldespatos	5
Calcedonia	3
Anfiboles y piroxenos	1
Minerales opacos (Composición de magnetita)	<1
Turmalina, granate, Compos, apatito	accesorios

Mineralogía: el cuarzo sin inclusiones se presenta limpio, redondeado a subanguloso; el cuarzo con inclusiones posee rutilo acicular o columnas de apatito, además de pátinas de hidróxidos de hierro.

Modelo genético

12e (Arenas silíceas). Grupo: Depósitos de placer y sedimentos.

Algunas investigaciones proponen un origen eólico para los depósitos de arenas silíceas de Diamante, desarrollados en un ambiente litoral continental durante la transgresión marina del Mioceno.

ARENAS SILÍCEAS DE IBICUY, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS (Arrospide, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el departamento Gualeguaychú, entre las poblaciones de Mazzaruca y Holt (o Ibicuy). Se extiende sobre la margen oriental del río Paraná Ibicuy.

Producción: de la región se extraen alrededor de 10.000 a 12.000 toneladas por mes.

Usos: las arenas silíceas de Ibicuy se utilizan como materia prima en la fabricación de vidrio plano y silicato de sodio.

Sistema de explotación: minado directo. El material llega a las plantas de tratamiento en camiones.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito consiste de cordones litorales casi sin cubierta, dispuestos en forma de media luna, con el brazo principal dispuesto paralelamente al margen oriental del río Paraná Ibicuy. Presenta una extensión de 6 a 12 km y en algunos sectores alcanza un ancho de un kilómetro. Es un manto arenoso blanco amarillento, de 4 metros de espesor y con una cubierta que no supera el metro de potencia. Se apoya sobre arcillas y lentes arenosos con limos y arcillas. El depósito presenta estructuras entrecruzadas y lentes areno-arcillosas verdosas.

Análisis granulométrico de las arenas silíceas de Ibicuy

Malla	% Retenido	% Fe ₂ O ₃ en la fracción	% Pesados en la fracción	Distribución %	
				Fe ₂ O ₃	Pesados
30	0,25	0,656	---	1,1	---
30 - 40	1,49	0,078	---	0,8	---
40 - 100	68,49	0,075	0,04	37,5	14,0
100 - 140	30,97	0,123	0,21	26,5	31,0
140	0,20	26,630	69,70	37,1	55,0

Composición química de las arenas silíceas de Ibicuy

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
Arena silícea	98,4	0,97	0,14	0,10	0,04	0,20

Datos: Celeda y Mari, 1994

En general es de granulometría fina (moda entre 0,18 y 0,25 mm), con granos redondeados y bien seleccionados.

Mineralogía: en el depósito se reconoce una fracción de minerales livianos, que representa el 99,7% del total de granos minerales, compuesta esencialmente por cuarzo (86%), los cuales en su mayor parte (83%) están impurificados con hierro (como impurezas en los contornos, relleno de hoyuelos y marcas, pátinas, inclusiones, etc.). La fracción de minerales livianos se completa con feldespatos (12%) y fragmentos líticos (2%). La fracción de minerales pesados (0,3% del total de

granos minerales) está integrada por ilmenita y magnetita en un 50% y el resto es estaurolita, leucoxeno, turmalina, circón, hematita, rutilo, hornblenda, biotita, topacio (Celeda y Mari, 1994).

Modelo genético

12e (Arenas silíceas). Grupo: Depósitos de placer y sedimentos.

Son sedimentos eólicos del litoral continental acumulados durante la transgresión marina querandina (Holoceno).

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ARENA SILÍCEA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Diamante	31° 55'	60° 38'	Arenas silíceas	Bancos	SiO ₂ : 98,5 %; Fe ₂ O ₃ :0,06 %; Al ₂ O ₃ :0,70 %; Na ₂ O:0,1 %; K ₂ O: 0,3 %; pérdida por calcificación: 0,3 %		Terciario	Arenas, nivel de ostreas, arcillas azuladas		12e	Mioceno
	Sector Río Jarilla	33° 25'	66° 32'	Arenas silíceas		Cuarzo: 60-70%; Feldspato: 25-30%	5 Mt (inferido)	Cuaternalio		Depósitos aluviales	12e	Moderno
	Ibicuy	33° 38'	59° 12'	Arenas silíceas	Bancos	SiO ₂ : 98,9 %; Fe ₂ O ₃ :0,130 %; Al ₂ O ₃ :0,47 %; K ₂ O: 0,2 %; pérdida por calcificación: 0,3 %		"Querandi- nense"	Arenas, arcillas	Formación Isla Talavera	12e	Holoceno

AZUFRE

Mineral nativo, de color amarillo que varía según las impurezas que contenga a tonalidades de verde, gris y rojo.

El azufre se encuentra frecuentemente en o cerca del borde de cráteres activos o extinguidos, depositado de los gases emanados en las fumarolas. Estas pueden suministrar el azufre como producto directo de sublimación o por la oxidación incompleta del gas sulfhídrico. Se forma también por la reducción de sulfatos, especialmente del yeso. Puede ser depositado a partir de aguas que llevan azufre por la acción de una bacteria. También puede encontrarse en filones, asociado a sulfuros metálicos y formado por la oxidación de éstos.

Usos: se emplea en la fabricación de ácido sulfúrico, cerillas, pólvora, abonos, insecticidas y caucho, en medicina y en la preparación de la pulpa de la madera para la fabricación del papel.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE AZUFRE		
SEGEMAR	USGS	BCGS
7g	25m	
9o		F 03

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los principales yacimientos de azufre se encuentran en la Puna y en la Cuenca Neuquina. Los primeros depósitos en formarse son los de azufre biogénico de la Cuenca Neuquina, de edad **Cretácica**, productos de la reducción del yeso de la Formación Huitrín, en presencia de hidrocarburos (modelo 9o). Estos depósitos se distribuyen entre Malargüe y Zapala en una estrecha faja meridiana.

Durante el **Mioceno superior-Plioceno**, en el ámbito de la Puna, se generaron calderas e importantes flujos ignimbríticos asociados. En conjunto conformaron estratovolcanes en cuyas zonas superiores son frecuentes las concentraciones de azufre fumarólico (mina Julia-La Casualidad, Cerro Azufre, modelo 7g). Estos depósitos se encuentran junto al límite internacional con Chile (eje de la Cordillera de Los Andes) y se prolongan discontinuamente desde 22° 30' hasta 27° de latitud sur. Esta actividad volcánica terciaria se prolonga, en el ámbito de la Puna, durante el **Cuaternario**,

cambiando su carácter ácido-mesosilíceo a predominantemente mesosilíceo y culminando con efusividad de carácter básico (Viramonte *et al*, 1984), con volcanismo póstumo que generó fenómenos hidrotermales sulfurados (cerro Zapaleri, mina La Betty, modelo 7g). Ejemplos de volcanismo cuaternario con mineralizaciones de azufre fumarólico también se observan en la provincia de San Juan, Mendoza y Neuquén. Tanto en el norte como en el sur, las manifestaciones de azufre cuaternarias se encuentran en sectores más orientales, alejados del eje cordillerano.

MINA LA BETTY

(Lurgo Mayón, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Jujuy, en el departamento Susques, distante 60 km al noroeste de San Antonio de los Cobres, a 5.200 m.s.n.m.

Acceso: la mina se encuentra a aproximadamente 30 km de la estación Concorda del ramal ferroviario C14.

Infraestructura minera: el campamento central y la planta de tratamiento se ubicaban a 15 km de la mina y a 15 km de la estación ferroviaria Concorda.

Producción: la explotación llevada a cabo entre 1943 y 1955 produjo 1.200 t.

Sistema de explotación: cielo abierto.

Antecedentes

El depósito es conocido desde comienzos de la década del '30. Comprende las minas La Betty, Sol de Mayo y María Teresa. Entre los años 1943 y 1955 la explotación se concentró en los sectores de Don Felipe, Corral Blanco y Don Jorge.

Marco geológico

(extraído de Igarzábal, 1999)

Los movimientos diastróficos referidos a las fases de la Orogenia Andina, iniciados en el Eoceno medio, produjeron la movilidad diferencial del zócalo puneño, constituido esencialmente por sedimentos paleozoicos y cretácicos, dividiéndolo en bloques delimitados por profundas fallas regionales de rumbo submeridiano que delimitaron áreas deprimidas y bloques sobrelevados.

Reservas y leyes de los principales sectores mineralizados del complejo Mina La Betty

Sector		Reservas (t)	Leyes (% S)	Categoría	Referencias
Don Federico	Cuerpo I	139.000	18,9	Probable	Maldonado Baumann, 1953
	Cuerpo II	112.000	6,4	Probable	
Lomas Blancas		50.000	25	Probable	
Don Jorge		250.000	19,26	Posible	Riggi, 1965
Don Federico		216.550	21,7		

A este paisaje se agregaron como nuevos elementos morfológicos las construcciones volcánicas emplazadas sobre el relieve preexistente y controladas por la estructuración del zócalo.

Durante el Mioceno medio, asociado a la fase Quechua inicial (Orogenia Andina), se produjo un intenso magmatismo con formación de potentes estratovolcanes. Este volcanismo terciario presenta carácter ácido a mesosilícico, representado petrológicamente por andesitas y dacitas. Con probada continuidad, este volcanismo continuó durante el Cuaternario, volviéndose predominantemente mesosilícico y culminando con efusividad de carácter básico (Viramonte *et al.*, 1984).

Los volcanes Negro de Chorrillos y Tuzgle al oeste y noroeste de San Antonio de los Cobres, respectivamente, representan ese evento efusivo cuaternario con efusión de basaltos olivínicos y edades K/Ar de $0,2 \pm 0,15$ Ma para el primero y $0,1 \pm 0,1$ Ma para el segundo (Schwab y Lippolt, 1974).

Como evento póstumo del volcanismo cenozoico hay manifestaciones geotermales y depositación de calizas hidatógenas en las periferias de los aparatos volcánicos.

Geología del yacimiento

Descripción: el volcán Tuzgle (Pleistoceno) expone, en su ladera oeste, dos extrusiones mesosilícicas conformadas por tobas, lapilli y bombas, las cuales albergan las capas grisáceas y blanquecinas portadoras de azufre.

Estructura: el intenso diaclasamiento actúa como factor determinante en la localización de la mineralización.

Morfología: son capas tabulares mantiformes, con estéril entre ellas, de rumbo N-S predominante. El azufre se presenta como impregnaciones en tobas y también rellenando grietas y corridas fracturadas.

Mineralogía: azufre nativo

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El azufre se encuentra ligado al sistema volcánico extraandino, desarrollado en el sector oriental de la Puna a partir de la subducción de la Placa Pacífica.

Los depósitos fumarólicos ricos en azufre, bajo este contexto geotectónico, conforman las exhalaciones póstumas del magmatismo que da origen a sistemas tipo "pórfiro de cobre" y que evoluciona a facies intermedias que culminan en concentraciones azufradas en ambiente de estrato-volcán (Sillitoe, 1973).

MANIFESTACIONES DE CERRO NIÑO Y SUPISAINO

(Lurgo Mayón, 1999a)

Generalidades

Ubicación: las manifestaciones se encuentra a 6.000 m.s.n.m., en el suroeste de la provincia de Jujuy, a 185 km al sur de la estación Abra Pampa (F.C.G.M. B.).

Acceso: su mejor acceso es el que aprovecha el camino a Mina Pirquitas, de allí se deben recorrer más de 30 km; los primeros 20 km en vehículo a través de una senda en regular estado hasta llegar a Puesto Sierra, luego 10 km en mula y el resto en una caminata que dura aproximadamente una hora.

Infraestructura minera: no existe.

Sector	Leyes (% S)
Cerro Niño	33,5

Geología de los yacimientos

Descripción: el Cerro Niño presenta dos cumbres, separadas por una mesada de tobas en algunos sectores silicificadas y enriquecidas en hierro, cuya alteración posterior ha dado lugar a la

impregnación de la masa. Petrológicamente los cuerpos volcánicos se componen de dacitas de textura porfirica con fenocristales de feldespato blanquecino, cuarzos azulados y hojuelas de biotita inmersos en una pasta de tono gris-azulado. Las volcanitas son del Terciario superior. El cerro Supisaino presenta idéntica geología que el anterior, pues componen un mismo bloque.

Estructura: las tobas presentan una marcada porosidad por lixiviación.

Morfología: son filones de rumbo N-S de 0,45 m de potencia con una extensión de 100 m. Consisten de grietas rellenas por material tobáceo que posteriormente fue impregnado en forma muy irregular con azufre, relleno de oquedades. Es común ver en alguno de ellos limonización asociada a silicificación, que en sectores se resuelve como pequeños pináculos de sílice que asemejan a cerrillos producto de escapes de fuentes termales. El cerro Supisaino expone impregnaciones muy reducidas en superficie.

Mineralogía: azufre nativo.

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

MANIFESTACIONES EN LOS CERROS TINTE Y ZAPALERI (Coira, 1999)

Estas manifestaciones se alojan en áreas argilitizadas-silicificadas de dichos complejos lávicos post-colapso, de edad pliocena en lavas dacíticas del cerro Tinte y pleistocena en el cerro Zapaleri. Son de reducidas dimensiones, sin interés económico.

MINA JULIA
(Lurgo Mayón, 1999a)

Generalidades

Ubicación: sobre el límite internacional con Chile, en la Puna, en la provincia de Salta. Está situada en la ladera sudsudeste del cerro Estrella, a 5.000 m.s.n.m.

Acceso: distante 512 km de la ciudad de Salta, se accede por ferrocarril (ramal C14 FCGB) o un camino paralelo a éste hasta la estación Caípe y de allí, por ruta nacional N°59, 69 km hasta la mina. Otra alternativa es utilizar una pista de aterrizaje para pequeños aviones distante 15 km de la planta de tratamiento La Casualidad, el acceso a la mina se consigue por medio de un camino de cornisa de 25 km.

Infraestructura minera: posee una planta de tratamiento denominada La Casualidad, distante 25 km de la mina, a 4.200 m.s.n.m.

Producción: desde 1963 hasta 1972 E.A.S. produjo 1.155.000 t con un promedio de 21 % de azufre. Dejó de producir en 1978.

Antecedentes

La explotación del yacimiento comenzó en el año 1941 a cargo de la empresa Industrias Químicas Nacionales S. M. En 1943 esta se asocia con la Dirección General de Fabricaciones Militares. En 1951 el yacimiento pasa a ser totalmente propiedad de esta última entidad, denominándose a partir de 1952 E.A.S. (Establecimiento Azufrero Salta). El yacimiento se explotó hasta 1978, año en que la empresa E.A.S. cerró y las propiedades mineras tanto de la zona de Julia como de la Corrida Río Grande (continuación sur) revirtieron a la provincia de Salta.

Reservas y leyes de Mina Julia, provincia de Salta

Sector	Reservas (t)	Leyes (% S)	Referencias	
Mina Julia	650.000 medidas	23	Cuomo (1949)	
Mina Julia	3.550.000 (positivas y probables)	22,5	Bermúdez (1963)	
Mina Julia	Total	15 - 24	G.A.M.A (1972)	
	Sector este	600.000		15
	Sector sur	350.000		15
	Sector oeste	225.000		17
Corrida Río Grande	692.000	26,3		

Marco geológico

El volcanismo de la Puna se vincula con la subducción de la placa pacífica, que genera el frente volcánico circunpacífico calcoalcalino con características ácidas a mesosilícicas. En la actualidad no se observan focos volcánicos activos. Hay manifestaciones geotermales, con los que se vincula el azufre, y depositación de calizas hidatógenas.

La Puna Occidental salteña presenta en su extremo mas occidental un gran "escudo" de rocas volcánicas de 400 km de largo por 100 km de ancho, interrumpido por escasos asomos de leptometamorfitas en el este, algunas sedimentitas neopaleozoicas en el norte y rocas graníticas que forman leves serranías; sus pedemontes terminan en salares típicos del paisaje puneño.

Junto al límite con Chile y desde el Hito XXIV, en el norte, hasta el cerro Bayo, en el extremo norte de Catamarca y próximo al límite con Salta, se extiende una faja con gran cantidad de manifestaciones de azufre: las del cerro Bayo (mina Tecar y Mina San Pacho), cerro Tecar, Las Cañucas, Dos de Abril, La Flor, Flor de Puna, Tres Abras, La Negra, cerro El Apero, Filón de Azufre, Atalaya, Las Carpas, Petrona, Hito XXVI, La Silla, Sursilla, continuando la corrida de Cori, Mina Julia (principal acumulación de azufre volcánico existente en el país) y manifestaciones de cerro Azufre y cerro Bayo, esta última en Catamarca.

La Corrida Cori, que se extiende sobre el límite con Chile entre la mina Sursilla y el Cerro Estrella, a lo largo de aproximadamente 40 km, contiene pobres manifestaciones de azufre en el norte y algunos sectores con alteración hidrotermal en el sur. El cerro Estrella conforma el límite sur de la corrida, y en su faldeo sudsudeste

se encuentra la mina Julia. Una serie de propiedades mineras corresponden a la corrida Río Grande, que se prolonga por 75 km hasta las proximidades del cerro Azufre en Catamarca. Es notable la disminución de las masas azufradas hacia el sur, alejándose de Mina Julia. Tanto la corrida Cori como la corrida Río Grande se encuentran alineadas según la dirección N160°E, rumbo al que responden gran parte de las fracturas presentes. Otra familia de fracturas de importancia son las de rumbo N70°E, siendo el cerro Estrella el sector donde se concentra la mayor cantidad de cruces entre lineamientos, favoreciendo la actividad fumarólica y por lo tanto la mayor mineralización de azufre.

El cerro Estrella está formado por materiales lávicos y piroclásticos eruptados por los tres aparatos volcánicos que lo rodean y cuyos materiales han servido de caja a la mineralización.

Estructura: los centros efusivos que formaron las corridas de Cori y Río Grande están alineados en dirección N160°E; estas fracturas fueron desplazadas por otras de orientación N70°E. Diaclasamiento no relacionado con las direcciones de falla tiene orientación N150°E, N35°E y N145°E.

Morfología: en general los cuerpos mineralizados son de forma groseramente tabular, como "copa invertida", con leyes de azufre muy variables, alternando zonas ricas con sectores de baja ley. Este hecho dificulta la explotación y el cálculo de reservas.

Mineralogía: azufre nativo rellena poros de lavas y tobas, también diaclasas de enfriamiento o microfisuramiento por empuje del fluido. La impregnación marca el aporte de mayor tonelaje en azufre. Por reemplazo de la roca de caja, las

Geología del yacimiento Mina Julia

Estrato	Espesor (m)	Observaciones
Lava e		Basalto feldespático con abundante magnetita.
Toba 5		
Lava d		Basalto feldespático con abundante magnetita.
Toba 4	70	Presenta zonas con componentes fumarólicos, con formación de yeso y jarosita, y también masas azufradas.
Lava c	0,5-8	Igual composición pero profundamente alterada con sustitución hidrotermal en las fracturas.
Toba 3		Color gris a blanco en las zonas alteradas. Es el nivel mayormente mineralizado.
Lava b	0,3-10	De iguales características que la lava a.
Toba 2	15-20	Color gris a blanco intenso en las zonas alteradas. Presenta componentes azufrados.
Lava a	0,3-4	De composición basáltica feldespática con labradorita y piroxenos.
Toba 1	10-100	Color blanco amarillento.

diferencias petrográficas que tienen las tobas y lavas, y el efecto variable de las solfataras en intensidad, diseño, flujo, acidez y otros, se genera gran variedad de menas. La alunita es uno de los sulfatos que se forman de la alteración de los minerales que liberan aluminio. Yeso y tenardita rellenan grietas.

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El azufre elemental se genera en estos yacimientos exhalativos postvolcánicos debido a la presencia de fluidos calientes (100° y 200° C) con gran cantidad de gases ricos en vapor de agua y SH₂, dando lugar a la siguiente reacción:



El color blanco intenso, propio de zonas alteradas, es debido a la reacción del SO₄H₂ con los elementos alcalinos de las tobas, generándose sulfatos y provocando un intenso lavado.

MANIFESTACIONES DEL VOLCÁN DOS CONOS

(Lurgo Mayón, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la Puna catamarqueña, sobre la vertiente de la Cordillera San Buenaventura, que se eleva con dirección oeste-este y conforma el límite sur de la Puna. Es la única manifestación de azufre al sur de la faja de la Puna Central.

Acceso: desde Tinogasta hasta el Paso de San Francisco; recorrido de 240 km por ruta Nacional N°60. Desde allí y con tropa de mulares se llega al cerro Dos Conos, distante 15 km al norte del paso internacional.

Reservas y leyes de azufre del Volcán Dos Conos

Sector	Reservas (t finas)	Leyes (% S)
Cerro Dos Conos	1.400.000	
Sector enriquecido		50,0 – 92,0
Zonas impregnadas		10,0 – 40,0
Promedio no ponderado		40,4

Marco geológico

En el Cuaternario tuvieron lugar episodios volcánicos andesíticos, ignimbríticos dacíticos y basálticos típicos del ambiente puneño. El

fenómeno volcanogénico póstumo provocó las mineralizaciones de azufre en la región.

Geología del yacimiento

Descripción: el material lávico y sus tobas asociadas conforman la caja de las mineralizaciones y las rocas alteradas hidrotermalmente. En las grietas de las tobas andesíticas se alojan los cristales de azufre; la mineralización en forma de impregnaciones se ubica en otros sectores. Las tobas vítreas se encuentran profundamente alteradas, con importante impregnación de azufre. Las pumicitas de color blanco y deleznales presentan impregnaciones de azufre pulverulento o microcristalino.

Estructura: el rápido enfriamiento de las lavas derramadas provocó la formación de un complejo sistema de diaclasas que sirvió como conducto de los fluidos termales.

Morfología: la superficie mineralizada es de 1,5 km²; comprende bancos que, en cortes naturales, alcanzan una potencia de 5 a 10 metros. El estilo de la mineralización es relleno de fracturas y nidos enriquecidos con alta ley, en tanto los diseminados en rocas alteradas presentan leyes menores.

Mineralogía: azufre nativo en cristales dentro de las grietas, o como impregnaciones pulverulentas o microcristalinas en pumicitas de color blanco, ásperas y deleznales. Yeso con hábito fibroso y agregados compactos en bancos gruesos amarillentos.

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

MANIFESTACIONES DEL CERRO JAGÜELITO

(Lurgo Mayón, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de San Juan, en la Cordillera de Colangüil, 20 km al este del paso de Las Tórtolas. Entre 4.000 y 5.000 m.s.n.m. Mina Rey Mago es la más reconocida.

Acceso: con mulares.

Cerro Jagüelito	Leyes (% S)
Veta N°1	62,6
Veta N°2	37,8

Antecedentes

En el año 1940 se realizaron pequeñas labores en las dos vetas de la mina Rey Mago. El mineral era trasladado hasta Jáchal, distante 100 km, a lomo de mula.

Geología del yacimiento

Descripción: las manifestaciones aparecen sobre la ladera sudoeste de la Cordillera de Colangüil, cubiertas por acarreo con un ángulo de depositación de 30°. Sobre un basamento de cuarcitas y esquistos se sobreponen andesitas, brechas y tobas. En la mina Rey Mago las brechas mineralizadas presentan piroclastos de hasta 0,30 metros en una matriz fina con plagioclasa, biotita y hornblenda. En los alrededores de estas brechas hay sectores con alteración, mostrando decoloraciones por desferrización y silicificación producida por emanaciones termales asociadas al azufre, produciendo rocas porosas, blanco-parduzcas.

Morfología: en la mina Rey Mago existe un banco de 100 metros de largo y entre 5 y 15 metros de potencia inclinado 75° al noroeste. En él yacen dos vetas lenticulares, la N° 1 tiene 3 metros de espesor y rumbo N35° y la veta N° 2 orientada N15°O tiene una potencia máxima de 2 metros.

Mineralogía: azufre nativo

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico. Grupo: Depósitos epitermales y de transición).

Algunos indicios de cerro Jagüelito podrían marcar la transición hacia depósitos epitermales, modelo al que se deben agregar las alteraciones con 15% de alumbre, diques de brechas y vetas cuproauríferas en las cercanías.

DEPÓSITO DEL CERRO OVERO

(Lurgo Mayón, 1999c)

Generalidades

Ubicación: en el sudoeste de la provincia de Mendoza, en el distrito minero N°1 Sosneado-San Rafael, a 17 km del límite con Chile y a 80 km al sudoeste de la estancia El Sosneado. Sus coordenadas son 34° 40' S - 70° 00' O.

Reservas y leyes de azufre en el cerro Overo

Sector	Volumen mineralizado (m ³)	Leyes (% S)	Azufre contenido (t)
Cerro Overo	252.400	65	325.000

Acceso: por ruta al Sosneado, de donde dista 130 km al oeste.

Producción: desde 1942 a 1978 produjo 86.736 t de refinado.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Antecedentes

El depósito fue explotado desde 1942 hasta 1978 por la empresa Sominar Sociedad Minera Argentina. La propiedad constaba de 17 pertenencias (102 ha) distribuidas en Volcán Overo I y Volcán Overo II.

El yacimiento fue estudiado por Maldonado Baumann en 1953.

Geología del yacimiento

Descripción: consiste en un estratovolcán que se levanta entre rocas mesozoicas, más precisamente entre yeso, conglomerados y areniscas jurásicas. Durante el Plioceno se conformó la estructura del cerro Overo con extrusiones de lavas andesíticas y basálticas. En el Cuaternario la actividad volcánica fue contemporánea con fenómenos de glaciación, con derrame de lavas andesíticas y generación de aglomerados basálticos y tobas andesíticas basálticas durante la glaciación y posterior a ella. Las fumarolas que impregnaron el material tobáceo fueron el último referente de la actividad volcánica. El azufre suele presentarse como polvo, cristales y también en masas de gran pureza.

Morfología: el material tobáceo impregnado tiene una extensión de 700 m y una diferencia de altura de 200 m. Son mantos de 1 a 3 metros de potencia con irregular distribución de la mineralización.

Mineralogía: azufre nativo.

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

CERRO TROMEN, CERRO HUAYLE Y MINA HILDA MARY

(Lurgo Mayón, 1999c)

Generalidades

Ubicación: en el noroeste de la provincia del Neuquén, de 50 a 100 km del límite con Chile,

en el sector cordillerano de Chos Malal. Sus coordenadas son 37° 00' S - 70° 00' O.

Acceso: al depósito de cerro Tromen se accede por vehículo y cabalgadura desde Buta Ranquil, distante 40 km al sudoeste.

Producción: cerro Tromen se explotó desde 1935 hasta 1942 y se extrajeron 72 t con una ley de 40% de azufre. Entre los años 1957 y 1963, la mina Hilda Mary produjo 1.136 t de azufre refinado en la planta de tratamiento instalada por la Empresa Minera Chos Malal en Tricao Malal.

Geología de los yacimientos

Los tres yacimientos se encuentran en un ambiente volcánico, con manifestaciones volcanogénicas del cuaternario que en sus eventos póstumos generaron la mineralización, impregnando sus piroclásticas y volcanitas.

Modelo genético

7g (Azufre fumarólico). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

DEPÓSITO LOS PETISOS (Carotti, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Mendoza, departamento Malargüe, 90 km al sudsudeste de la población de Malargüe. Sus coordenadas son 36° 37' S - 69° 32' O.

Acceso: a 15 km del puente de la ruta nacional 40 que cruza el Río Grande.

Usos: en lixiviación del cobre.

Sistema de explotación: los horizontes con azufre pueden ser explotados por el proceso Frash.

Antecedentes

El hallazgo de azufre en el sur mendocino se debió a una perforación realizada por YPF en 1987 en el anticlinal del Petiso. La empresa Minera TEA, en el año 1992, realizó 6 sondeos por un total de 500 m de perforación y aseguró reservas de más de un millón de toneladas en menos de 15% del área a explorar. La súbita caída del precio del azufre en el año 1993 obligó al abandono del proyecto a fines de ese año. En 1994 la empresa Recursos Americanos Argentinos llevó a cabo un plan de exploración que consistió de 36 pozos, con 3.792 metros perforados, incrementándose las reservas. Los derechos mineros pertenecen a Recursos Americanos Argentinos desde 1996.

Marco geológico

El depósito se encuentra en la provincia geológica de Cuenca Neuquina. La mineralización se circunscribe a la Formación Huitrín y la Formación Rayoso (Freytes, 1975; Legarreta y Boll, 1982; Legarreta, 1985; Legarreta y Gulisano, 1989).

Reservas y leyes de azufre en depósitos de la provincia del Neuquén

Sector	Reservas (t)	Leyes (% S)	Referencias
Cerro Tromen (37°08'S-70°02'O)	40.000	65,6	Mendez <i>et al</i> (1995)
Cerro Huayle (37°03'S-70°09'O)	5.000	30 - 40	Angelelli (1939)
Mina Hilda Mary (36°48'S-70°21'O)	Total	150.000	23
	Sector 1	5.678 (positivo) 13.239 (posible)	Mendez <i>et al.</i> (1995)
	Sector 2	13.440 (positivo) 20.160 (probable)	

Reservas y leyes de azufre del depósito Los Petisos, provincia de Mendoza

Sector	Reservas (t)	Leyes (% S)	Azufre contenido (t)	Referencia
Los Petisos	Superior	17.842.151	16,55	2.970.719
	Inferior	12.984.305	13,25	1.721.057

La Formación Huitrín es una unidad de ambiente de transición entre el marino de Formación Agrio (en la base) y la Formación continental Rayoso. En la provincia de Mendoza esta unidad tiene espesores desde 40 m en zonas próximas a los márgenes de la cuenca hasta 340 m en los centros. Se alcanzan mucho mayores espesores si ha existido un evento tectónico que las haya deformado plásticamente. Está constituida por tres miembros (Chorreado, Troncoso y La Tosca) que presentan evidentes variaciones horizontales propias de ambientes lagunares y costaneros con facies de interior de cubeta, como evaporitas de ambiente marino hipersalino, y de margen, donde se encuentran depósitos clásticos fluviales pelítico-arenosos.

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento Los Petisos se ubica en el extremo sur del braquianticlinal "Petiso-Ranquilco", cuyo eje de dirección nornoreste-suduroeste se prolonga por 10 km y está limitado en el oeste por una falla. El depósito se encuentra a 500 m de profundidad y sólo se conoce su porción oeste, entre la falla y el flanco oeste del anticlinal. Se reconocen dos niveles mineralizados: un nivel superior y uno inferior, el primero se circunscribe a la sección superior del miembro Troncoso, en donde las calizas del miembro La Tosca y las pelitas marginales de su sección inferior le sirven de excelente sello. Por debajo, el nivel inferior está representado por la sección superior del miembro Chorreado, también mineralizado, y lo sellan las pelitas del miembro

Troncoso y las calizas de la sección inferior del miembro Chorreado.

Estructura: el depósito está pobremente fracturado y no hay signos de tectonismo.

Morfología: Cuerpos lenticulares de espesores variables.

Mineralogía: biocalcita con azufre, presentes como reemplazo del yeso; esto genera una masa rocosa de biocalcita con oquedades de diámetros variables (1-60 mm) con azufre tapizando las paredes interiores. Se originan también drusas con calcita y azufre manchados con petróleo.

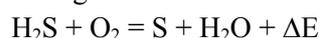
Modelo genético

9o (Azufre biogénico). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La presencia de azufre biogénico se debe a la existencia de cuerpos de yeso muy puros en los diversos miembros de la Formación Huitrín, que sumado a la presencia de hidrocarburos, buena porosidad e intercambio con aguas meteóricas, dieron las condiciones geológicas necesarias para el proceso que tiene como producto el azufre, que se resume químicamente en:



Anhidrita + metano = sulfhídrico + calcita + agua + energía



Sulfhídrico + oxígeno = azufre + agua + energía

Estratigrafía de la Formación Huitrín, Cuenca Neuquina

Unidad estratigráfica		Ambiente	Secciones
Gr. Neuquen		Continental	
Fm. Rayoso		Continental	Sección clástica. Evaporitas (yeso, calizas y escasa sal).
Fm Huitrín (Cretácico inf.)	Mb La Tosca	Transición	Hasta 50 m de calizas.
	Mb Troncoso		100 m de anhidrita y halita que se extienden hasta los márgenes y en la porción superior hay silvita. Presenta mineralizaciones de azufre.
	Mb. Chorreado		Anhidrita y halita marinas con depósitos clásticos en las facies marginales. Evaporitas de mares hipersalinos con proceso de reemplazo biogénico con mineralización de azufre Facies pelíticas con presencia de carbonatos en las facies marginales.
Fm Agrio		Marino	

FILO MORADO, MANIFESTACIONES DE
CERRO PINTADO Y ZONA DE
TAQUIMILÁN
(Gabriele, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén. Filo Morado dista 50 km al este-noreste de la localidad de Chos Malal en el norte de la provincia. Las manifestaciones de cerro Pintado se encuentran en el centro de la provincia de Neuquén, a 35 km al noreste de Zapala, y la zona de Taquimilán es el sector ubicado metros antes del cruce entre la ruta nacional 40 y el arroyo Taquimilán.

Acceso: a Filo Morado se accede por ruta nacional 40 hasta la localidad de Auquilco, luego la ruta provincial 6 llega hasta el depósito.

Antecedentes

La mineralización en Filo Morado fue hallada por YPF cuando la empresa, en busca de petróleo, se encontraba perforando el yacimiento homónimo. Actualmente no se encuentra en producción y la zona está cubierta por cateos de la empresa F y F.S.R.L.

Catalano (1926) mencionó por primera vez la presencia de las manifestaciones de azufre en cerro Pintado. Las mismas fueron explotadas a principios del siglo XX.

Marco geológico

Los depósitos se encuentran en el ámbito de la Cuenca Neuquina. Los potentes estratos evaporíticos en la secuencia de sedimentos mesozoicos junto a la presencia de hidrocarburos hacen de la región un sector con gran potencial de azufre nativo bioepigenético.

Geología del los yacimientos

Descripción: en Filo Morado el azufre se encuentra en el miembro Troncoso de la Formación Huitrín, como cristales translúcidos y como agregados microcristalinos, a una profundidad de entre 1.130 y 1.170 m.b.b.p. La zona de Taquimilán presenta evidencias que permiten la posibilidad de formación de azufre nativo a partir de procesos biogénicos postsedimentarios. Algunas de ellas son: afloramientos del miembro Troncoso en diversos sectores conformando en parte el limbo de apretados sinclinales; aguas de perforaciones con altos contenidos de H₂S al nordeste de Taquimilán y la presencia certificada de hidrocarburos.

Modelo genético

9o (Azufre biogénico). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

AZUFRE

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Cerro Zapaleri	Cerro Zapaleri	22° 50'	67° 11'	Azufre-yeso	Solfatárico, venillas, impregnaciones			Pleistoceno	Andesitas y dacitas	Conjunto Láxico Cerro Tinte	7g	Pleistoceno
Rinconada	Cerro Niño, Supisaino	22° 50'	66° 38'	Azufre	Filones	S: 33,5 %		Terciario superior	Tobas		7g	Mioceno-Plioceno
Cerro Tuzgle	La Betty, Sol de Mayo, María Teresa, La Eva	24° 03'	66° 29'	Azufre-yeso	Solfatárico, impregnaciones, vetillas y rellenos de cavidades	S: 22,6 %	551.000 t	Plioceno- Pleistoceno	Tobas	Conjunto Efusivo Tuzgle	7g	Pleistoceno
	Cerro Bayo	24° 28'	68° 18'	Azufre	Cuerpo tabulares			Plioceno- Holoceno	Lavas basálticas, tobas		7g	Plioceno- Holoceno
La Casualidad	Julia (Cerro Estrella)	25° 00'	68° 21'	Azufre	Vetiforme, diseminado, impregnaciones, lenticular	S: 23 %	470.000 t (medidos) 580.000 t (indicados)	Plioceno Pleistoceno	Andesitas, tobas, ignimbritas y cenizas.		7g	Plioceno- Holoceno
Volcán de Azufre	Mirados, Pachamama I a IV	25° 06'	68° 27'	Azufre	Vetiforme			Plioceno- Pleistoceno	Andesitas, basaltos, andesitas basálticas		7g	Plioceno- Pleistoceno
Cerro Bayo	Cerro Bayo, Rosa	25° 15'	68° 30'	Azufre	Vetiforme			Plioceno- Pleistoceno	Andesitas, basaltos, andesitas basálticas		7g	Plioceno- Pleistoceno
Dos Conos	Dos Conos, Facundo, San Miguel	26° 52'	69° 06'	Azufre	Cristales, granos, impregnaciones y relleno de fracturas	S: 35-65 %	120.000 t	Plioceno- Pleistoceno	Andesitas, basaltos, ignimbritas		7g	Pleistoceno
	Cerro Jagüelito, Reyes Magos	29° 49'	69° 39'	Azufre	Vetiforme	S: 70-80 %		Terciario	Brechas y tobas andesíticas		7g	Terciario
	Volcán Overo	34° 33'	70° 00'	Azufre	Impregnaciones, relleno de grietas	40%	1,25 Mt (totales)	Pleistoceno	Tobas, aglomerados, brechas basálticas y traquiandesíticas	Complejo Efusivo Diagüítico (Volcanitas Posglaciales)	7g	Cuaternario

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

AZUFRE

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Hilda Mary	36° 48'	70° 21'	Azufre	Impregnación, relleno de fisuras	S: 23%	100.000 t (totales) 150.000 t (inferidos)	Cuaternario	Tobas andesíticas, cenizas	Complejo Efusivo Diaguitico (Volcanitas preglaciales)	7g	Cuaternario
	Los Petisos	36° 27'	69° 32'	Azufre	Relleno de huecos, venillas y diseminado	S: 15,22%	30,82 Mt (totales)	Cretácico	Pelitas arenosas, evaporitas, calizas	Formación Huitrín	9o	Cretácico
	Cerro Huayle	37° 03'	70° 09'	Azufre	Nódulos, impregnación	S: 43%	5.000 t (totales)	Cuaternario	Tobas	Complejo Efusivo Diaguitico (Volcanitas preglaciales)	7g	Cuaternario
	Filo Morado	37° 25'	69° 43'	Azufre	Relleno de huecos			Cretácico inferior	Evaporitas marinas y sedimentitas epiclásticas.	F. Huitrín	9o	Cretácico inferior

BARITINA

La baritina (BaSO_4) es el mineral de bario más común; se encuentra generalmente en cristales bien formados pero también en concreciones globulares y como fibras, lamelas y agregados terrosos. Es común encontrar a los cristales con impurezas de óxidos e hidróxidos de hierro, sulfuros y material orgánico. Las especies puras son de color blanco pero pueden presentarse de color amarillo, rojo, marrón y azul según las impurezas que contengan.

La baritina tiene una estructura mineral similar a la celestina (SrSO_4). Se presenta comúnmente en su especie pura, pero puede ser reemplazada por estroncio en una serie continua de solución sólida desde baritina a celestina. Así los miembros de esta serie que presentan un predominio de la “molécula” Ba son llamados baritocelstina y aquellos próximos al extremo del Sr se los denomina estronciobaritina.

La baritina es poco soluble en agua, aunque esta solubilidad aumenta por calor o por la presencia de cloruros. La causa más probable de precipitación de baritina sería la oxidación o reducción de sulfuros o sulfatos en soluciones que contengan Ba. La solubilidad de este mineral es baja (10^{-6} a 10^{-3} molal).

Las soluciones cargadas con Ba pueden ser de origen marino o continental, diferenciándose unas de otras, entre otras características, por el contenido de Th. Así, la baritina formada en el fondo marino posee aproximadamente 34 ppm de Th mientras que las de origen continental tienen un contenido aproximado de 0,1 ppm de Th.

La baritina de origen hidrotermal tiende a enriquecerse en ^{34}S con valores de $\delta^{34}\text{S} = +12$ a $+30\%$. En estos casos, ocurre como ganga mineral en vetas metalíferas de origen hidrotermal y como vetas o relleno de cavidades en calizas, areniscas, lutitas y arcilitas.

La baritina se encuentra comúnmente asociada con pirita, cuarzo, carbonatos, minerales de cinc y, en particular, con fluorita, minerales frecuentemente relacionados regionalmente.

Como producto de su alteración se forma whiterita (BaCO_3). También puede ser reemplazada pseudomórficamente por carbonatos, sulfatos y sulfuros.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE BARITINA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
8d	31b	E 17
9c		E 13
9d	31b/35a.1	E 17 – F 04
14h	26b/c, 27e	I 10/11

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos de baritina se distribuyen a lo largo del extremo occidental del país, entre los paralelos de 22° S y 39° S. Estos depósitos se generaron durante el Ordovícico, el Jurásico y el Mioceno-Plioceno.

Durante el Episodio Famatiniano (Cámbrico medio-Carbonífero) el terreno Antofalla-Arequipa se separa de Pampia-Famatina, produciéndose fenómenos de riftogénesis y originándose una cuenca marginal con depósitos sedimentarios exhalativos de Pb-Zn-Ag en cuyas periferias se acumularon los depósitos sedimentarios exhalativos de baritina (depósitos de baritina de la Cordillera Oriental, modelo 8d).

Durante el Ordovícico, sobre el basamento greenvilliano de Cuyania se apoyó una plataforma carbonática en la cual, en algunos sectores, se generaron mineralizaciones de Pb-Zn + Ba (distrito La Helvecia, Precordillera riojana, modelo 9c). En las secuencias de talud de esa plataforma (Ordovícico-Silúrico) se originaron depósitos tipo SEDEX de Ba (distrito barítico de Canota, Precordillera mendocina, modelo 8d).

En el período extensional Mesozoico se desarrolló una cuenca periférica al núcleo del cratón (ex Pampia). En los depósitos de lutitas negras de plataforma distal (Formación Los Molles) a comienzos del Jurásico medio se formaron depósitos de baritina con aporte de Ba volcánogénico submarino (modelo 8d). Desde el sur de San Juan hasta el sur de Neuquén, mineralizaciones no metalíferas estratoligadas de celestina-baritina se relacionan con el resto de los sedimentos jurásicos (depósitos relacionados con las formaciones Tábanos, La Manga y Auquilco, modelo 9d), al igual que depósitos de yeso y arcillas.

Depósitos de baritina vinculados a la actividad del arco andino aparecen en la Cordillera Frontal mendocina (mina Omega, modelo 14h).

DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA CORDILLERA ORIENTAL (Castillo, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de Cordillera Oriental, en las sierras de Santa Victoria y Zentas. Los distritos baríticos se ubican en la porción nordeste de la provincia de Jujuy y noroeste de Salta. En el sector nororiental de la Cordillera Oriental se encuentran los distritos Santa Victoria, Iruya y Sierra de Zenta, y en el sector suroriental el grupo minero El Toro. Otros distritos baríticos de la Cordillera Oriental son Pumahuasi (mina Chaussette, Pumahuasi, Sol de Mayo, etc.), Sierra de Aguilar (Blanca Flor, Esperanza, Potrerillo I, etc.) y Alumbrillo-El Moreno.

Producción: en el distrito Santa Victoria la mina Mono Abra produjo 20.000 t entre los años 1985 y 1990. La mina Noemí Antonina (distrito Sierra Zenta) produjo 11.000 t entre los años 1989 y 1990.

Sistema de explotación: subterráneo.

Geología de los yacimientos

Descripción: en los diversos distritos baríticos la baritina es mineral principal en vetas de alta pureza, asociado con cuarzo y galena con blenda, pirita, calcopirita, óxidos de hierro y manganeso y óxidos de cobre como accesorios, y también como ganga en vetas polimetálicas (Pb-Zn-Cu-Au-Ag). Los cuerpos mineralizados se emplazan principalmente en rocas ordovícicas, como mantos estratiformes o vetas, con altas concentraciones de Ba y Pb y cantidades variables de Ag, Zn, Cu, Fe y Mn, además de tenores auríferos. También en vetas o filones atravesando rocas cámbricas (Grupo Mesón), con valores restringidos de Ba, y de la formación Puncoviscana (precámbrica-eocámbrica) con altos contenidos en hierro y cobre y menor concentración de Ba y plomo además de contenidos auríferos. En las manifestaciones y

depósitos del sector nororiental no se advierte vinculación con rocas magmáticas.

Estructura: denso fallamiento que facilitó el emplazamiento de los cuerpos mineralizados.

Morfología: la baritina se presenta en cuerpos tabulares estratiformes en rocas ordovícicas o como vetas y filones cortando rocas precámbricas, cámbricas y ordovícicas. En este último caso el control estructural de la mineralización es evidente, emplazada en fallas.

Mineralogía: la baritina se presenta en cristales blancos, cremas o rosados pálidos, prismáticos, conformando un hábito fibro-radial muy característico o bien como masa pulverulenta mezclada con otros minerales. Se asocia a cuarzo, fragmentos líticos y galena y la proporción en que se encuentren determinará la densidad de la masa mineral (de 3,9 gr/cm³ a 4,58 gr/cm³). En sectores de mayor deformación la baritina se vincula a intercrecimientos de micromosaicos y venillas de cuarzo que afectan la pureza del mineral y dificultan su liberación.

Modelo genético

8d (SEDEX baritina). Grupo: Depósitos sedimentarios exhalativos y volcanogénicos submarinos.

14h (F-Ba. Grupo): Vetas y brechas, de asignación genética diversa.

Los depósitos de baritina están comprendidos en la Provincia metalogenética Quiaqueña y se presentan en yacencias estratiformes o en vetas y filones dentro de rocas ordovícicas.

La distribución espacial de los depósitos y las semejanzas de emplazamientos litológicos, localización estratigráfica y vinculación estructural, permiten establecer un modelo genético regional con dos etapas principales: una primera relacionada a la paleogeografía de la cuenca ordovícica y la depositación de sulfatos (Ba) en sedimentitas de plataforma (modelo 8d) y una segunda concentración mecánico-metamórfica, controlada por patrones

Reservas y leyes de los distritos baríticos de Cordillera Oriental

Distrito	Mina	Reservas de mineral bruto (t)	% SO ₄ Ba	Referencia
Santa Victoria	Mono Abra	118.000	86,10	Castillo <i>et al.</i> , 1992, 1994 y 1996
	Poscaya	53.000	79,63	
			95,35	
Sierra Zenta	San Martín	105.000	81,00	

estructurales, donde la compresión juega un importante rol en la distribución de los fluidos mineralizantes (modelo 14h).

Los yacimientos se alojan en depósitos de margen pasivo del Paleozoico inferior (Ordovícico) dentro de los terrenos Pampia-Arequipa-Antofalla y están asociados a depósitos del modelo SEDEX Pb-Ag-Zn-Cu (8c), SEDEX baritina (8d) y a depósitos polimetálico simples de Pb-Ag-Zn-Ba-Cu (14c). Las vetas de baritina pura son comunes en o cerca de los márgenes de cuencas con depósitos tipo SEDEX o Kuroko (Zappettini, 1999).

DISTRITO BARÍTICO CANOTA (Etcheverry y Brodtkorb, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Mendoza, en el ámbito de Precordillera, a 1000 m.s.n.m. Dista 37 km al noroeste de la ciudad de Mendoza (departamento las Heras) en la Estancia Canota. Sus coordenadas son 32°33'/32° 36'S - 68° 50'O.

Producción: la mina Pirucha produjo 30.000 t de mineral; Lavandaio (1993) calculó una producción total del distrito de 60.000 t. A comienzo de la década de 1990 la mina La Victoria producía 1000 t de baritina por año.

Usos: en lodo de inyección para la industria petrolera.

Sistema de explotación: subterráneo (galerías, socavones, etc.) y rajos a cielo abierto. En la mina Pirucha se construyeron dos niveles de galerías de algunas decenas de metros de longitud. La mina La Victoria se trabaja con tres socavones en un banco vertical aflorante en una ladera.

Antecedentes

Los primeros trabajos de explotación comenzaron a principios de la década de 1950 (Pasquín, 1962; Cuerda, 1963) y se han prolongado, a irregular ritmo, a través de los años.

Marco geológico

Los depósitos de baritina del distrito Canota se ubican en la Precordillera mendocina, continuación de la Precordillera Central sanjuanina. En dicho sector Cuerda *et al* (1988) han definido el siguiente orden estratigráfico, de base a techo: **Formación Villavencio** (Ordovícico) conformada por pelitas grises y negras de ambiente marino de plataforma de baja energía y circulación restringida, con presencia de graptolitos y sometidas a un metamorfismo dinámico. En el techo presenta un nivel con baritina. Por encima, en discordancia erosiva y angular, yace la **Formación Canota** (Silúrico superior-Devónico) conformada por un conglomerado basal y ritmitas psamopelíticas en el techo, interpretadas como una secuencia tipo flysh producida por la reactivación de la cuenca. Cubren estos depósitos marinos los sedimentos continentales triásicos de la **Formación Las Cabras**. Este arreglo estratigráfico ha sido revisado y modificado por Bordonaro (1999), quien destaca que la secuencia estratigráfica de depósitos de talud y cuenca oceánica comienza con la **Formación Empozada**, considerada por Bordonaro *et al* (1993) como una unidad olistotrómica integrada por un miembro inferior de pelitas oscuras (Llanvirniano-Caradociano superior) con numerosos olistolitos cámbricos calcáreos y megabrechas, y un miembro superior integrado por pelitas y areniscas del Ashgilliano (Ordovícico superior tardío). En el área de Canota

Reservas y leyes del distrito barítico Canota

Mina	Reserva medida	Reserva probable	Reserva posible y potencial	% SO ₄ Ba	% SO ₄ Sr	Referencias
Pirucha	13.000t	36.000t		82,2	0,3	Sarudiansky y del Carril, 1984
La Victoria			8.000t	75 - 85	S.D	
Eugenio José				83,3	0,3	Sarudiansky y del Carril, 1984
Don Manuel				74,3	0,2	

Bordonaro (1999) reconoce la presencia de una escama tectónica perteneciente a la Formación Empozada entre las turbiditas de la Formación Villavicencio (Silúrico-Devónico).

Geología del yacimiento

Descripción: la mineralización se circunscribe a una faja de pelitas negras y grises de la Formación Empozada (Villavicencio según Cuerda *et al.*, 1988) de unos 4 km de longitud (aflorante desde la quebrada de Corral Viejo, al norte, hasta la quebrada de Canota, al sur). Estos estratos lutíticos presentan buena fisilidad y laminación, con orientación N70°-80°E/50°S a N25°E/subverticales al nornoreste. La relación de la formación ordovícica con la formación suprayacente varía según el sector: en el sur el contacto es a través de una discordancia erosiva y angular, mientras que en el norte el contacto es tectónico a través de una falla vertical. La mineralización se localiza dentro de los estratos pelíticos, principalmente en la parte superior de la Formación Empozada.

Estructura: en la región se ha definido una estructura de bloques imbricados con vergencia al este y subhorizontales en profundidad (Bettini, 1981). Localmente las lutitas presentan buena laminación y fisilidad, además de un importante clivaje de corte superpuesto y fallas oblicuas a las principales. Las rocas eopaleozoicas presentan plegamientos de primer y segundo orden con longitudes de onda de 2 metros a pocos centímetros, formados por los movimientos de finales del Devónico (Cuerda *et al.*, 1989).

Morfología: los lentes de baritina son de dimensiones variadas, generalmente de 1 a 8 metros de largo por 0,3 a 0,8 metros de espesor, hasta casos extremos de 15 a 20 metros de largo y 1 a 8 metros de potencia. La baritina se presenta como nódulos, lentes o cristales inmersos en los estratos lutíticos. Los nódulos presentan una geometría elipsoidal a esferoidal con una relación largo:ancho:espesor de 1,25:1:0,3 a 1,5:1:0,8. Su textura interna puede ser homogénea (cristales de 0,3 mm a 0,4 mm) o heterogénea (núcleo de

material fino y hacia los bordes cristales que alcanzan 5 mm).

Mineralogía: la baritina se presenta con hábito cristalino, espático o microcristalino; es de color negra debido al contenido de materia orgánica y el peso específico es relativamente bajo (3,97 a 4,15 gr/cm³) por la cantidad de arcilla que contiene atrapada en su estructura.

Modelo genético

8d (SEDEX baritina). Grupo: Depósitos sedimen-tarios exhalativos y volcanogénicos submarinos.

La presencia de cuerpos de baritina estratoligados y concordantes con las rocas ordovícicas; cristales de baritina comúnmente conteniendo argilominerales atrapados, y la formación de nódulos crecidos en un barro sobresaturado de sulfato de bario, denotan un origen diagenético. Hay ausencia total de evidencias de control estructural en el emplazamiento de la mena.

Etcheverry y Brodtkorb (1999) postulan que el origen del ion sulfato es marino, mientras que el bario podría deberse a una fuente volcanogénica. El volcanismo durante el Ordovícico estaba ubicado a unos 80-100 km al oeste, por lo que se supone la existencia de una trampa geomorfológica para la concentración de los cationes de bario.

BARITINA EN LA CUENCA NEUQUINA

La cuenca Neuquina representa un depocentro de trasarco desarrollado a partir del Triásico superior, caracterizado por un relleno inicialmente volcánico ignimbrítico y luego, desde el Jurásico inferior hasta principios del Terciario, por una acumulación sedimentaria donde alternan sucesiones litológicas marinas y continentales. Cada ciclo culmina con secuencias evaporíticas estrechamente ligadas a los depósitos de baritina y celestina, como también a yeso y halita (Brodtkorb *et al.*, 1975, 1982, 1989, 1999).

Cuadro estratigráfico simplificado de la Cuenca Neuquina (Legarreta y Gulisano, 1989)

Edad		Unidad Litoestratigráfica	Ambiente y Litología	Mesosecuencia	
Terciario	Neógeno	F. Palaoco			
	Paleógeno	F. Collón Curá			
		F. Pircala			
Cretácico	Superior	F. Roca	Ambiente marino-continental.	Malargüe	
		F. Loncocha y F. Allen			
		F. Río Colorado	Ambiente continental.		Neuquén
		F. Río Neuquén			
		F. Río Limay			
	F. Rayoso	Ambiente continental oxidante. Muestra una intercalación de areniscas y arcilitas rojas con fangolitas en el techo.	Rayoso		
	Inferior	F. Huitrín	Ambiente supratidal en la base y continental restringido en el techo. Yeso en la base, halita y arcilitas en el techo.	Huitrín	
		F. Agrio	Ambiente subtidal e intertidal en el techo. Arcilitas verdes intercaladas con areniscas en la base y calizas y areniscas en el techo con formación de baritina y celestina.	Mendoza	
		F. Mulichinco y Chaochao	Ambiente intertidal. Areniscas gruesas.		
		F. Bajada Colorada, F. Limay			
		F. Quintuco, F. Picun Leufú	Ambiente subtidal. Arcilitas y calcareos.		
Jurásico	Superior	F. Vaca Muerta	Ambiente subtidal. Lutitas negras.	Lotena	
		F. Tordillo	Ambiente continental. Areniscas gruesas.		
		F. Auquileo	Ambiente supratidal. Yeso.		
		F. La Manga	Ambiente subtidal en la base e intertidal en el techo. Calcareos oolíticos y lumachélicos por debajo de evaporitas con baritina y celestina.		
		F. Lotena	Ambiente continental. Areniscas.		
	Medio	F. Tábanos	Ambiente supratidal. Evaporitas. Depositación de baritina y celestina.	Cuyo	
		F. Challacó			
		F. Lajas	Ambiente intertidal. Areniscas gruesas.		
		F. Los Molles	Ambiente subtidal. Lutitas negras.		
inferior	F. Puesto Araya y El Freno				
Triásico	Superior	F. Piedra del Águila, F. Chachi, F. Lapa	Ambiente continental. Riolitas y tobas.	Precuyo	
Paleozoico	Superior	Basamento	Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.		

DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA FORMACIÓN LOS MOLLES.
YACIMIENTO ARROYO NUEVO
(Brodtkorb y Danieli, 1999)

Generalidades

Ubicación: el yacimiento Arroyo Nuevo se localiza en la porción centro-oeste de la provincia del Neuquén, 40 km al oeste-noroeste de Chos

Malal y 20 km al sur de Andacollo. Sus coordenadas son 37° 19' S - 70° 36' O.

Acceso: a la mina se llega por un camino vecinal que parte de la localidad La Primavera, distante 11 km, poblado al que se accede por la ruta provincial 101.

Producción: entre los años 1956 y 1997 se extrajeron 425.000 toneladas de baritina y el ritmo de producción entre los años 1980 y 1997 fue de 1.500 toneladas por mes.

Sistema de explotación: subterránea, a través del método de cámaras y pilares. En 1994 comenzó la recuperación de pilares.

Antecedentes

El actual propietario es la empresa SAPAG Hnos.

Geología del yacimiento

Descripción: en el sector de interés la Formación Los Molles está compuesta por una sucesión de lutitas negras con intercalaciones de bancos de tobas de hasta 2 metros de espesor, hacia el techo aparecen areniscas finas con interstratificaciones de areniscas tobáceas y lutitas con restos fósiles. Entre la base y el techo se alojó un filón capa pórfiro-andesítico; toda la secuencia se encuentra atravesada discordantemente por diques andesíticos terciarios subverticales. El banco de baritina se ubica entre las pelitas negras, conforma un homoclinal buzante 12° a 15° al SSE. Además de este cuerpo mineralizado afloran dos vetas verticales en el extremo sudeste.

Estructura: el manto mineralizado es un homoclinal de rumbo NNE-SSO y buzamiento al sur (12°-15°), afectado por fallas inversas subverticales buzantes al este, que en el sector sudeste brecharon el manto de baritina.

Morfología: es un manto tabular, continuo, interstratificado entre las pelitas.

Mineralogía: baritina de color blanco a gris, compacta, con algunas bandas verdes por la presencia de cloritas. Se presenta en cristales de 1 a 5 cm paralelos o con disposición radial.

Modelo genético

8d (SEDEX baritina). Grupo: Depósitos sedimen-tarios exhalativos y volcanogénicos submarinos.

El yacimiento se formó en un ambiente de plataforma distal. Los datos de análisis de isótopos de S y Sr concuerdan con los valores para sulfatos marinos del Jurásico y Cretácico inferior, y además permiten estimar que la fuente de Ba pudo haber sido volcanogénica submarina, coetánea con la depositación de las tobas (Brodtkorb *et al.*, 1994).

DEPÓSITOS DE BARITINA EN LA FORMACIÓN TÁBANOS
(Brodtkorb *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: el distrito barítico Loncopué se encuentra en la provincia de Neuquen, 7 km al este de la localidad homónima. Sus coordenadas son 37° 58' S - 70° 20' O.

Producción: La mina La Rosita produjo 60.000 toneladas de baritina hasta el año 1992. El distrito registra una producción total de 150.000 toneladas.

Mina	Reserva probable (t)
La Rosita	10.000

Sistema de explotación: en mina La Rosita el manto de baritina es subhorizontal, para su explotación se utilizó el método de cámaras y pilares. En mina La Florcita la mineralización se presenta en cuerpos discordantes, por lo cual se realizaron laboreos subterráneos por más de 300 metros de longitud, entre 15 y 20 metros de profundidad.

Antecedentes

El distrito está integrado por tres depósitos: La Rosita, Finoche y La Florcita, de la Compañía Conidier. Además hay tres manifestaciones propiedad del Sr. Oscar Gonzalez, denominadas La Resbalosa, Dos Guanacos y Manzano Silvestre.

Geología del yacimiento

Descripción: en mina La Rosita la Formación Tábanos, portadora de la mineralización, se encuentra en contacto con la Formación Laja en su base y con la Formación Lotena en su techo. Conforman un paquete sedimentario de 36 metros de espesor que comienza con una alternancia de limolitas calcáreas y pelitas grises, y continúa con un banco de calizas algales y esparíticas sobre el que se apoya una secuencia alternante de areniscas y lutitas. Por encima aparece un manto de calizas, de aproximadamente 1 metro de espesor, con lentes de yeso y niveles de baritina que varían entre 0,4 y 1 metro de potencia, que fueron objeto

de explotación. Le sigue un estrato guía de calizas algales y esparíticas (denominada marmolina) y culmina con 8 metros de pelitas grises calcáreas.

Morfología: se presenta como bancos de 0,4 a 1,4 metros de espesor y también con geometría de lentes, ambos concordantes con la estructura de la roca alojante. También hay bancos discordantes, en especial en la mina La Florcita y las manifestaciones de Manzano Silvestre.

Mineralogía: esencialmente baritina, de color blanco, hábito espático y grano fino.

Modelo genético

9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Es un yacimiento de baritina formado en ambiente costero. Para ellos se postula que el bario proviene de la meteorización de los feldspatos de las rocas del área de aporte y posterior liberación del catión, el cual circula adsorbido en arcillas hasta llegar al mar. Allí las arcillas intercambian Ba por Na y precipita baritina en ambientes hipersalinos y de playa, de circulación restringida.

DEPÓSITOS DE BARITINA EN LAS FORMACIONES LA MANGA Y AUQUILCO (Del Blanco y Barbieri, 1999)

Modelo genético

9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Del Blanco y Barbieri (1999) concluyen que la hipótesis más probable con relación a la génesis de los diversos depósitos de baritina es la de una formación singenética por precipitación química; los yacimientos y manifestaciones están vinculados espacial y temporalmente a las Formaciones La Manga-Auquillo, con posteriores procesos de removilización y consecuente formación de depósitos vetiformes discordantes.

Los depósitos estratiformes están ligados a cuerpos calcáreos o calcareo-dolomíticos e interestratificados con yeso de la Formación Auquillo (ej. Mina Achalay) o en la interfase Auquillo-La Manga (el resto de los yacimientos). Los rasgos texturales de mucho de los mantos baríticos (ritmitas de cristalización diagenéticas, DCR) además de la similitud entre valores de la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenidos en las rocas de caja

(calcáreos y yeso-anhidrita) y los de baritina de los cuerpos mantiforme y los correspondientes al agua de mar para el Jurásico superior, promulgan un origen singenético o diagenético temprano.

Así también sucede con los valores isotópicos de $\delta^{34}\text{S}$, muy similares para las rocas calcáreas y evaporíticas y para la baritina mantiforme y los sulfatos marinos mesozoicos, argumentando un origen sindiagenético de los mantos mineralizados.

Los cuerpos vetiformes son discordantes y la baritina contenida presenta valores altos en la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, por un aporte de Sr radiogénico durante procesos de diagénesis tardía y removilización, muy probablemente causado por circulación de fluidos (juveniles o derivados de la diagénesis). Los intrusivos porfíricos de la Formación Molle (presentes en varias de las minas) podrían haber sido fuente de calor para la removilización, aunque no de aporte de Sr, debido al bajo valor en su relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Mina Achalay

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, departamento Picunches, 55 km al nor-noroeste de la ciudad de Zapala. Está localizada en el extremo nordeste del cordón del Curymil, en el anticlinal de la sierra de Vaca Muerta. Es uno de los depósitos del distrito Mallín Quemado.

Acceso: la mina Achalay se encuentra a 5 km de Bajada del Agrio, unidos por un desvío de la ruta provincial 48 que empalma con la ruta nacional 22 en Las Lajas, distante 15 km.

Producción: según Leveratto (1982) hasta comienzo de los años '70 se extrajeron 250.000 t de mineral. Navarro (1983), por su parte, consigna el dato de 50 t de mineral extraído por día para su uso en la industria petrolera.

Usos: industria petrolera.

Sistema de explotación: en las vetas se realizaron en primer término laboreos superficiales (rajos a cielo abierto), al profundizarse la labor se pasó a una explotación subterránea. Los mantos se explotaron por cámaras y pilares, más tarde se combinó el método de cámara y pilares con el de corte y relleno para la explotación del manto y de la mena masiva. Finalmente se optó por la apertura de una cantera, incluyendo en esta explotación a cielo abierto tanto el manto como la mineralización brechada.

Características físicas y químicas de la baritina de mina Achalay

Mina Achalay	%SO ₄ Ba	%SO ₄ Sr	%SiO ₂	Densidad (gr/cm ³)	Referencias
Veta	90	1,7	3,0	4,33	Oliveri <i>et al.</i> , 1964
Manto	87	1,3	4,2	4,26	
Manto	70-75	6-8		4,04-4,33	Leveratto, 1982

Antecedentes

La empresa Togon SRL. comenzó a explotar el yacimiento en 1935, mediante rajos y luego laboreo subterráneo en las vetas ubicadas en el oeste del yacimiento. A mediados de los años '50 y durante los '60 la producción se incrementó debido a la explotación de los depósitos mantiformes y del "tubo" (mena masiva) ubicados en la porción oriental. En el año 1980 se hace cargo de la explotación Minera TEA SAMICAF, quien realiza ciertos cambios en los métodos de explotación; finaliza los laboreos a comienzo de los años '90, explotando el mineral a cielo abierto (cantera) y agotando las reservas del sector oriental. Minera TEA realizó prospección en el sector norte por medio de perforaciones a diamantina con recuperación de testigos.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito mantiforme barítico se encuentra interestratificado en un nivel calcáreo fétido, identificado por Matheos (1987) como abultamientos micríticos, con evidente recristalización con pasajes a mosaicos esparíticos en la zona del yacimiento. Este nivel calcáreo se localiza en el techo de la Formación Auquilco, forma parte de uno de los dos niveles calcáreos micríticos principales que se encuentran en el banco de yeso-anhidrita que compone a la Formación Auquilco. El cuerpo evaporítico se apoya sobre las rocas calcáreas (principalmente *mudstone* y otras facies calcáreas que caracterizan un ambiente de plataforma) de la Formación La Manga. La Formación Tordillo se apoya sobre el nivel calcáreo micrítico que contiene la mineralización, es una secuencia grano-decreciente, de ambiente continental, con lentes conglomerádicos en la base hasta llegar a limolitas en el techo. Esta formación es atravesada discordantemente por cuerpos vetiformes que en conjunto componen la veta Achalay.

Estructura: el yacimiento se encuentra en el flanco nordeste del anticlinal de la Sierra de la Vaca Muerta; el manto de baritina acompaña esta estructura y las vetas se han emplazado en las fracturas de alivio de tensión generadas durante el plegamiento. Las mismas tienen un rumbo

nordeste y son paralelas al eje del pliegue. Procesos tectónicos postmineralización produjeron un fallamiento de dirección casi norte-sur que provocó el desplazamiento del manto y la aparición de desniveles laterales. La complicación de la estructura también se acrecentó por la disolución de los estratos de yeso-anhidrita de la Formación Auquilco y la aparición de zonas brechadas que incluyen litologías de las tres formaciones.

Morfología: el manto de baritina es un cuerpo concordante, de estructura bandeada (Amstutz y Fontboté, 1982). Las denominaron ritmitas de cristalización diagenética (DCR). El manto inclina entre 20° y 25° al este, tiene un espesor variable entre 1 y 4 metros y una longitud de 400 metros, aunque según Leveratto (1982) puede llegar a tener 650 metros en forma discontinua. Hacia el norte el cuerpo es cortado por la quebrada que separa el yacimiento del cerro Mallín Quemado; la mineralización posiblemente continúa en profundidad. Los cuerpos vetiformes se agrupan conformando una estructura principal y otras menores subparalelas. Las vetas tienen rumbo NE-SO y pueden alcanzar 2 metros de espesor y hasta 400 metros de longitud. Los cuerpos vetiformes se vinculan con el manto a través del "tubo", que es una prolongación del manto compuesta de mena masiva. Existe también una zona brechada con material del manto y de las formaciones Auquilco y Tordillo, producto de procesos tectónicos postmineralización.

Mineralogía: el yacimiento está compuesto principalmente por baritina de color blanco amarillento, de estructura bandeada. Presentan dos texturas: una plumosa, en el tubo y la veta, con cristales de hasta 2 cm, y otra espática, en el manto, con cristales de hasta 0,5 cm. Sólo se encuentra celestina en las cercanías de la veta Achalay, conformando impregnaciones en las areniscas de la Formación Tordillo, a modo de drusas y vetillas. Como minerales secundarios se encuentran: covelina, cerusita, anglesita, malaquita, cuprita e hidróxidos de hierro (limilita) y manganeso. En las vetas también se reconocen vanadita y montramita. Son escasos: galena, esfalerita, pirita, calcopirita, tennantita-tetraedrita, calcita y cuarzo (ambos como minerales tardíos).

Mina Río Agrio

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, en la ladera norte del cerro Mallín Quemado, 1,8 km al noreste de la mina Achalay, separada de esta última por una quebrada que sirve de límite entre estos dos yacimientos. Pertenece al distrito minero Mallín Quemado.

Acceso: por ruta nacional 22 que une Zapala con Las Lajas; desde esta localidad se toma la ruta provincial 48 hasta Bajada del Agrio, distante 15 km, allí se encuentra el desvío que conduce luego de 6,8 km hasta la mina Río Agrio.

Producción: Leveratto (1982) determinó que hasta 1975 se extrajeron 150.000 toneladas de mineral. Se estima que en el yacimiento hay reservas en depósitos vetiformes ubicados probablemente por debajo del nivel explotado y también existe la posibilidad de la existencia de un manto mineralizado, similar al de la mina Achalay, en los niveles superiores de la Formación Auquilco.

Sistema de explotación: la explotación de la mina comenzó con rajos superficiales pero rápidamente se pasó a una explotación subterránea en donde se construyeron 6 niveles. Los laboreos superan 2.000 metros.

Antecedentes

En el año 1940 la Compañía Minera Togon SRL. comenzó a explotar el yacimiento. En un principio la explotación se realizó a cielo abierto, aunque al cabo de un corto tiempo pasó a ser subterránea. Esta compañía dejó de explotar la mina cuando se descubrió el manto de baritina de la mina Achalay. Mas tarde, en el año 1980, Minera TEA SAMICAF compró la mina y realizó un socavón exploratorio en busca de un manto mineralizado por debajo del nivel explotado que alumbró escaso volumen de mineral.

Geología del yacimiento

Descripción: la baritina se encuentra en vetas que atraviesan discordantemente la

secuencia clásica granodecreciente de la Formación Tordillo, la cual es formadora en su totalidad del cerro Mallín Quemado; sólo se observa un pequeño afloramiento de la unidad infrayacente (Formación Auquilco) en una porción del flanco noroeste. Es posible distinguir cuatro grupos de cuerpos mineralizados (Canalle, 1950): 1) veta principal del cerro Mallín Quemado, de 1000 metros de longitud y 4 a 5 metros de potencia; presenta estructura brechosa y tiene una orientación NNE-SSO. 2) Complejo oriental del cerro Mallín Quemado, ubicado al este de la anterior, compuesto de 9 vetas de entre 120 a 380 metros de longitud y 0,30 a 1,20 metros de espesor, es el menos importante desde el punto de vista económico. 3) Veta occidental, es un cuerpo de casi 1.200 metros de largo y hasta 1,5 metros de potencia, que se ubica a 400 metros al oeste de la veta principal y también presenta estructura brechosa. 4) Afloramientos de galena del cerro Mallín Quemado. En conjunto componen una zona de 1.600 metros de largo por 1.000 metros de ancho, con cuerpos vetiformes subparalelos de orientación NNE-SSO.

Estructura: la vetas están emplazadas en fallas normales de rumbo NNE-SSO (N20°-30°E en la veta principal), subverticales y con el labio oeste hundido. Hubo fallamiento postmineralización que cortó a las fallas anteriores; en la zona de veta principal tienen dirección NNO-SSE a NO-SE con el labio norte hundido y en la veta occidental son perpendiculares a las primeras. En este yacimiento se ha producido brechamiento de las vetas por disolución del manto de yeso de la Formación Auquilco, proceso similar al sucedido en la mina Achalay.

Morfología: la baritina se presenta en vetas que van de unos pocos centímetros hasta 5 metros de potencia y 120 metros a 1.600 metros de longitud. Pueden ser un cuerpo único o un conjunto de vetas que corren subparalelas.

Mineralogía: el mineral presente como mena primaria es baritina en ganga de cuarzo y manganocalcita, esta ganga se convierte en principal constituyente de las vetas en los niveles superiores. La baritina se vincula a minerales de arsénico (cornubita, olivenita y

Características físicas y químicas de la baritina de mina Río Agrio

Mina	%SO ₄ Ba	%SO ₄ Sr	%SiO ₂	Densidad (gr/cm ³)	Referencias
Río Agrio	70-94	0,6-3,5	2,8-37,5	3,63-4,37	Oliveri <i>et al.</i> , 1964; Lyons <i>et al.</i> , 1978; Leveratto, 1982

connellita) mientras que el cuarzo se vincula a la formación de sulfuros en los niveles inferiores y a calcita en los niveles superiores (Gay y Dominguez, 1984). Como minerales de alteración aparecen: covelina, calcosina, cobre nativo, cuprita, malaquita, brochantita, cerucita y anglesita.

Mina La Porfía

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, 5 km al noreste de la mina Río Agrio, en el anticlinal sierra de la Vaca Muerta. Es el depósito más septentrional del distrito Mallín Quemado.

Acceso: desde Bajo del Agrio se toma el mismo desvío que lleva a las minas Achalay y Río Agrio, recorriendo una distancia de 11,8 km.

Producción: hasta mediado de los '70 se extrajeron 75.000 toneladas de mineral (Lyons, 1975).

Leyes en Mina La Porfía

Mina	% SO ₄ Ba	% SO ₄ Sr	Referencias
La Porfía	80-85		Angelelli <i>et al.</i> , 1976
		1,4	Del Blanco y Barbieri, 1999

Sistema de explotación: se explotó principalmente a cielo abierto, aunque también se realizaron labores subterráneas por más de 600 metros, entre galerías y laboreos subterráneos exploratorios. Se construyeron tres niveles.

Antecedentes

El depósito se comenzó a explotar en el año 1947 (Lyons, 1975) o 1948 (Angelelli *et al.*, 1976) hasta la década del '60, luego la explotación fue decayendo hasta su definitiva paralización.

Geología del yacimiento

Descripción: en la mina La Porfía la baritina se encuentra en vetas emplazadas en el techo de la Formación Tordillo, cortando areniscas finas y limolitas con orientación N20°-40°E/20°-

25°E. La mineralización tiene una disposición en bolsones que puede seguirse a lo largo de 100 metros, las vetas se orientan con dirección nornoreste (N20°-25E) e inclinan con un alto ángulo al este. En ellas se destaca su estructura brechosa y su composición esencialmente carbonática, en donde se distribuye la baritina. Es importante mencionar que entre la mina Río Agrio y La Porfía existen una serie de estructuras de composición carbonática, de bajo interés económico, que se denominan Manifestaciones Mallín Quemado TG; las mismas se orientan nornoreste y tienen aproximadamente 100 metros de longitud y 0,10 a 1 metro de potencia.

Morfología: vetas menores a 100 metros de largo, con estructura en "bolsones". Cortan a las areniscas y limolitas de la Formación Tordillo, tienen un alto ángulo de inclinación al este y se orientan al nornoreste.

Mineralogía: las vetas tienen dos generaciones de carbonatos: la primera con altos contenidos de manganeso, de color blanco a grisáceo, y la segunda con cristales espáticos de algunos centímetros de diámetro y color blanco. Cabe destacar la presencia de cristales de calcita, tapizando oquedades, con desarrollo de formas en diente de perro y generados por disolución y recristalización de las generaciones previas. La baritina se encuentra entre el material carbonático y también presenta dos generaciones; la primera es la más importante, de estructura masiva con cristales de hábito plumoso y color blanquecino. La segunda generación, de menor importancia, está compuesta por un bandeado entre capas milimétricas de baritina blanquecina y baritina celeste, cuyo origen es por removilización y/o aporte hidrotermal significativo sobre las estructuras. Junto a los cristales de calcita en diente de perro hay escasa cantidad de cristales de baritina de hábito plumoso, muy blanca, con un origen común con la calcita.

Los minerales supergénicos presentes son: malaquita, brochantita, limolitas y óxidos e hidróxidos de manganeso. El cuarzo cobra importancia en los niveles superiores de las vetas y en las manifestaciones de Mallín Quemado TG. Los sulfuros son escasos; hay celestina intercalada entre los carbonatos.

*Mina El Compadrito***Generalidades**

Ubicación: en la provincia de Mendoza, departamento Malargüe, 60 km al sudoeste de la localidad homónima, en las cercanías de Bardas Blancas. Ocupa el extremo norte del anticlinal de la sierra Azul.

Acceso: por ruta nacional 40, al sur del puente que cruza el Río Grande.

Sistema de explotación: principalmente en forma subterránea, con la construcción de 350 metros de labores entre galerías y piques. La explotación a cielo abierto se circunscribió a un rajo de 100 metros de longitud.

Antecedentes

El yacimiento se comenzó a explotar en los años '50 hasta el año 1980. Durante los últimos años de explotación fue menguando su producción paulatinamente.

Geología del yacimiento

Descripción: el cuerpo mineralizado se apoya sobre los depósitos calcáreos coralígenos de la Formación La Manga y son cubiertos por areniscas de la Formación Tordillo. Existe una pequeña disparidad entre las relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Brodtkorb *et al.*, 1985) entre el yeso de la caja y el manto de baritina, lo que implicaría la posibilidad de un proceso de removilización, apoyado por el emplazamiento del manto en una zona de falla, además de presentar una evidente estructura bandeada.

Estructura: el manto barítico yace en una zona de falla, en el contacto entre las formaciones La Manga y Tordillo.

Morfología: es un manto orientado N15°-20°O/35°-40°E, de 3 a 7 metros de espesor y 200 metros de largo. Presenta estructura bandeada del tipo DCR (ritmitas de cristalización diagenética) e intercalaciones de finas láminas de limo-arcilitas y carbonatos (calcita y siderita) además de cuarzo e hidróxidos de hierro.

Mineralogía: baritina de grano fino.

*Mina La Isidora***Generalidades**

Ubicación: en el sudoeste de la provincia de Mendoza, 60 km al oeste de la ciudad de Malargüe, en las margenes del arroyo de las Minas.

Sistema de explotación: se explotó rudimentariamente.

Características físicas y químicas de la baritina de mina La Isidora

Mina	SO ₄ Ba (%)	SO ₄ Sr (%)	Densidad (gr/cm ³)	Referencia
La Isidora	79,75	1,80	4,23	Sarudiansky y Del Carril, 1984

Geología del yacimiento

Descripción: conforma un cuerpo estratoligado (N65°E/20°N) en los niveles superiores de la Formación Puchenque, cubierto por la Formación Auquilco. El manto de baritina yace entre rocas calcáreas de estructura bandeada y color gris con tonalidades oscuras, que lateralmente pasan a yeso. Por encima hay 25 metros de yeso de la Formación Auquilco. Por estudios isotópicos $^{87}\text{S}/^{86}\text{S}$ Brodtkorb *et al.* (1985) concluyen una fuente de aporte común para el yeso, vinculado a las rocas calcáreas y la baritina del manto.

Morfología: el manto de baritina tiene forma lenticular, 100 metros de largo y 5 metros de potencia máxima. Internamente presenta variaciones entre la base y el nivel superior. En la base se dispone una estructura bandeada (DCR) con intercalación de delgadas capas (1 a 2 cm) de baritina y carbonatos. En los niveles superiores la baritina se encuentra en cristales que alcanzan 5 cm de largo y conforman a veces estructuras radiales.

Leyes y composición química de baritina en mina El Compadrito

Mina	SO ₄ Ba (%)	SO ₄ Sr (%)	OBa (%)	OSr (%)	OCa (%)	SiO ₂ (%)	Densidad gr/cm ³	Referencia
El Compadrito	83,25	1,80					4,12	Sarudiansky y Del Carril, 1984
			60	2	>5	1,8		Schalamuk et al., 1987

MINA OMEGA

(Zanettini y Santamaría, 1999)

Ubicación: en la provincia de Mendoza, en el ámbito de la Cordillera Frontal. Se localiza en el faldeo oriental del cerro Serrucho, en el sector de yacimientos de plomo y cinc del cerro Las Minas, 35 km al oeste de Malargüe. Sus coordenadas son 35° 24' S - 69° 55' O.

Acceso: un camino de tierra llega hasta el campamento y planta de la mina de plomo, cinc y plata El Cajón, desde donde se accede a la mina Omega en animales de silla.

Mina	SO ₄ Ba (%)	SO ₄ Sr (%)
Omega	82,80	1,70

Sistema de explotación: el laboreo consistió en 105 metros de rajos sobre tres vetas con baritina.

Geología del yacimiento

Descripción: según Grossi y Salas (1950) y Sarudiansky y Del Carril (1984), en un stock de pórfiro diorítico se alojan 3 vetas de rumbo 290° e inclinación de 65° oeste a vertical.

Morfología: vetas de hasta 60 metros de longitud y de 0,75 a 1,20 metros de ancho.

Mineralogía: baritina manchada por limonitas y óxidos de manganeso.

Modelo genético

14h (F-Ba. Grupo): Vetas y brechas, de asignación genética diversa.

Depósito de baritina hidrotermal, genéticamente vinculado con la mineralización metalífera de la comarca. Se han originado en un mismo proceso de alteración hidrotermal y mineralización, a partir de fluidos hidrotermales provenientes de la intrusión de cuerpos mesosilícicos; el proceso afectó a un conjunto sedimentario, en gran parte calcáreo, y sus productos se emplazaron en planos de fracturación desarrollados en éste y en los intrusivos.

Los yacimientos corresponden a la Epoca Metalogénica III de Zanettini y Carotti (1993).

DISTRITO LA HELVECIA

(Brodtkorb y Brodtkorb, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de La Rioja, en el faldeo oriental de la Precordillera, a 2.900-3.000 m.s.n.m. Dista 30 km al oeste de la localidad de Guandacol. Sus coordenadas son 29° 33' S - 68° 45' O.

Marco Geológico de Mina Omega: cuadro estratigráfico de la Cordillera Frontal

Edad	Grupo	Formación	Descripción
Cuaternario			Fanglomerados.
Terciario-Cuaternario			Basaltos.
Terciario _{Mioc-Plioc.}	Huincán		Pórfidos dioríticos, dacíticos, andesíticos y, en menor escala, granodioríticos. Estos intrusivos se emplazaron como cuerpos subvolcánicos irregulares, diques y filones capa. Son responsable de los fenómenos de metamorfismo de contacto y de alteración hidrotermal (potásica, filica y propilítica) que preponderantemente acompañan a los sectores mineralizados
Cretácico _{inf.-} Jurásico _{sup.}	Mendoza		En contacto concordante por su base, son lutitas calcáreas y bituminosas con intercalaciones de calizas conformando una secuencia marina.
Jurásico _{sup.}		Tordillo	En discordancia en la base son areniscas y conglomerados continentales.
	Lotena	Auquilco	Se apoya en discordancia y está constituida por yeso con pelitas muy subordinadas.
Jurásico _{inf.-med.}	Cuyo	Calabozo	Calizas dolomíticas, arenosas y brechas calcáreas, fosilíferas.
		Lajas	Areniscas calcáreas y conglomerados finos.
		Tres Esquinas	Areniscas finas con intercalaciones calcáreas, fosilíferas
		Puesto Araya	Areniscas mediana y conglomerados, fosilíferas.

Fuente: Dessanti (1973; 1978); Legarreta *et al.* (1993); Nullo *et al.* (1999)

Acceso: con vehículo de doble tracción, por un viejo camino minero de cornisa en mal estado, desde Guandacol.

Producción: el distrito ha producido 10.000 toneladas de baritina, 5.000 toneladas de calamina (conjunto de minerales secundarios) y 1.000 toneladas de galena. Su máxima producción fue 2.300 toneladas en el año 1956.

Sistema de explotación: de tipo piquén, con apertura de trincheras y rajos a cielo abierto, además de laboreos subterráneos. En la mina La Helvecia se labraron 365 metros de galería para explotación-exploración, 31 metros de pique y 85 metros de cortaveta.

Contenido de Zn, Pb y SO₄Ba de la producción del distrito barítico La Helvecia

Distrito	SO ₄ Ba (%)	Pb (%)	Zn (%)
La Helvecia	94	75	45

Antecedentes

El yacimiento comenzó su explotación en 1898 por una compañía minera francesa, los trabajos se interrumpieron desde el año 1910 hasta 1930 donde comenzó nuevamente una actividad extractiva irregular hasta el año 1966. En el año 1960 Sister realiza un estudio geológico de la mina. Entre los años 1971 y 1973 el Banco Nacional de Desarrollo realizó tareas de

exploración. Mas tarde la empresa Mina Aguilar efectuó 4 perforaciones (380 metros) en zonas cercanas y en una de ellas interceptó un cuerpo mineralizado de 3,8 metros de potencia con 10% de Zn.

Morfología: dentro de las calizas masivas de la Formación San Juan la mineralización forma pequeños granos y/o nódulos orientados según la estratificación de la roca de caja. En los conglomerados brechosos la mineralización se circunscribe a un sector de la mina La Helvecia. Los depósitos arealmente más extendidos son los ubicados en la discordancia entre la roca ordovícica y las areniscas de la roca carbonífera, donde algunos sectores han servido de plano de debilidad para desplazamientos y brechamiento de las rocas. Consiste en mantos de unos 30 metros de largo por 15 metros de ancho y hasta 2 metros de espesor, que no terminan bruscamente sino que se adelgazan para luego volver a engrosarse. La mineralización consiste de baritina rodeada por nódulos de galena y también milimétricas láminas de baritina diseminadas en la arenisca suprayacente. Por último, en el faldeo sur del cerro Urcuschún afloran cuerpos tabulares irregulares y bolsones mineralizados inmersos concordantemente en calizas de la Formación San Juan rotadas por efecto del intrusivo (Las Lajitas), ejemplo de ello son las minas El Hoyo y El Ingenio.

Geología del yacimiento La Helvecia

Edad	Formación	Descripción
Cuaternario		Aluvio. Rocas piroclásticas en el sector oeste.
Terciario <small>Mioceno</small>		Intrusivo Las Lajitas (13±2 Ma) en el sur del cerro Urcuschún y un intrusivo monzodiorítico al este del mismo.
Triásico		Diques y filones capas andesíticos (Furque, 1972).
Carbonífero	Panacán	Continentalización del área. Areniscas blancas.
	Volcán	Miembro superior: arenisca cuarcítica, blanquecina, presenta buena madurez mineralógica y textural. En el techo se encuentra vaques cuarzoso y fangolitas además de restos de paleocauces psefiticos. Ambiente de playa de alta energía.
		Miembro Inferior: marino somero. Cabeza de Montero: marino.
Devónico		En la discordancia entre la roca ordovícica y las areniscas carboníferas se encuentran cuerpos mineralizados con baritina de grano grueso, espática, rodeada por nódulos de galena (mineralización "tipo c").
Ordovícico	San Juan	Bancos de calizas masivas, en algunos sectores oscuras, petrográficamente son micrita y subesparita. En algunos sectores del distrito es portadora de granos y/o nódulos de galena, esfalerita y en menor cantidad pirita, calcopirita, tetradrita y baritina (mineralización "tipo a", ordovícica). Los términos superiores están representados por conglomerados brechosos calcíticos (producto de procesos de karstificación entre el ordovícico y el carbonífero), arenitas conglomerádicas brechosas y conglomerados brechosos líticos (posibles zonas de desembocadura de ríos) que portan una mineralización singenética de galena, esfalerita y menor baritina, calcopirita y pirita (mineralización "tipo b", devónica).

Mineralogía: los minerales mas abundantes son esfalerita, galena y baritina. En menor cantidad, pirita. Al microscopio se identifican tetraedrita, tennantita (Wiechowski *et al*, 1990) calcopirita y pechblenda. Por difracción de rayos X se determinaron silicatos y carbonatos de cinc, cinc- cobre y plomo (calamina).

Modelo genético

9c (Zn-Pb en calizas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Se trata de un yacimiento estratoligado, que por su mineralogía podría ser de tipo sedex, luego removilizado (Brodtkorb y Brodtkorb, 1999).

La mineralización “tipo a” se aloja en micritas, es estratiforme y se produjo en el **Ordovícico**. Luego las calizas emergieron y se generaron procesos kársticos, responsable del brechamiento de la roca, además de relleno de canales con conglomerados brechosos líticos, ambos portadores de depósitos (mineralización “tipo b”) de escasa distribución, producto de la

removilización de los cationes de la mineralización anterior y su posterior precipitación en ambientes euxínicos, hipersalinos, o por la interacción de aguas salinas con dulces. Con una diferencia de aproximadamente 20 Ma se depositó la mineralización “tipo c”, de edad devónica, en la interfase entre las calizas de la Formación San Juan y las areniscas carboníferas de la Formación Volcán.

Brodtkorb y Brodtkorb (1999) indican que la mineralización “tipo a” es de un depósito de baritina estratiforme asociado a volcanismo exhalativo (modelo 8d), luego removilizado. Dentro de la clasificación de depósitos minerales de la Argentina (Zappettini, 1999) se menciona al yacimiento La Helvecia como un depósito de Zn-Pb en calizas (modelo 9c), añadiendo que este modelo incluye aquellos yacimientos que, presentando características estratoligadas, no se formaron en el fondo del mar.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BARITINA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Pumahuasi	Pumahuasi, Chaussette, Sol de Mayo, Bélgica	22° 10'	65° 30'	Baritina	Vetiforme			Ordovícico inferior	Areniscas y lutitas	Formación Acoite	14h	Ordovícico- Silúrico
Sierra de Santa Victoria	Poscaya	22° 20'	65° 15'	Baritina	Estratiforme		53.000 t	Ordovícico	Lutitas y areniscas	Formación Santa Rosita	8d	Ordovícico inferior
Sierra de Santa Victoria	Mono Abra	22° 22'	65° 01'	Baritina	Vetiforme		118.000 t	Ordovícico, Cámbrico, Precámbrico	Lutitas y areniscas	Formación Santa Rosita, Gr Mesón, Formación Puncoviscana	14h	Ordovícico- Silúrico
Sierra de Zenta	Noemi Antonina, Cristian, San Juan, San Andrés, San Martín, La Sirio Argentina	23° 08'	64° 57'	Baritina	Vetiforme			Ordovícico	Lutitas, areniscas y areniscas cuarzosas	Gr. Santa Victoria	14h	Ordovícico- Silúrico
Sierra de Aguilar	Blanca Flor, Esperanza	23° 15'	65° 31'	Baritina	Estratiforme			Ordovícico inferior	Lutitas y areniscas	Formación Padrioc, Formación Acoite	8d	Tremad. inferior- Arenigiano superior
Helvecia	El Ingenio, El Hoyo	29° 36'	68° 45'	Baritina	Cuerpos tabulares e irregulares y bolsones			Ordovícico- Carbonífero	Caliza, areniscas	Discordancia entre la Formación San Juan y la Formación Volcán	9c	Devónico
Canota	Don Manuel	32° 33'	68° 58'	Baritina-pirita- calcopirita	Estratiforme	BaSO ₄ : 70-85% SrSO ₄ : 0,2%	20.000 t (totales)	Ordovícico	Lutitas negras	Formación Empozada	8d	Ordovícico
Canota	Pirucha	32° 33'	68° 58'	Baritina-pirita- calcopirita	Estratiforme		50.000 t (totales)	Ordovícico	Lutitas negras	Formación Empozada	8d	Ordovícico
Canota	La Victoria	32° 35'	69° 00'	Baritina	Estratiforme		8.000 t (totales)	Ordovícico	Lutitas negras	Formación Empozada	8d	Ordovícico
	Eugenio José, Vicente	32° 36'	69° 00'	Baritina	Lentiforme	BaSO ₄ : 84%; SrSO ₄ : 0,3%	7.000 t (totales)	Ordovícico	Lutitas negras	Formación Empozada	8d	Ordovícico
Malargüe Norte	La Isidora	35° 22'	69° 57'	Baritina	Vetiforme, mantiforme	BaSO ₄ : 79,8% ; SrSO ₄ : 1,8%	20.000 t (inferidos)	Jurásico superior	Calizas	Formación Puchenque	9d	Jurásico superior
Malargüe Norte	Omega	35° 24'	69° 55'	Baritina-calcita	Vetiforme	BaSO ₄ : 82,8%; SrSO ₄ : 1,70%	20.000 t (inferidos)	Mioceno-Plioceno	Pórfido diorítico	Gr. Huicán	14h	Mioceno-Plioceno

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BARITINA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Bardas Blancas	El Compadrito	35° 52'	69° 48'	Baritina-calcita-siderita	Estratoligado Mantiforme	BaSO ₄ : 83,3%, SrSO ₄ : 1,80%	400.000 t (inferidos)	Jurásico superior	Areniscas, calizas, etc.	Formación La Manga y formación Tordillo	14h	Jurásico superior
	Cura Mallín o Arroyo Nuevo	37° 19'	70° 36'	Baritina	Mantiforme	BaSO ₄ : 92,4%	425.000 t (totales)	Jurásico medio	Lutitas	Formación Los Molles	8d	Jurásico medio
Loncopué	Finocha, La Resbalosa, Dos Guanacos, Manzano Silvestre	37° 58'	70° 20'	Baritina	Vetiforme			Jurásico medio	Calizas, areniscas arcillosas	Formación Tábanos	9d	Jurásico medio
	La Florcita	37° 58'	70° 20'	Baritina	Vetiforme			Jurásico medio	Calizas, areniscas arcillosas	Formación Tábanos	9d	Jurásico medio
	La Rosita	37° 58'	70° 20'	Baritina	Vetiforme		10.000 t (probable)	Jurásico medio	Calizas, areniscas arcillosas	Formación Tábanos	9d	Jurásico medio
	Río Agrio	38° 33'	70° 07'	Baritina	Vetiforme	BaSO ₄ : 80,6% SrSO ₄ : 3,5%	550.000 t (inferidos)	Jurásico superior	Areniscas conglomerádicas	Formación Tordillo	14h	Jurásico superior
	Achalay	38° 33'	70° 06'	Baritina		BaSO ₄ : 88,2% SrSO ₄ : 1,4%		Jurásico superior	Niveles calcáreos entre bancos de yeso	Formación Auquilco	9d	Jurásico superior
	La Porfia	38° 35'	70° 13'	Baritina	Vetiforme	BaSO ₄ : 83,4%	95.000 t (inferidos)	Jurásico superior	Areniscas finas y limolitas	Formación Tordillo	14h	Jurásico superior

BENTONITA

Bentonita es la arcilla compuesta predominantemente por un mineral arcilloso del grupo de las esmectitas. Las esmectitas son minerales filosilicatos cuya celda unitaria está formada por cuatro capas tetraédricas de SiO_2 separadas por dos o tres capas octaédricas de Al^{+3} [Al_2O_3 o $\text{Al}(\text{OH})_3$] o Mg^{+2} [MgO o $\text{Mg}(\text{OH})_2$]. Las primeras son esmectitas dioctaédricas (**montmorillonita**, **beidellita** y **natronita**) y las segundas son esmectitas trioctaédricas (**saponita**, **hectorita** y **sauconita**).

El mineral montmorillonita, y en menor medida la beidellita, son los integrantes más comunes de los depósitos de bentonita. La montmorillonita responde a la fórmula $(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}$, pero algunos cationes Al^{+3} son reemplazados por cationes Mg^{+2} , se pierde el balance de cargas y esto provoca la separación de las hojas t-o-t (tetraédrica-octaédrica-tetraédrica), acomodándose en esos nuevos espacios cationes Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , y otros, en cantidad suficiente como para compensar las cargas. Así, existen montmorillonitas sódicas, potásicas y cálcicas. Al producirse esa separación entre capas t-o-t también se incorporan moléculas de agua, compuestos orgánicos, y otros, que si bien no participan en el balance de cargas llenan los espacios vacíos no cubiertos por los cationes (hinchamiento).

Este movimiento en la estructura de las esmectitas, perpendicular a la superficie de las capas, es una propiedad distintiva y varía según la especie considerada. Otra propiedad de importancia es la “capacidad de intercambio catiónico” (CIC), que refleja la mayor o menor facilidad del mineral de intercambiar cationes situados entre sus capas (bentonitas tratadas o activadas).

Los cationes de intercambio más comunes son Na y Ca, pero las esmectitas pueden contener K, Cs, Sr, Mg, H y otros cationes de intercapa que varían según el grado de intercambio. Esta capacidad es función del tamaño de la partícula y la naturaleza del catión. La secuencia de poder de reemplazo se incrementa desde $\text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$ para cationes monovalentes y desde $\text{Mg} < \text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba}$ para iones divalentes. Generalmente el poder de reemplazo de iones con alta valencia es mayor y su reemplazo menor, por lo tanto el Ca es más firmemente sostenido que el Na.

Las esmectitas se forman en depósitos sedimentarios por procesos diagenéticos/hidrotermales que pueden involucrar

transformación de arcillas ya existentes, de minerales arcillosos o neoformados a partir de soluciones o coloides. En general las esmectitas se encuentran en rocas reservorio de petróleo a relativa escasa profundidad. Esto se debe a que las esmectitas sometidas a soterramiento y aumento de temperatura se transforman en illita/esmectita e illita (esmectitas dioctaédricas) y en cloritas (esmectitas trioctaédricas).

Se cree que la conversión de esmectita en illita envuelve la incorporación de K y que la sustitución de Al por Si puede deberse a un proceso de disolución seguido por precipitación.

Los depósitos de bentonita se forman por la alteración de rocas ígneas eruptivas, usualmente tufitas y cenizas volcánicas, y contienen cristobalita, biotita, cuarzo, feldespatos, circón y otros componentes, en cantidades variables.

Usos: la bentonita producida en Argentina es utilizada por la industria del petróleo (como densificante de lodos utilizados en las perforaciones), en fundiciones (como aglomerante en la fabricación de pellets, arenas de moldeo, etc.), cerámicas, fabricación de pinturas y decolorantes (para la clarificación de algunas bebidas).

MODELOS DE DEPÓSITOS DE BENTONITA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
7i	251.1	H 09
9h	28e.1/2	E 06
13f	28e.1/2	E 06

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Durante el ciclo Gondwánico (responsable del amalgamamiento del núcleo cratónico central) y en la finalización de la fase orogénica San Rafael (Pérmico superior-Triásico inferior) se desarrolló, en las periferias del núcleo cratónico, una etapa de distensión vinculada a episodios postcolisionales. Esto dio lugar a la generación de secuencias riolíticas (grupo Choiyoi) y granitos, además de desarrollarse cuencas intracratónicas por riftogénesis a las cuales se vinculan los depósitos de bentonita, en rocas triásicas, de la Precordillera (modelo 13f). Es probable que la mineralización esté controlada, arealmente, por las estructuras regionales reactivadas durante el orógeno andino (corrimientos).

En el Cretácico las cuencas intracratónicas adquirieron mayor extensión en el territorio

argentino. Durante el Cretácico superior, en los bordes del área de engolfamiento de la Cuenca Neuquina, se depositó el grupo Malargüe. La naturaleza epiclástica y piroclástica de los sedimentos, más el ambiente marino somero de borde de cuenca, ayudaron a que en todo el sector oriental del engolfamiento tuvieran lugar procesos de argilitización del material tobáceo y la consiguiente formación de bentonita (modelo 13f). A partir del Mioceno, entre 36° y 41°, el arco magmático migró hacia el oeste, emplazándose hacia el este un magmatismo de retroarco representado por los volcanes Diamante (Mendoza) y Tromen-Auca Mahuida (Neuquén). Las cuencas de retroarco fueron rellenadas por las unidades superiores del Grupo Malargüe y por la Formación Collon Curá (= Chichinales), todas de ambiente continental fluvial y lacustre portadoras de niveles bentoníticos. El sector comprendido entre Zapala y Neuquén está rodeado por depósitos sedimentarios terciarios que limitan una faja noreste-sudoeste rellenada por material cuaternario, a su vez con afloramientos de rocas cretácicas (grupo Neuquén). En algunos sectores de dicha faja, por debajo de Cuaternario, se encuentran las formaciones terciarias con bentonita.

El Cretácico-Terciario del norte argentino se caracteriza por la formación de varias cubetas, por efecto de la tectónica extensiva, rellenadas por sedimentitas cretácicas del Grupo Salta y por rocas terciarias (formaciones Río Grande y Pisungo). Uno de esos depocentros es el de Tres Cruces, que abarcó el centro-norte de la provincia de Jujuy, en el ámbito de Cordillera Oriental. A lo largo de las márgenes de la Quebrada de Humahuaca, en las proximidades de Tilcara, existen depósitos de arcillas del modelo 9h.

En la República Argentina los depósitos de bentonita sódica se relacionan con depósitos distales a proximales de lluvias de cenizas de naturaleza andesítica/dacítica, caídas en ambientes lacustres y asociadas con volcanismo explosivo de características plinianas o freato-plinianas, producidas durante la orogenia andina en el Mesozoico y Terciario. Los depósitos de bentonita potásica se asocian con magmas de composición riolítica a traquiandesítica, en especial con los depósitos de lluvia de cenizas distales caídos en un ambiente probablemente de subducción durante un evento colisional. Su formación puede estar relacionada con un arco magmático localizado en Famatina, norte de Chile y sur de Bolivia (Andreis y Zalba, 2001).

DEPÓSITOS DE BENTONITA EN PRECORDILLERA

(Schalamuk y Cábana, 1999)

Generalidades

Ubicación: los depósitos se localizan en el ámbito precordillerano de San Juan y Mendoza. Conforman una faja meridiana de aproximadamente 60 km de largo. Los principales yacimientos triásicos están en la zona de Barreal (San Juan) y Potrerillo-Cacheuta (Mendoza). Los depósitos terciarios sanjuaninos se ubican en la sierra de Mogna y los mendocinos en el cerro Salinas.

Producción: en 1998 la producción de la provincia de Mendoza fue de 17.706 toneladas y la de San Juan fue de 31.583 toneladas (Estadística Minera de la República Argentina). Como dato histórico, entre 1935 y 1977 se extrajeron 1.604.135 toneladas de bentonita de las cuales 709.543 toneladas procedieron de los yacimientos de Mendoza y 894.592 toneladas desde San Juan.

Tipo y contenido de esmectitas en bentonitas de Precordillera

Depósitos	Montmorillonita y beidellita	Referencia
San Juan	55 – 75 %	Angelelli <i>et al.</i>
Mendoza	40 – 70 %	1980

Depósitos	Reservas (t)	Referencia
Cuenca Sorocayense-Hilario y Colón	8.625.000	Wetten y Baraldo, 1983

Sistema de explotación: a cielo abierto; en la mina mendocina Santa Elena se realizaron 60 metros de galería principal.

Antecedentes

En Mendoza se comenzó a explotar bentonita a partir del año 1935; en la década de 1940 se descubrieron los yacimientos sanjuaninos.

Marco Geológico

En la Precordillera mendocina los 1.750 metros de depósitos triásicos se apoyan en discordancia sobre el basamento volcánico ácido e intermedio del Pérmico. La secuencia triásica comienza con la Formación Las Cabras (Triásico inferior-medio), seguida por las formaciones **Potrerillos** (portadora de los niveles bentoníticos),

Cacheuta y Río Blanco, del Triásico medio-superior y Triásico superior, respectivamente. Esta es una secuencia clástica continental, con presencia de material volcánico, y conforma una interstratificación de cuerpos conglomerádicos, arenosos, pelíticos, además de tobas y arcillas bentoníticas.

En la provincia de San Juan los depósitos triásicos se encuentran en la vertiente austral-occidental de la Precordillera: en la zona de Barreal-Hilario aflora el grupo Barreal, de edad triásica, compuesto por las formaciones Cepeda, **Cortaderita** y **Barreal**, estas dos últimas portadoras de niveles bentoníticos. En general, ambas unidades están compuestas por una intercalación de bancos de areniscas rojizas, amarillentas y grisáceas, conglomerados finos, tobas limosas gris y verdes, arcillitas carbonosas y niveles bentoníticos amarillo grisáceos a rojizos.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la provincia de Mendoza los depósitos triásicos más importantes son San Carlos (6 km al sudoeste de Potrerillos), Santa Elena, María Laura (6 km al oeste de Potrerillos), San Felix, La Elcha I y II (55 km al oeste de Mendoza), Virgen de Andacollo y La Joyita. La bentonita se puede encontrar en uno o dos horizontes separados por bancos arenosos y dispuesta en lentes y bolsones, de color verde claro a gris azulado, inmersos en mantos de arena y bentonita de color gris. Dichos horizontes tienen una potencia de 1,5 a 7 metros y su longitud, como en el caso de San Carlos, alcanza 300 metros. En San Juan los yacimientos triásicos se alojan en una faja meridional de 22 km de largo, 5 km de ancho en el sur y 1 km de ancho en el norte. Los bancos o mantos, de arrumbamiento norte-sur, se disponen en los flancos de amplios anticlinales. Se distinguen tres áreas: a) Barreal: 4,5 km al este de la localidad homónima, donde los bancos bentoníticos tienen 1,1 a 1,3 metros de espesor, se orientan desde oeste-noroeste a norte-sur e inclinan 37°-40° al oeste o 24° al nor-noreste, y la bentonita forma niveles de 10 a 15 cm de color amarillento a verde claro y gris claro con manchas de óxidos de hierro entre capas de arena. b) Sorocayense-Quebrada de los Pajaritos: 23 km al sur de Calingasta, donde se encuentra la mina Don Juan con 7 bancos bentoníticos orientados N-S/50°-55°E; la mineralización se aloja en la Formación El Alcázar del Grupo Sorocayense (Triásico superior) y se dispone en mantos de 1,8 a 2 metros de potencia de color amarillo verdoso y

grises claros. c) Cerro Alcázar-Hilario: 16 km al sur de Calingasta, donde la bentonita se aloja en niveles milimétricos gris blanquecinos entre capas arcillo-carbonosas ferruginosas, en total forman bancos de 1,2 a 2 metros de potencia, como parte de los depósitos del grupo triásico Sorocayense.

Los depósitos de bentonitas terciarias de la provincia de Mendoza forman parte de los estratos Calchaquenses, mientras que los de San Juan constituyen la Formación Cañón Colorado (Mioceno) y Formación Mogna (Plioceno). En esta última provincia se destacan los yacimientos del área de Cañón Colorado (8 km al norte de la ciudad capital) donde la bentonita forma bancos con espesor de 1 a 2 metros y orientación N-S/25°-45°O, que contienen bentonita blanca con manchas de óxidos de hierro. Es un depósito de 6 km de largo y 2 km de ancho que se ubica en el flanco occidental de un anticlinal.

Morfología: los depósitos triásicos son cuerpos lentiformes y bolsones de arrumbamiento principalmente meridiano e inclinados según la ubicación que ocupen en los flancos de los pliegues. El espesor es variable, alcanzan hasta 7 metros aunque lo más común es entre 1 y 2 metros.

Mineralogía: la arcilla es principalmente montmorillonita y le sigue en importancia la beidellita. Como impurezas presentan material areno-limoso.

Modelo genético

13f (Bentonita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

En todos los casos se trata de productos de alteración de materiales volcánicos, atribuibles a un proceso diagenético (halmirólisis) en un medio preferentemente lacustre, alcalino-sódico.

DEPÓSITOS DE BENTONITAS EN LA CUENCA NEUQUINA (Vallés e Impiccini, 1999)

Generalidades

Ubicación: los principales depósitos cretácicos de la Cuenca Neuquina se ubican en el límite entre las provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa, al oeste del meridiano de 68° 40', constituyendo la "subregión mineralogenética de bentonita del Cretácico superior". En Río Negro, los yacimientos que se explotan actualmente se encuentran en los alrededores del lago Pellegrini;

en La Pampa se ubican en el departamento Puelén y en Neuquén en la zona de Barda Negra y cerro Bandera. Los depósitos terciarios se ubican al oeste de los anteriores, en los departamentos Zapala y Añelos, en territorio neuquino (38° 45' - 39° 15' L.S. y 69° 30' - 69° 40' L.O.).

Producción anual (t) de bentonita en las provincias de Río Negro, Neuquén y La Pampa

Provincia	1998	2000	2002*	Referencia
Río Negro	41.891	39.653	27.970	Estadística
Neuquén	22.696	19.540	17.763	Minera de la
La Pampa	17.444	21.741	9.881	Rep. Arg.

*estimada

Usos: el 50% de la bentonita extraída de los yacimientos de Neuquén, así como gran parte de los de La Pampa y menos de Río Negro se usa para la preparación de fluidos de inyección de pozos petroleros. A la industria siderúrgica (preparación de arenas de moldeo para fundición) se destina la mayor parte de la bentonita de Río Negro y el 30% de lo producido en Neuquén (bentonita de edad terciaria). Otros destinos son impermeabilizaciones de obras hidráulicas, la industria cerámica, de pegamentos, alimentos balanceados y otras aplicaciones menores.

Sistema de explotación: en canteras a cielo abierto. En la zona existen 6 plantas de tratamiento donde se muele y embolsa bentonita.

Antecedentes

Desde mediados de la década del 40, y hasta 1993 se extrajo de manera discontinua material bentonítico del área de Bajo Añelo (Neuquén). Bordas (1943) menciona por primera vez la presencia de depósitos de bentonita en la región. Iñiguez *et al* (1972) describieron los yacimientos rionegrinos del lago Pellegrini. En la zona de Zapala hizo lo propio Consultores del Plata en el año 1971. Angelelli *et al* (1976) realizaron una descripción regional de los depósitos de baritina en la Cuenca Neuquina y mas tarde Vallés (1986) estableció un modelo de posición estratigráfica para los mismos.

Marco Geológico

Los depósitos de bentonita se formaron durante el Cretácico superior, en la zona de engolfamiento de la Cuenca Neuquina, en sedimentitas de la Formación Allen del Grupo Malargüe. En la región de Zapala y Añelo se formaron depósitos de bentonita en sedimentitas miocénicas de la Formación Collon Curá.

Contenido de arcillas y reservas en yacimientos de las provincias de Río Negro, Neuquén y La Pampa

YACIMIENTOS CRETÁCICOS		Arcillas (%)	Reservas (t)	Referencias	
Area Lago Pellegrini	La Yesera, Lomas del Lago y Cerro Miroli	98	3.400.000	Iñiguez <i>et al.</i> , 1975	
	Sector sur-sudeste		2.500.000	Datos de compañías mineras	
Área norte de Allen	Carolina I		500.000 (medidas) 5.000.000 (inferidas)	Vallés e Impiccini, 1999	
	Morales I		140.000 (medidas) 300.000 (inferidas)		
Area del Río Colorado		99			
La Pampa		95 - 99			
Neuquén		95			
YACIMIENTOS TERCIARIOS					
Depto. Zapala	Area Cerro Bandera	Yac. Cerro Bandera	84	1.336.000 (inferidas)	C.F.I.-Sudamconsult y Asociados, 1973
	Area Barda Negra	Yac. La Reservada		1.500.000 (inferidas)	Gingins y Gil, 1975
		Total	74 - 82	3.125.000 (comprobadas) 4.800.000 (inferidas)	Medeot, 1986
Depto. Añelo			43 - 83		

Cuadro estratigráfico simplificado de la Cuenca Neuquina

Edad	Grupo	Formación	Descripción
Cuaternario		Bayo Mesa, Rodados patagónicos, Barreales	
Terciario		El Palo	
		Los Loros	
		Chichinales = Collon Curá	Rocas de ambiente continental fluvial y lacustre somero a pantanoso. Areniscas epiclásticas tobáceas con niveles de bentonita en la facies basal. En la porción intermedia hay tobas blancuzcas con grietas rellenas por yeso fibroso. La sección superior es eminentemente clástica.
	Malargüe	Carrizo	Arcillitas y capas rojas de ambiente lacustre y llanura aluvial.
		Roca	Calizas y margas bioclásticas marinas en la base y bancos de yeso en el techo.
Cretácico	Malargüe	Jagüel	Pelitas grises, verdes y amarillas de ambiente marino poco profundo.
		Allen	Está compuesta por cuatro facies, la basal son conglomerados y areniscas arcósicas grises amarillentas con fósiles de plantas y dinosaurios, en algunos sectores alcanza 19 metros de espesor. Le siguen fangolitas gris oliva con bentonita interestratificadas con lentes de areniscas finas de color claro, su espesor varía entre 11 y 14 metros. En la facies (3) hay fangolitas gris oliva a grises amarillentas junto con calizas estromatíticas y clásticas, además de lentes de tobas claras y bentonita ; el espesor de esta unidad es de 11 a 16 metros. Corona la formación depósitos de yeso intercalados con calizas y fangolitas que alcanzan los 6 a 18 metros de potencia.
	Supergrupo Neuquén	Anacleto	Areniscas y fangolitas rojas.

PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Geología de los yacimientos

Descripción: en la provincia de Río Negro los depósitos de bentonita se encuentran en el departamento General Roca, distribuidos en tres áreas: a) Lago Pellegrini, b) área norte de Allen y General Roca y c) área del Río Colorado y adyacencias. La primer área es la más importante desde el punto de vista productivo. Aquí la bentonita se encuentra en la sección media de la Formación Allen, en bancos tabulares de gran extensión areal y hasta 0,70 metros de potencia, o en cuerpos lentiformes de menor espesor (0,15 metros), ambos inmersos en fangolitas que conforman un encape de 4 a 6 metros. La mineralización presenta color verde claro, verde oliva y gris blanquecino con manchas de óxido de hierro. Los yacimientos del margen sudeste del lago tienen una extensión de 7.600 metros y 0,40 metros de espesor promedio; los depósitos del sudoeste alcanzan 4.150 metros y los del noroeste 5.900 metros en dos capas de 0,10 y 0,20 metros de espesor. Las principales minas son La Angelita,

Ducodo y Enrique. En el área norte de Allen y General Roca se destacan las minas Carolina I y Morales I; la Formación Allen está representada por fangolitas gris oliva con lentes de areniscas y piroclastitas y niveles de bentonita. En Carolina I hay tres niveles productivos; uno inferior de 0,3 a 0,4 metros de espesor utilizada en la industria metalúrgica, un nivel medio de 0,5 metros de potencia y un nivel superior de 0,25 a 0,3 metros, estos últimos extraídos para su uso en lodos de perforación. En Morales I hay un nivel de bentonita de 0,4 a 0,5 metros de potencia. En ambos yacimientos el encape no supera los 4 metros. En el área del Río Colorado los depósitos se disponen en una extensa faja (de aproximadamente 10 km) orientada noroeste-sudeste. En su extremo norte la bentonita se encuentra en un banco de 0,40 a 0,50 metros de potencia, de color gris verdoso (material puro), intensamente meteorizado, con formación de una cubierta ocre debido al óxido de hierro y al material carbonoso. Está inmerso en fangolitas que lo cubren por 7 metros. Los depósitos del sudeste del área presentan tres niveles bentoníticos de 0,15 a 0,80 metros de potencia intercalados en

fangolitas gris oliva con lentes limo-arenosos y piroclásticos, hacia el techo aparecen calizas algales.

Mineralogía: las bentonitas sódicas del sector del Lago Pellegrini tienen como principal componente la montmorillonita (esmectita dioctaédrica) y como componentes acompañantes feldespatos (oligoclasa-andesina), cuarzo, clastos líticos, trizas de vidrio y ceolitas. Micas, yeso, calcita y minerales opacos se presentan como componentes trazas. Los yacimientos en el área del Río Colorado están formados casi exclusivamente por montmorillonita, acompañada por feldespatos, cuarzo, yeso, ceolitas, trizas de vidrio, clastos líticos y minerales opacos.

PROVINCIA DE LA PAMPA

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos se distribuyen en una elongada faja noreste-sudoeste de aproximadamente 9 km de longitud. En el sector sudoeste los tres niveles bentoníticos (de color ocre y entre 0,50 y 0,60 m de espesor) se intercalan en una fangolita gris oliva con estratos de areniscas y nódulos de carbón en la parte superior. En el extremo noreste el paquete mineralizado tiene entre 13 y 15 metros de potencia y contiene niveles de bentonita tabulares de 0,20 a 0,40 metros de espesor inmersos entre calizas, fangolitas y lentes de piroclásticas y areniscas. Corona la secuencia un manto de yeso correspondiente a la facies superior de la Formación Allen.

Mineralogía: la bentonita posee como principal catión de intercambio el sodio y está compuesta en un 95 a 99% por montmorillonita. Cuarzo, feldespato, clastos líticos, cristobalita, trizas de vidrio y yeso acompañan la arcilla.

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Geología de los yacimientos cretácicos

Descripción: en el extremo oriental de la provincia del Neuquén, principalmente en el departamento Añelo, existen bentonitas en sedimentitas de edad cretácica. Los depósitos conforman una estrecha faja norte-sur de aproximadamente 25 km, en cuyo extremo occidental se encuentran una serie de yacimientos que presentan capas bentoníticas lentiformes (de

0,20 m de espesor) y otros tabulares de 0,70 metros de potencia de gran extensión areal, de color verde claro, gris verdoso y blanco, entre fangolitas de la Formación Allen. El contacto de estas capas con los estratos supra e infrayacentes es a través de una discordancia marcada por la variación granulométrica (principalmente arenosa) y el mayor contenido de yeso. En algunos sectores las capas mineralizadas se encuentran por debajo de 40 metros de fangolitas estériles.

Mineralogía: el importante contenido del catión sodio es uno de los rasgos más sobresalientes de estas bentonitas. Están compuestas principalmente por esmectitas de la serie montmorillonita-beidellita y en especial el primer mineral. Son acompañadas por plagioclasas (oligoclasa-andesina), litoclastos, cuarzo, ceolitas, analcima, trizas de vidrio, cristobalita, sanidina, calcita, baritina, yeso, biotita, apatita, circón, hematita, magnetita y frústulos de diatomeas.

Geología de los yacimientos terciarios

Descripción: los depósitos más importantes se encuentran en el departamento Zapala y en el departamento Añelo. En el primero de ellos los yacimientos se distribuyen a lo largo de una faja NNE-SSO de 20 km de largo (38° 45'-39° 15'S/69° 30'-69° 40'O). Según Valles e Impiccini (1999) los depósitos bentoníticos se encuentran en la facies clástica inferior de la Formación Collon Curá, en tanto que para Leanza y Hugo (1997) se encuentran en la Formación Cerro Bandera. La Formación Collon Curá se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación Lisandro (Supergrupo Neuquén) y comienza con un conglomerado fino, pasan a areniscas epiclásticas y tobáceas con lentes de tobas y concreciones ferruginosas además de dientes, huesos y plantas fósiles. Los bancos de bentonita se ubican en los sectores basales de las areniscas. Estos son de un espesor variable (3 a 15 metros) y su morfología varía según el sector de yacencia. En el extremo norte (área cerro Bandera) las capas son tabulares, de escaso desarrollo areal, con 3 a 8 metros de potencia. En el sector de la meseta de Barda Negra (extremo sudsudoeste) los depósitos se presentan como lentes de 3 a 10 metros de espesor, de color verde oliva a gris verdoso, con presencia de óxidos de hierro que le confieren al depósito un color ocre.

En el departamento Añelo las capas de bentonita son de espesor y extensión variable y se encuentran en la sección inferior de la Formación Chichinales (Oligoceno superior-Mioceno superior). En discordancia angular, la Formación Chichinales se apoya sobre las fangolitas de la Formación Jagüel; los niveles de tobas se encuentran argilitizados, más intensamente en las proximidades del contacto.

Mineralogía: las bentonitas del departamento Zapala son sódicas naturales, con 74% a 84% de arcillas. El 87% de los argimnerales son montmorillonita, el resto es un interstratificado de illita/smectita, del tipo R=1, con 70 a 80% de illita. La acompañan cuarzo, feldspato, cristobalita y trazas de ceolita, yeso y calcita.

Las bentonitas de la Formación Chichinales presentan 43 a 83% de arcillas, cuyos minerales consisten en interstratificados esmectita/illita, con elevado contenido en capas expansivas de un mineral de la serie montmorillonita-beidellita. La fracción limosa varía entre 15 y 46% y la arenosa entre 3 y 11%. En ellas hay plagioclasa, sanidina, trizas de vidrio volcánico, cuarzo, calcita, líticos, ceolitas, yeso, hornblenda, minerales opacos, chert (producto de la lixiviación y migración de sílice liberada durante la alteración) y apatita.

Modelo genético

13f (Bentonita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

La bentonita formada en niveles de la Formación cretácica Allen es producto de la desvitrificación *in situ* del vidrio volcánico en un ambiente marino somero. Los diversos elementos de origen volcánico que acompañan a las arcillas son prueba del material a partir del cual se formaron. Las cenizas volcánicas provenientes de los Andes occidentales se acumularon y preservaron sólo en los cuerpos de agua sin oleaje.

Los depósitos de bentonita alojados en la Formación terciaria Collón Curá se formaron en un ambiente continental, en medios confinados, reductores, ligeramente alcalinos, tales como cuerpos de agua continentales someros a pantanosos, aislados entre sí (Impiccini y Valles, 2002). En las diversas depresiones se acumularon tobas retransportadas, de composición dacítica a andesítica, las cuales se desvitrificaron al ser sometidas a un proceso de argilitización.

Los yacimientos en rocas de la Formación Chichinales también son producto de la argilitización *in situ* de los materiales tobáceos. El proceso se intensifica con la abundancia de agua, ya sea por estar en un ambiente lagunar o pantanoso o por la presencia de fangolitas impermeables en la base (Formación Jagüel). Estas fangolitas permitían la permanencia prolongada de las aguas freáticas sobre los niveles inferiores de la unidad (mayor argilitización en la base que en el techo).

DEPÓSITOS DE BENTONITA EN LA CORDILLERA ORIENTAL (NOA)

PURMAMARCA Y TILCARA
(Viruel *et al.*, 1998)

Generalidades

Ubicación: en la Cordillera Oriental de la provincia de Jujuy, región de la Quebrada de Humahuaca. Las poblaciones de Purmamarca y Tilcara se localizan a 50 km y 75 km al norte de San Salvador de Jujuy, respectivamente.

Acceso: por ruta nacional 9, desde la ciudad de San Salvador de Jujuy.

Usos: agente gelificante, purificación de aceites y grasas orgánicas, lodos de perforación, etc.

Marco geológico

Los principales afloramientos de rocas terciarias (Grupo Orán) de la Cordillera Oriental, en Jujuy, se localizan en varios sectores de la quebrada de Humahuaca y en el extremo occidental de la provincia geológica. Siempre están asociados a rocas del Grupo Salta y a sedimentos del Cuaternario, juntas conforman un conjunto de unidades detríticas, de carácter continental, con intercalaciones esporádicas de tobas volcánicas ácidas; muchas veces resulta difícil diferenciar formaciones o realizar correlaciones por su variabilidad lateral. En general, están compuestas por conglomerados, arenas, limos y arcillas.

Geología de los yacimientos

Descripción: en Tilcara hay arcillas muy plásticas, de color marrón rojizo, formadas por montmorillonita, illita y caolinita. Su curva

granulométrica muestra más del 95% de las partículas por debajo de 63 μm y casi el 80 % por debajo de 20 μm . El análisis por difracción de rayos X indica la presencia de esmectita como mineral principal de la fracción arcillosa además de mica y caolín.

En Purmamarca se localiza el yacimiento más importante de arcillas, son por lo general muy plásticas, de colores que van del marrón rojizo al verde oliva pálido. Poseen relativamente altos

contenidos de alúmina, hierro y potasio y muy bajo contenido en carbonatos. Su granulometría es muy fina; están formadas por esmectita, caolín, clorita y celadonita (mica de Mg – K).

Modelo genético

9h (Bentonita sedimentaria). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BENTONITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Purmamarca	23° 29'	65° 23'	Bentonita	Lenticular			Terciario	Tobas, limolitas y arcilitas	Gr. Orán	9h	Terciario
	Tilcara	23° 50'	65° 30'	Bentonita	Lenticular			Terciario	Tobas, limolitas y arcilitas	Gr. Orán	9h	Terciario
Mogna	Cañón del Colorado, San Pedrito, Santa Gema	30° 57'	68° 30'	Bentonita	Estratiforme	Al ₂ O ₃ : 14,75 - 16,2 %, SiO ₂ : 61,0 - 62,6 %	900.000 t (Cañón del Colorado) y 120.000 t (Santa Gema)	Mioceno	Areniscas	Formación Cañón Colorado	13f	Mioceno
	Santa Inés	31° 28'	68° 37'	Bentonita	Estratiforme			Plioceno	Pelitas	Formación Mogna	13f	Plioceno
Barreal	Alcázar (Bona, Josesito, Valdivia)	31° 29'	69° 23'	Bentonita	Mantiforme			Triásico superior	Areniscas, arcillas carbonáticas, areniscas tobáceas	Formación Alcázar	13f	Triásico superior
	Don Juan (Petal, Juancho)	31° 31'	69° 24'	Bentonita	Mantiforme		16.900 t (probadas) 200.000 t (geológicas)	Triásico superior	Areniscas, arcillas carbonáticas, areniscas tobáceas	Formación Alcázar	13f	Triásico superior
	Doña Argentina, Doña Enriqueta, Don Guillermo	31° 31'	68° 48'	Bentonita	Estratiforme			Plioceno	Pelitas	Formación Mogna	13f	Plioceno
	Marili (La Elcha)	31° 39'	69° 39'	Bentonita	Mantiforme		54.000 t (medidos) 760.000 t (indicados)	Triásico	Areniscas, arcillas carbonáticas, areniscas tobáceas	Formación Alcázar	13f	Triásico superior
	La Elcha I y II	33° 01'	69° 10'	Bentonita	Mantiforme lenticular		114.429 t (medidos); 294.320 t (inferidos e indicado)	Triásico	Areniscas, pelitas, conglomerados y niveles yesíferos	Formación Potrerillos	13f	Triásico medio-superior
Colonia Chica	Islas Malvinas	38° 09'	67° 48'	Bentonita	Mantiforme		Islas Malvinas: 500.000 t (medidos) 390.000 t (inferidos)	Cretácico superior Paleoceno	Mantos pelíticos irregulares y discontinuos	Formación Allen	13f	Cretácico superior Paleoceno

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BENTONITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Petrel, Cerro Bandera, La Linderá, Olascuaga II, El Reencuentro, Doña Emilia, El Toto, Don Jaime, Julio René, El Catalán, La Reservada, La Victoria, Soledad, Mama	38° 52'	69° 33'	Bentonita	Estratiforme		Reservas comprobadas (C) e inferidas (I). Julio René: 0,26 Mt (C) y 0,3 Mt (I). La Victoria: 0,3 Mt (C) y 1 Mt (I). Soledad: 0,42 Mt (C) y 0,36 Mt (I). Mama: 0,45 Mt (C) y 0,42 Mt (I)	Mioceno	Arcilitas, areniscas, conglomerados, piroclastitas	Formación Collón Cura	13f	Mioceno
Alto Valle	La Angelita	38° 40'	68° 00'	Bentonita	Estratiforme	Montmorillonita: 95%; Al ₂ O ₃ : 16 a 19%; Fe ₂ O ₃ : 4 a 6,5%		Cretácico superior Paleoceno	Arcillas, areniscas, yeso	Miembro Medio de la Formación Allen (Grupo Malargüe)	13f	Cretácico superior Paleoceno
Alto Valle	Lago Pellegrini IV	38° 44'	67° 53'	Bentonita	Estratiforme	Montmorillonita: 95%; Al ₂ O ₃ : 16 a 19%; Fe ₂ O ₃ : 4 a 6,5%		Cretácico superior	Arcillas, areniscas, yeso	Miembro Medio de la Formación Allen (Grupo Malargüe)	13f	Cretácico superior Paleoceno
Alto Valle	Enrique	38° 48'	67° 54'	Bentonita	Estratiforme	Montmorillonita: 95%; Al ₂ O ₃ : 16 a 19%; Fe ₂ O ₃ : 4 a 6,5%		Cretácico superior Paleoceno	Arcillas, areniscas, yeso	Miembro Medio de la Formación Allen (Grupo Malargüe)	13f	Cretácico superior Paleoceno
7 de Mayo	7 de Mayo, Júpiter, 17 de Septiembre, La Blanqueada, La Castellana y Nefele	39° 01'	69° 39'	Bentonita	Mantiforme		8 Mt (recursos hipotéticos del distrito). Júpiter: 0,59 Mt comprobadas; 0,32 Mt inferidas. 7 de Mayo: 1,1 Mt comprobado; 2,6 Mt inferidas	Mioceno inferior	Conglomerados, areniscas, tufitas y tobas	Formación Cerro Bandera	13f	Mioceno

BORATOS

Son minerales que contienen B_2O_3 y conforman sales o ésteres de ácido bórico. La mayoría de los boratos están formados por dos hojas de triángulos de B_2O_3 en donde todos los oxígenos están compartidos. Estas hojas están separadas por capas de moléculas de agua y unidas unas con otras por iones de Na y Ca. Se conocen unas cien especies minerales de boratos pero sólo cuatro de ellas son abundantes y de importancia económica, ellas son: bórax (tincal) $[B_4O_7Na_2 \cdot 10H_2O]$, ulexita $[B_5O_9NaCa \cdot 8H_2O]$, colemanita $[B_6O_{11}Ca_2 \cdot 5H_2O]$ y kernita $[B_4O_7Na_2 \cdot 4H_2O]$.

Las altiplanicies de los Andes Centrales son un ambiente de ocurrencia conspicua de minerales de boro. En este ámbito se localizan importantes depósitos de boratos y su génesis se debe fundamentalmente a que en la región son comunes tres factores naturales: a) volcanismo, b) cuencas endorreicas y c) clima árido. Los boratos se acumulan en salares y en la boca de fuentes termales, siendo los depósitos de mayor relevancia los que se encuentran en las salinas. Estas son alimentadas por aguas meteóricas y por fuentes termales que fluyen en el interior de las cubetas. La principal fuente de boro son los fluidos termales que aportan el catión directamente (boro exógeno) o bien lo inyectan en las aguas subterráneas (boro endógeno) aflorando luego éstas como manantiales (Alonso y Viramonte, 1993). La evaporación del agua meteórica genera un aumento en la salinidad de la misma y también produce salmueras que se encuentran, generalmente, a menos de 1 metro de profundidad. En este proceso se consumen primeramente el Ca^{+2} , por precipitación de yeso, HCO_3 removido por algas calcáreas, B_2O_3 por precipitación de ulexita y SiO_2 removido por diatomeas; así las salmueras se enriquecen en Li, K y Mg. Las aguas termales tienden a ser más salinas que las aguas de escorrentías y subterráneas y comúnmente presentan variaciones en las concentraciones de Li y B independientemente del contenido de sólidos disueltos totales (Ericksen, 1993).

Usos: tanto los boratos como sus productos derivados se utilizan en la industria del vidrio debido a que disminuyen el punto de fusión y modifican las propiedades de los mismos, pues un vidrio borosilicatado es más resistente a shocks térmicos y ataques de agentes químicos. Es común el uso de boratos de calcio y sus derivados en la fabricación de fibras de vidrio utilizadas en

plásticos reforzados. Los boratos en solución se transforman en agentes limpiadores que proveen a los detergentes un nivel medio de alcalinidad. En la industria metalúrgica los boratos se utilizan como fundentes (en aleaciones de Cu y refinación de Au). Los boratos y el ácido bórico tienen la propiedad de actuar como retardantes del fuego, lo que los hace útil en circunstancias específicas. Los boratos y sus derivados presentan, en menor importancia, aplicaciones en diferentes industrias, incluso como micronutrientes.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE BORATOS		
SEGEMAR	USGS	BCGS
7h		
9f	35b.3	F 09

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

La República Argentina es un importante productor de boratos a escala mundial. Los depósitos se ubican en la Puna y son de edad terciaria y cuaternaria.

A partir del Mioceno, en la Puna se formaron numerosas subcuencas hidrológicas y comenzó una importante actividad volcánica; concomitantemente, las condiciones climáticas de la región se hicieron semiáridas a áridas. Todos estos elementos contribuyeron a la formación de depósitos de boratos, sales y yeso (modelos 9f y 7h) a lo largo del Mioceno – Holoceno.

La distribución de los depósitos, tanto terciarios como cuaternarios, no es azarosa; sigue patrones estructurales de dirección predominante NNE-SSO entre $22^{\circ} 30'$ y 26° de latitud sur, sobre el meridiano 67° de longitud oeste. Conforman, por lo tanto, una elongada faja en cuyo borde oriental se ubican los boratos terciarios, en rocas del Grupo Pastos Grandes, representantes de los antiguos depocentros de las cuencas antes mencionadas. Los salares y lagunas puneñas, ahora migrados levemente al oeste, siguen funcionando como cuencas centrípetas y en ellas se han depositado boratos durante el Cuaternario debido a la continuidad del volcanismo y sus efusiones termales póstumas.

Los depósitos de boratos en la Puna argentina presentan un contenido mineral diferente según el tiempo de formación. Los yacimientos más modernos contienen ulexita e inyoita, mientras que en los depósitos mio-pliocenos se encuentra hidroboracita y colemanita y en los del Mioceno aparece kernita. Sólo el bórax es común en todos

los depósitos (Alonso, 1999c). Posiblemente este hecho se deba a factores especiales del quimismo, el ambiente y la intensidad de los parámetros geológicos que actuaron (Alonso y Viramonte, 1993).

zócalo puneño está limitado al oeste por la Cordillera Volcánica Occidental, al sur por la Cordillera de San Buenaventura, al este por la Cordillera Oriental y al norte se inserta en el altiplano boliviano.

BORATOS TERCIARIOS

Marco geológico

La Puna argentina es el único ámbito geológico del país donde se encuentran depósitos de boratos, terciarios y cuaternarios, además es uno de los pocos lugares del mundo que los poseen. La Puna se caracteriza por su paisaje y clima desértico, con impactantes estratovolcanes rodeados de planicies aluviales y salares. El

En una superficie de 100.000 Km² los depósitos de boratos se distribuyen en una elongada faja de dirección NNE-SSO que abarca parte del oeste de Jujuy, Salta y Catamarca. Los yacimientos terciarios más importantes son Loma Blanca, ubicado en Jujuy, en la Subprovincia Geológica Puna Septentrional (Alonso *et al.*, 1984b), que contiene tincal y ulexita; el yacimiento Tincalayu, productor de tincal, y el yacimiento Sijes, que contiene hidroboracita y colemanita. Estos dos se ubican en la Puna Austral (provincia de Salta).

Cuadro estratigráfico de la depresión de Pastos Grandes (Turner, 1960; 1964)

Unidad Estratigráfica	Miembro	Descripción
Depósitos actuales		Gravas y arenas en los bordes y material clástico fino y evaporitas en el centro de la depresión comprendiendo extensos planos aluviales.
F. Blanca Lila		Se apoya en discordancia angular sobre formaciones terciarias, consiste principalmente de pelitas con evaporitas (existen boratos) con tobas, tufitas y areniscas subordinadas. Se presenta en afloramientos discontinuos (150 km ²) y representa depósitos de cuenca endorreica con un cuerpo salino central. Espesor máximo medido es de 30 metros y dataciones Ar en biotitas en tobas dieron una edad de $0,33 \pm 0,04$ Ma y $0,37 \pm 0,05$ Ma (Pleistoceno superior) según Vandervood <i>et al.</i> (1995).
F. Rumibola		Vulcanitas terciarias que se apoyan sobre la Formación Pucará.
F. Pucará		Secuencia ignimbítica y piroclástica proveniente del complejo volcánico del Quevar. Su espesor es de 50 metros y se asignan al Terciario superior por ser más antiguas que los depósitos aterrazados de 1,5 Ma.
F. Singuel		Secuencia grano-creciente de conglomerados finos en la base y medianos a gruesos en el techo. Son de color gris a verdoso y según dataciones son del Plioceno inferior ($4,0 \pm 1,2$ Ma, Alonso y Gutierrez, 1986). Son depósitos de abanico, producidos por reactivación tectónica. Se acumuló en la porción austral de la cuenca.
F. Sijes	Esperanza	En contacto concordante transicional con el miembro infrayacente, esta unidad comienza con una sección grano-decreciente de conglomerados y areniscas pardo claras a gris verdosas, seguido de piroclastitas blanco grisáceas (tobas y tufitas) con un banco de tobas blancas en el techo que lo separa de la secuencia alternante de fangolitas color chocolate y colemanita con un característico nivel de diatomita con gasterópodos. Por encima aparece un estrato guía de tobas blancas seguido de areniscas, lutitas y arcillitas pardo rojizas con tobas. El miembro culmina con una sección piroclástica gris a negra y areniscas y conglomerados poco consolidados. El espesor del miembro Esperanza es de 631,05 metros. El plegamiento de las secciones es suave y el mismo tiende a desaparecer hacia el techo, terminando en un cuerpo homoclinal.
	Monte Verde	Transicionalmente se pasa a un nivel guía de tobas grises sobre el que se apoyan niveles intercalados de pelitas pardo claras con yeso verdoso, por encima se apoya una sección rítmica dada por la alternancia de niveles de pelitas pardo claras con niveles evaporíticos de inyoita , colemanita y yeso con abundante ulexita diseminada. Tiene un espesor de 378,10 m. La intensidad del plegamiento es algo menor pero continúan siendo pliegues apretados.

continuación

Unidad Estratigráfica	Miembro	Descripción
F. Sijes	Monte Amarillo	En contacto transicional con la Formación Pozuelos, esta unidad de 317,70 m de potencia posee en la base un nivel guía de potentes arcillitas rojas seguidas por secuencias rítmicas de pelitas y areniscas rojas con intercalaciones de yeso y tobas. Luego la secuencia rítmica es entre niveles de arcillitas verdes e inyoita con ulexita diseminada, le sigue una sección cíclica lacustre de alternancia bimodal entre pelitas pardas e hidroboracita con ulexita diseminada y un nivel guía de areniscas verde-amarillas. Termina con alternancia de pelitas y areniscas pardas con niveles de yeso y anhidrita. El conjunto se encuentra fuertemente plegado.
F. Pozuelos		Se caracteriza por ser predominantemente evaporítica, con mantos de sal de roca de aproximadamente 5 m de espesor separados por acumulaciones de tobas, tufitas, areniscas finas y limoarcillitas, teniendo el conjunto completo un color pardo oscuro. Es notable el cambio climático que experimentó la región, que pasó de un ambiente fluvial húmedo a un ambiente desértico de salares, de similares características que el actual de la Puna. No ha sido posible ubicar afloramientos de sedimentos de los estratos basales que mostrarían el cambio gradual en el clima y las condiciones de sedimentación. Dataciones en las tobas indican una edad de $7,6 \pm 1,1$ Ma (Mioceno sup.). En el techo de la formación aparecen depósitos clásticos (100 m de espesor) con niveles de yeso, carbonatos y boratos (ulexita, inyoita).
F. Geste	Superior	De contacto transicional con el miembro medio, presenta conglomerados grises pardos a grises verdosos, que en la base se interdigitan con areniscas y fangolitas pero hacia el techo son enteramente dominante. Pertanecen a depósitos de abanicos, su espesor es de 550 m y al igual que los dos miembros infrayacentes es un homoclinal buzante al este.
	Medio	De contacto concordante con el miembro inferior, se caracteriza por presentar una granulometría más fina dada por areniscas intercaladas con fangolitas que hacia el techo pasan transicionalmente a conglomerados (secuencia grano-creciente), todo el conjunto es color rojo ladrillo. Se han encontrado niveles con restos de marsupiales, notoungulados y dasipódidos (Pascual, 1983) del Eoceno medio a superior. Tiene un espesor de 450 m y son depósitos de ambiente fluvial de moderada energía.
	Inferior	Se apoya en discordancia angular y es una secuencia grano-decreciente, con conglomerados rojos en la base y areniscas y fangolitas arenosas hacia el techo, siempre con predominio de colores rojos y pardos e importante presencia de cuarzo, a veces conformando bancos de hasta 7 m de espesor y en clastos de hasta 20 cm. Espesor entre 550 a 150 m.
F. Copalayu / F. Oire		Leptometamorfitas / granitoides y metamorfitas. Rocas ordovícicas.

YACIMIENTO LOMA BLANCA (Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en la Puna septentrional, en la provincia de Jujuy (departamento Susques) a unos 10 km al SO de Coranzulí. La mina está a 4.150 m.s.n.m. Sus coordenadas son 23°03' S-66°27' O.

Acceso: a través de la ruta que une Coranzulí con Susques, hasta alcanzar la unión del río Grande con el arroyo Loma Blanca (sector denominado Encrucijada), allí se encuentra el desvío que se prolonga a lo largo de 1,5 km hasta llegar a la mina.

Infraestructura minera: el material extraído es preconcentrado en planta ubicada en el mismo yacimiento mediante molienda primaria y secundaria con extracción de arcillas estériles, se utilizan separadores magnéticos que benefician al mineral hasta formar un concentrado de alta ley. Concentración y tratamiento de material en seco en planta montada en Palpalá, a 10 km de San Salvador de Jujuy y 180 km de la mina.

Yacimiento	Reserva (t)	Ley (% B ₂ O ₃)
Loma Blanca	20.000.000	13

Producción: se encuentra en producción, inicialmente a cargo de la empresa S. R. Minerals, actualmente es propiedad de Procesadora de

Boratos S.A. En condiciones normales produce de 2.500 a 3.000 t/mes de sus diferentes productos.

Sistema de explotación: cielo abierto.

Antecedentes

En el año 1960 la compañía minera Garcia Pinto comenzó a explotar el yacimiento como depósito de inyoita y ulexita. Mas tarde, en el año 1968 descubren en Loma Blanca el mineral "teruggita" (Aristarain y Hurlbut, 1968). Las condiciones del yacimiento cambiaron cuando en 1982 se descubren capas de borax por debajo de los niveles de inyoita, adquiriendo mayor importancia económica.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito boratífero de Loma Blanca yace en sedimentitas terciarias que afloran en un área restringida de la cadena volcánica transversal de Coyahuaima. En sectores aledaños, y a orillas del río Grande, afloran secuencias plegadas ordovícicas de sedimentos clásticos marinos con niveles de lutitas negras piriticas y en posición levemente más al sur afloran litofacies porfíricas de la llamada Faja Eruptiva de la Puna. Hacia el oeste sedimentos terciarios suprayacen, en marcada discordancia angular, sobre los depósitos neopaleozoicos y, en el este, ambos están en contacto tectónico con depósitos continentales del mesozoico (Grupo Salta). El volcanismo terciario está representado por rocas ignimbríticas, dacitas y riocacitas provenientes de los grandes estratovolcanes que circundan la región. El cuaternario está representado por material aluvional producto de la erosión de los márgenes de la cubeta.

Las capas de bórax yacen en la "sección pelítico-boratífera" de la Formación Sijes de característico color verde. Por debajo de esta sección se encuentra la "sección piroclástica inferior" de color amarillo, con ignimbritas autobrechadas y areniscas y areniscas tobíferas. Por encima y conformando el techo de la formación se halla la "sección piroclástica superior" de color gris blanquecina integrada por tobas y tufitas con niveles pumicíticos.

Por la edad obtenida en la datación de una toba del sustrato de la sección boratífera (método K/Ar, $6,99 \pm 0,18$ Ma) las capas del yacimiento Loma Blanca son perfectamente correlacionables con la Formación Sijes definida por Turner (1960) y con la Formación Trinchera y Formación Pastos Chicos del Salar de Cauchari (Schwab y Lippolt, 1974).

Estructura: el fallamiento es el principal rasgo estructural subordinando al plegamiento.

Principalmente fallas inversas de rumbo NNE-SSO con buzamientos al este, interceptadas por fallas transversales. El conjunto de rocas terciarias se encuentra inclinado en promedio 20° al este.

Morfología: la mineralización se concentra en la sección pelítico-boratífera, la cual se compone de una serie de capas de tufitas y arcillitas verdes y grises con niveles de colemanita e inyoita de hasta 20 cm de espesor y láminas de ulexita de 2-3 cm interestratificadas con arcillita tufítica en una capa de aproximadamente 2 metros de potencia. El bórax se localiza en capas de 1 metro hasta 3 metros de espesor, inmediatamente por encima de la anterior, crecido en ganga de arcillita tufítica verde e interestratificado con lentes de arcillita plástica verde estériles con espesores de hasta un metro. Estos lentes, en ciertos sectores, se acuñan hasta desaparecer, permaneciendo importantes niveles de bórax. Hacia el techo de la capa boratífera hay toba blanca rica en boro.

Por la falta de perforaciones en forma lateral y en sentido del buzamiento, actualmente es imposible conocer la geometría de los cuerpos mineralizados (de bórax e inyoita). Sin embargo, el hallazgo de pseudomorfo de calcita según bórax permite seguir el cuerpo mineralizado en otros sectores.

Mineralogía: en Loma Blanca hay bórax o tincal, ulexita e inyoita, tres especies minerales muy abundantes y que revisten importancia económica. Colemanita y terruggita se presentan en cantidades no comerciales.

Los cristales de bórax se disponen en una matriz plástica, arcilloso-tufácea, conformando un banco monomineral que ha sido afectado por un notable fenómeno de transformación superficial de sus cristales, dominando en la zona de aireación la ulexita, debido a la alteración superficial de las capas de bórax. La ulexita también se presenta en capas que superan el metro de espesor, como evapocristales pseudomórficos (según inyoita) de estructura interna fibrosa y que infrayacen las capas de bórax. La inyoita esta representada por cristales de hábito tabular espático que alcanzan 10 cm de arista, alojados en capas de evapocristales, y venillas con escasa matriz epiclástica intersticial. Al igual que el bórax, en superficie la capas de inyoita se transforman lentamente a ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El área de Loma Blanca presenta bórax en evapocristales crecidos regularmente, sin orientación preferente, en una arcilla tufítica

verde. Esta capa de bórax (borato sódico), internamente flanqueada por niveles de bórax-ulexita, se dispone por encima de una débil capa de colemanita e inyoita primarios (boratos cálcicos) e infrayace a una capa de inyoita. Como se ha mencionado, la sección pelítico-boratófera se encuentra entre dos capas denominadas sección piroclástica inferior (en la base) y sección piroclástica superior (en el techo). Este arreglo litoestratigráfico respondería al siguiente cuadro evolutivo:

-En el sector existe una cuenca, de bajo índice de subsidencia (menos de 500 metros de materiales acumulados), inmersa en un ambiente volcánico explosivo, cuya actividad se refleja en los depósitos ignimbríticos y piroclásticos de la sección inferior.

-Durante un periodo de tranquilidad, la cubeta recibe los sedimentos clásticos erosionados de los alrededores (arcillitas y tufitas) además del aporte directo de fuentes termales que funcionaban como relictos del volcanismo y cuya composición variaba en el tiempo, generando capas de boratos de diversa composición ($\text{Ca/Ca-Na/Na/Na-Ca/Ca}$). Junto al catión boro también es importante la presencia de arsénico y antimonio, este último "par geoquímico" es característico en paleofuentes termales de la Puna (Socacastro, Antucu, San Marcos y Volcancito) y es una evidencia importante en el origen de los boratos. Un depósito travertínico muy contaminado por elementos terrígenos cierra este sistema geotermal boratófero.

-Se activa nuevamente el volcanismo en las calderas de Coranzulí y Coyahuaima y se genera la sección piroclástica superior puesta en contacto sobre la formación Sijes mediante falla.

Los boratos primarios (inyoita, bórax, ulexita y colemanita) se presentan como nódulos o cristales euhedrales que se han desarrollado dentro del sedimento y no en la superficie, a través del crecimiento de los boratos a partir de soluciones en el sedimento inconsolidado.

MANIFESTACIÓN CAUCHARI (Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: sobre la margen oriental del Salar Cauchari, y en su extremo nororiental, donde se localiza la serranía conocida como cerro Negro u Overo, en la provincia de Jujuy.

Acceso: la manifestación se encuentra próxima a la ruta provincial N° 70,

aproximadamente a 40 km del límite interprovincial sudoeste con Salta.

Sistema de explotación: no ha sido explotado.

Antecedentes

En el salar de Cauchari ha sido identificada la formación terciaria Trinchera (Schawb, 1973), la cual presenta similitudes litológicas con la Formación Sijes (Turner, 1960) aunque no cronoestratigráficas (la Formación Trincheras corresponde a sedimentos algo más antiguos). La primera mención sobre boratos corresponde a Gay *et al.* (1972) quienes identificaron nódulos de howlita asociados a yeso en el cerro Codo de Agua, en el centro-este del salar. La empresa Boroquímica realizó perforaciones en la ladera oeste del cerro Negro u Overo sin encontrar continuidad areal de la mineralización.

Geología del yacimiento

Descripción: a lo largo del lado oriental del salar de Cauchari afloran rocas terciarias de la Formación Trincheras. En la porción nororiental, donde aparece la serranía cerro Negro u Overo, esta unidad se compone de limoarcillitas, areniscas y tufitas, de colores claros a rojizos, en discordancia angular con las vulcanitas suprayacentes. La manifestación boratófera ocurre en la ladera occidental como delgadas capas de ulexita y colemanita-calcita que se repiten rítmicamente entre niveles limolíticos, unos metros por encima de un potente banco de travertino interestratificado. En la misma serranía se encuentran otras pequeñas manifestaciones de ulexita en venillas y diseminada en las sedimentitas.

Morfología: la manifestación de cerro Negro u Overo es de forma lenticular en superficie, con 1,5 metros de espesor máximo y 10 metros de longitud.

Mineralogía: se ha mencionado el hallazgo de howlita (Gay *et al.*, 1972), un silicoborato, junto a yeso, en el cerro Codo de Agua. En las manifestaciones de cerro Negro u Overo se determinó la presencia de ulexita y colemanita asociada a calcita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

MANIFESTACIÓN NARCISO

(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: sobre un afluente del río Grande de Coranzulí, al oeste de la mina Loma Blanca, en la provincia de Jujuy. Su presencia alienta la exploración del área conocida como Morro Blanco.

Geología del yacimiento

Descripción: se descubrieron capas de colemanita intercaladas en una secuencia volcanoclástica lacustre. La secuencia yace por debajo de una ignimbrita de 6,5 Ma, procedente del complejo volcánico Coranzulí.

Mineralogía: colemanita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

YACIMIENTO TINCALAYU

(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta, en la península de Tincalayu, junto al borde noroccidental del salar del Hombre Muerto, a 4.100 m.s.n.m. Sus coordenadas son 25° 06' S - 67° 03' O.

Acceso: desde Antofagasta de la Sierra (provincia de Catamarca), por ruta nacional 53 hasta el kilómetro 92, allí empalma el camino que llega hasta la mina en un trayecto de 23 km.

Antecedentes

El primer dato publicado sobre la existencia de boratos en la zona corresponde a Catalano (1929). De los nuevos trabajos sobre aspectos de la geología local se destacan los de Alonso *et al* (1984a); Alonso (1986) y Alonso y Gonzalez Barry (1989); sobre la mineralogía del depósito Aristarain (1989; 1991; 1993) y Aristarain y Rossetto (1993). Cornejo y Raskovsky (1981) trataron la explotación minera del yacimiento.

Secuencia estratigráfica de la península de Tincalayu

Unidad estratigráfica	Miembro/Sección	Descripción
Formación Incahuasi (Pleistoceno medio)		Son derrames lávicos clasificados como lacitas o como basaltos olivínicos potásico alcalinos, de 0,754 Ma (Watson en Alonso, 1986).
“Calizas Travertínicas”		Mantos discontinuos de 0,5 m a 20 m de espesor y de formación simultánea con los conglomerados Tincalayu. En algunos sectores suprayace a la Fm. Sijes e infrayace a los basaltos de la Fm. Incahuasi.
Conglomerado Tincalayu (Pleistoceno)	Superior	Apoyado sobre una discordancia erosiva, se encuentra un conglomerado con abundantes bloques de basalto y niveles de travertino. También es material generado por flujos densos.
	Inferior	Conglomerado fango-soportado que se apoya en evidente discordancia angular. Es producto de flujos densos y de explosiones hidromagmáticas.
Formación Sijes (Mioceno)	Pelítico	Se extiende a lo largo de toda la península y tiene un espesor de 30 metros, en la zona de extracción de bórax. Consiste de sedimentos pelito-psamíticos con intercalaciones de tobas y algunos niveles ulexíticos singenéticos como el último aporte de las soluciones termales.
	Boratífero	Se encuentra inmediatamente por encima del anterior y se intercala con lentes de sal y tobas biotíticas andesíticas (K/Ar= 5,86 ± 0,14 Ma, Watson en Alonso, 1986). Es un manto ubicado en el extremo austral de la península, que cubre unos 1000 m por 100-150 m y un espesor que varía según el grado de deformación (de 60 m máximos a 30 m de promedio).
	Halítico	Es un manto de sal de roca, tobas y tufitas que cubre una superficie de 10 km por 2 km y con un espesor superior a los 147 m (las perforaciones no lo alcanzaron a atravesar). Producto del acentuado volcanismo ácido regional y local asociado a un intenso termalismo.
?	?	Rocas ordovícicas?. Afloran al norte, sur y oeste de la península.

Estructura: la península de Tincalayu es un bloque fracturado y elevado, constituyendo el relieve invertido de una fosa que se generó en el lugar durante el Mioceno. Las rocas presentes están fuertemente plegadas según un estilo disarmónico, el cual mengua hacia el norte. El fallamiento inverso es dominante y la fractura principal occidental ha servido de conducto para el flujo lávico del cuaternario.

Morfología: es un lente deformado tectónicamente de 1000 m x 100-150 m y un espesor variable de 10 a 50 m.

Mineralogía: actualmente se conocen en el yacimiento Tincalayu 17 especies de boratos: searlesita (silicoborato), estroncioginorita (borato de estroncio y calcio), bórax, kernita, tincalconita, ezcurrita, ameghinita (boratos de sodio), ulexita, probertita (boratos de sodio-calcio), ginorita, inyoita (boratos de calcio), inderita, kurnakovita, macallisterita (boratos de magnesio) y rivadavita, aristarainita (boratos de sodio y magnesio), además de una especie innominada de borato-carbonato hidratada.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El borato es de origen termal, aunque fue depositado en cubetas continentales.

BORATOS EN LA DEPRESIÓN DE PASTOS GRANDES

(Alonso, 1999a)

Generalidades

La depresión de Pastos Grandes se encuentra ubicada entre 66° 35'-66° 45' de longitud oeste y 24° 30'-24°45' de latitud sur, en la Puna salteña, a 3.800 m.s.n.m. Dista 330 km de la ciudad de Salta y se accede por ruta nacional 51 hasta mina La Poma, allí se toma el camino que lleva hasta Santa Rosa de los Pastos Grandes, continuando luego por el interior de la depresión. Otro acceso lo constituye el ferrocarril hasta la estación Salar de Pocitos, por donde pasa la ruta provincial 129 que llega hasta la depresión en un recorrido aproximado de 60 km.

La depresión de Pastos Grandes constituye el mayor depósito de boratos de la Argentina y en ella se definió la secuencia estratigráfica terciaria para la región, por encontrarse completa, con el nombre de Grupo Pastos Grandes (Turner, 1960),

nombre actualmente mantenido sólo a los efectos prácticos. Dentro del grupo, los depósitos de boratos se distribuyen principalmente en la Formación Sijes, encontrándose hidroboracita en **Monte Amarillo** y **Monte Verde** y colemanita en **Esperanza**, **Sol de Mañana** y **Santa Rosa**. En la formación infrayacente, Pozuelos, hay ulexita e inyoita, al igual que en la Formación Blanca Lila (suprayacente al Grupo Pastos Grandes).

La depresión está limitada al occidente y oriente por fallas meridianas con buzamientos al oeste y este respectivamente, que ponen en contacto las sedimentitas con leptometamorfitas ordovícicas (pelitas y grauvacas) de la Formación Copalayu por el oeste, y con rocas de la Formación Oire, granitoides y metamorfitas ordovícicas por el este. En el norte se observa la cadena de Quevar compuesta por estratovolcanes del Mioceno medio (17 Ma y 10,7 Ma según Marret *et al*, 1994) en aparente contacto tectónico, y el límite sur está dado por sedimentitas terciarias.

Actualmente se explota Monte Amarillo y Monte Azul; la explotación es a cielo abierto en bancos de aproximadamente 6 metros. La producción anual de Sijes es de 70.000 t.

Manifestaciones de boratos en la Formación

Pozuelos

(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: es una de las formaciones terciarias que afloran en la depresión de Pastos Grandes.

Antecedentes

Los depósitos que se encuentran en esta formación han sido objeto de explotación en algunas oportunidades. En el sector sur de la cuenca (sección clástica) existió una antigua explotación minera conocida como "Juanita".

Geología del yacimiento

Descripción: en la distribución de facies de la Formación Pozuelos existen dos secciones bien marcadas: una sección clástica y una evaporítica. La sección clástica está ubicada en el extremo sur de la cuenca, consta de material arenoso, limolítico y yeso con intercalaciones de ulexita presente como nódulos en forma de disco de unos

12 cm de diámetro, capas y venas rellenando grietas; el hábito cristalino más común es el acicular. También se encuentra ulexita secundaria diseminada. El mineral es de muy buena calidad, con leyes en anhídrido bórico de 35% a 40%. Vandervoort (1993) concluyó que las capas de boratos se ubican en un sector de transición con la sección evaporítica. En la parte central de la cuenca aparece la sección evaporítica de la Formación Pozuelos, constituida por un importante cuerpo de sal de roca con intercalaciones de yeso, limolitas y tufitas, que hacia el techo se comienza a enriquecer en ulexita en ganga de sal y cemento de cloruro de sodio y yeso; esto lo convierte en un material de bajo interés económico sumado a su intensa contaminación con material clástico. También aparece inyoita. Este sector forma parte del grupo de pertenencias mineras El Zorro.

Estructura: el conjunto de sedimentos de la sección clástica se encuentra intensamente plegado y fallado, expuesto en un reducido anticlinal.

Mineralogía: la sección evaporítica posee ulexita, inyoita, pequeñas inclusiones de probertita y colemanita. En la sección clástica se encuentra ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Monte Amarillo (Formación Sijes)
(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta, en el ámbito de la Puna, a 3.900 m.s.n.m. Se encuentra 15 km al sur del campamento minero Sijes, en la ladera oeste de la serranía de Sijes.

Acceso: por el camino a Tincalayu.

Producción: actualmente en explotación.

Geología del yacimiento

Descripción: los boratos de Monte Amarillo se encuentran en el miembro inferior de la Formación Sijes (Miembro Monte Amarillo). La mineralización se caracteriza por ser prácticamente un cuerpo monomineral de hidroboraquita dispuesto en capas de espesor entre 2 cm y 2 metros (por efecto tectónico), alternadas

rítmicamente con capas principalmente de pelitas o también de yeso/anhidrita, y más difícilmente de tobas y tufitas. El conjunto de capas mineralización-sedimentos se ubica en la porción media superior del miembro y alcanza 137 m de potencia. Es notable la marcada ciclicidad de los depósitos evaporíticos y no evaporíticos, conformando una verdadera “serie rítmica alternante” (Lombard, 1956). Alonso (1986) describió la distribución vertical de las diferentes unidades, reconociendo cuatro tramos definidos por la naturaleza y asociación de la fracción evaporítica y por el tipo de sedimento. Definió un tramo inferior, el más importante desde el punto de vista económico, con capas de hidroboraquita entre tobas y tufitas; en el tramo siguiente aparecen capas de hidroboraquita/tufita entre pelitas, luego niveles de hidroboraquita/yeso alternante con pelitas y yeso y en menor cuantía tobas y tufitas, y por último capas de yeso/hidroboraquita entre niveles de pelitas. Lateralmente también se reconocen estos cambios faciales.

Estructura: el manto mineralizado sigue rumbo NNE-SSO con buzamiento de 30° al este. Está plegado y fallado y su importante diaclasamiento ortogonal facilita la explotación del recurso.

Morfología: la mineralización se concentra en un manto de 137 m de espesor y una longitud de aproximadamente 2,5 km. La misma se distribuye en capas de hidroboraquita, en algunos casos con yeso o tufitas, de espesores variables entre niveles milimétricos y capas de 2 metros (por deformación), aunque en general de 0,50 m a 1,0 metro, y longitudes del orden del centenar de metros.

Mineralogía: prácticamente es un depósito monomineral de hidroboraquita, pero con niveles de inyoita en la porción inferior del Miembro Monte Amarillo. Como mineral secundario aparece ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Monte Verde (Formación Sijes)
(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de la Puna salteña, en la depresión de Pastos Grandes.

Acceso: a través de una senda desde el yacimiento de Monte Amarillo.

Infraestructura minera: no posee.

Usos: la colemanita se utiliza para la obtención de ácido bórico y preparación de fibras de vidrio.

Sistema de explotación: el yacimiento no ha sido explotado, sería conveniente a cielo abierto, por un sistema de banqueo descendente. La separación de los boratos se debe hacer por un sencillo proceso de grillado, debido a la diferencia de dureza y coherencia que existe entre la mineralización y las capas clásticas que la circundan.

Producción: al presente se encuentra inactivo, los trabajos de explotación minera realizados han sido escasos.

Geología del yacimiento

Descripción: la mineralización se distribuye en 12 mantos sobre la porción central del miembro medio de la Formación terciaria Sijes, miembro Monte Verde. Dichos mantos alternan con arcillitas verdosas además de pelitas, tobas/tufitas y yeso con escasa participación de anhidrita. En conjunto componen un cuerpo de 113 metros de espesor que se prolonga por 3 km. Cada nivel mineralizado tiene un espesor que varía entre 0,2 metros a 2 metros y su composición varía vertical y lateralmente. Alonso (1986) describió el perfil vertical del manto y reconoció 5 tramos característicos, el tramo inferior posee niveles de colemanita entre capas de pelitas, yeso y tobas blancas, por encima los niveles mineralizados contienen colemanita e inyoita con hidroboracita subordinada alternando con pelitas, yeso y tobas con ulexita secundaria diseminada; por su contenido mineral representa el tramo más importante. Le sigue una capa de arenas y pelitas estériles, continúan dos niveles de inyoita con colemanita e hidroboracita subordinada, junto a capas de tobas, tufitas, pelitas y yeso. Culmina el perfil una capa estéril de material clástico. La secuencia rítmica entre boratos y no boratos se cumple a lo largo de todo el perfil con un comienzo del "pulso" boratífero débil, en su mineralización, para luego enriquecerse hasta el nivel estéril mostrando una leve recuperación en el tramo sucesivo. Lateralmente la mineralización varía en su composición, hay bancos de colemanita, otros de inyoita y otros de una mezcla entre ambos, luego tanto la colemanita como la inyoita experimentan cambios faciales a hidroboracita o yeso.

Estructura: el conjunto está suavemente plegado y presenta fallas de rumbo.

Morfología: el cuerpo mineralizado es un manto de espesor más o menos constante (113 metros) y de 3.000 metros de longitud con rumbo norte-sur e inclinación 35° al este. Las capas mineralizadas varían en su espesor entre milímetros y 2 metros, presentan buena continuidad y se acuñan en los bordes.

Mineralogía: dos especies minerales predominantes, colemanita e inyoita. Subordinado a los anteriores hay hidroboracita, y como mineral secundario diseminado entre las sedimentitas se encuentra ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Esperanza (Formación Sijes)
(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta, en el ámbito puneño, a 3.850 m.s.n.m. Se enclava en el pequeño valle del río Esperanza, sobre la ladera oriental de la serranía de Sijes, 8 km al sudeste del campamento minero Sijes.

Acceso: a través de una senda que nace del camino que une Sijes y Tincalayu.

Geología del yacimiento

Descripción: el miembro superior de la Formación Sijes (Miembro Esperanza) alberga una capa de boratos intercalada principalmente con fangolitas pardo oscuras. La mineralización consiste principalmente de delgadas capas (0,3 m) de colemanita y algunas capas poliboratíferas (hidroboracita, colemanita, inyoita y ulexita) dispuestas rítmicamente entre niveles de fangolitas, que en conjunto alcanzan 37,15 metros de potencia y están flanqueadas por una capa de tobas grises por la base (capa guía) y una de tobas blancas en el techo. Las capas mineralizadas tienen buena continuidad lateral con variaciones faciales de colemanita a yeso.

Morfología: consiste de un manto homoclinal de rumbo norte-sur y buzamiento 20° al este. El espesor total del mismo es de 37,15 metros y se extiende a lo largo de 3 km. Los niveles mineralizados son delgados, con un valor

medio de 0,3 metros y un valor máximo de 0,60 metros, y presentan buena continuidad lateral.

Estructura: el miembro Esperanza se encuentra levemente plegado y con fallas de rumbo separadas 300 metros.

Mineralogía: la colemanita es el mineral más importante desde el punto de vista volumétrico. Son minerales subordinados hidroboracita, inyoita y ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Otros depósitos y manifestaciones boratíferas de la Formación Sijes
(Alonso, 1999a).

Santa Rosa (colemanita e hidroboracita en el sector norte de la serranía de Sijes), Anita, Perico, Maridel, Playa 1, Monte Marrón y Sorpresa 3 (en la porción austral de la serranía de Sijes), Monte Gris, Playa 2-3 y Alejandro (en el flanco sudoriental de la serranía de Sijes, con manifestaciones de ulexita e inyoita), **Monte Azul** (actualmente en explotación; ubicada próxima a Monte Amarillo), Mina Apalacheana (rodeada por Monte Blanco al norte, Monte Azul al oeste y sur y Monte Amarillo al sur, conforma un importante yacimiento de hidroboracita), Monte Blanco (ubicado al sur de Sijes y conforma un pobre depósito de inyoita), Mina Ona (mineralizaciones boratíferas con colemanita en el sector medio de la serranía de Sijes) y La Paz I, II, III, IV, Santa Elena y Santa Elvira (en la porción norte de la serranía de Sijes).

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Depósito boratífero en el salar de Antofalla
(Alonso, 1999a)

Generalidades

Ubicación: en la península de Uncal, ubicada en el extremo centro-oriental del salar de Antofalla, noroeste de la provincia de Catamarca.

Geología del yacimiento

Descripción: los nódulos de ulexita se encuentran diseminados en capas de sal de roca, que junto a mantos de yeso constituyen un enorme cuerpo evaporítico, presumiblemente de edad oligocena superior. Las dataciones se realizaron en capas rojas aflorantes; de ratificarse esta edad las manifestaciones boratíferas de Antofalla constituirían las más antiguas del país. Gran parte del cuerpo salino subyace por debajo del piso del salar y la cobertura cenozoica oriental; se han detectado afloramientos de sal de roca a lo largo de una faja de aproximadamente 25 km, incluyéndose en ella el relieve de hábito peninsular denominado Uncal, cuyas dimensiones son 13 km de largo y 6 km de ancho (Alonso *et al.*, 1984a).

Mineralogía: ulexita en nódulos irregulares de hasta 5 cm de diámetro.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

BORATOS CUATERNARIOS

SALAR CAUCHARI
(Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en el sudoeste de la provincia de Jujuy, en el límite con la provincia de Salta. El salar puneño está a 3.900 m.s.n.m. y conforma una depresión de 50 km de largo y 3 a 5 km de ancho. Sus coordenadas son 23°55' S - 66° 50' O.

Acceso: por ruta provincial N° 70 a partir del empalme con la ruta que lleva al paso de Huaytiquina en el límite Chile-Salta-Jujuy.

Leyes (% B₂O₃) de la producción en Mina Porvenir (1983 a 1985), salar Cauchari

	Leyes (% B ₂ O ₃) Mineral zarandeado	Leyes (% B ₂ O ₃) Mineral limpio (tromel)	Empresa
"papas" de ulexita	28,6	32,7	Borax Argentina S.A.
"barras" de ulexita	16,0	22,5	

Sistema de explotación: a cielo abierto. En la mina Porvenir se realiza la limpieza de ulexita por medio de tromeles mecánicos. El borato es extraído directamente del salar con máquinas montadas sobre ruedas, el material es cargado en camiones y transportado a las playas de secado para posteriormente ser zarandeado y finalmente tromelado.

Antecedentes

Referencias sobre la geología del salar y su contenido mineral datan de fines del siglo XIX hasta la actualidad, entre otros se citan los trabajos de Becerra (1887), Ambrosetti (1900), Catalano (1926) y Alonso (1986).

La empresa Borax Argentina S. A. explota la mina de ulexita Porvenir desde 1983 y ha realizado trabajos de exploración en las minas de tincal Uruguay y Julio A. Roca, en la parte central del salar, con 130 perforaciones de 0,30 metros a 5,50 metros de profundidad. En la parte centro-sur del salar la empresa minera Roman explotó la mina Inundada con extracción de tincal (mayor información en Schalamuk *et al.*, 1983).

Marco geológico

El cuaternario de la Puna está representado por rocas volcánicas (y depósitos piroclásticos) además de acumulaciones aluviales y depósitos intermontanos (Turner *et al.*, 1979).

En la región del salar de Cauchari hay dos grandes corrimientos meridianos, el del oeste (con vergencia al este) levantó una serranía de rocas clásticas marinas de edad ordovícica y el corrimiento oriental (con vergencia oeste) permitió el afloramiento de rocas cretácicas y terciarias. Ambos altos estructurales, sumado al lineamiento El Toro-Olacapato, en el sur, hicieron de la región una cubeta intermontana. Allí hubo aportes de material clástico aluvional y de fluidos termales que se volcaron en el borde occidental de la depresión, producto de la actividad hidrotermal localizada en diversos puntos de emanación a lo largo de una fractura que recorre, con rumbo N-S, el borde oeste del salar. Este fenómeno volcánico póstumo del Cuaternario es el responsable de las

acumulaciones boratíferas y de travertinos en la región (Alonso, 1999).

Geología del yacimiento

Descripción: en el salar de Cauchari la ulexita es el principal borato en explotación, y en menor cuantía el tincal. La región boratífera se circunscribe al sector occidental del salar, y las áreas más importantes se encuentran en el norte (Mascota) y centro-oeste (Porvenir, Siberia) del mismo. En general el mineral tiene ganga arenosa parda (sedimento de playa) fácil de remover durante las tareas de limpieza, teniendo como variable perjudicial altos contenidos salinos. En el área de Porvenir el manto de ulexita se encuentra a un metro de profundidad y se nuclea en papas que alcanzan 20 cm de diámetro o en barras. Este manto se apoya en una capa de travertino. En el área Uruguay y Julio A. Roca, en el sector centro y centro-sur de Cauchari, a 1,5 metros de profundidad se encontró un manto con evapocristales de tincal crecidos entre láminas de arcilla negra fétida. La columna estratigráfica presenta en su techo un manto de ulexita, le sigue una capa de arcillita estéril y luego pasa a la capa con tincal, lo que indica que el tincal se formó antes que los mantos de ulexita. Al sur del área descripta se encuentra la mina Inundada, donde se explota tincal en una capa de 0,5 metros de espesor, con matriz limo-arcillosa rojiza a parda, que se encuentra a un metro de la superficie, cubierta por una capa de arena rojiza a parda con algunas manifestaciones de ulexita.

Mineralogía: ulexita y tincal son los boratos dominantes; Catalano (1926) mencionó hidroboracita y colemanita, minerales que no fueron confirmados en estudios posteriores. En la mina Porvenir se encontró la llamada "tiza", material asociado a ulexita, y sería una mezcla de ulexita y limo eólico o bien ceniza de composición dacítica.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La existencia de boratos en el salar de Cauchari está íntimamente relacionada con la

actividad hidrotermal cuaternaria, que se manifestó a través de la fractura que cruza a lo largo del margen oeste del salar. En la mina Porvenir se han detectado, en los travertinos que infrayacen al manto ulexítico, bocas de escape de gases perfectamente conservadas. Restos de conos geiserianos se encuentran en los alrededores de Casa Siberia.

SALAR OLARAZ (Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: es la prolongación norte del salar de Cauchari, pues pertenecen a la misma depresión, separados por el cono aluvial de la quebrada Archibarca. Sus coordenadas son 23° 30' S - 66° 45' O.

Acceso: por ruta provincial N° 70 a partir del empalme con la ruta que lleva al paso de Huaytiquina, en el límite Chile-Salta-Jujuy.

Salar Olaroz	Ley máxima (%B ₂ O ₃)
Grupo San Nicolás: "barras" de ulexita	26,0

Sistema de explotación: no explotado

Geología del yacimiento

Descripción: el único borato presente es ulexita, que se encuentra en mantos de hasta 1,20 metros y en forma de barras. El material boratífero está cubierto por una delgada capa de arena limosa salina. Las principales concentraciones se ubican en el borde centro-oriental del salar, en el paraje Huayra-Huasi, en el conjunto de pertenencias mineras conocidas como grupo San Nicolás. Son depósitos boratíferos relacionados con la actividad hidrotermal cuaternaria.

Mineralogía: la ulexita es el único borato existente.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALAR JAMA (Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: próximo al paso de Jama, en el límite internacional de Chile con la provincia de Jujuy, en la Puna argentina a 3.700 m.s.n.m.

Acceso: el salar se encuentra pocos kilómetros al oeste del camino que lleva al paso internacional homónimo.

Sector	Reservas de ulexita (t)	Referencia
Salar de Jama	150.000	Uñátez (en Schalamuk <i>et al.</i> , 1983)

Sistema de explotación: no se explota.

Antecedentes

No existen publicaciones sobre el salar. En algunos sectores se realizaron cateos de exploración.

Marco geológico

La depresión salina se encuentra rodeada por complejos volcánicos dacíticos y estratovolcanes del Terciario por el oeste, junto a sedimentitas plegadas ordovícicas en el extremo sur-occidental. Hacia el este y entre acumulaciones detríticas modernas afloran secuencias clásticas y volcánicas del Mioceno-Plioceno junto a rocas ordovícicas, hasta culminar en la Sierra de Lina, accidente topográfico que divide la región del ambiente del salar de Olaroz.

Geología del yacimiento

Descripción: las principales acumulaciones boratíferas se encuentran en el norte (Alonso, 1986) y en el sur del sector. En el sector sur los cateos de exploración encontraron el nivel freático a 1,15 metros de profundidad, a partir de allí comienza una zonación composicional vertical de las sales, que van desde un extremo sódico (mirabilita) en la base hasta un extremo cálcico (yeso) en el techo, pasando por miembros intermedios (ulexita). La ulexita, único borato encontrado, sin importancia económica en este sector, se encuentra a aproximadamente 30 cm de profundidad en una capa monomineral maciza de 4 cm de espesor. Por encima se apoya un manto

arenoso de yeso con una delgada capa limo-arcillosa que lo cubre. Por debajo del nivel de ulexita hay 40 cm de sulfato de sodio en una matriz verde amarillenta, que se apoya en una capa de arcillita oscura rica en materia orgánica

Mineralogía: ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

LAGUNA VILAMA

(Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en el extremo nor-occidental de la provincia de Jujuy, próximo al límite con Bolivia. Perteneció al ámbito de la Puna jujeña.

Acceso: se accede por un camino precario desde Mina Pirquitas.

Sistema de explotación: no se explota.

Antecedentes

No se han evaluado las reservas existentes; actualmente no se realizan explotaciones.

Marco geológico

La laguna se encuentra rodeada en el norte, oeste y sur por material detrítico moderno proveniente de los edificios volcánicos y centros lávicos del Plioceno que se disponen en el oeste junto al límite con Bolivia. En el borde este un cuerpo evaporítico holocénico separa la laguna de un manto ignimbrítico del Plioceno producto de las extrusiones del complejo caldérico Vilama.

Geología del yacimiento

Descripción: las concentraciones de boratos se encuentran en el norte y sur de la laguna (Alonso, 1986); el área norte es la más importante. La ulexita es el mineral de interés, aunque tiene baja calidad.

Mineralogía: ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

LAGUNA GUAYATAYOC

(Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en el borde oriental de la Puna de Jujuy, en la latitud del trópico de Capricornio.

Acceso: por ruta nacional N° 40, pocos kilómetros al oeste de la población Pozo Colorado.

Antecedentes

Se realizaron trabajos a comienzos del siglo XX, luego sólo se explotaron algunas áreas, esporádicamente. Las principales pertenencias eran conocidas como Salta, Tucumán, Córdoba y Rosario.

Marco geológico

La laguna Guayatayoc presenta en sus alrededores acumulaciones detríticas cuaternarias provenientes de la denudación de los granitoides y dioritoides cretácicos que afloran en el oeste y este (Sierra de Aguilar) junto a rocas clásticas ordovícicas.

Geología del yacimiento

Descripción: en el sector suroriental de la laguna se presentan las mayores concentraciones de ulexita. En esta área, según un cateo realizado, los primeros 20 a 25 cm son arenas limosas pardas, por debajo siguen 3 cm de arcilla plástica verdosa y luego un manto ritmítico de ulexita en barra y arcillitas verdes (de 7 a 8 cm cada una de las láminas que conforman el manto); antes de llegar al nivel freático aparece una capa de arcillita verdosa.

Reservas y leyes en material extraído de la laguna Guayatayoc

Sector	Reservas (t)	Ley mineral crudo (% B ₃ O ₃)	Ley mineral limpio (% B ₃ O ₃)	Referencia
Laguna Guayatayoc	1.550.724	16 - 25	30 - 32	Riverberi (en Schalamuk <i>et al.</i> , 1983)

Mineralogía: ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALINAS GRANDES
(Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: se localiza en el sur de Jujuy y norte de Salta, a 3.300 m.s.n.m, en el borde oriental de la provincia geológica Puna. Sus coordenadas son 23° 44' S - 66° 00' O.

Acceso: por ruta nacional N° 40 hasta la intersección con el camino que va a Susques.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Antecedentes

Brackebusch (1893) mencionó por primera vez la presencia de boratos en la Salina Grande. A principios del siglo XX se publicaron los trabajos de Buttgenbach (1901) y Reichert (1907) y la empresa internacional belga de boratos los explotó intensamente, realizando importantes instalaciones en el lugar. Sgrosso (1943), Irgarzabal (1979) y Alonso (1986, 1988) completan la información existente sobre la salina.

Marco geológico

El entorno de la salina está dominado por acumulaciones detríticas modernas que en algunos casos conforman conos aluviales, como el del río Las Burras, que influye en la forma de "bumerang" de la salina. En el oeste afloran rocas ordovícicas del Grupo Santa Victoria y al este encontramos el borde occidental de la Cordillera Oriental, con secuencias clásticas y volcánicas del Mioceno, rocas cámbricas del Grupo Mesón y ordovícicas del Grupo Santa Victoria.

Geología del yacimiento

Descripción: si bien la presencia de ulexita es interesante en varios puntos de la salina, el área de Tres Morros en Jujuy y de Niño Muerto en Salta representan las más importantes. En Tres Morros la ulexita se encuentra en superficie en nódulos, aunque a medida que se profundiza la misma se masifica. La capa, con algunas variantes, tiene un espesor de un metro. Por debajo hay un manto de arcilla plástica rojiza. En el área de Niño Muerto la ulexita también se encuentra en superficie, en forma de nódulos y maciza, pero el espesor de la capa es en promedio de 30 cm y en algunos sectores alcanza el metro de espesor. Los aspectos negativos son que parte de la capa de boratos está por debajo del nivel frático, y el mayor contenido de sales.

Mineralogía: ulexita. Buttgenbach (1901) mencionó el hallazgo de colemanita, aunque no fue confirmada en estudios posteriores.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

TURI LARI
(Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en el extremo noroeste de la depresión de Olaroz, en la Puna de Jujuy.

Acceso: por ruta N° 70 camino a Coranzuil.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Antecedentes

Actualmente se encuentra en explotación a cargo de la empresa Viento Blanco. Péndola (1954 en Schalamuk *et al.*, 1983), Muessing (1958) y Alonso (1986) han publicado investigaciones sobre el pequeño salar.

Reserva, leyes e impurezas de los boratos de Salinas Grandes

Sector	Reservas (t)	Ley (%B ₂ O ₃)	% cloruros	Referencia
Tres Morros (Jujuy)		36,9	5,08	Reichert (1907)
Niño Muerto (Salta)	500.000	24,78	29,81	

Marco geológico

La depresión de Turi Lari se encuentra en un entorno de rocas terciarias, compuestas de tufitas, areniscas tobáceas y caliches, que en conjunto forman una columna de 200 metros de potencia apoyada, en discordancia angular, sobre rocas ordovícicas.

Geología del yacimiento

Descripción: los boratos están representados por tincal y cantidad restringida de ulexita. Los evaporitales de tincal se encuentran en un manto de arcillas verdes de 90 cm de espesor, en una relación matriz:cristales 1:1. La capa productora está cubierta por una lámina de cloruro de sodio. Por debajo hay caliche. La ulexita cobra importancia en los sectores donde el salar está completamente seco; se produce a partir de la transformación del tincal.

Mineralogía: tincal y ulexita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La génesis del mineral está relacionada con la surgencia de aguas calientes boratíferas en los bordes e interior de la depresión.

OTROS DEPÓSITOS Y MANIFESTACIONES DE BORATOS EN LA PROVINCIA DE JUJUY (Alonso, 1999b)

Los pequeños salares y depresiones de **Lina Lari, Celti, Aña Laguna, Cilón, Lago Mucar, Lagunita** y **Acazoque**, en la Puna de Jujuy, son ejemplos de la generación de boratos por aporte de fuentes termales. Algunos de ellos han sido explotados en el pasado en forma esporádica mientras que otros no revisten mayor importancia

económica, aunque sí científica (Lagunita) o prospectiva.

SALAR DEL HOMBRE MUERTO (Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en la Puna Austral, en el límite entre las provincias de Catamarca y Salta, a 3.750 m.s.n.m. Sus coordenadas son 25°15' S-67°05' O.

Antecedentes

En el salar del Hombre Muerto, Reichert (1907) descubrió la presencia de boratos; Catalano (1964b) describió y estudió el salar con la realización de 1.439 pozos. Las primeras actividades de explotación datan de principios del siglo XX en los alrededores del salar; en tiempos más recientes la explotación se concentró en el extremo noreste (por parte del productor Renaud).

Geología del yacimiento

Descripción: ulexita es el mineral predominante, existen algunas manifestaciones de bórax en el extremo norte del salar. La ulexita se concentra principalmente en la mitad oriental del salar, en capas de espesores variables, de pocos centímetros hasta 1 metro, cubiertas por una delgada capa evaporítica. En general los niveles boratíferos presentan alternancias ulexita-clásticos (arena, limos, arcillas o gipsarenita), apoyados sobre arcillita roja o verde fétida. La mineralización es como nódulos (papas) o maciza.

Mineralogía: ulexita y escasas manifestaciones de bórax.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Reservas, leyes e impurezas de los boratos del Salar del Hombre Muerto

Sector	Reservas (t)	Ley (%B ₂ O ₃)	Cloruros	Referencias	
Salar del Hombre Muerto	Total	7.500.000	30	Bajo contenido	Catalano (1964b)
	Subcuenca Oriental	1.500.000			Uñátez (en Scalamuk <i>et al</i> , 1983)

SALAR DIABLILLOS

(Alonso, 1999b)

Generalidades

Ubicación: en la Puna Austral, al oeste del salar del Hombre Muerto y salar Ratones, a 3.900 m.s.n.m. Sus coordenadas son 25°15' S-66°40' O.

Acceso: por el desvío que va de Sijes a Tincalayu.

Antecedentes

El primer estudio sobre boratos en el salar fue el de Reichert (1907) y luego el de Catalano (1964a). Actualmente gran parte de las pertenencias son de Bórax Argentina S.A. y Norquímica S.A.

Geología del yacimiento

Descripción: el salar de Diablillos tiene la particularidad de tener como sustrato al basamento cristalino y de ser una cubeta formada en el Cuaternario. En una perforación de 75 metros de profundidad, que alcanzó el basamento, se observó el siguiente arreglo estratigráfico: conglomerado basal que pasa transicionalmente a areniscas cuarzo feldespáticas, por encima 29 metros de pelitas y arcillitas interestratificadas, y culmina con un nivel de caliche o barros orgánicos fétidos de 10 cm sobre el que se apoyan los depósitos de ulexita, que conforman una capa de 1 metro de mineral macizo y nodular. Es una secuencia granoestrato-decreciente de un ambiente fluvial, con participación de fluidos termales relacionados con la mineralización, provenientes de manantiales extinguidos alojados en el extremo sur oriental y en el centro de la cubeta, a lo largo de fracturas. En el mismo sector aparecen manifestaciones de tincal junto a ulexita, mezclados con material arcilloso rojizo; también hay travertino y sílice asociada, indicando una mayor temperatura en algún momento de la evolución del termalismo. El material es de buena calidad, sin cloruro de sodio.

Mineralogía: principalmente ulexita, también hay manifestaciones de tincal en el extremo sudeste. Catalano (1964a) mencionó el hallazgo de hidrobóracita en el mismo sector, aunque ese mineral no ha sido confirmado en estudios posteriores.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALAR RATONES

(Alonso, 1999)

Generalidades

Ubicación: se localiza entre la serranía Baqueville al oeste y la serranía Oire al este, en la misma depresión que el salar Centenario. Sus coordenadas son 25° 10' S – 64° 45' O.

Sector	Reservas (t)
Salar Ratones	1.000.000

Antecedentes

La primer mención se debe a Reichert (1907). Alonso (1986) publicó investigaciones sobre este salar. El depósito no se explota.

Geología del yacimiento

Descripción: la salina esta en contacto con material de conos aluviales y pie de monte tanto en el oeste, como en el norte y sur, mientras que en el lado este se contacta con basamento. Sobre el mismo sector oriental, en la parte media del salar, un monte-isla de rocas metamórficas ha generado una bahía dentro de la depresión, donde se ha acumulado la ulexita, formada a partir de las fuentes termales perfectamente conservadas ubicadas en el mismo lado este, sobre una fractura nornordeste-suduroeste que limita la cubeta. La mineralización se concentra en una capa de 0,5 metros de espesor que cubre una superficie de 1 km², dispuesta sobre arcillas plásticas verdes y debajo de una delgada eflorescencia salina. Sobre la fractura en el norte del monte-isla aparece travertino, que pasa luego a ulexita y sal.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Reserva, leyes e impurezas de los boratos del Salar Diablillos

Sector	Reservas (t)	Ley (%B ₂ O ₃)	% Cloruros	Referencia
Salar Diablillos	2.250.000	34,47	No hay	Catalano (1964a)

OTROS SALARES CON BORATOS DE LA PUNA AUSTRAL

Salar Centenario (actualmente en explotación, Mina Maggi), salar Pozuelos (Mina San Mateo, recientemente explotada y evaluada) y

salar Rincón (antigua mina de tincal Carolina y también depósitos de ulexita). El salar de Pastos Grandes contiene boratos como producto de la lixiviación de las diversas capas boratíferas terciarias de la Formación Sijes.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BORATOS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Laguna Vilama	Boratera Vilama, Cerro Tinte	22° 33'	66° 53'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Coranzuli	Loma Blanca	23° 04'	66° 27'	Boratos	Evaporítico		12,74 Mt (inferidos)	Mioceno	Tufitas, areniscas tufticas, ignimbritas	Formación Sijes	9f	Mioceno
Laguna Guayalajite	Lina Lari	23° 08'	66° 59'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
	Turi Lari, Pujis, Celti	23° 08'	66° 31'	Boratos	Evaporítico		Bórax: 11.089 t (medidos+ inferidos) Ulexita: 4.239 t (medidos+ inferidos)	Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Jama	Jama, San Felipe, San Francisco	23° 17'	67° 02'	Boratos	Evaporítico		150.000 t de ulexita para el conjunto de pertenencias	Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Olaroz	Mario, Eduardo Daniel, Lisandro	23° 31'	66° 42'	Boratos	Evaporítico	B2O3: 28%	130.000 t	Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salinas Grandes	Niño Muerto, Walterio, San Francisco	23° 43'	66° 12'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalación de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Cauchari	Porvenir, Alsina, Ataco, Moreno, San Esteban, Sarmiento y otras	23° 51'	66° 47'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detriticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BORATOS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Laguna Guayatayoc	Grupo Buenos Aires, Grupo Córdoba, Grupo Jujuy, Grupo Salta y otras	23° 21'	65° 53'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar del Rincón	La Nuestra, Carolina	24° 11'	66° 58'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalación de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Sijes	Santa Elvira	24° 34'	66° 39'	Boratos	Evaporítico fósil			Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Sijes	Sol de Mañana	24° 39'	66° 40'	Boratos	Evaporítico fósil	B2O3: 28% (Colemanita); B2O3: 30% (Hidboracita)	556.000 t (medidas) 960.000 t (indicadas) 1.500.000 t (inferidas)	Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Sijes	Monte Blanco	24° 40'	66° 40'	Boratos	Evaporítico fósil			Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Sijes	Esperanza	24° 40'	66° 39'	Boratos	Evaporítico fósil	B2O3: 28%	100.000 t	Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Sijes	Monte Azul	24° 42'	66° 40'	Boratos	Evaporítico fósil	B2O3: 40%		Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BORATOS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Sijes	Monte Verde	24° 43'	66° 40'	Boratos	Evaporítico fósil			Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Salar de Pozuelos	San Mateo, San Marcos	24° 44'	66° 50'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalación de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Sijes	Monte Gris	24° 45'	66° 40'	Boratos	Evaporítico fósil			Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Sijes	Monte Marrón	24° 46'	66° 41'	Boratos	Evaporítico fósil			Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos	Formación Sijes	9f	Mioceno
Salar del Centenario	Maggie	24° 55'	66° 44'	Boratos	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalación de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Ratones	Ratones I y II	25° 10'	66° 48'	Boratos	Evaporítico			Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalación de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Holoceno

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

BORATOS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salar de Diablillos	Entrerriana, Santo Domingo	25° 16'	66° 43'	Boratos	Evaporítico		Entrerriana: 99.563 t (probadas) Sto. Domingo: 100.000 t (probables)	Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalación de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Tincalayu	Tincalayu, Berta, Diana, Estela, Mary, Patricia, Susana, Viviana, Mabel, Emma y otras	25° 16'	67° 02'	Boratos-sal	Evaporítico fósil	B2O3: 18%	5 Mt	Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones de piroclastitas y bancos de boratos y cloruro de sodio	Formación Sijes	9f	Mioceno
Salar del Hombre Muerto	Alberto, Centenario, La Jujeña	25° 19'	67° 06'	Boratos	Nódulos, concreciones			Pleistoceno	Intercalaciones de yeso, arcillas, arenas y halita	Megacuerpo salino Los Negros	9f	Pleistoceno
Salar de Antofalla		25° 52'	67° 40'	Boratos	Nódulos			Oligoceno superior	Evaporitas		9f	Oligoceno superior

CAOLÍN

Denominación utilizada para las arcillas blancas predominantemente compuestas por minerales del grupo de la caolinita $[Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8]$, principalmente las especies caolinita y halloysita. Este grupo de minerales arcillosos está formado por caolinita, como el miembro más importante, dikita y nacrita son los polimorfos más raros y halloysita es la forma hidratada. Alofano e imogolita son los silicatos de aluminio hidratados que ocurren en los suelos.

En la estructura de la caolinita cada átomo de silicio está rodeado por cuatro átomos de oxígeno formando un tetraedro, éstos se unen entre sí originando una capa tetraédrica ("t"). Los átomos de aluminio están rodeados por OH⁻ que se disponen en los vértices de un octaedro, éstos también se unen entre sí, formando una capa octaédrica ("o"). Las capas t y o, a su vez, se ligan entre sí formando hojas o capas t-o (filosilicatos).

La caolinita está sujeta a pocas variaciones en su composición química. Los análisis demuestran poca cantidad de Fe, Cr, Ti, Mg y K, debido a que por la propia naturaleza de la arcilla éstos no podrían estar presentes en la estructura, aunque podrían estarlo en impurezas (rutilo, micas, etc.).

La halloysita muestra mayor variabilidad composicional y tiende a una alta relación Al/Si.

La caolinita tiene baja capacidad de intercambio catiónico (alrededor de 10, aunque llega a 100 $\mu\text{eq/g}$ a través de impurezas) comparadas con otras arcillas. La halloysita puede alcanzar hasta 400 $\mu\text{eq/g}$.

La caolinita se presenta en depósitos residuales primarios formados por meteorización o alteración hidrotermal de baja temperatura de feldespatos, muscovita y otros silicatos ricos en aluminio, usualmente en rocas ácidas (granitos, riolitas, cuarzo-dioritas, etc). La derivación a partir de feldespatos puede ser expresada como:



La sílice y el KOH se pierden por lixiviación. Si el potasio no se pierde es más probable que se forme illita antes que caolinita.

La caolinita también ocurre en depósitos secundarios donde han sido transportados los materiales parentales o incluso la propia caolinita, bajo condiciones convenientemente no alcalinas y depositadas en ambientes deltaicos, lagunares u otros no marinos.

Usos: la aplicación más importante del caolín es en la industria del papel, utilizado como carga o pigmento de revestimiento. Esta misma función cumple en otras tantas aplicaciones, como plásticos, pinturas y caucho. Es utilizado también en la industria de cerámica (que puede superar incluso el consumo en papel), esmaltes, refractarios, cementos especiales, cosméticos, y otros. En la Argentina, el consumo proviene fundamentalmente de la industria de pinturas, caucho, plásticos y alimentos balanceados; las industrias del papel, pintura, plástico y cosmética son importadoras -de un volumen en algunos casos importantes- de caolín.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE CAOLIN		
SEGEMAR	USGS	BCGS
7i	251.2	H 09
9i	31k.3	E 07
13e	38h	B 05

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos caolínicos argentinos tienen una amplia distribución y su potencial económico varía notablemente de un sector a otro. Estos depósitos se han generado por la acción de diversos procesos sobre variadas litologías, a lo largo de los períodos **Jurásico**, **Cretácico**, **Terciario** y **Cuaternario**.

En el sector patagónico, durante el Ciclo orogénico gondwánico colisionó el terreno Patagonia con Gondwana, generándose durante el régimen extensional post-colisional un extenso plateau ignimbrítico seguido de un evento hidrotermal póstumo (Cretácico superior) que alteró las rocas del Complejo Porfirico permotriásico en el área de Los Menucos y Aguada de Guerra, y generó importantes depósitos de caolín hidrotermal (modelo 7i). Asimismo, durante la apertura del océano Atlántico tuvo lugar un importante volcanismo vinculado a procesos de riftogénesis (Jurásico medio) que produjo la acumulación de volcanitas ácidas (Grupo Bahía Laura) y mesosilíceas a básicas (Grupo Lonco Trapial), cuyas unidades superiores sufrieron un proceso de caolinitización que en algunos sectores alcanzó contenidos económicos (modelo 13e, caolín del valle inferior del Río Chubut, Camarones y el Lote 8 de la provincia de Santa Cruz). En las proximidades de estos depósitos se encuentran acumulaciones de caolín sedimentario (modelo 9i), como lentes masivos ubicados en el

miembro inferior de la Formación Baqueró (Cretácico medio) en la provincia de Santa Cruz y en capas masivas de la Formación Roca (Terciario inferior) en el valle inferior del río Chubut.

Durante el Terciario los episodios ácidos produjeron una importante actividad hidrotermal ácida, circunscripta al extremo andino, que formó depósitos de caolín sobre rocas reactivas (modelo 7i), como las volcanitas del Grupo Bahía Laura (Alto río Senguer, Chubut) y rocas de la Serie Andesítica Terciaria (Colihué, Río Negro).

Los depósitos de San Luis son de edad cuaternaria, productos de la erosión y transporte del material caolínico generado por la caolinitización de los feldspatos de las rocas graníticas y pegmatíticas del basamento. Los yacimientos ubicados al oeste de la Quiaca, en Jujuy, se formaron por un proceso de caolinitización en unidades tobáceas del Cuaternario.

Del análisis realizado sobre la geología de los principales yacimientos de caolín en la Argentina se desprende el concepto de *control estratigráfico* de los depósitos (ya expresado por Dominguez y Cravero, 1999). Si bien los procesos genéticos son comunes en varios sectores del país, para generar un depósito caolínico es necesario una roca apropiada (ej: piroclastitas ácidas a mesosilícicas) sometida a un proceso de alteración (meteórico o hidrotermal) prolongado.

DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN JUJUY (Schalamuk *et al*, 1983)

PEÑAS BLANCAS

Generalidades

Ubicación: las minas La Lucha, Yuraj y otras se ubican 20 km al oeste de la ciudad de La Quiaca, en el departamento Yavi. El yacimiento ocupa ambas márgenes del arroyo Peñas Blancas, antes de su intersección con el río La Quiaca. Los depósitos se distribuyen a lo largo de una faja de 4 km de longitud y 0,5 a 1 km de ancho.

Acceso: por ruta provincial 5, que une La Quiaca con Santa Catalina.

Composición química del caolín de Peñas Blancas

Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Referencia
Yuraj	61,5	21,6	1,8	Reverberi, 1966
La Lucha	57,9	25,9	2,2	

Sistema de explotación: a cielo abierto durante las décadas de 1940 y 1950.

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos caolínicos afloran en las márgenes del río Peñas Blancas, que se encauza en la traza de una fractura de rumbo N30°E. En la región hay profundos cañadones que alojan domos, lomas o mantos subhorizontales en el fondo de los cauces. En las canteras se observan dos mantos de material caolínico, uno inferior de 5 a 6 metros de potencia, de color blanco, homogéneo y sin rodados, en parte estratificado, su límite inferior no es visible. El manto superior se reconoce por su color marrón (“beige”), importante presencia de rodados pequeños e inclusión de lentes de conglomerados. El depósito se encuentra tapado por 3,5 a 10 metros de material de acarreo.

Modelo genético

13e (Caolín). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

Según Schalamuk *et al* (1983), el origen de los depósitos de caolín se debe a la alteración de tobas del Cuaternario inferior, o algo anterior (Formación Tafna), que se apoyan sobre sedimentitas ordovícicas (Formación Acoite). Estos depósitos se han conservado preferentemente en las depresiones y alcanzado un grado de caolinitización diverso.

CHOCOITE Y TACANAITE

Generalidades

Ubicación: 30 km al sudoeste de la localidad de Pumahuasi, entre 3.650 y 3.700 m.s.n.m.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: este yacimiento es similar a Peñas Blancas, compuesto por dos mantos de caolín, uno inferior con material blanco, untuoso al tacto, homogéneo en su composición, coherente, y un manto superior, no explotable, con intercalaciones de rodados parcialmente caolinitizados.

Modelo genético

13e (Caolín). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

(Angelelli, *et al.*, 1980)

LA DEHEZA

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de Precordillera, 52 km al norte de la ciudad de San Juan y 10 km al noroeste del embalse de Ullum.

Producción: a principio de la década de 1980 se extraían 3.000 a 4.000 toneladas mensuales, aunque el yacimiento sólo se explotaba durante tres o cuatro meses del invierno, pues en el resto del año las lluvias producen importantes avenidas que anegan el lugar y lo cubren de derrubio.

Composición química del caolín de La Deheza

Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
San Juan	75,5	20,0	1,24
San José	75,6	23,49	0,71
“material de stock”	72,3	11,93	2,97

Usos: industria refractaria y producción de cemento blanco.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: el material caolinizado aflora en el interior y los márgenes de una quebrada que corre en dirección este-oeste siguiendo la traza de una falla. El caolín se ha generado sobre tobas y andesitas, dacitas y riolitas intercaladas entre arcillitas, limolitas y areniscas. Las volcanitas, de color blanco debido a la alteración, presentan caolín duro, compacto y de grano medio a grueso, de color blanco a amarillo rojizo en las zonas con óxidos de hierro. Es importante su contenido de cuarzo. En la región se discriminan caolines de tres calidades, conocidas en el mercado con las numeraciones 4.005, 4.006 y 4.007.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

La caolinización se produjo por un proceso de alteración muy posiblemente hidrotermal (Angelelli, *et al.*, 1980).

LA CHIGUA

Generalidades

Ubicación: el yacimiento se ubica en la quebrada del Quirquincho, afluente del río Blanco, 16 km al nor-noreste de Malimán de Abajo, localidad distante 253 km al noroeste de la ciudad de San Juan y 80 km de Jachal.

Acceso: desde Malimán de Abajo, el área es de fácil acceso.

Caolín del yacimiento La Chigua

Mina	Al ₂ O ₃ (%)	Reserva estimada (t)	Referencia
Don Juan	13,9	42.500	Murillo Rodríguez, 1976

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Litología del entorno: el depósito de caolín abarca un área de 3.000 m². Sin embargo, debe considerarse que Angelelli *et al.* (1980) indican que el sector con mineralización de interés es muy reducido. La secuencia comienza con una primera serie volcánica compuesta por riolitas cubiertas por material sedimentario, seguida por una segunda serie volcánica y material epiclástico (areniscas tobáceas, areniscas conglomerádicas y lutitas oscuras).

Morfología: el material caolínico ha conformado bolsones de gran distribución en la zona.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

La mineralización se ha generado como consecuencia de un proceso hidrotermal de caolinización y cloritización de los feldespatos de rocas volcánicas (Angelelli *et al.*, 1980).

DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS

(Angelelli *et al*, 1980)

Generalidades

Ubicación: en el departamento Chacabuco, 6 km al sudeste de la localidad de Papagayos. Allí se localizan las minas La Carrodilla y El Nevado, en el flanco occidental de la sierra de Comechingones.

Acceso: por la ruta provincial 1 hasta la escuela El Recuerdo, desde allí por camino de huella a lo largo de 4 km en dirección sudeste.

Producción: en 1998, según datos de la Estadística Minera de la Nación, la provincia de San Luis produjo 7.250 toneladas de caolín; en el año 2000 la producción provincial fue de 6.540 t y se estima que la producción de caolín en el 2002 fue de 4.716 t.

Sistema de explotación: La Carrodilla fue explotada a cielo abierto aparte de dos galerías de 6 y 7 metros de recorrido y algunos pozos aterrados.

Geología de los yacimientos

Descripción: ambos yacimientos son depósitos lenticulares de 1,2 a 2,4 metros de espesor, su material caolínico es de color blanco amarillento con manchas ferruginosas. En su conjunto el material presenta una elevada proporción de arena (50%), canto rodado y restos de roca original caolinizada. Los depósitos son de edad cuaternaria y se apoyan en esquistos del basamento o bien en mantos de arcillas rojas, y son cubiertos por 1 o 2 metros de relleno moderno y suelo. Los yacimientos distan aproximadamente 2 km uno de otro.

Modelo genético

9i (Caolín sedimentario). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El origen de estos depósitos sería la alteración, posiblemente meteórica, de feldespatos de rocas graníticas (en el área existen filones pegmatíticos parcialmente caolinitizados). El caolín así formado fue transportado por las aguas originando pequeños lentes de material puro, notable en el interior de una labor subterránea.

DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

(Dominguez y Schalamuk, 1999)

Generalidades

Ubicación: se localizan en las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. Los depósitos se distribuyen a lo largo de gran parte de las sierras, en especial entre Chillar y La Negra, e inclusive en Balcarce. Numerosas son las canteras y labores mineras realizadas en la zona: Verónica (37° 20'-59° 54'), Javier (37° 24'-59° 53'), Constante 10 (37° 20'-59° 46'), El Silicón y El Ferrugo (37° 18'-59° 48'), La Torre (37° 28'-59° 46'), Cantera Gutierrez (37° 44'-59° 14'), San Manuel (37° 45'-59° 01'), Cantera Los Pinos (37° 18'-58° 18'), entre otras.

Sistema de explotación: la única mina que presenta actividad es Constante 10, con explotación a cielo abierto. Dos yacimientos, El Ferrugo y El Silicón, han sido explotados con labores subterráneas.

Caolín de la provincia de San Luis

Mina	Residuo insoluble (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	
La Carrodilla	Frente de cantera	68,78	3,82	0,20
	Interior de galería	77,05	1,70	0,10
El Nevado		72,27	4,67	0,10

Características físicas y usos de los caolines de la provincia de Buenos Aires

Zona	Cantera/ Sector	Material arcilloso				Usos
		Color	Dureza	Plasticidad	Cont. de alúmina	
Chillar-La Negra	Verónica, Javier, Constante10, El Silicón y El Ferrugo, La Torre	Blanco	Dura	Baja		
Loma del Piojo	Cantera Gutierrez	Matices blancos, amarillos y rojos	Blanda	Alta	Alto	
Cerro Segundo y sierra La Barrosa		Blanco	Dura	Baja	Alto	
Cuchilla de Las Águilas		Blanco	Semi- dura	Media	Bajo	Por sus condiciones tiene un importante potencial comercial en el mercado de pastas blancas y porcelanatos.
San Manuel y Loma del Piojo		Blanco	Dura	Baja		El caolín extraído se calcina y se comercializa como chamote cerámico para la industria de refractarios.

Marco geológico de los yacimientos de caolín de la provincia de Buenos Aires

Edad	Sector			Litología	
	Olavarría Sierras Bayas	Barker Villa Cacique	Las Águilas La Juanita		
Ordovícico		F. Balcarce		Cuarcitas y conglomerados cuarcíticos con escasas pefitas y pelitas.	
Precámbrico	Superior	Gr. Sierras Bayas	F. Cerro Negro	F. Las Águilas	Pelitas.
			F. Loma Negra		Calizas.
			F. Cerro Largo		Pelitas, psamitas (Cuarcitas Superiores) y psamopelitas (depósitos de arcillas)
			F. Villa Mónica	F. La Juanita	Dolomías, cuarcitas arcósicas (Cuarcitas Inferiores) y pelitas.
		Complejo Buenos Aires			Granitoides y rocas metamórficas (granitos, migmatitas, milonitas, ectinitas y en algunos sectores anfibolitas, rocas filonianas y arcillas).

Geología de los yacimientos de caolín de la provincia de Buenos Aires

Zona	Sector	Características del depósito
Chillar-La Negra	Verónica, Javier, Constante10, El Silicón y El Ferrugo, La Torre	En los yacimientos de esta zona se han hallado arcillas blancas en niveles del Miembro inferior de la F. Balcarce (Zalba y Garrido, 1984). Consisten en arcillas blancas, duras y poco plásticas. Mineralógicamente los depósitos están compuestos por caolinita, cuarzo e illita/muscovita. Con la profundidad (2-8 m) disminuye la argilización y aumenta el porcentaje de hierro (el material pasa de color blanco a rojo). Los cuerpos presentan buena continuidad lateral y espesor variable.

continuación

Zona	Sector	Características del depósito
Loma del Piojo	Cantera Gutierrez	Material arcilloso de origen residual. Es un paquete de arcilla blanca con tonos rojizos de 10 m de espesor, apoyado sobre una diabasa y cubierto por cuarcitas de la F. Balcarce (Dominguez y Silletta, 2002). Mineralogía: caolinita (74%), illita (14%), cuarzo (12%) y trazas de esmectitas; las proporciones de caolinita disminuyen con la profundidad aumentando las de esmectita. Las variedades rojas pueden contener hasta un 17% de hematita. El principal problema para su uso en la industria es la variabilidad de su color y la ventaja más notable es su alto contenido en alúmina. El material nunca se ha explotado.
Cerro Segundo y sierra La Barrosa		En el sector hubo actividad extractiva del material arcilloso, el cual es de origen residual y formado por un proceso hidrotermal, que actuó sobre rocas gneísicas, con modificaciones sobrepuestas por procesos meteóricos.
Cuchilla de Las Águilas		Los depósitos forman parte de la facies de psamitas y pelitas de la F. Las Águilas. Las capas pelíticas se intercalan con psamitas, sus espesores varían entre 2 y 7 metros y el material arcilloso está integrado mayoritariamente por illita-caolinita y cuarzo, en algunos casos aparece pirofilita.
San Manuel y Loma del Piojo		El depósito se ubica en el sector basal de la F. Balcarce. Consiste en capas de arcillas caoliníticas de hasta 2 metros de espesor, de alta pureza, con illita subordinada. Dristas y Frisicale (1984) sostienen que el depósito se generó por alteración hidrotermal; Schalamuk <i>et al.</i> (1992) lo consideran como producto de procesos de alteración meteórica (laterización) que afectó originalmente al basamento ígneo-metamórfico.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

9i (Caolín sedimentario). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

13e (Caolín). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

El yacimiento de arcilla caolinica "Cantera Gutierrez" se originó por la alteración meteórica o supergénica de una diabasa perteneciente a la F. Buenos Aires o a la F. Balcarce, según estudios sobre isótopos de oxígeno e hidrógeno (Dominguez y Silletta, 2002).

Las arcillas blancas de El Ferrugo y Constante 10 son depósitos de origen sedimentario, sobre la base de evidencias sedimentológicas, abundancia de cuarzo y orientación cara a cara de los minerales de las arcillas (Zalba y Garrido, 1984).

DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO (Angelelli *et al.*, 1976; Domínguez y Maiza, 1984)

ZONA DE LOS MENUCOS

Generalidades

Ubicación: en las proximidades de la localidad de Los Menucos existen dos sectores

caoliníferos de relevancia. El *sector sudoeste*, distante 5 km al sudoeste de Los Menucos, que ocupa un área de 45 km², y el *sector sudeste*, 40 km al sudeste de la mencionada población, que ocupa un área de 48 km².

Usos: industria de la porcelana y azulejos; caolín silíceo como material de carga.

Sistema de explotación: a cielo abierto. Mina Yicel comenzó a fines de 1998 su explotación (Cuchi *et al.*, 2001).

Geología de los yacimientos

Descripción: en ambos sectores mineralizados la geología es similar. Sobre el basamento volcánico permo-triásico compuesto por tres coladas de riolitas identificadas regionalmente como "tipo 1, 2 y 3" en el sector más austral, y por andesitas, dacitas, riolitas 2 y gabros en el sector sudoeste (Formación Sierra Colorada), se apoya una toba riolítica (de 30 metros de espesor en el sector sudeste) en donde se aloja el material caolinítico (Miembro tobáceo). En esta última unidad litológica se observa una zonación, dada por el fenómeno hidrotermal que produjo la caolinización, que consiste, de base a techo, en un nivel de clorita-sericita seguido por aproximadamente 20 metros de toba caolinizada y por encima un nivel silicificado; el paso de uno a otro tipo de alteración es transicional. El material extraído es blanco a blanco grisáceo, duro y con manchas de óxidos de hierro.

Contenido y calidad de caolinita en los depósitos de Los Menucos

Sector	Mina	Caolinita (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Referencia
Sudeste	Blanquita	50,0	50,0	33,04	2,03	0,31	Hayase <i>et al</i> , 1970a
	Sorpresa	83,5	65,75	23,34	0,12	0,26	
Sudoeste	Adelita	62,8-45,2	68,1-74,44	24,80-17,82	0,09-0,10	0,15-0,19	
	La Fortuna	51,7	67,89	20,46	0,29	0,22	

Morfología: el material explotado se encuentra como bolsones y mantos.

Mineralogía: en el sector sudoeste las especies integrantes son: caolinita (1 a 15 micrones), dickita, montmorillonita (en venillas), cuarzo (primario y secundario), sericita, óxido de hierro y calcita (escasa). En el sector sudeste: caolinita (1,5 a 30 micrones), cuarzo (primario y secundario), calcita (en venillas), óxidos de hierro y mottramita.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Según Hayase (1970a y b y 1971) el origen de los depósitos de caolín, tanto el de Los Menucos como el de los sectores más al noroeste y el de las proximidades de Aguada de Guerra, es hidrotermal. Maiza y Hayase (1975) entienden que la mineralización de caolín estaría relacionada con la fase póstuma del volcanismo que dio origen a la formación Sierra Colorada o con los procesos intrusivos posteriores, existiendo una relación entre esta mineralización y las de fluorita, plomo-cobre-zinc y manganeso presentes en el área.

AGUADA DE GUERRA

Generalidades

Ubicación: 35 km al sudoeste de Los Menucos.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: en la zona se repite el arreglo estratigráfico característico de la región: volcanitas y piroclastitas permo-triásicas alteradas por fluidos hidrotermales. La secuencia comienza con riolitas, andesitas y dacitas, sobre ellas se apoyan un paquete de tobas riolíticas con clara zonación debido a la alteración hidrotermal, con caolinización en la base y silicificación en el techo. Una colada de basalto corona la secuencia y cuerpos discordantes de obsidiana cortan todo el conjunto. El caolín es blanco a blanco grisáceo, con poca a nula oxidación, duro y fácilmente fracturable. En Aguada de Guerra existen dos

tipos de mena: blandas y blancas con Al₂O₃ superior al 30% y otras duras, compactas con cuarzo y cristobalita, con alúmina cercana al 20%.

Mineralogía: el material caolinítico está compuesto por caolinita (0,9 a 9,0 micrones), dickita, cuarzo (primario y secundario), ópalo y cristobalita, alunita, sericita y montmorillonita.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

CODIHUÉ Y LA CHIQUITA

Generalidades

Ubicación: la mina Codihué se encuentra 35 km al sudoeste de la localidad de Pilcaniyeu, en el departamento homónimo. La mina La Chiquita se ubica 31 km al oeste de la misma localidad.

Acceso: a la localidad de Pilcaniyeu se llega a través de la ruta 23.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: asomos de coladas basálticas separadas por material tobáceo aflorando en las proximidades de Codihué. En los alrededores de la mina La Chiquita son abundantes los afloramientos de diques y *necks* de rocas volcánicas. En la mina se destaca la geología de la Serie Andesítica Terciaria, compuesta por una alternancia rítmica de tobas, conglomerados gruesos, brecha piroclástica y coladas volcánicas, atravesadas por filones de riolita, andesita y basalto. En La Chiquita el caolín es blanco, compacto y sin estratificación; incluye bloques de material caolinítico de similares características pero mayor dureza.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Los yacimientos se han originado por la acción de aguas termales que alteran rocas riolíticas.

Composición química de caolín del yacimiento Aguada de Guerra

Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Referencia
Miguel	77,52	13,90	0,07	0,01	Hayase <i>et al</i> , 1971
Albafeld	77,13	15,40	0,09	0,01	

Calidad química del caolín de las minas Codihué y La Chiquita, provincia de Río Negro

Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Referencias
Codihué	44	33	1,20 (+MnO ₂)	Cannelle y Terrero, 1949
La Chiquita	51,27	32,34	1,30	Cannelle y Terrero, 1948

COMALLO

(Angelelli *et al.*, 1976 ; Cuchi, 1998)

Generalidades

Ubicación: a 35 km de la localidad de Comallo, provincia de Río Negro.

Acceso: por la ruta provincial 67.

Sistema de explotación: 14 bocaminas distribuidos en un frente de 400 metros de largo, con 150 metros de avance (mina La Casualidad I).

Geología de los yacimientos

Descripción: horizonte arcilloso intercalado entre un manto de basalto vesicular de la Formación Cerro Petiso (Mioceno inferior medio) y tobas de la Formación Collón Curá (Mioceno medio a superior). Es una arcilla refractaria compuesta por caolinita y halloysita, con escasa illita. Su contenido de alúmina varía entre 32 y 37% Al₂O₃. Los principales depósitos son La Casualidad I y II, mientras que Carnaval tiene posibilidades económicas limitadas.

Modelo genético

13e (Caolín). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

DEPÓSITOS DE CAOLÍN EN LAS PROVINCIAS DE CHUBUT Y SANTA CRUZ

(Dominguez y Cravero, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Chubut los principales yacimientos se encuentran a orillas del Río Chubut entre los diques Ameghino y Boca Toma, en las proximidades de Trelew, en una elongada faja NE-SO entre 66° 00' y 66° 26' de longitud oeste. Algunos depósitos también se ubican al noroeste de Alto Río Senguer. En la provincia de Santa Cruz los yacimientos de caolín

de mayores recursos se ubican en los Lotes 8, 18 y 19, a unos 200 km al noroeste de Puerto San Julián. Otros depósitos se localizan en las proximidades del cerro Rubio. Manifestaciones de caolín aparecen en las proximidades de Camarones y a unos 20 km al noroeste de Puerto San Julián.

Acceso: a los yacimientos de Chubut se accede por la ruta nacional 25, mientras que a los de Santa Cruz por la ruta provincial 251.

Producción: la región produce más de 130.000 toneladas de caolín anualmente y de ella se han extraído más de 3.000.000 de toneladas. Según datos de la Estadística Minera de la Nación, en 1998 la provincia del Chubut produjo 32.834 toneladas y Santa Cruz 1.400 toneladas; en el año 2000 la producción de Chubut fue de 18.206 t y se estimó en 20.977 t la producción de 2002.

Usos: el 60% se utilizó para cerámica de sanitarios, 30% en la fabricación de loza y porcelanas y el 10% restante en materiales aislantes y otros.

Sistema de explotación: actualmente se explota a cielo abierto mediante canteras, totalmente mecanizado. Antiguamente se explotaba a cielo abierto, pero manualmente, y también en forma subterránea mediante cámaras y pilares.

Antecedentes

En 1934 se comenzó a extraer arcilla caolinítica, para fabricación de refractarios, de la mina Los Granaderos, en la provincia del Chubut. Luego, en el año 1939, comenzó su producción el yacimiento Duñac, en Chubut y la mina La Unión en Santa Cruz (Lote 8). Después de estos primeros trabajos sobre los caolines de la región patagónica, se sucedieron una gran cantidad de estudios de índole técnicos y científicos que se citan con extensión en Dominguez y Cravero (1999).

Las empresas Minera Ameghino, FAPA-Armanino, Piedra Grande y Minera Zafiro son las principales propietarias de los yacimientos de caolín en la región.

Reservas y calidad de caolín en yacimientos de las provincias de Chubut y Santa Cruz

Sector		Recursos (t)	Calidad	Referencias
Río Chubut		14.800.000	Generalmente apto para cerámicas	Romero <i>et al</i> , 1974
		25.000.000		Dominguez, 1984a y b
Lote 18		16.000.000		Vía, 1983
		4.000.000 (identificados)		Compañía minera propietaria
Lote 19		200.000		
Lote 8	El Ñandú	350.000	>17% de Al ₂ O ₃ y >75% de blancura	Treo, 1983
		2.000.000		En Domínguez y Cravero, 1999
		1.200.000	21,5% Al ₂ O ₃ (n=18)	Panza <i>et al</i> , 1994
	El Ranquel	240.000	20,6% Al ₂ O ₃ (n=11)	
	Unión	280.000	20,9% Al ₂ O ₃ (n=12)	

DEPÓSITOS DE CAOLÍN RESIDUAL EN LAS PROVINCIAS DE CHUBUT Y SANTA CRUZ

Geología de los yacimientos

Descripción: en la provincia del Chubut los depósitos de origen residual se encuentran en el Valle inferior del Río Chubut y en Camarones, mientras que en la provincia de Santa Cruz aparecen en el Lote 8, en la Estancia Los Machos y en el cerro Rubio. En general los yacimientos tienen una importante extensión areal (entre 0,6 y 6 km²) y se desarrollan en la parte superior de los complejos volcánicos del Jurásico medio y superior. En Chubut los depósitos caoliníticos se desarrollaron a partir de la alteración de pórfiros rosados, tobas pardas, brechas y aglomerados de rocas riolíticas (Romero *et al*, 1975) del Grupo Lonco Trapial que infrayace a las areniscas, arcillitas y coquinas de la Formación Roca (Paleoceno). En Santa Cruz los depósitos se generaron a partir de la caolinización de las rocas del Grupo Bahía Laura (ignimbritas de composición riolítica según Dominguez y Murray, 1997). En la mayoría de estos yacimientos la alteración no muestra control estructural, aunque sí estratigráfico, pues se desarrollan en los sectores superiores de los complejos volcánicos y disminuyen en profundidad.

Estructura: solamente en dos minas de la provincia del Chubut se observa un control estructural de la alteración, desarrollándose principalmente en uno de los labios de las fallas.

Morfología: los horizontes caolinizados son de geometría tabular, con espesores que varían entre 3 y 6 metros, aunque en algunos sectores llegan hasta 30 metros. La longitud de estos mantos alcanza 1.500 metros.

Mineralogía: en los yacimientos de Chubut el material de alteración tiene 60% de partículas

menores a 2 µm, con caolinita (formada a partir de feldespatos), 7 Å halloysita, illita y cuarzo, con cantidades menores de interestratificados de tipo I/S y esmectita. El 1% corresponde a partículas mayores a 44 µm y son cuarzo, feldespatos, fragmentos líticos y trizas de vidrio, ceolitas, magnetita y hematita. En los depósitos santacruceños sólo el 45% es menor a 2 µm y se componen de caolinita (formada a partir de sanidina y biotita), 7Å halloysita e illita; menos del 1% está representado por partículas mayores a 44 µm.

Modelo genético

13e (Caolín). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

DEPÓSITOS DE CAOLÍN HIDROTERMAL EN LA PROVINCIA DEL CHUBUT

Geología de los yacimientos

Descripción: en los yacimientos del Alto Río Senguer (Hayase y Maiza, 1973) se puede observar un proceso de argilización en las volcanitas del Grupo Lonco Trapial, que produjo zonación vertical y horizontal.

Mineralogía: caolinita, alunita, dieckita, pirofilita, diásporo, baritina, covellina y blenda.

Modelo genético

7i (Caolín y bentonita). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El origen de la alteración se atribuye a la actividad de soluciones hidrotermales ácidas a una temperatura de 260-300°C (Hayase y Maiza, 1973).

*DEPÓSITOS DE CAOLÍN SEDIMENTARIO EN
LAS PROVINCIAS DEL CHUBUT Y
SANTA CRUZ*

Geología de los yacimientos

Descripción: en la provincia de Santa Cruz los yacimientos de caolín sedimentario se encuentran en los lotes 18 y 19. Estos depósitos conforman lentes masivos de arcillitas de color blanco a gris blanquecino en el techo del miembro inferior de la Formación Baqueró (Cretácico, Aptiano). Esta unidad estratigráfica se apoya en discordancia sobre el Grupo Bahía Laura, su sección inferior conforma un depósito grano decreciente, con lentes de conglomerado en la base gradando hasta los lentes de arcilla caolinítica en el techo. Los depósitos están cubiertos por tobas del miembro superior de la misma formación, o directamente por depósitos marinos de margen pasivo de la Formación Patagonia (Paleoceno). Los sedimentos del miembro inferior son de ambiente fluvial y los lentes de caolín representan depósitos de lagos abandonados. Según Cravero y Domínguez (1992) la caolinita, cuarzo y demás minerales acompañantes provienen de la erosión y transporte

de los depósitos de caolín residual formados en las volcanitas del Grupo Bahía Laura.

En Chubut hay caolín sedimentario en el Valle inferior del Río Chubut. Consiste de capas masivas con intercalaciones de lentes conglomerádicos. Estratigráficamente corresponden a depósitos de facies fluviales de la Formación Roca (Paleoceno).

Morfología: son de geometría lenticular con espesores que varían de decenas de centímetros hasta 12 metros y cubren una superficie de 2.500 m² a 180.000 m².

Mineralogía: la fracción menor a 2 µm (entre 40 a 60%) está compuesta por caolinita, cuarzo y en menor cantidad illita y esmectitas. Las partículas mayores a 44 µm conforman 2 al 6% del total.

En el Valle inferior del Río Chubut los depósitos de caolín tienen aproximadamente 45% de sus partículas menores a 2 µm y entre 4 y 8% mayores a 44 µm. Mineralógicamente están compuesto por caolinita, cuarzo e illita.

Modelo genético

9i (Caolín sedimentario). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CAOLÍN

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Tafna	Yuraj, La Merced, Firj, La Lucha	22° 08'	65° 45'	Caolín	Mantiforme, lenticular	Al ₂ O ₃ : 22% Fe ₂ O ₃ : 4,6%	1,23 Mt (medidos) 467.567 t (indicados) 355.182 t (inferidos)	Plioceno- Pleistoceno	Tobas, conglomerados y conglomerados arenosos	Formación Tafna	13e	Cuaternario
Chocoite	Chocoite I - II - III	22° 22'	65° 46'	Caolín	Estratiforme			Pleistoceno	Tobas, conglomerados y conglomerados arenosos	Formación Tafna	13e	Cuaternario
	Tacanaite	22° 25'	65° 46'	Caolín	Mantiforme, lenticular			Pleistoceno	Tobas, conglomerados y conglomerados arenosos	Formación Tafna	13e	Cuaternario
	La Deheza	31° 28'	68° 50'	Caolín	Irregular	SiO ₂ : 75,5 %, Al ₂ O ₃ : 20 %, CaO: 1,10 %		Mioceno	Dacitas	Dacita Cerro Blanco	7i	Oligoceno- Plioceno
	La Carrodilla	32° 42'	64° 58'	Caolín	Lentes e irregular			Precámbrico - Paleozoico	Esquistos	Basamento cristalino	9i	Pleistoceno- Holoceno
	El Nevado	32° 43'	64° 59'	Caolín	Lentes e irregular			Precámbrico - Paleozoico	Esquistos	Basamento cristalino	9i	Pleistoceno- Holoceno
Chillar	La Verónica, Santa María	37° 20'	59° 54'	Caolín	Estratiforme			Ordovícico	Bancos intercalados entre areniscas cuarcíticas	Formación Balcarce	9i	Ordovícico
San Manuel	San Manuel I o Cantera del Pueblo	37° 45'	59° 01'	Caolín	Estratiforme			Ordovícico	Bancos intercalados entre areniscas cuarcíticas	Formación Balcarce	7i	Ordovícico
Los Menucos	Sorpresa	40° 47'	67° 29'	Caolín				Pérmico-Triásico	Toba riolítica		7i	Cretácico superior
Los Menucos	La Fortuna	40° 52'	68° 10'	Caolín	Estratiforme			Pérmico-Triásico	Toba riolítica	Formación Sierra Colorada	7i	Cretácico superior
Los Menucos	Adelita	40° 52'	68° 08'	Caolín	Estratiforme			Pérmico-Triásico	Toba riolítica	Formación Sierra Colorada; Complejo Los Menucos	7i	Cretácico superior

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CAOLÍN

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Los Menucos	Blanquita	41° 02'	67° 49'	Caolín	Estratiforme			Pérmico-Triásico	Toba riolítica suprayacente a diferentes coladas de riolitas	Formación Sierra Colorada; Complejo Los Menucos	7i	Cretácico superior
Los Menucos	Albafeld I	41° 02'	68° 24'	Caolín	Estratiforme			Pérmico-Triásico	Toba y pórfiros riolíticos, complejo de rocas riolíticas, andesíticas y dacíticas	Complejo Los Menucos	7i	Cretácico superior
Los Menucos	Miguel	41° 03'	68° 25'	Caolín	Estratiforme	SiO ₂ : 77,52 %; Al ₂ O ₃ : 13,90 %; Fe: 0,07 %; Ti: 0,01%; Ca: 0,38 %; Mg: 0,05%; Pérdida por calcinación: 7,92 %		Pérmico-Triásico	Toba riolítica	Complejo Los Menucos	7i	Cretácico superior
Cordillera	La Chiquita	41° 19'	70° 49'	Caolín	Estratiforme	SiO ₂ : 45,01 %; Al ₂ O ₃ : 38,13 %; Fe ₂ O ₃ : 0,60 %; CaO: 0,55 %; Na: 0,20 %	1.500 t	Eoterciario	Riolita	Formación Huitrera	7i	Oligoceno-Plioceno
Valle Inferior del Río Chubut	Calandria, Cardenal, Don Guillermo	43° 30'	66° 00'	Caolín	Lentes			Paleoceno	Areniscas, limolitas y arcilitas	Formación Roca	9i	Paleoceno
Valle Inferior del Río Chubut	Chiquita, Delfin, Don Carlos	43° 37'	66° 23'	Caolín	Lentes			Paleoceno	Areniscas, limolitas y arcilitas	Formación Roca	9i	Paleoceno
Valle Inferior del Río Chubut		43° 30'	66° 05'	Caolinita-halloysita-illita-esmectita	Residual			Jurásico	Volcanitas, piroclastitas, sedimentitas	Formación Marifil	13e	Cretácico superior
Distrito Lote 8	Cara Cura, Huinca, Peón Choique	48° 31'	68° 51'	Caolín	Mantiforme, residual			Jurásico	Tobas, Ignimbritas	Formación Chon Aike	13e	Cretácico superior
	Cerro Rubio	48° 34'	68° 30'	Caolín	Mantiforme, transportado			Cretácico inferior	Tobas, tuftas	Formación Baqueró	9i	Cretácico inferior

CELESTINA

Mineral cuya composición química responde a la fórmula SrSO_4 . Su estructura es similar a la de la baritina, con Sr tomando el lugar del Ba. Hay una serie completa de la solución sólida entre BaSO_4 y SrSO_4 ; la solución sólida entre CaSO_4 y SrSO_4 es limitada.

La celestina se presenta con hábito fibroso o en agregados redondeados, también como cristales de hábito tabular bien formados. El color es blanco, azul pálido, rojizo, verdoso o amarronado.

La celestina es la principal fuente de estroncio. Ocurre en dolomías y calizas dolomíticas, en depósitos evaporíticos y en venas hidrotermales. Ejemplo de un depósito de interés es el de los grandes nódulos encontrados en las margas de Trias en Yate, cerca de Bristol, donde la mayoría de la celestina se formó por precipitación primaria y el estroncio se liberó durante la dolomitización de la aragonita, durante el Carbonífero; la aragonita puede contener hasta 8.000 ppm de Sr mientras que la dolomita solamente 200-600 ppm.

Usos: la geografía de su consumo indica que en Europa la principal aplicación es en ferritas, mientras que en Japón es en vidrios para tubos de TV y en Estados Unidos es de compuestos de estroncio en general. En la industria también se emplea celestina para la preparación de nitrato de estroncio, comúnmente usado en fuegos de artificio y balas trazadoras, además de ser empleado, junto a otras sales de estroncio, en la refinación de azúcar de remolacha.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE CELESTINA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9d	35a.1	F 04

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los yacimientos de celestina se limitan al ámbito de Cuenca Neuquina, como mantos lentiformes entre bancos de yeso y calizas de los ambientes evaporíticos del Jurásico y Cretácico. Se distribuyen en una elongada faja, aproximadamente norte-sur, entre las localidades de Malargüe y Zapala, teniendo como eje central al meridiano de 70°O.

La celestina es de origen evaporítico, de un ambiente marino marginal (modelo 9d), y está asociada con baritina, yeso, anhidrita, calcita-aragonita y dolomita. Los diversos depósitos se encuentran en la Formación Tábanos (Jurásico inferior), la Formación La Manga-Auquileo (Jurásico superior) y en el miembro Troncoso de la Formación Huitrín (Cretácico inferior).

Si bien en las cuencas de retroarco del Jurásico-Cretácico se generaron depósitos estratoligados de baritina-celestina, la presencia de celestina en los yacimientos jurásicos es relativamente menos importante. En el Cretácico continúa la asociación Ba-Sr aunque la celestina aparece como el mineral más abundante.

DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LA CUENCA NEUQUINA

En el ámbito de la Cuenca Neuquina existen importantes depósitos de baritina, celestina, yeso y halita. Si bien estos depósitos se encuentran relacionados espacial y temporalmente con facies de ambiente transicional (ciclos evaporíticos) sus orígenes son diferentes (Brodtkorb *et al.*, 1999). La celestina es producto de procesos de evaporación y reemplazo (Brodtkorb *et al.*, 1994). En algunos casos los depósitos han sido posteriormente modificados y removilizados por procesos diagenéticos, tectosedimentarios y por el emplazamiento de los intrusivos de la Formación Molle.

Según Müller (1962) el 62% del Sr que precipita forma celestina, el resto se incluye en la estructura de calcita, yeso, anhidrita o en baritina. En un ambiente evaporítico primeramente precipita carbonato de calcio, luego, cuando se ha reducido en una quinta parte el contenido de agua inicial, comienza a precipitar celestina y a 1/3,35 del volumen de agua inicial tiene lugar la precipitación de sulfato de calcio, el cual es concomitante con celestina hasta 1/3 del total del agua, a partir de cuyo volumen sólo precipita el yeso. Es así como la celestina siempre se asocia al sulfato de calcio.

La formación de celestina en facies supratidales y de sabkha es posible debido a la liberación de Sr a partir del reemplazo de aragonita (8000-7000 ppm de Sr) por dolomita (700-600 ppm), según Kinsman (1969).

Generalidades

Cuadro estratigráfico de la Cuenca Neuquina (Legarreta y Gulisano, 1989)

Edad		Unidad Litoestratigráfica	Ambiente y Litología	Mesosecuencia	
Terciario	Neógeno	F. Palaoco			
	Paleógeno	F. Collón Curá			
		F. Pircala			
Cretácico	Superior	F. Roca	Ambiente marino-continental.	Malargüe	
		F. Loncocha y F. Alem			
		F. Río Colorado	Ambiente continental.	Neuquén	
		F. Río Neuquén			
	F. Río Limay				
		F. Rayoso	Ambiente continental oxidante. Muestra una intercalación de areniscas y arcillitas rojas con fangolitas en el techo.	Rayoso	
	Inferior	F. Huitrín		Ambiente supratidal en la base y continental restringido en el techo. Yeso y celestina en la base, halita y arcillitas en el techo.	Huitrín
		F. Agrio	Ambiente subtidal e intertidal en el techo. Arcillitas verdes intercaladas con areniscas en la base y calizas y areniscas en el techo con formación de baritina y celestina.	Mendoza	
			F. Mulichinco y Chaochao		Ambiente intertidal. Areniscas gruesas.
			F. Bajada Colorada, F. Limay		
	F. Quintuco, F. Picun Leufú	Ambiente subtidal. Arcillitas, calcareos.			
Jurásico	Superior	F. Vaca Muerta	Ambiente subtidal. Lutitas negras.	Lotena	
		F. Tordillo	Ambiente Continental. Areniscas gruesas.		
		F. Auquilco	Ambiente supratidal. Yeso.		
		F. La Manga	Ambiente subtidal en la base e intertidal en el techo. Calcareos oolíticos y lumachélicos por debajo de evaporitas con baritina y celestina.		
		F. Lotena	Ambiente continental. Areniscas.		
	Medio	F. Tábanos		Ambiente supratidal. Evaporitas. Depositación de baritina y celestina.	Cuyo
		F. Challacó			
		F. Lajas	Ambiente intertidal. Areniscas gruesas.		
	F. Los Molles	Ambiente subtidal. Lutitas negras.			
Inferior	F. Pesto Araya y El Freno				
Triásico	Superior	F. Piedra del Águila, F. Chachi, F. Lapa	Ambiente continental. Riolitas y tobas.	Precuyo	
Paleozoico	Superior	Basamento	Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.		

DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LA FORMACIÓN TÁBANOS
(Brodtkorb *et al.*, 1999)

Distrito Cuchillo Curá

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, en el faldeo sur de la sierra de Cuchillo Curá. Los

yacimientos se ubican 50 km al norte de la localidad de Zapala y 5 km al sur de Las Lajas. Sus coordenadas son 38° 40' S - 70° 10' O.

Acceso: la ruta nacional 40 pasa por el extremo oeste de la sierra de Cuchillo Curá, caminos vecinales la comunican con los depósitos ubicados más al este.

Sistema de explotación: rajos a cielo abierto y laboreos subterráneos (método de cámara y pilares).

Antecedentes

La minas fueron descubiertas por la Empresa Geberovich Hermanos y el Sr. Viguria en el año 1939-1940.

Geología de los yacimientos

Descripción: el distrito comprende los yacimientos San Charbel, el más importante y el único con posibles reservas, María Cristina, La Sorpresa, Graciela y La Lía. En conjunto, definen una elongada zona de aproximadamente 7 km. Desde el punto de vista geológico en el sector se observa una columna estratigráfica cuya base corresponde a areniscas micáceas de ambientes litorales de la Formación Lajas, por encima aparece el depósito calcáreo-evaporítico de la Formación Tábanos, compuesto de base a techo por 0,30 a 0,60 metros de caliza oolítica que pasa a arenosa y continúa con un estrato de calizas macizas sobre las que se apoya un cuerpo de yeso de 5 a 10 metros de potencia con lentes de celestina; continúan calizas castaño claro, en parte dolomitizadas. Sobre la Formación Tábanos en discordancia, se apoya la Formación Lotena, con lutitas y fangolitas litorales, que pasan a calizas y pelitas de plataforma de la Formación La Manga. Continúan los depósitos de yeso de la Formación Auquilco y las clastitas fluviales (conglomerados y areniscas) de la Formación Tordillo.

Estructura: la Formación Tordillo tiene un espesor variable, en los yacimientos del oeste alcanza 20 metros (San Charbel) mientras que disminuye hacia el este llegando a 5 metros en la mina La Lía (próxima al núcleo del anticlinal). En el oeste inclina 40° al norte, y a medida que se avanza en dirección este la inclinación aumenta.

Morfología: los cuerpos tienen geometría lenticular pero también hay tabulares. Estratoligados con la capa de yeso y limitados en base y techo por calizas, los lentes de celestina tienen un espesor de 1 a 3 metros. Presentan texturas sinsedimentarias, algunas de ellas modificadas en parte por removilización epigenética. Se observan ritmitas primarias (capas de caliza y celestina) y ritmitas de cristalización diagenética (entre capas de mosaicos de celestina y calcita-dolomita aparecen cristales bipolares de celestina de segunda generación). La removilización produjo la formación de cristales de celestina y calcita en geodas, precipitaciones coliformes y venillas diagenéticas tardías y epigenéticas.

Mineralogía: celestina.

Modelo genético

9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El origen de estos yacimientos es evaporítico, habiendo sufrido luego modificaciones diagenéticas.

DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LAS FORMACIONES LA MANGA-AUQUILCO (Del Blanco y Barbieri, 1999)

Modelo genético

9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Del Blanco y Barbieri (1999) concluyen que la hipótesis más probable con relación a la génesis de los diversos depósitos de celestina es la de una generación singenética por precipitación química. Los yacimientos y manifestaciones están vinculados espacial y temporalmente a las formaciones La Manga-Auquilco, con posteriores procesos de removilización y consecuente formación de depósitos vetiformes discordantes.

Los depósitos estratiformes están ligados a cuerpos calcáreos o calcareo-dolomíticos interestratificados con yeso de la Formación Auquilco (ej. Mina Llao Llao y La Gisela) o en la interfase Auquilco-La Manga (ej. Mina Luthema-Montegudo). Los rasgos texturales de mucho de los mantos con celestina (ritmitas primarias y ritmitas de crecimiento diagenético, DCR) además de similitud entre los valores de la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenidos en las rocas de caja (calcáreos y yeso-anhidrita) y los cuerpos mantiformes y los correspondientes al agua de mar para el Jurásico superior, promulgan un origen singenético o diagenético temprano.

Esto también sucede con los valores isotópicos de $\delta^{34}\text{S}$, que son muy similares para las rocas calcáreas y evaporíticas ligadas a la mineralización, y para la celestina estratiforme y los sulfatos marinos mesozoicos, sosteniendo un origen sindiagenético de los mantos mineralizados.

Los cuerpos vetiformes son discordantes y la celestina que contienen presentan altos valores en la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, que significa un aporte de Sr radiogénico durante procesos de diagénesis tardía y removilización, muy probablemente causada por circulación de fluidos (juveniles o derivados de la diagénesis). Los intrusivos

porfíricos de la Formación Molle (presentes en varias de las minas) podrían haber sido fuente de calor para la removilización, pero no de aporte de Sr debido al bajo valor en su relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Mina Llao Llao

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, en la sierra de Cuchillo Curá, que conforma el flanco noroccidental del anticlinal Sierra de la Vaca Muerta. El yacimiento se localiza 8 km al oeste de Achalay.

Acceso: desde Zapala, por ruta provincial 22, se accede a Las Lajas, desde allí parte un camino hacia el oeste que corre, a lo largo de 7 km, paralelo al cordón de Cuchillo Curá.

Sistema de explotación: principalmente a cielo abierto, con una cantera de 8x15 metros y 6 metros de alto. También se han realizado rajos superficiales y pequeños laboreos subterráneos.

Antecedentes

Al este de mina Lla Llao, sobre las minas Cotita y Achari Car, se realizaron las primeras explotaciones, que persistieron hasta mediados de los años '50. En 1951 comenzó la explotación de la mina Llao Llao (Casé *et al.*, 1990) por la empresa Conidier, la actual propietaria.

Geología del yacimiento

Descripción: en el sector del yacimiento la secuencia sedimentaria comienza con una alternancia de pelitas y areniscas de ambiente litoral, costa afuera de la Formación Lotena; transicionalmente pasa a calizas de la Formación La Manga seguidas por un potente banco de yeso con intercalaciones de calizas estromatolíticas de la Formación Auquilco. El manto principal de celestina se posiciona en el nivel superior de la Formación Auquilco. Sobre caliza y yeso brechado se apoya la Formación Tordillo, que conforma el techo de la secuencia y los niveles mas elevados del cordón Cuchillo Curá. En la

región subafloran los intrusivos andesíticos de la Formación Molle (de edad eocena, según Lambías *et al.*, 1987) responsables de los procesos de removilización y recristalización, además de los fenómenos diagenéticos acontecidos, así como de la presencia de óxidos de hierro en la celestina.

Estructura: el anticlinal de Vaca Muerta es la estructura dominante; el yacimiento se aloja en el flanco noroccidental del mismo y los estratos que componen la secuencia sedimentaria mesozoica inclinan entre 50° y 60° al noroeste.

Morfología: la celestina se encuentra, principalmente, en un manto lenticular, irregular, discontinuo, de 300 metros de largo y espesor menor de un metro. En él la celestina se dispone con textura sinsedimentaria conformando ritmitas primarias con capas de calcita micrítica, o en ritmitas de cristalización diagenética (DCR, de Amstutz y Fontboté, 1982) con crecimiento de cristales de celestina bipolares entre las capas de calcita-celestina. Como producto de la removilización y recristalización se encuentran masas cristalinas de celestina, de hasta 2 metros de potencia (son las principales concentraciones), junto con yeso y/o calcita alojadas en cavidades en el yeso o en los niveles calcáreos. Aquí se observan cristales de celestina de hasta 10 cm, con textura espática y en algunos casos crecidos en drusas. Es común encontrarlos teñidos por óxidos de hierro. En el sector oriental aparecen agregados de celestina y celestobaritina, como manifestaciones menores, interdigitados entre los niveles calcáreos superiores de la Formación Auquilco, o bien como vetas que cortan discordantemente a la Formación Tordillo.

Mineralogía: celestina y celestobaritina.

Mina Luthema-Monteagudo

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Mendoza, en el flanco suroriental del braquianticlinal de la sierra Azul, 120 km al sur de la ciudad de Malargüe. Sus coordenadas son 36° 14' S - 69° 56' O.

Calidad química de la celestina de mina Llao Llao

	SrSO ₄ (%)	BaSO ₄ (%)	CaCO ₃ (%)	Referencia
Celestina "común" de mena	65-85	0,9-33	2,2-10,5	Casé <i>et al.</i> , 1990
Mena recristalizada	97,4	1,31	0,59	
Mantos delgados de celestina y celestobaritina	30-50			

Calidad química de la celestina de mina Luthema-Monteagudo

Mina	SrSO ₄ (%)	BaSO ₄ (%)	CaCO ₃ (%)	Reserva (t)	Referencias
Luthema-Monteagudo	63-72	1,2			Fernández <i>et al.</i> , 1987
	76-90	5,9	4,12	33.150	Sarudiansky y Del Carril, 1984

Sistema de explotación: a cielo abierto y con laboreos subterráneos. En los últimos años de producción se abrió un corte de 85 metros de largo por 10 a 15 metros de ancho y unos 6 metros de alto con dirección noreste-sudoeste (Sarudiansky y Del Carril, 1984 y Brodtkorb *et al.*, 1985).

Antecedentes

La mina se explotó, de manera discontinua, desde la década del 50 hasta la del 80.

Geología del yacimiento

Descripción: la celestina se encuentra en un manto dispuesto entre calizas margosas de la Formación La Manga, que infrayacen a paquetes deformados de evaporitas de la Formación Auquilco. La mineralización se acota en una elongada faja de 200 metros de largo y aproximadamente 10 metros de ancho orientada noreste-sudoeste. El extremo sur de la misma está intruida por andesitas eocenas de la Formación Molle.

Estructura: el depósito forma parte del flanco suroriental del braquianticlinal de la sierra Azul.

Morfología: es un manto de aspecto "bolsonero", en donde la celestina primaria se presenta como agregados en roseta de hasta 30 cm de diámetro (Fernández *et al.*, 1987), en muchos casos recubiertas por capas bandeadas de celestina removilizada. En el sector norte del manto hay laminillas de material margoso intercalado entre celestina de grano fino; en la porción sur los intrusivos andesíticos (filon capa) han generado una estructura brechosa del manto mineralizado y los cristales de celestina están teñidos por limonitas.

Mineralogía: celestina

Vega de la Veranada (mina La Gisela)

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, en el paraje conocido como Vega de la Veranada o de la Titora, en el departamento Chos Malal, a 80 km

de la localidad homónima. Sus coordenadas son 37° 13' S - 69° 53' O.

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos baritoceléstínicos de interés se relacionan con calizas fétidas grisáceas, de pocos metros de potencia, intercaladas en la parte media de la secuencia de yeso-anhidrita de la Formación Auquilco, que en la región alcanza 300 metros de potencia. Entre niveles de material calcáreo a dolomítico, micríticos, en parte silicificado, hay baritoceléstina asociada a una generación tardía de calcita recristalizada, con cristales de cuarzo de 1 a 2 cm de largo rellenando oquedades, formados en un ambiente sedimentario (baja temperatura de formación, según De Barrio *et al.*, 1994). En la mina La Gisela, por encima de este nivel calcáreo aparecen dos depósitos mantiformes concordantes, el inferior es de 1,5 metros de espesor y el superior de 1,2 metros. Ambos se encuentran separados por 0,25 metros de caliza silicificada. También circunscriptos a los estratos calcáreos intercalados en el yeso-anhidrita, hay cuerpos mineralizados discordantes, irregulares, de 30 metros de largo y 0,40 metros de espesor, producto de procesos de removilización con mayor contenido de SO₄Sr que los cuerpos concordantes.

Mineralogía: baritoceléstina (celestina con alto contenido de Ba).

Sector	SO ₄ Sr (%)
Vega de Veranada (cuerpos mantiformes)	60

DEPÓSITOS DE CELESTINA EN LA FORMACIÓN HUITRÍN

Grupo Continental y de la sierra del Salado
(De Barrio, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén, en el flanco oriental de la sierra del Salado. Los depósitos se distribuyen a lo largo de una faja norte-sur entre el cerro Salado al sur y la localidad

de Balsa Huitrín al norte (37°40' / 38°15' L.S. - 70°00' L.O). Se puede dividir la faja en un sector norte, con las minas Santa Elena, Danielito, La Graciela, Alondra, La Maruca y La Cecilia y un sector sur, que comprende las minas Dios Alado, Los Robertos, La Mabel, Los Guanacos, El Padrino y La Corrida.

Reservas de celestina en el sector norte del Grupo minero Continental y de la sierra del Salado

Mina	Reserva estimada (t)	Referencia
La Cecilia; Alondra; Santa Elena	450.000	SEGEMAR, 2003

Producción: del grupo se extrajeron 12.000 toneladas de celestina desde fines de la década del 70 hasta fines de los años 80. En la actualidad se explota solamente el yacimiento La Cecilia conservando como reserva el yacimiento Alondra. Su producción es variable dependiendo de los requerimientos del mercado.

Sistema de explotación: debido a que los depósitos se alojan en sinclinales apretados, hay diferentes actitudes y distribución de los mismos. Los niveles evaporíticos dispuestos horizontalmente permitieron una explotación a cielo abierto. A medida que aumenta la inclinación se dificulta la extracción y en muchos casos debe realizarse laboreos subterráneos.

Geología de los yacimientos

Descripción: los cuerpos mineralizados se encuentran en el miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín. En el sector norte los niveles de celestina se apoyan sobre pelitas verdes con intercalaciones de yeso. La mineralización se presenta como cristales de celestina con estructura maciza, en un horizonte de 0,05 a 0,30 metros de potencia; lateralmente gradan a calizas arenosas verdosas con intercalaciones de limos amarillentos. La mineralización está cubierta por lentes de arena roja o verdosa con matriz calcárea, y sobre ellas se dispone un nuevo manto de celestina-baritina. Presenta estructura laminar con formación de ritmitas de carbonatos, de posible origen algal, y sulfatos de Sr y Ba en un conjunto que lateralmente es reemplazado por yeso-anhidrita y que tiene un espesor de 0,4 a 1,5 metros. Finalmente el paquete sedimentario es cubierto por un cuerpo de calizas, de estructura maciza en la base, con nódulos de celestina y cristales relleno de grietas, seguido por calizas de

estructura ondulada que pasan a laminar fina hacia el techo. El yeso corona la secuencia.

En el sector sur la celestina-baritina forma parte de un cuerpo lentiforme, apoyado sobre lutitas y areniscas, cubierto vertical y lateralmente por calizas terrosas fétidas. La mineralización es de color gris, de textura espática y con una relación baritina/celestina, en el tercio inferior, de 3/1 a 10/1, que gradan hacia el tercio superior a una relación celestina/baritina de 3/1 a 10/1. Ambos minerales se presentan rodeados por material carbonático, con una relación sulfatos (Sr-Ba)/carbonatos de 2/1, aumentando la proporción de los carbonatos hacia el techo. Por encima de las calizas terrosas fétidas hay yeso-anhidrita laminar seguidos por bancos de yeso macizo.

A favor de los planos de falla que afectaron el paquete sedimentario, en ambos bloques se ha generado una franja continua de 6 a 10 metros de ancho con estructuras de disolución, como drusas y geodas con cristales de celestina. Además hay evidencias de procesos kársticos con formación de cavernas y presencia de estalactitas con núcleos de carbonatos recubiertos por celestina y tapizadas por yeso.

Estructura: el paquete clasto-evaporítico fue afectado por fallas compresivas inversas de rumbo NE-SO, que provocó cambios locales en el buzamiento de los niveles mineralizados, los cuales se sobreponen entre sí por apilamiento gravitacional produciendo potencias aparentes de 4 a 5 metros. Sobre los planos de estas fallas se generaron las estructuras de disolución y los procesos kársticos mencionados.

Morfología: en el sector norte el manto mineralizado inferior es de escaso espesor (entre 0,05 a 0,30 metros) y el nivel celestínico (barítico) superior va de 0,4 a 1,5 metros de potencia, con estructura laminar. En el sector sur el cuerpo mineralizado es de geometría lenticular, con una longitud no mayor a 100 metros y su espesor máximo no supera el metro.

Mineralogía: celestina y baritina. Hay baritina removilizada en venillas que rellena fracturas de la subyacente Formación Río Agrio. El grupo San José y la mina Rayoso son ejemplo de estos depósitos. La baritina se presenta en agregados arborescentes y laminares macizos paralelos al plano de falla.

Modelo genético

9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La celestina es un mineral de ambientes evaporíticos marinos, asociado a calcita, dolomita, yeso y anhidrita. La baritina, sin embargo, no es evaporítica, de manera que cuando aparece intimamente relacionada su formación se debe a una conjunción de factores geológicos y geoquímicos que permite su depositación o bien a un aporte de Ba por parte de actividad volcánica submarina capaz de producir una anomalía en el contenido de Ba en el agua de mar (el contenido normal es de 0,06%). En el caso de los yacimientos descritos, el Ba provino del sector continental, producto de la denudación de los granitoides aflorantes por acción de los ríos, que volcaron sus aguas en un ambiente estuárico y que la enriquecieron en el elemento. Luego, la removilización de parte de la baritina y celestina formó los cuerpos discordantes, además de la celestina laminar.

Distrito Naunauco-Taquimilán

Generalidades

Ubicación: sobre el meridiano 70° oeste, en el norte de la provincia del Neuquén, en el departamento Ñorquín, 30 km al sur de la localidad de Chos Malal. En el distrito se destacan las minas La Tempranera (en el faldeo nororiental del cerro Naunauco, 2,4 km al oeste de la ruta nacional 40), Los Dos hermanos (en el área del arroyo Taquimilán en el norte del cerro Naunauco), La Clementina (7 km al noreste de la localidad de Naunauco), Don Candelario, 10 de Diciembre, La Punta (1.100 metros al nornoreste de la mina anterior), El Derrumbe y El Enjambre (estas últimas separadas 1.600 metros).

Producción: el único yacimiento en producción es 10 de Diciembre, se explota desde 1983 a un ritmo de 4.000 a 5.000 t/año manteniendo aproximadamente 2.000 t acopiadas en playa; La Punta y Don Candelario son mantenidos en calidad de reservas (SEGEMAR, 2003).

Sistema de explotación: a cielo abierto, en pequeñas canteras, sobre depósitos dispuestos horizontalmente. Las labores subterráneas se centraron en aquellos cuerpos mineralizados de gran inclinación y en vetas.

Geología del yacimiento

Descripción: en todo el distrito la mineralización se relaciona con los niveles

calcáreos algales de color gris y estructura ondulada, además de los bancos de yeso, del Miembro Troncoso superior (Formación Huitrín). El arreglo estratigráfico de piso a techo es el siguiente: calizas y fangolitas grises oscuras de la Formación Agrio, por encima se apoya el Miembro Chorreado (Formación Huitrín) consistente en calizas castaño claras, en parte oolíticas y en otras laminares; le siguen arenitas ocre, gris verdosas y grises amarillentas del Miembro Troncoso inferior. El Miembro Troncoso superior comienza con calcáreos criptoalgales, generalmente presentes en todas las minas, seguidos por los cuerpos mineralizados de celestina de hábito espático, color gris, estructura cebrada (ritmitas de cristalización diagenética) y laminar en el caso de la mina Los Dos hermanos. En la mina La Tempranera la mineralización se presenta como material brechoso con fragmentos de celestobaritina dentro de un cemento de carbonatos y yeso, además de mosaicos de SO₄Sr espático. En algunas minas hay cristales en geodas. Niveles de yeso coronan el Miembro Troncoso y toda la secuencia sedimentaria es cubierta por derrubio moderno.

Estructura: los depósitos celestínicos se alojan en el Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín. El emplazamiento de los cuerpos mineralizados se circunscribe a sinclinales apretados dentro de un área de intenso plegamiento (norte-sur) donde están asociadas fallas meridianas de orientación noreste-sudoeste.

Morfología: en la mina El Derrumbe es un lente de 0,25 metros de espesor y algunos metros de largo; en la mina El Enjambre el cuerpo lentiforme se dispone con rumbo noroeste-sudeste, fuertemente inclinado (subvertical) con un espesor máximo de 0,50 metros. En La Clementina el cuerpo se orienta N170°E/50°E-subvertical y consiste de un conjunto de lentes de 0,3 a 0,5 metros de potencia separados por pelitas gris verdosas. En Don Candelario, 10 de Diciembre y La Punta el depósito es un manto con forma de bolsones con rumbo NNO-SSE subhorizontal o con buzamiento de hasta 15° al este, pudiendo presentar variaciones locales (35° a 40° E o cambios al oeste) en la zona de falla; es de color pardo, de 3,5 metros de espesor por 40 metros de largo. En la mina La Tempranera la mineralización aparece en fragmentos brechados y cementados por sulfato de calcio y carbonatos, y en mosaicos de celestina espática. Por último, en la mina Los Dos hermanos el cuerpo mineralizado, meridional, inclina 60° al oeste y tiene entre 4 y 5 metros de potencia.

Mineralogía: celestina, celestobaritina y baritina. En la mina 10 de Diciembre la mineralización es exclusivamente celestina (<1% baritina) con impurezas de carbonato de calcio y presencia de venillas de yeso.

Modelo genético

9d (Ba-Sr estratiforme). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Evaporitas de ambiente marino costero en procesos de somerización (facies marginales de la Formación Huitrín). Además de los procesos de precipitación, la actividad vital de complejos orgánicos constituidos por matas algales sería una

de las causales de la concentración anómala del Sr, sobre todo en una etapa inicial de depositación. Kinsman (1969) analizó fangos calcáreos del Golfo Pérsico, donde se desarrollan matas algales, estableciendo valores elevados de Sr en estos sedimentos (9.390 ± 500 ppm). Otra fuente de Sr pudo ser la liberación por parte de la aragonita; el catión liberado, junto al SO_4^{-2} proveniente del yeso suprayacente, formarían la celestina como reemplazo de la roca calcárea. Por otra parte, West (1973) sostiene la existencia de un reemplazo de Ca^{+2} por Sr^{+2} en la diagénesis de ambientes calcáreos evaporíticos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CELESTINA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Luthema	36° 14'	69° 56'	Celestina	Estratoligado	SrSO4: 70-90% BaSO4: 1-6%	33.150 t (positivas)	Jurásico superior	Calizas margosas	Formación La Manga	9d	Jurásico superior
Naunauco - Taquimilán	10 de Diciembre, La Punta, Don Calendario	37° 40'	70° 10'	Celestina	Estratoligado			Cretácico inferior	Niveles calcáreos algales y bancos de yeso	Formación Huitrín	9d	Cretácico inferior
	La Graciela, Santa Elena, La Cecilia, La Blanca	37° 50'	69° 57'	Celestina	Mantiforme		450.000 t (estimadas)	Cretácico inferior	Arcillas verdes, yeso	Formación Huitrín	9d	Cretácico inferior
	Los Robertos (Grupo La Mabel)	37° 59'	69° 59'	Celestina-baritina	Mantiforme			Cretácico inferior	Areniscas calcáreas, calizas oolíticas	Formación Huitrín	9d	Cretácico inferior
Cuchillo Curá	San Cahrbel, María cristina, La Sorpresa, Graciela, La Lia	38° 40'	70° 10'	Celestina	Estratoligado			Jurásico medio	Evaporitas	Formación Tábanos	9d	Jurásico medio

CEOLITAS

Las ceolitas conforman un grupo mineral definido como aluminosilicatos hidratados de elementos alcalinos y alcalinotérreos; presentan la fórmula estructural $(\text{Na}_2\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Ba})[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_2]_n \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (Deer *et al.*, 1996). Se caracterizan por su continua, y en parte reversible, deshidratación, y por sus propiedades de intercambio de bases.

La estructura de todas las ceolitas está conformada por una celda tetraédrica de $(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_4$, donde cada oxígeno está enlazado a dos tetraedros; la carga negativa de la celda es balanceada por la presencia de cationes, en la mayoría de los casos Ca, Na o K. Esta estructura es semejante a la de feldespatos y feldespatoides. La diferencia entre ellos radica en el tamaño de los espacios que existe en las celdas tetraédricas y entre ellas. Las ceolitas presentan la estructura más abierta, con mayores cavidades y canales, que le confieren gran capacidad de intercambio iónico y absorción molecular.

Las ceolitas son combinaciones hidratadas, y las moléculas de agua alojadas en los canales formados entre las celdas se encuentran débilmente ligadas, de manera que pueden

desprenderse por el calor de modo continuo sin que se afecte la red cristalina.

Las ceolitas aparecen en amígdalas y fisuras, principalmente en rocas volcánicas básicas, y también en vetas de origen hidrotermal tardío, en ciertos yacimientos de magnetita, en las calizas metamórficas de contacto y como formación reciente de algunas termas. En algunas rocas ígneas se generan como producto de alteración de feldespatos o nefelina; son conocidas como minerales autógenos en areniscas y otras rocas sedimentarias.

Usos: las ceolitas naturales son usadas en la agricultura como agente preservante, acondicionador de suelos, portador de fertilizantes, herbicidas, pesticidas y fungicidas; como aditivo en comida de animales y también como material en la construcción. En la industria las ceolitas son aprovechadas por su capacidad de intercambio catiónico y de adsorción, en la purificación de gases, tratamiento y acondicionamiento de desechos nucleares y se estudia su potencial como removedores de metales pesados en efluentes industriales y mineros.

Clasificación de ceolitas. Subdivisión en subgrupos y especies minerales en base a su estructura (Deer *et al.*, 1996)

Subgrupo	Mineral	Catión	Sistema cristalino
Natrolita	Natrolita	Na	Rómbico
	Mesolita	Na-Ca	Monoclínico
	Escolecita	Ca	Monoclínico
	Thomsonita	Na y Ca	Rómbico
	Gonnardita	Na y Ca	Rómbico
	Edingtonita	Ba	Rómbico
Harmotoma	Phillipsita	Ca-Na-K	Monoclínico
	Harmotoma	Ba	Monoclínico
	Gismondina	Ca	Monoclínico
	Garronita	Na y Ca	Tetragonal?
Chabasita	Chabasita	Ca	Trigonal
	Gmelinita	Na-Ca	Trigonal
	Levyna	Ca	Trigonal
	Herschelita	Na-K-Ca-Mg	Hexagonal
Faujasita	Faujasita	Na-Ca	Cúbico
Heulandita	Heulandita	Ca-Na	Monoclínico
	Estilbita	Ca-Na-K	Monoclínico
	Epiestilbita	Ca	Monoclínico
	Ferrierita	Na-K y Mg	Rómbico
	Brewsterita	Sr-Ba-Ca	Monoclínico
Mordenita	Mordenita	Na-K-Ca	Rómbico
	Dachiardita	Ca-Na-K	Monoclínico
	Laumontita	Ca	Monoclínico
	Ashcroftina	K, Na y Ca	Tetragonal
	Yugawaralita	Ca	Monoclínico

MODELOS DE DEPÓSITOS DE CEOLITAS		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9n	25o.1/.2	D01/02
13h		

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Actualmente se han reconocido acumulaciones de ceolitas de interés económico en los depósitos piroclásticos terciarios de Paganzo, provincia de La Rioja; son secuencias lagunares de cubetas intermontanas (modelo 9n). El desarrollo de cuencas de antepaís neógenas con aporte de material volcánico tuvo lugar a lo largo del sector centro y norte del país, constituyendo un ambiente favorable para la ocurrencia de este tipo de depósitos.

CEOLITAS EN EL DISTRITO PAGANZO, PROVINCIA DE LA RIOJA (Carrizo y Donnari, 2003)

Generalidades

Ubicación: los depósitos se localizan en el departamento Independencia, provincia de La Rioja, al sur de la localidad de Paganzo, en las proximidades del puesto Vinchinita. Cabe mencionar a los depósitos de Agua Blanca y El Médano.

Acceso: desde la ciudad de La Rioja se accede por ruta nacional 38 hasta la localidad de Patquía, se continúa por ruta provincial 26 hasta Paganzo, donde se desvía hacia el sur hasta el puesto Vinchinita. Desde allí, se accede por huellas de herradura a los distintos depósitos de ceolitas.

Producción: no registran producción.

Marco geológico

En la provincia de La Rioja existe un gran número de cuencas intermontanas que han recibido importante aporte de material clástico por el levantamiento de los Andes. La cuenca de Los Llanos es una de ellas; los depósitos terciarios sinorogénicos que posee presentan depósitos fluviales de baja energía y lacustres de bolsón, que incluyen algunos niveles de tobas vítreas originados a partir de lluvias de cenizas provenientes de centros eruptivos terciarios del oeste. Tradicionalmente se denominó a estos depósitos “Estratos de los Llanos”; aunque esta división carece de significado cronoestratigráfico, engloba una característica litológica dada por la proximidad del depocentro al corrimiento.

Geología del yacimiento

Descripción: los cuerpos de ceolitas forman parte de extensos afloramientos terciarios de tobas y tufitas existentes al este y oeste del cerro Yesero. Consisten de potentes niveles de toba vítrea blanquecina. En Agua Blanca el paquete de tobas vitrocrystalinas tiene una potencia de 8 metros con un nivel continuo de toba ceolitizada (de 1,2 metros) que aflora a lo largo de 4,5 km y presenta un rumbo general N 318° y buzamiento de 12 a 15° en el sector norte y 40 a 55° en el sector sur. En El Médano el nivel de tobas ceolitizadas es de 1 metro de potencia, con una corrida de 250 metros y orientación N65°E /78°SE.

Mineralogía: clinoptinolita-heulandita son las ceolitas presentes como material de alteración de vitroclastos; también se identificaron vestigios de illita en la fracción menor a 3,9μ.

Modelo genético

9n (Ceolitas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

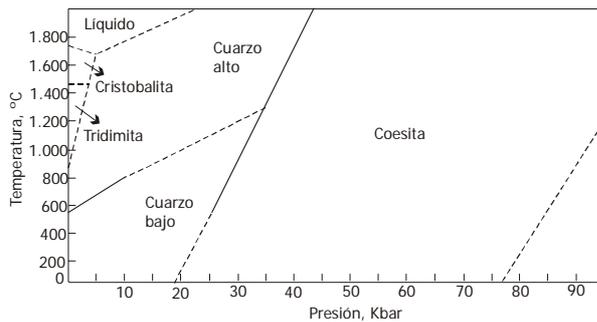
CUARZO, FELDESPATO Y MICA

CUARZO

El cuarzo es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre y un constituyente esencial de la mayoría de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. También aparece como material secundario, frecuentemente formando cementos de rocas sedimentarias clásticas.

Se estima que, en la corteza terrestre, de cada 100 átomos 62,5 son de oxígeno, 21,1 de silicio y 6,5 de aluminio. Así, aproximadamente el 95% de los minerales que predominan en la corteza terrestre son silicatos, correspondiendo el 60% a aluminosilicatos y el 12% a **cuarzo** (Barry y Mason, 1966).

Campos de estabilidad de los polimorfos de SiO₂ (Hulburt y Kein, 1991)



El cuarzo es un mineral incoloro y transparente en su estado puro, pero la presencia de cationes y de pequeñas impurezas sólidas, líquidas y gaseosas le confieren diferentes colores y tonalidades. Su densidad es de 2,64 gr/cm³, su dureza es 7 en la escala de Mohs, tiene brillo vítreo a mate, fractura concoide y no tiene clivaje. Por su estructura cristalina no quedan espacios libres para la ubicación de átomos extraños y tampoco es fácil sustituir al Si por otro catión de carga tetrapositiva. Estas características le confieren propiedades físicas constantes. Dicha estructura está formada por unidades fundamentales de tetraedros de sílice (SiO₄)⁻⁴ que comparten los cuatro oxígenos con sus vecinos inmediatos, dando una relación Si:O de 1:2 (subclase de los tectosilicatos). A esta subclase pertenece el grupo de la sílice (SiO₂: **cuarzo**, tridimita, cristobalita, coesita, lechatelierita, ópalo) y los grupos de los feldespatos, feldespatoides y ceolitas.

La tridimita, cristobalita y coesita representan minerales polimorfos del cuarzo. Cada uno de ellos tiene un campo de estabilidad de temperatura y presión propio. Los cambios son de orden estructural cambiando la manera en la cual los tetraedros comparten los iones óxido, hecho que marca las diferencias en su estructura cristalina y en sus propiedades.

El cuarzo en la corteza terrestre se encuentra solamente bajo la forma de cuarzo α o de baja temperatura, cristalizando en el sistema tetragonal.

Los ámbitos geológicos de mayor importancia para la presencia de importantes volúmenes de cuarzo son los siguientes:

-Pegmatitas graníticas, donde yace junto a feldespatos, micas y otros minerales de importancia para la industria. Está genéticamente vinculado a rocas ígneas y a complejos anatécicos.

-Filones hidrotermales -aquí el cuarzo muchas veces aparece como ganga de menas metálicas-. Los filones se forman por el paso de fluidos que provienen generalmente de una masa granítica, en grietas o fisuras preexistentes en la roca hospedante, disponiéndose en cuerpos de geometría tabular.

-Arenas silíceas en depósitos sedimentarios de origen fluvial, fluvio-eólico, eólico y costeros acumulados en lechos de ríos, lagunas y en playas con más del 90% de granos de cuarzo (ver Arenas Silíceas).

MODELOS DE DEPÓSITOS DE CUARZO		
SEGEMAR	USGS	BCGS
3a	13a/b	O01
3c	13e/f/g	O03/04
3e		
14j	Parc. 13g	I07

Usos: es uno de los minerales industriales más utilizados, con destinos a industrias muy diversas, tales como: vidriería, cerámica, refractarios, esmaltes, pinturas, fundición, siderurgia, etc. El objetivo fundamental de la utilización de este mineral en la mayoría de las industrias consumidoras es la introducción de sílice en el proceso industrial que se trate. Lógicamente cada industria requiere una especificación química determinada, así como una aptitud física, existiendo algunas muy rigurosas en ambos aspectos. El cuarzo, como cristal o como cuarzo de veta, puede presentar gran pureza; si es de muy alta calidad es útil en la industria electrónica (por

sus propiedades dieléctricas y piezoeléctricas) o bien para la fabricación de componentes ópticos.

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los principales depósitos de cuarzo del país, al igual que los de feldespato y mica, se encuentran circunscriptos al ámbito de sierras Pampeanas, debido a la conspicua ocurrencia de pegmatitas graníticas, notablemente difundidas en todo el ámbito de Sierras Pampeanas y razón por la cual dicha unidad ha alcanzado el orden de Provincia pegmatítica. En ella se distinguen una serie de distritos pegmatíticos diferenciados por su ubicación y tipología.

Las pegmatitas presentan una clasificación basada en sus características petrogenéticas y en su ambiente de emplazamiento, desarrollada por Ginsburg y adoptada por Galliski (1994a). Este autor ha reclasificado muchas de las pegmatitas de los principales distritos argentinos, reconociendo pegmatitas de **clase muscovita** (con mica y minerales cerámicos), **clase elementos raros y familia LCT** (con gemas y minerales industriales), **clase elementos raros y familia híbrida** (con minerales industriales) y **clase elementos raros y familia NYF** (con minerales cerámicos).

Dentro de las Sierras Pampeanas Occidentales las pegmatitas de clase muscovita (modelo 3c) se localizan en los distritos más occidentales (Centenario, Quilmes y Ambato), hacia el este las pegmatitas pasan a ser de clase transicional entre muscovita y elementos raros (zona este de los distritos Ambato y Quilmes, zona sur del distrito Ancasti, pegmatitas de Mazán y distrito Sierra Brava), y en los distritos del extremo oriental pertenecen definitivamente a la clase elementos raros (modelo 3a) de asignación geoquímica LCT (Li, Cs, Ta). Las pegmatitas tanto del oeste como del este corresponden a rocas emplazadas durante la *orogenia famatiniana*, representando intrusivos cristalizados en niveles corticales cada vez más profundos a medida que se avanza del este al oeste (Galliski, 1994b).

En el ámbito de Sierras Pampeanas Orientales se clasifican como pegmatitas de clase muscovita (modelo 3c) a las del distrito Alta Gracia, localizado en el extremo oriental. En dirección sudoeste comienzan a aparecer cuerpos pegmatíticos de clase transicional entre muscovita y elementos raros (zona norte del distrito Altaítna

y algunas del distrito Comechingones), para pasar definitivamente a pegmatitas de clase elementos raros (modelo 3a) y familia LCT en el resto de los distritos de Córdoba y en los de San Luis. Según Galliski (1994b) las pegmatitas de clase muscovita del distrito Alta Gracia, basándose en interpretaciones geotectónicas, serían previsiblemente productos del ciclo *orogénico pampeano*, mientras que los distritos pegmatíticos de la clase elementos raros y familia LCT del oeste de las sierras de Córdoba y de las sierras de San Luis, se desarrollaron fundamentalmente durante el *orógeno famatiniano* (Cámbrico – Ordovícico). Sin embargo Di Marco (2003), estudiando pegmatitas del distrito Alta Gracia con características diferentes a las de clase muscovita, encuentra correlaciones geoquímicas con granitoides famatinianos.

Por último, las pegmatitas de clase elementos raros (modelo 3a) y asignación geoquímica entre LCT y NYF (híbrida) constituyen los distritos Velazco (La Rioja) y Punilla (Córdoba), vinculados genéticamente con los batolitos de Velazco y Achala, respectivamente, emplazados en el *Carbonífero inferior*. Las pegmatitas de clase elementos raros (modelo 3a) y familia NYF se encuentran dentro del distrito Conlara (San Luis) y están genéticamente vinculadas al batolito Las Chacras-Piedra Colorada (*Carbonífero inferior*). Los dos últimos grupos de pegmatitas fueron el resultado de la diferenciación magmática de intrusivos post-orogénicos (post-famatinianos).

El cuarzo es un mineral esencial en cada una de las pegmatitas de todos estos distritos; por ende la Provincia pegmatítica Pampeana es un ámbito con muy importantes recursos de cuarzo, de variada calidad y accesibilidad.

Este tipo de yacimientos presenta características singulares; entre las negativas se cuentan sus dimensiones pequeñas (sus reservas en general no superan las 50.000 toneladas), la imposibilidad de dimensionarlos con certeza (zonación a veces caprichosa) y el contenido de distintas proporciones de minerales en diferentes zonas del mismo yacimiento. Sin embargo, como contrapartida, suelen aparecer varios cuerpos pegmatíticos en áreas relativamente pequeñas, lo cual permite integrar las explotaciones.

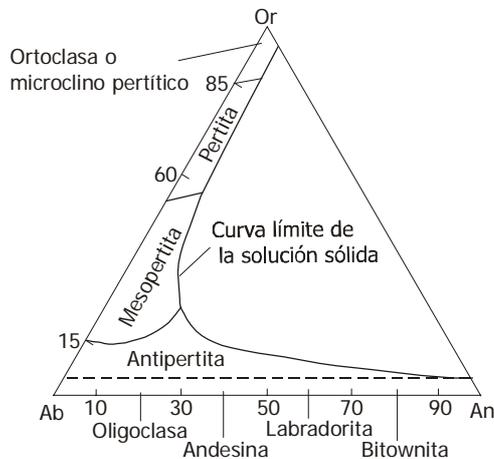
Dentro de las sierras de Córdoba afloran, además, filones de cuarzo y cuerpos hidrotermales de cuarzo-sericita (modelo 14j). Los primeros intruyen rocas del basamento metamórfico y los segundos ocurren en rocas graníticas vinculadas

con zonas de fallas de importancia regional. El cuarzo obtenido de los filones es el de mayor calidad química de la provincia de Córdoba (Bonalmi *et al.*, 2001) lo que abre una puerta al interés exploratorio de este tipo de yacimientos en el resto del ámbito pampeano.

FELDESPATO

Los miembros del grupo mineral de los feldespatos son los constituyentes más abundantes de las rocas ígneas.

En todos los feldespatos el aluminio está presente en coordinación 4, formando tetraedros de aluminio-oxígeno (AlO_4) que se enlazan con tetraedros de SiO_4 , compartiendo oxígenos para formar un armazón tridimensional. El exceso de carga negativa permite la introducción en la estructura de cationes de sodio, potasio, calcio y bario. El retículo formado por los tetraedros de AlO_4 y SiO_4 se ajusta al tamaño de los cationes, de manera tal que cuando estos son relativamente grandes (potasio, bario) la simetría es monoclinica o pseudomonoclinica y cuando son más pequeños (sodio, calcio) la simetría es triclinica.



Nomenclatura de feldespatos cuando la separación de fases está por debajo de la resolución del microscopio óptico

La mayoría de ellos pueden clasificarse químicamente como miembros del sistema ternario $NaAlSi_3O_8$ (Ab) – $KAlSi_3O_8$ (Or) – $CaAl_2Si_2O_8$ (An). Los miembros de composición entre Ab (albita) y Or (ortosa) se denominan *feldespatos alcalinos* y aquellos entre Ab y An (anortita) *plagioclasas*. Los feldespatos alcalinos generalmente contienen menos del 5 al 10% de feldespato cálcico, aunque los miembros ricos en Na pueden estar enriquecidos en este componente.

De igual manera las plagioclasas contienen menos del 5 al 10% de componentes potásicos.

Cabe mencionar que la albita y ortosa forman una serie continua a altas temperaturas que se vuelve discontinua a temperaturas más bajas; la anortita y ortosa forman solución sólida muy limitada, y albita y anortita forman una serie continua de soluciones sólidas a todas temperaturas. Es común encontrar feldespatos con texturas de intercrecimiento, ellas se denominan *pertitas* cuando hay intercrecimientos de feldespatos ricos en sodio en feldespato potásico, *antipertitas* cuando hay intercrecimientos de feldespato rico en potasio en plagioclasas y *mesopertitas* cuando hay una proporción intermedia de uno y otro.

Como ya se mencionó los feldespatos alcalinos son esencialmente una serie que va de $KAlSi_3O_8$ a $NaAlSi_3O_8$ pero normalmente también contienen poca cantidad de $CaAl_2Si_2O_8$ en solución sólida, generalmente en menos del 5% de la composición $Or_{100} Ab_0$ y $Or_{60} Ab_{40}$ pero un poco mayor en los miembros de la serie ricos en sodio. Otros iones que pueden estar presentes en cantidad limitada son Ba, Ti, Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mg, Sr y raramente Mn.

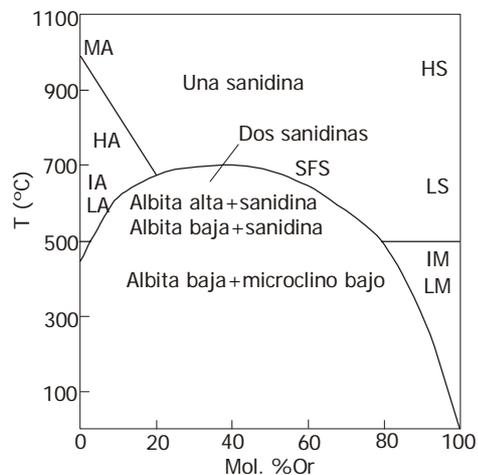


Diagrama de temperatura-composición para feldespatos alcalinos a baja presión. MA: monalbita; HA: albita alta; IA: albita intermedia; LA: albita baja; HS: sanidina alta; LS: sanidina baja; IM: microclino intermedio; LM: microclino bajo.

El feldespato es componente esencial de rocas tales como sienitas nefelínicas, aplitas, pegmatitas y pegmatoides, granitos comunes, fonolitas y otras rocas ígneas de presencia minoritaria. A pesar de esta amplia presencia de feldespatos en rocas de la corteza terrestre, la fuente más importante de abastecimiento son las rocas pegmatíticas (o filonianas). Otra fuente importante de aporte de feldespato es la explotación de rocas básicas denominadas sienitas nefelínicas, que ganan

mercado frente a los feldespatos tradicionales a partir del descubrimiento de nuevos yacimientos, especialmente en Canadá, Turquía, Italia y Noruega. Esta roca está libre de cuarzo y su composición esencial es feldespato y nefelina (mineralógicamente es un feldespatoide), un mineral con contenido de sodio y de potasio (Petrelli, 1998).

Feldespato	Composición teórica %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO
Feldespato potásico	64,7	18,4	16,9		
Albita	68,7	19,5		11,8	
Anortita	43,2	36,7			20,1

MODELO DE DEPÓSITOS DE FELDESPATOS		
SEGEMAR	USGS	BCGS
3a	13a/b	O01
3c	13e/f/g	O03/04
6f		R03

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los yacimientos de feldespato en Argentina se circunscriben a los tipos pegmatíticos (modelos 3a, 3c) y con cierta potencialidad a granitoides con alto contenido alcalino (modelo 6f).

Las características y distribución de los depósitos pegmatíticos han sido mencionados en el tratamiento del cuarzo. La peculiaridad de las pegmatitas estriba en que se trata de un tipo de yacimiento que puede aportar en forma conjunta (sin hacer referencia a los accesorios de interés económico) hasta tres minerales industriales, como cuarzo, feldespato y, en algunos casos, muscovita subordinada.

Como nuevos yacimientos de feldespato, caracterizados por la envergadura de sus recursos, aparecen los leucogranitos del oeste del batolito de Achala (*Carbonífero*), en la provincia de Córdoba, y los granitoides relacionados a Complejos Metamórficos (Paleozoico inferior), en la misma provincia. Ambos presentan los contenidos de álcalis suficientes para su uso en la industria. Por ello, el ámbito ígneo-metamórfico de Sierras Pampeanas es el marco ideal para la presencia de depósitos ricos en feldespatos.

Usos de feldespatos en base a sus características químicas

Material	Características						Función
			Tipo A		Tipo B		
			Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Feldespato grado vidrio (feldespatos alcalinos y plagioclasas)	Perd. p/calc.		---	0,5	---	1,0	Fuente de alúmina (vidrios comunes) y álcalis (vidrios borosilicatos, vidrio soda-cal, fibra de vidrio y tubos de vidrio para TV). Regular la viscosidad de la masa fundida. Aumentar la resistencia al choque térmico y la durabilidad química.
	SiO ₂		64,5	65,5	66,0	68,0	
	Al ₂ O ₃		18,5	19,5	15,0	17,0	
	CaO		---	0,2	---	0,5	
	K ₂ O		11,5	12,5	9,0	11,0	
	Na ₂ O		2,5	3,5	2,5	3,5	
	Fe ₂ O ₃		---	0,1	---	0,3	
Feldespato grado cerámico (feldespatos alcalinos)							En mezclas cerámicas actúa como fundente para formar una fase vítrea en su seno.
							En cerámica esmaltada cumple funciones de fluidificante.
Feldespato grado carga.	Partículas		4-12 µm. Sub-angulares				Carga en pinturas, plásticos, adhesivos, relleno, selladuras y elastómeros. Carga en cemento bituminoso, odontología, jabones especiales e insecticidas. Abrasivo suave, cemento en ruedas abrasivas, en refractarios antiácidos, polvos limpiadores, etc.
	Dureza		6 y 7 (Mohs)				
	Brillantez		89-92%				
	I. de refracc.		1,53				
	Químicamente		Inerte				
	Absorc. de aceite		16-17 lbs/100lbs		a 21-23		
	Fotoreactividad		No				
	pH		Estable				
	Sílice libre		Bajo cont.				

Fuente: Publicación Técnica N° 5 SEGEMAR-UNSAM (2000)

MICAS

Los minerales del grupo de las micas muestran considerables variaciones en las propiedades químicas y físicas, pero todos se caracterizan por su hábito laminar y clivaje basal perfecto, lo cual es una consecuencia de la estructura atómica en capas. Entre las micas, **muscovita**, flogopita y lepidolita son de considerable importancia económica.

El arreglo estructural básico de las micas es una *hoja* compuesta por una capa de cationes (principalmente Mg, Al o Fe) coordinados octaédricamente entre dos capas idénticas de tetraedros de (Si, Al)O₄. Luego dos *hojas* se superponen unidas por una capa de cationes (K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺).

La fórmula general para describir la composición química de las micas es X₂ Y₄₋₆ Z₈ O₂₀ (OH, F)₄ donde:

X es principalmente K, Na o Ca pero también Ba, Rb, Cs, etc.

Y es principalmente Al, Mg o Fe pero también Mn, Cr, Ti, Li, etc.

Z es principalmente Si o Al pero también Fe⁺³ y Ti.

Las micas pueden ser subdivididas en las clases dioctaédricas y trioctaédricas en las cuales el número de iones Y es de 4 y 6 respectivamente. Una mayor subdivisión puede hacerse de acuerdo con la naturaleza del principal constituyente X. En las micas comunes X es mayormente K o Na.

Un rasgo químico común en la mayoría de las micas es su contenido de agua (4 a 5%).

La muscovita comercial se presenta en paquetes (“libros”) donde el tamaño de la superficie de clivaje (“hoja”) es un factor primario en su valor económico, sin embargo la ausencia de defectos estructurales (maclas transversales, estructura “cola de pescado”) e inclusiones (principalmente óxidos de hierro) es también importante. La muscovita, frecuentemente acompañada de biotita, es un constituyente común de pegmatitas asociadas a granitos y granodioritas; en este ambiente la muscovita se presenta como “libros” cristalizados a partir de un fundido, o como sericita de grano fino que reemplaza a los minerales pegmatíticos ricos en Al (ej. turmalina, espodumeno, berilo, topacio o cianita) que

reaccionaron, en los estadios póstumos, con fluidos de baja temperatura. La sericita así formada se localiza en las paredes del contacto con la roca de caja (Deer *et al.*, 1996).

Usos: la muscovita es un buen aislante térmico y eléctrico; por lo cual es un mineral importante para la industria. Además, su clivaje basal perfecto y la resistencia mecánica de sus hojas, debido a su clivaje, le confieren aptitudes para diversas aplicaciones técnicas. También presenta alta resistencia al ataque químico y a las radiaciones en general. La muscovita y la flogopita son las micas más transparentes y tienen comparativamente bajo contenido de hierro, lo que mejora sus propiedades eléctricas. La mica se utiliza en sus dos formas principales, como hojas (*sheet*) y como mica molida.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE MICAS		
SEGEMAR	USGS	BCGS
3a	13a/b	O01
3c	13e/f/g	O03/04

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

La minería de la mica se desarrolla principalmente en **pegmatitas** y en menor grado en **granitos pegmatíticos**. Se trata de muscovita asociada a la explotación de cuarzo y feldespato.

La “provincia pegmatítica Pampeana” es el ámbito de mayor ocurrencia de estos depósitos; en ella se destacan distritos (como se expone en el capítulo correspondiente a cuarzo) con pegmatitas de clase muscovita (modelo 3c), donde es factible encontrar mica de buen grado y calidad, y pegmatitas de clase elementos raros (modelo 3a), donde la mica constituye un mineral accesorio y – aunque puede ser relativamente abundante – es de pequeño tamaño. Esto sugiere una sutil guía exploratoria, teniendo en cuenta que la ocurrencia de pegmatitas de la clase muscovita está acotada a una extensa faja occidental, de rumbo meridional, en las sierras Pampeanas Occidentales y al distrito pegmatítico Alta Gracia en las sierras Pampeanas Orientales.

Clasificación mineralógica de micas comunes

		X	Y	Z
Micas dioctaédricas	Muscovita	K ₂	Al ₄	Si ₆ Al ₂
	Paragonita	Na ₂	Al ₄	Si ₆ Al ₂
	Glauconita	(K, Na) _{1,2-2,0}	(Fe, Mg, Al) ₄	Si _{7-7,6} Al _{1,0-0,4}
Micas trioctaédricas	Flogopita	K ₂	(Mg, Fe ⁺²) ₆	Si ₆ Al ₂
	Biotita	K ₂	(Mg, Fe, Al) ₆	Si ₆₋₅ Al ₂₋₃
	Zinnwaldita	K ₂	(Fe, Li, Al) ₆	Si ₆₋₇ Al ₂₋₁
	Lepidolita	K ₂	(Li, Al) ₅₋₆	Si ₆₋₅ Al ₂₋₃

Clasificaciones comerciales de los distintos tipos de micas (Publicación Técnica N° 5 Segemar – Unsam, 2000)

Espesor	Usos
Mica en hojas	Soporte aislante, tubos de vacío, capacitores de radio y televisión, aparatos de comunicación, láseres de helio-neón, cristales de microondas, condensadores, transistores, aislantes entre capas, filtros ópticos especiales, pirómetros, placas de instrumentos ópticos, etc.
Micanita	Aplicaciones eléctricas (láminas aislantes segmentadas, moldeadas o flexibles).
Mica reconstituida o papel de mica	Materiales aislantes, aplicaciones especiales (cubiertas de algodón, film de poliéster, barnices de siliconas, cubiertas de vidrio, tubos electrónicos, etc.).
Mica molida en seco (APS de 1,2 mm a 150 µm)	Perforación de pozos de petróleo, industria de la construcción, juntas de protección del fuego, electrodos de soldadura, plásticos.
Mica molida en húmedo (APS de 90 a 45 µm)	Papel tapiz, papel recubierto, pigmentos nacarados, caucho, pinturas para exteriores, pinturas de aluminio, plásticos, selladores.
Micronizada (APS de < 53 µm)	Mica reconstituida (únicamente papel de mica), barros de perforación, cementos, aislantes para techos, recubrimientos para electrodos, productos agropecuarios, termoaislantes, pigmentos perlados, papel decorativo, pinturas, desmoldantes (para caucho, plásticos y metales), plásticos y cauchos, lubricantes, industria cosmética.

Clasificación según el grado de preparación o desbaste

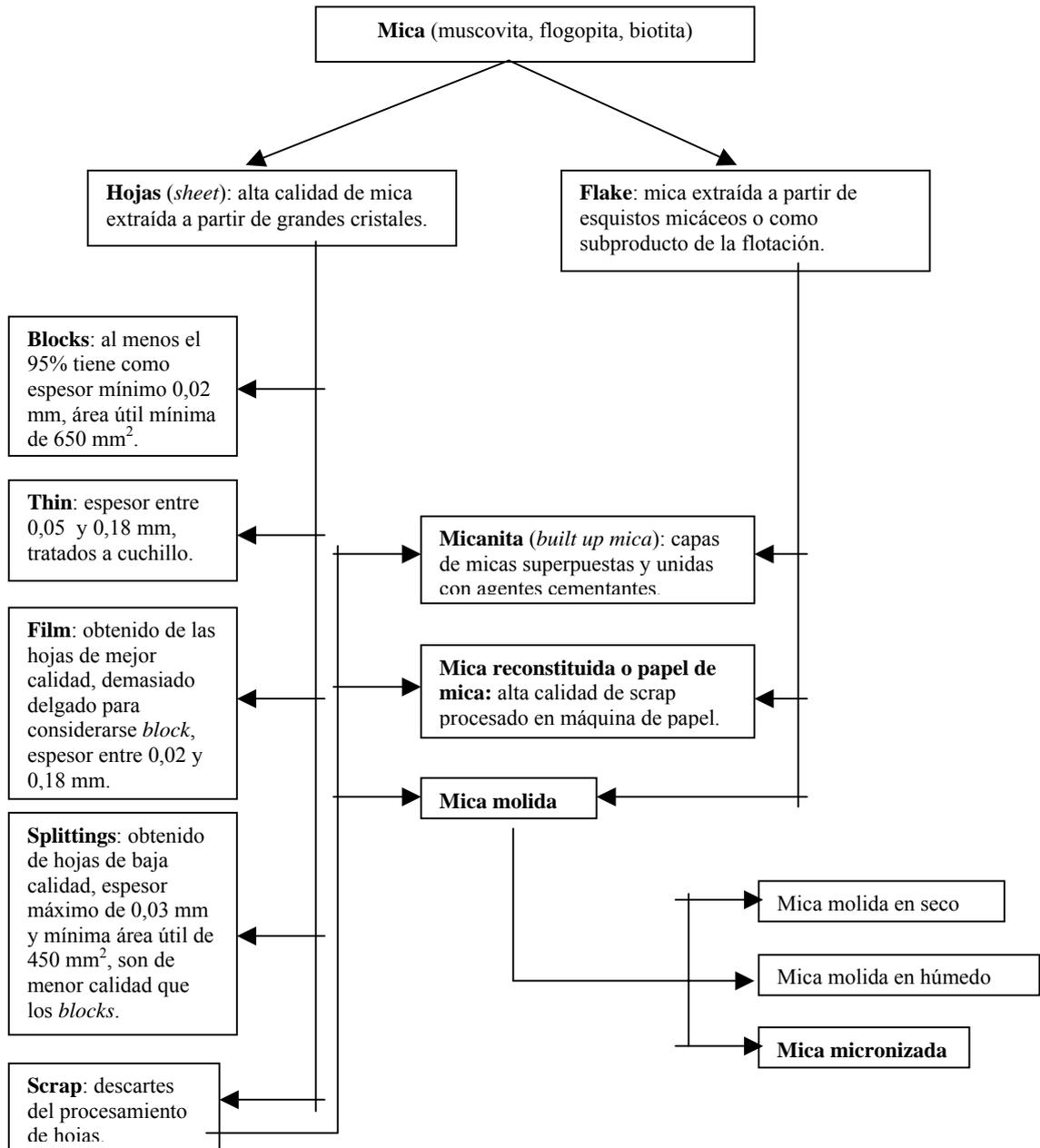
Mica	Totalmente desbastada	Donde todas las imperfecciones de los bordes o puntas son eliminadas. (Ej: preparación de <i>film</i> de mica).
	Medio desbastada	Son eliminadas las imperfecciones de todos los bordes adyacentes.
	Tres cuartos desbastadas	Se eliminan solo las imperfecciones de tres bordes.
	Desbastada a cuchillo	
	Ligeramente preparada	No se recorta, el retocado de los bordes y el removido se hacen a mano (es el caso de la mica " <i>punch</i> ").

Clasificación de acuerdo al grado (tamaño) y calidad. Es una clasificación de material preparado para su uso industrial

Área del rectángulo mínimo (cm ²)	ASTM e India (grados)	Brasil (grados)
650	OEEE Especial	OEE Especial
520	OEE Especial	EE Especial
390	EE Especial	E Especial
310	E Especial	Especial
235	A1 Especial	A1
155	1	1
97	2	2
65	3	3
40	4	4
20	5	5
15	5 ^{1/2}	5 ^{1/2}
6,5	6	6

O: over; E: extra

Clasificación según el espesor:



DISTRITO PEGMATÍTICO EL
QUEMADO, SALTA
(Galliski, 1999a)

Generalidades

Ubicación: el distrito pegmatítico se encuentra en la sierra de Cachi, extremo septentrional de las Sierras Pampeanas en el Noroeste Argentino. Comprende un área encuadrada por las coordenadas 24° 40' – 25° 07' de latitud sur y 66° 10' – 66° 30' de longitud oeste.

Antecedentes

El distrito El Quemado fue explotado entre los años 1943 y 1945 para obtener concentrados de minerales de tantalio y de bismuto.

Geología del los yacimientos

Descripción: en el distrito El Quemado se cuentan 30 pegmatitas de la clase elementos raros. Es posible dividir las en dos tipos (berilo y complejo): Tres Tetas y El Peñón, del tipo berilo, subtipo berilo-columbita-fosfato; El Quemado, tipo complejo, subtipo espodumeno y Santa Elena (labor central), Santa Elena IV y Aguas Calientes, tipo complejo, subtipo petalita (intercrecimiento de espodumeno más cuarzo según petalita).

Estructura: las pegmatitas presentan orientación predominantemente noroeste-sudeste y alto buzamiento al sudoeste. El emplazamiento fue predominantemente forzado y estuvo acompañado por silicificación y turmalización limitadas a la roca de caja.

Basamento de la Sierra de Cachi

Edad		Unidad	Descripción
Cámbrico	Medio	F. La PLaya	Esquistos moteados, hornfels y hornfels inyectados y nodulares. Metamorfitas de contacto producto de la intrusión de los plutones de la F. Cachi.
	Inferior	F. Cachi	Conjunto de intrusivos epizonales trondhjemíticos y pegmatitas que intruyen a la F. Puncoviscana.
Precámbrico	Superior	F. Puncoviscana	Metamorfitas pelíticas y grauváquicas de grado muy bajo y bajo.

Características de la pegmatita de estructura zonal de la mina Santa Elena en su labor central

Zona	Descripción	Mineralogía primaria	Minerales accesorios
De borde	De escaso espesor (centímetros), silicificada y de grano fino.	Cuarzo, plagioclasa y muscovita	
Externa	Grano fino.	Cuarzo, plagioclasa, muscovita y microclino.	Columbita y montebrasita
Intermedia	Grano mediano a grueso.	Cuarzo, plagioclasa, muscovita y también microclino.	Columbita, turmalina azul y berilo.
Núcleo	Tiene posición aproximadamente central y es de límites irregulares. Cuarzo macizo, lechoso a grisáceo.	Cuarzo	Bismuto nativo y bismutinita.
Unidad de reemplazo 1 (sódica)	Se encuentra entre el núcleo y la caja, es de grano mediano. Presenta una textura radial y es particularmente rica en columbita.	Clevelandita y cuarzo.	Muscovita, gahnita, berilo, indicolita, columbita y circón.
Unidad de reemplazo 2	Grano muy fino, de escaso volumen.	Muscovita, plagioclasa y cuarzo.	Triflina, indicolita, microlita, montebrasita y apatita.
Unidad de reemplazo 3	De gran desarrollo.	Petalita (reemplazo por espodumeno), albita y cuarzo.	Montebrasita, elbaíta y lepidolita.
Caja	Esquistos cordieríticos.		

Morfología: tabular con longitudes de cientos de metros y potencias entre 4 y 30 metros.

Mineralogía: minerales principales volumétricamente más importantes: plagioclasa (albita), cuarzo (lechoso a grisáceo), feldespatos potásico y espodumeno. Minerales accesorios más difundidos: muscovita (no alcanza grado de mica de corte pero el scrap es abundante), turmalina, amblygonita-montebrazita, berilo, columbita, tantalita y lepidolita. Minerales secundarios: son producto de la alteración de feldespatos y espodumeno. La argilización es la alteración más frecuente.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas del distrito El Quemado son conspicuas representantes de la clase elementos raros.

Las pegmatitas corresponderían a fases póstumas residuales de los magmas trondhjemiticos. Estos granitos tienen características geoquímicas acordes con las pertenecientes a granitos de tipo S.

DISTRITO PEGMATÍTICO AMBATO,
CATAMARCA
(Galliski, 1999k)

Generalidades

Ubicación: distrito que abarca las sierras de Ambato, Gracián, Fariñango, Humaya, del Tala y de Los Colorados, en el ámbito de Sierras Pampeanas en la provincia de Catamarca.

Producción: entre los años 1943 y 1979, el distrito produjo 530 toneladas de mica.

Sistema de explotación: a cielo abierto y en algunos casos se combinó con laboreos subterráneos (galerías o labores de pirquino).

Marco geológico

El basamento metamórfico regional data del Precámbrico superior y su evolución fue resultado del ciclo Pampeano y Famatiniano. Predominan los esquistos micáceos inyectados y migmatitas que se encuentran intruidos por granitoides sincinemáticos pequeños de composición tonalítica, granodiorítica y hasta granítica. Asociados a ellos y en las zonas de migmatización más intensa, hay grupos de pegmatitas micacíferas. Los granitoides muchas veces están tectonizados. En el extremo occidental del distrito afloran intrusivos granitoides, clasificados como granitos leptotectónicos y post-tectónicos, de mayor tamaño, generalmente porfíricos y también asociados con cuerpos pegmatoides.

Geología del los yacimientos

Descripción: las pegmatitas del distrito Ambato se encuentran extensamente distribuidas, habiéndose reunido en grupos definidos por su ubicación y no por diferencias en las características de los cuerpos pegmatíticos. Se destacan los grupos *Humaya*, *Las Juntas*, *Choya*, *Los Talas*, *La Puerta* y *La Gruta*.

Estructura: los cuerpos se orientan en dirección meridiana a submeridiana con inclinaciones variables de subhorizontal (Grupo Choya) a subvertical (resto de los grupos). Algunas pegmatitas son concordantes mientras que otras ocurren discordantes a las estructuras regionales, presentan evidencias de emplazamientos forzados a permisivos, con deformaciones posteriores que han originado cataclisis de sus bordes.

Zonación y características de las pegmatitas del distrito Ambato

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	De orden centimétrico, presenta textura granítica.	Plagioclasa, cuarzo y muscovita.	Topacio.
Externa	Zona discontinua y de espesor variable. Contiene concentraciones comerciales de muscovita en paquetes de 0,4 metros de espesor.	Plagioclasa, cuarzo y a veces microclino.	Muscovita, biotita, turmalina, apatito y granate.
Intermedia	Zona de tamaño de grano grueso a muy grueso.	Microclino y cuarzo.	Albita, muscovita y/o biotita, granate y turmalina.
Núcleo	Grano grueso y estructura masiva.	Cuarzo ó cuarzo y microclino.	

Morfología: tabulares a lenticulares, sus espesores varían de 1,5 a 7 metros y esporádicamente hay cuerpos de hasta 20 metros, mientras las longitudes más conspicuas son de 50 – 60 metros, otras de 100 – 150 metros y esporádicamente alcanzan hasta 300 metros.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y, en algunas pegmatitas, muscovita. Minerales accesorios: muscovita, biotita, turmalina, granate, topacio, apatita y circón. La muscovita es de buena calidad, de tipo claro, semiclara a semimanchado, ocurre en bolsones dentro de la zona externa; el clivaje transversal va en detrimento de su calidad.

Modelo genético

3c (Pegmatitas simples). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas de este distrito pertenecen mayoritariamente a la clase muscovita, pero algunos cuerpos pueden ser considerados intermedios entre la clase muscovita y la clase elementos raros. Las pegmatitas de clase muscovita propiamente dicha no muestran evidencias decisivas de parentesco con granitos cogenéticos y su origen puede ser adscripto a cristalización de fundidos alóctonos producidos por fusión parcial de metamorfitas generalmente de naturaleza pelítico-grauváquico o a fraccionamiento de granitoides sincinemáticos producidos por palingénesis. En los distritos Ambato, así como en Quilmes, no hay estudios específicos que permitan definir un modelo u otro.

Algunas de las pegmatitas del distrito Ambato posiblemente estén vinculadas genéticamente con granitos post-orogénicos; fueron exploradas por muscovita a pesar de no pertenecer a la categoría que puede considerarse micacífera.

Datos geocronológicos K-Ar en muscovita de dos pegmatitas del distrito arrojaron una edad de 482 ± 21 Ma en América II (edad más probable) y de 367 ± 15 Ma en América I (es posible que haya existido un fenómeno de rejuvenecimiento debido a la intrusión de rocas plutónicas).

DISTRITO PEGMATÍTICO ANCASTI, CATAMARCA (Galliski, 1999m)

Generalidades

Ubicación: las pegmatitas del distrito Ancasti se localizan en la sierra homónima, al este de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca.

Producción: la producción data de antiguo. La provincia de Catamarca produjo entre los años 1952 y 1960 un total de 735 toneladas de berilo, de las cuales una gran parte provino del distrito Ancasti del grupo de pegmatitas El Taco se extrajeron 2.000 toneladas de espodumeno, en el periodo 1959 – 1978.

Sistema de explotación: a cielo abierto, en canteras o “pirquen”.

Marco geológico

El basamento cristalino de la sierra de Ancasti está compuesto por metamorfitas de grado metamórfico medio a medio-alto, con protolitos esencialmente pelíticos y grauváquicos. Diversos autores han convenido en dividir a las rocas metamórficas de la región en **Complejo Sierra Brava**, conformado por las rocas de mayor grado, como gneises biotíticos muscovíticos y migmatitas, intruidos por granodioritas sincinemáticas datadas en $490,1 \pm 26,3$ Ma (Ordovícico inferior), y **Formación Ancasti**, rocas de grado medio representadas por esquistos cuarzo micáceos (cordierita + andalucita + estaurolita, paragénesis de mayor temperatura). Otras unidades del basamento son los granitos **El Taco** y **Vilismán**, de edad Ordovícico inferior ($457 \pm 14,2$ Ma), granitos de dos micas del tipo S considerados como fértiles en pegmatitas de elementos raros, y que están asociados a aplitas, pegmatitas y filones con abundante turmalina. Por último el granito **Sauce Gaucho**, que tiene un carácter postcinemático y parece estar desvinculado de las pegmatitas de clase elementos raros.

Geología de los yacimientos del distrito pegmatítico Ancasti

Grupo	Ubicación	Roca de caja	Pegmatita		Zona				Recursos
			Tipo	Subtipo	Borde	Externa	Intermedia	Núcleo	
Unquillo	Al norte de El Alto	Compl. Sierra Brava	Berilo	Berilo-columbita-fosfatos			Granito gráfico, con berilo en la interfase.	Mc y Qtz ó Qtz	1.200 t de berilo
Cayagasta	Al este de El Alto	Compl. Sierra Brava	Berilo				Grano muy grueso. Berilo.		4.000 t de berilo (15 Kg/m ³)
Compl. Yaco	Al oeste de El Alto	F. Ancasti	Berilo						1.600 t de berilo
Vilismán	Al oeste de Vilismán	F. Ancasti	Complejo	Esposodumeno	Text. aplítica. Espesor de 0,05 m	>granulometría. Escaso berilo	1 a 2 m de espesor. Min. Prim: Qtz-Ab-Esp-Mc y Acc: Berilo	Qtz-Esp-Feld.	58.300 t de espodumeno
			Albita-espod.						
El Taco	Próximo a Ancasti	Compl. Sierra Brava	Berilo					Cuarzo macizo	3.000 t de berilo (0,3%)
			Complejo	Esposodumeno				Qtz-Feld.-Espod.	5.000 t de espodumeno
			Albita-espod.						
Santa Bárbara	Al sur de la Sierra de Ancasti	Compl. Sierra Brava	Berilo						
			Transicional berilo-muscovita						

Abreviaturas: Qtz: cuarzo; Ab: albita; Esp: espodumeno; Mc: microclino; Prim: minerales primarios; Acc: minerales accesorios

Estructura: las pegmatitas del distrito presentan emplazamientos forzados a permisivos; fueron deformadas posteriormente (fase Oclóyica) a su emplazamiento.

Morfología: se reconoce en las pegmatitas tipo berilo una morfología irregular con ensanchamientos y adelgazamientos. La pegmatitas litíferas de tipo complejo, subtipo espodumeno, así como las de tipo albita-espodumeno son de geometría tabular y de alta relación largo/espesor.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y espodumeno. Minerales accesorios: muscovita, biotita, berilo, granate y turmalina, triplita, trifilina-litiofilita, amblygonita-montebrazita, apatito y circón están presentes en menor cantidad.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas del distrito Ancasti son pegmatitas orogénicas, que pueden clasificarse como pertenecientes a la clase elementos raros y a los tipos berilo, complejo y albita-espodumeno. También existen posibilidades de que alguna de las pegmatitas sean transicionales entre la clase

elementos raros y muscovita. Estarían vinculadas a los granitos de dos micas del tipo S (Galliski, 1994b), considerados como fértiles en pegmatitas de elementos raros. En tal caso, las pegmatitas se habrían generado por diferenciación magmática extrema de este magmatismo, el cual se atribuye a los estadios tempranos del orógeno famatiniano (Rapela *et al*, 1999).

Estudios geocronológicos K-Ar de alguna de las pegmatitas del distrito arrojaron las siguientes edades: 346±14 Ma (al este de El Alto), 479±20 Ma (El Gallego), 413±17 (El Tronador), 343±13 Ma (Reflejos del Mar), 594±28 (Eduardo José), 445±17 (Ipizca II), 709±34 Ma (Santa Gertrudis), 437±17 Ma (El Ñato) y 618±16 Ma (La Rosita).

DISTRITO PEGMATÍTICO QUILMES, TUCUMÁN (Galliski, 1999)

Generalidades

Ubicación: el distrito de Quilmes se encuentra en la sierra homónima, al oeste de los Valles Calchaquies, en un área que abarca el oeste de la provincia de Tucumán y el sur de Salta.

Producción: desde el año 1945 y hasta 1979 el distrito produjo 20 toneladas de mica de corte y 8,4 toneladas de *scrap*.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco geológico

La sierra de Quilmes presenta un basamento conformado por metamorfitas (esquistos, gneises y migmatitas) de grado medio a alto, dividido en dos complejos. **Complejo Agua del Sapo**, que representa a las rocas formadas bajo condiciones de metamorfismo *barroviano* y el **Complejo Tolombón**, con rocas de metamorfismo de presión intermedia. Todo el conjunto ha sido intruido por granitoides orogénicos del Paleozoico inferior.

Geología de los yacimientos

Descripción: en el distrito Quilmes se reconocen los grupos *Quebrada de Quilmes*, *Río Cañas-Río Amarillo* y *Quebrada del Pinchao*.

Estructura: cuerpos subconcordantes de rumbo meridiano a submeridiano e inclinación al este. No presentan importantes evidencias de emplazamientos forzados ni de deformación posterior.

Morfología: cuerpos tabulares ó lenticulares de límites irregulares con longitudes que varían de 20 a 60 metros y espesores normalmente de 2 a 4 metros, en algunos casos de hasta 20 metros.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y en algunas pegmatitas muscovita. Minerales accesorios: muscovita, biotita, turmalina, granate, topacio, apatita y circón. La muscovita es dura a semidura, manchada a semi-manchada, de grado A de 5 – 6; desvaloriza el material la presencia de estructura en cola de pescado y las inclusiones de “chorlo”.

Modelo genético

3c (Pegmatitas simples). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas de este distrito pertenecen mayoritariamente a la clase muscovita, pero algunos cuerpos pueden ser considerados intermedios entre la clase muscovita y la clase elementos raros. Las pegmatitas de clase muscovita propiamente dicha no muestran evidencias decisivas de parentesco con granitos cogenéticos y su origen puede ser adscrito a cristalización de fundidos alóctonos producidos por fusión parcial de metamorfitas generalmente de naturaleza pelítico-grauváquico o a fraccionamiento de granitoides sincinemáticos producidos por palingénesis. No hay estudios específicos que permitan definir un modelo u otro.

Datos geocronológicos de K-Ar en muscovitas obtenidas en la pegmatita Tres Cerritos dieron edades de 325±10 Ma y 341±10 Ma. En la pegmatita Sierra Cajón se obtuvo una edad de 374±10 Ma por método K-Ar en biotita.

Zonación y características de las pegmatitas del distrito Quilmes

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Zona de granulometría y composición granítica y de orden centimétrica.	Plagioclasa, cuarzo y microclino.	Turmalina, berilo y apatito.
Externa	Presenta un mayor espesor y tamaño de grano. Contiene paquetes de muscovita de hasta 0,3 metros de diámetro y 0,15 a 0,2 metros de espesor.		
Intermedia		Microclino, plagioclasa y cuarzo.	Muscovita, menor cantidad de turmalina, biotita, granate y escaso berilo, apatito y circón.
Núcleo		Cuarzo ó cuarzo y microclino.	

DISTRITO PEGMATÍTICO SIERRA
BRAVA, LA RIOJA
(Galliski, 1999b)

Generalidades

Ubicación: el distrito pegmatítico se localiza en el ámbito de Sierras Pampeanas, en la Sierra Brava, 130 km al este de la ciudad de La Rioja.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Antecedentes

El distrito fue explorado por muscovita y berilo y fue explotado, en la década de 1950, en pequeña escala.

Marco geológico

La Sierra Brava forma parte de las Sierras Pampeanas y su basamento está constituido por esquistos micáceos y migmatitas de la **F. Sierra Brava** (Precámbrico superior-Paleozoico inferior), orientados con rumbo nornoroeste a noreste y buzamiento al este. Estas rocas conforman, junto a las aflorantes en el extremo suroccidental de la Sierra de Ancasti, un cinturón metamórfico de baja presión y alta temperatura.

Estructura: las pegmatitas del distrito se han emplazado, en general, como cuerpos discordantes, pero en algunos casos pueden ser concordantes. Tienen un rumbo norte-sur ó nornoroeste y buzamiento al oeste.

Morfología: cuerpos tabulares de 3 a 5 metros de potencia y 30 a 35 metros de corrida.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico (microclino peritítico, rosado y frecuentemente como fenocristales idiomórficos), plagioclasa (oligoclasa ácida que pasa a albita en las zonas intermedias) y cuarzo. Minerales accesorios: muscovita (forma “libros” de hasta 0,4 metros y es de calidad semimanchada a manchada), biotita y berilo; también apatito en mucha menor proporción.

Modelo genético

3c y 3a (Pegmatitas simples y complejas).
Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Pegmatitas de la clase muscovita, o intermedias entre clase muscovita y clase elementos raros.

PEGMATITAS DE MAZÁN, LA RIOJA
(Schalamuk y Ramis, 1999)

Generalidades

Ubicación: las pegmatitas más reconocidas del distrito son La Dichosa (situada en el faldeo occidental de la Sierra de Ambato, 15 km al sudeste de la localidad de Mazán), Refrac y La Aurora (ubicadas a 78 km al norte de la ciudad de La Rioja y a 30 km al sur de Mazán).

Producción: entre los años 1978-79 algunas de las pegmatitas se explotaron por andalucita (14 t) y un volumen menor de muscovita.

Marco geológico

El conjunto de pegmatitas ocurre en la provincia geológica de Sierras Pampeanas, caracterizada localmente por rocas graníticas (**F. Paimán**, Ordovícico superior-Carbonífero inferior) y migmatitas (**F. Antinaco**, Ordovícico superior-Silúrico superior). En la Sierra de Velasco y en las serranías contiguas afloran granitos migmatíticos (F. Paimán) y en menor proporción gneises venozos (F. Antinaco), además, en otros sectores de la misma sierra lo hacen cuarcitas oscuras (**F. La Cébila**, Precámbrico superior-Cámbrico inferior). En el sur de la Sierra de Ambato y en la Quebrada de la Cébila se observa un paquete metasedimentario formado por cuarcitas con nódulos de muscovita y sillimanita, en su porción inferior, y por filitas biotítico-muscovíticas con porfiroblastos de andalucita en la parte superior (F. La Cébila). En la Sierra de Mazán se observan fajas de esquistos.

Zonación y características litológicas de las pegmatitas Pedro, Los Ranchos y San Nicolás del distrito Sierra Brava

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Material de textura granosa con un espesor de 0,01 a 0,05 metros.	Plagioclasa, cuarzo y muscovita.	Turmalina, granate y apatito.
Externa	Zona de tamaño de grano grueso a muy grueso y de textura porfírica con fenocristales de microclino.	Plagioclasa, microclino y cuarzo.	Muscovita, con biotita y apatito.
Intermedia		Microclino y cuarzo, también plagioclasa y pertitas.	Muscovita, apatito y berilo.
Núcleo		Cuarzo lechoso.	

Geología de los yacimientos

Descripción: en la zona que abarca el distrito pegmatítico afloran esquistos inyectados y migmatitas de la Formación Antinaco, intruidos por granitoides sincinemáticos (Formación Paimán) de mediano y pequeño tamaño y de composición granodiorítica hasta granítica. El mismo es de grano mediano a grueso, porfiroide y de textura maciza, de color rojo con fenocristales de microclino pertítico en una matriz de microclino, oligoclasa, cuarzo, biotita y muscovita con titanita, apatito y turmalina como accesorios. Las pegmatitas intruyen al basamento granítico presentando una marcada heterogeneidad y zonación en su estructura interna.

Morfología: pegmatitas lenticulares, tabulares y abovedadas. Sus dimensiones van de 20 a 80 metros de longitud y 4 a 20 metros de ancho. Presentan un contacto neto con las paredes del granito y se orientan con dirección nornoreste-sursudoeste.

Mineralogía: minerales principales: microclino (blanco grisáceo con tonos rosados, anhedros a subhedros, presentes principalmente en el núcleo), cuarzo (muy abundante), plagioclasa (albita-oligoclasa), muscovita (en alguno de los cuerpos suele ser abundante, se aloja en las zonas

intermedias y se disponen en paquetes de 0,1 a 0,3 metros, con texturas tipo cola de pescado y también en láminas finas) y biotita (presente en escasa proporción). Minerales accesorios: turmalina (chorlo), granate, andalucita (agregados fibroradiales distribuidos irregularmente en cuerpos lenticulares de 0,5 metros de diámetro y presentes en las zonas intermedias y de bordes) e ilmenita (euhédrica).

Modelo genético

3e (Pegmatitas aluminíferas). Grupo: Depósitos pegmatíticos

Con la información disponible no es factible realizar una interpretación metalogénica del distrito. Para lograr su caracterización genética es necesario contar con datos acerca de la geoquímica, petrogénesis, geocronología y ambiente de emplazamiento geológico. Tentativamente, los cuerpos de pegmatitas peraluminosas de Mazán pueden ser considerados transicionales entre las clases muscovita y elementos raros, asociados a procesos de anatexis y movilización de granitos peraluminosos. También pudieron haberse desarrollado en el Paleozoico inferior durante el ciclo Famatiniano.

Zonación y características de las pegmatitas de Mazán

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	No siempre está presente, ocurre como bolsones incluidos en el granito.	Cuarzo y turmalina.	
Marginal	Grano fino.	Plagioclasa (Albita-Oligoclasa), cuarzo, microclino (gráfico), biotita y muscovita.	Turmalina y granate.
Intermedia		Microclino (pertítico), cuarzo, muscovita y escasa biotita.	
Núcleo		Cuarzo y microclino (rosado).	

DISTRITO PEGMATÍTICO VALLE
FÉRTIL, SAN JUAN
(Galliski, 1999)

Generalidades

Ubicación: el distrito pegmatítico se localiza sobre el flanco oriental de la Sierra de Valle Fértil, en la provincia de San Juan, al oeste de los pueblos de Usno y San Agustín.

Contenido aprovechable de muscovita, feldespato y cuarzo de las pegmatitas de Valle Fértil

Mineral	Contenido	Reservas (Perucca, 1972)
Muscovita	< 2%	4,4 Mt
Feldespato potásico	30%	(medidas) y 2,5
Cuarzo	25%	Mt (inferidas)

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Antecedentes

En la década de los años 1940 este distrito fue un importante productor de muscovita de corte de calidad semimanchada y en algunos cuerpos se extrajo posteriormente vermiculita. En el presente produce feldespato potásico de muy buena calidad, y cuarzo.

Marco geológico

En la Sierra de Valle Fértil aflora el **Complejo Metamórfico** (Precámbrico), caracterizado por metabasitas, gneises granodioríticos y granodioritas gneisicas en facies de anfibolitas y granulitas. En el centro del distrito aflora un granito biotítico medianamente cataclástico. La región se encuentra en, o muy próxima, al límite entre los terrenos Pampia y Precordillera. El conjunto de pegmatitas intruye a

metamorfitas y granitoides gneisicos y, según dataciones K-Ar, tuvieron lugar tres picos de intrusividad (Toubes Spinelli, 1983), el primero a los 650-600 Ma, el segundo a los 500 Ma y por último a los 430 Ma. Esto significa que se originaron durante los ciclos orogénicos Pampeano, Famatiniano y posiblemente uno más antiguo.

Geología de los yacimientos

Descripción: en el distrito se reconocen tres grupos de pegmatitas: *Balilla*, emplazadas en gabros ligeramente porfiroides que alternan con anfibolitas, *Aurora* y *Tinacria*, cuyas pegmatitas intruyen tonalitas que presentan fajas cataclásticas. En total se cuentan 30 pegmatitas que presentan estructura zonal irregular y litológicamente acusan similitudes.

Estructura: los cuerpos pegmatíticos se emplazan con una orientación N25°-30°O/<45°SO y N25°-45°E/<45°NO. El emplazamiento predominante ha sido permisivo, aunque siguiendo líneas de debilidad regionales.

Morfología: cuerpos tabulares, de una longitud general de 25 a 30 metros, pero algunas alcanzan hasta 100 metros. Su potencia es de 3 a 7 metros y en algunos casos mayor.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico (microclino pertítico, muy puro y absolutamente fresco con altos tenores de K₂O), plagioclasa (oligoclasa básica en la zona de borde y oligoclasa ácida en las restantes para pasar a albita en contadas ocasiones) y cuarzo (macizo, blanco lechoso que grada a grisáceo). Minerales accesorios: muscovita (color verdoso, semimanchada con ocasional clivaje transversal que la desmerece comercialmente en los agregados de cola de pescado), biotita (alterada frecuentemente a vermiculita) y granate.

Características de las pegmatitas de Valle fértil

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Zona de granulometría fina y una potencia media de 0,05 metros.	Plagioclasa, cuarzo y en algunos casos muscovita.	Biotita ó vermiculita y granate.
Externa	Presenta una granulometría media a gruesa con pasaje transicional a la zona intermedia. Su espesor es de 0,5 a 1 metro pero en ocasiones alcanza los 2 metros.	Microclino pertítico, plagioclasa y cuarzo.	Muscovita y biotita ó vermiculita. También granate.
Intermedia	Tamaño de grano grueso a muy grueso.	Microclino pertítico, plagioclasa y cuarzo.	Principalmente muscovita, además, biotita ó vermiculita. También granate.
Núcleo		Microclino pertítico y cuarzo.	

Modelo genético

3c (Pegmatitas simples). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas de este distrito pueden clasificarse como clase muscovita. Herrera (1958) consideró que se habían formado por cristalización magmática de líquidos de composición pegmatítica en cámaras cerradas, los cuales podrían originarse en el granito biotítico situado en la parte central y occidental del distrito. Galliski (1994b) discutió esta posibilidad en el marco de referencia de los orígenes postulados para pegmatitas de esta clase y concluyó que aunque no puede descartarse esa génesis, es igualmente y, hasta cierto punto más razonable, suponer un origen anatético. Análisis geoquímicos de elementos trazas en feldespatos potásico y muscovita asociados a las pegmatitas muestran evidencias de que han cristalizado a partir de fundidos geoquímicamente muy poco evolucionados (Galliski *et al.*, 1997).

DISTRITO PEGMATÍTICO ALTAUTINA, CÓRDOBA (Galliski, 1999d)

Generalidades

Ubicación: las pegmatitas del distrito Altutina se agrupan en sectores de la Sierra de Pocho y de la Sierra de Altutina, en el ámbito de Sierras Pampeanas de Córdoba.

Sistema de explotación: las pegmatitas micacíferas fueron explotadas predominantemente a cielo abierto con algunas labores subterráneas de pirquineros. En la actualidad la explotación por feldespatos y cuarzo se realiza a través de canteras a cielo abierto

Antecedentes

Las pegmatitas del distrito fueron conocidas y explotadas inicialmente por muscovita. Más

tarde, la demanda internacional de berilo permitió la explotación masiva de las pegmatitas del sur del distrito (año 1938) en donde se destaca la mina Las Tapias. Este yacimiento produjo un total de 3.200 toneladas de berilo, obteniéndose como subproductos 8 toneladas de concentrados de minerales de bismuto; posteriormente esta mina produjo más de 300 toneladas de espodumeno.

Marco geológico

El basamento precámbrico-eopaleozoico de este sector de las Sierras Pampeanas se puede dividir en metamorfitas de medio y alto grado en el sector norte del distrito y metamorfitas de menor grado metamórfico en el sur. En el sector norte afloran gneises sillimaníticos, gneises granatíferos-sillimaníticos y migmatitas cordieríticas, mientras que en el sector austral se reconocen esquistos cuarzo micáceos inyectados, micacitas, cuarcitas micáceas, escasas anfibolitas, calizas cristalinas y algunas dioritas. Completan el basamento el intrusivo granítico de Achala, aflorante en el flanco este de las serranías, y pequeños stocks graníticos más hacia occidente, como San José, La Yiya, Condor Huasi y Piedra Pintada en el norte y Loma de la Población en el sur. Las metamorfitas se originaron durante el Ciclo orogénico Pampeano; algunos de los intrusivos menores deformados también pertenecen a este ciclo ó a estadios tempranos del Ciclo orogénico Famatiniano.

Geología de los yacimientos

Descripción: en el distrito pegmatítico Altutina se han reconocido dos sectores, un *sector norte*, caracterizado por pegmatitas de la clase muscovita o transicionales con la clase elementos raros, con zonación sencilla, y un *sector sur* con pegmatitas de la clase elementos raros (intruidas en rocas del basamento de niveles corticales menos profundos) presentando una zonación definida pero no regular.

Composición química de feldespatos potásico y cuarzo de pegmatitas del distrito Altutina

Contenido de SiO ₂ (%) en cuarzos pegmatíticos de las Sierras de Pocho-Altutina-Guasapampa (n = 37).			Pegmatitas	Feldespatos potásico			Cuarzo
				K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)	SiO ₂ prom. (%)
Promedio	Máximo	Mínimo	Orfa	13,9	2,23	0,04	99,936
			Reconquista	13,3	2,56	0,03	99,897
99,941	99,998	99,757	Las Tapias	13,3	2,42	0,03	99,819
			Sauce Pocho	12,9	2,82	0,02	99,975
			La Mina Lista	12,50	3,05	0,08	99,854

Fuente: Bonalumi *et al.* (2001a y b).

Zonación y características de las pegmatitas del sector norte del distrito Altautina

Zona	Descripción	Minerales principales	Minerales accesorios
Borde	Zona de grano muy fino.	Plagioclasa, cuarzo y muscovita.	Turmalina (chorlo).
Externa	Los minerales son de grano grueso. De esta zona se extraía muscovita y berilo.	Plagioclasa, microclino, cuarzo y muscovita	Chorlo, berilo y apatito.
Intermedio	Los minerales son de grano grueso. De esta zona se extraía muscovita y berilo.	Plagioclasa, microclino, cuarzo y muscovita	Chorlo, berilo y apatito.
Núcleo		Cuarzo ó cuarzo y microclino.	Escasa muscovita, berilo ó chorlo.

Zonación y características de la pegmatita Las Tapias; sector sur del distrito Altautina

Zona	Descripción	Minerales principales	Minerales accesorios
Borde	Presenta una potencia de 0,5 metros. Material de grano fino. Muscovita en libros (0,1 a 0,15 metros) en una matriz de feldespato rosado y cuarzo.	Muscovita, feldespato y cuarzo.	Chorlo.
	Zona monomineral. Cuarzo lechoso, macizo que pasa a gris en contacto con la zona intermedia.	Cuarzo.	
Intermedia externa	Espesor de 4 metros. El microclino presenta textura en bloques y algunas intercalaciones de remanentes de cuarzo parcialmente reemplazado. Las unidades de relleno están compuestas por muscovita y albita.	Microclino y cuarzo, con muscovita y albita.	Berilo o spessartita y espodumeno sericitizado (dentro del microclino).
Intermedia	La zona alcanza una potencia de hasta 5 metros.	Cuarzo y muscovita (como unidad de relleno).	
Zona de contacto entre las dos anteriores	Venas irregulares y a veces mantos de una unidad compuesta por albita mas cuarzo y berilo. En esta unidad se han formado "lentejones" con concentraciones casi puras de berilo.	Albita, cuarzo y berilo.	
En profundidad	La pegmatita pasa a una unidad enriquecida en espodumeno.	Espodumeno, cuarzo lechoso y microclino.	Muscovita, granate, berilo y calcopirita.

Estructura: las pegmatitas son concordantes a ligeramente discordantes. En la mayor parte del distrito los cuerpos están deformados en la misma dirección que la roca de caja. En general presentan un rumbo norte-sur y localmente este-oeste (mina Las Tapias).

Morfología: cuerpos tabulares, pero sufren frecuentes engrosamientos debido a la deformación.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

3c a 3a (Pegmatitas simples a complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos).

Las pegmatitas del distrito Altautina pertenecen a la clase muscovita o transicional entre muscovita y elementos raros en la parte norte, y a pegmatitas de clase elementos raros de signatura geoquímica LCT en la parte sur. Son pegmatitas orogénicas y en el caso de la mina Las Tapias se han formado por cristalización

fraccionada en una cámara cerrada y relativamente tranquila, que facilitó la diferenciación gravitacional vertical de fracciones magmáticas de diferente composición.

Según datos geocronológicos (mina Las Tapias, 520±25 y 465±15 Ma) y edad de la deformación sobreimpuesta, se considera preliminarmente que en conjunto constituyen un distrito formado durante el ciclo Pampeano.

**DISTRITO PEGMATÍTICO
COMECHINGONES, CÓRDOBA
(Galliski, 1999e)**

Generalidades

Ubicación: las pegmatitas del distrito Comechingones se localizan en el extremo norte de la sierra homónima, en un área comprendida entre 32°00' y 32°30' latitud sur y 64°45' y 65°00' longitud oeste.

Sistema de explotación: a cielo abierto; algunas labores subterráneas para la extracción de berilo y mica.

Antecedentes

En las pegmatitas de este distrito se descubrieron por primera vez en Argentina minerales de uranio. Fueron explotadas por berilo, mica, columbita y también se obtuvieron inicialmente concentrados de uranio. Sin embargo, el distrito está subdesarrollado y su potencial nunca fue totalmente aprovechado debido al difícil acceso.

Marco geológico

El distrito pegmatítico se localiza en el ámbito de Sierras Pampeanas Orientales y la geología del basamento, localmente, está integrada por metamorfitas de medio y alto grado (originadas durante el ciclo Pampeano), como gneises tonalíticos biotíticos, micacitas gneisicas, migmatitas estromatíticas, migmatitas cordieríticas, anfibolitas, gneises blastomiloníticos y escasas calizas cristalinas y serpentinitas. Completan el basamento cristalino intrusiones graníticas como la facies monzogranítica moscovítica del Batolito de Achala (en el norte del distrito) y stocks graníticos pegmatíticos, pegmatitas y escasas aplitas.

Geología de los yacimientos

Descripción: el conjunto de pegmatitas del distrito Comechingones se ha dividido en cuatro grupos: *Cerro del Águila*, de cuyas pegmatitas se extrajo mica; *Cerro Agustín*, portadoras de berilo, muscovita, columbita y minerales de uranio; *Cerro de las Ovejas*, formado por pegmatitas con berilo, muscovita, columbita y uraninita; y por último el grupo *Cerro El Tren*. En general son pegmatitas de clase elementos raros, tipo berilo, subtipo berilo-columbita-fosfatos, pero alguna de ellas pueden clasificarse como de transición entre la clase muscovita y la clase elementos raros. Es común que presenten una clara zonación asimétrica.

Estructura: cuerpos concordantes a ligeramente discordantes y de emplazamientos permisivos. Estructuralmente puede reconocerse una faja de pegmatitas dispuestas en el sector norte y occidental del distrito, en la cual las pegmatitas se disponen subverticales respondiendo a un comportamiento dúctil de la roca de caja, mientras que en el sector oriental lo hace una faja de pegmatitas dispuestas con buzamientos variables a subhorizontales debido a un comportamiento frágil de la caja. Ambas fajas convergen hacia el sur. El rumbo de los cuerpos varía de noreste, noreste a noroeste.

Composición química de feldespato potásico y cuarzo de pegmatitas del distrito Comechingones

Contenido de SiO ₂ (en %) en cuarzos pegmatíticos e hidrotermales de la Sierra de Comechingones (n = 204).			Pegmatitas	Feldespato potásico			Cuarzo
				K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)	SiO ₂ prom. (%)
			Otto XI-XII	13,6	2,39	0,05	99,982
			La Ona	13,4	2,36	0,00	99,979
Promedio	Máximo	Mínimo	Doña Lucy	13,0	2,79	0,03	99,978
99,956	99,999	99,136	Los Dos Hermanos	12,7	2,92	0,01	99,965
			Ángel	12,7	2,75	0,00	99,938

Fuente: Bonalumi *et al.* (2001a y b).

Zonación y características de las pegmatitas del distrito Comechingones

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Zona de espesor centimétrico y de grano fino.	Plagioclasa, cuarzo y muscovita.	Turmalino, granate y apatito.
Externa	Presenta un mayor espesor y granulometría. La muscovita suele disponerse en fajas de hasta 0,3 metros de ancho (material explotado).	Plagioclasa, cuarzo y muscovita.	Turmalino, granate y apatito.
Intermedia	Grano grueso.	Microclino, cuarzo, plagioclasa y muscovita (cola de pescado).	Berilo, columbita, triplita y uraninita.
Núcleo		Cuarzo	

Morfología: las pegmatitas son principalmente de geometría lenticular y en menor grado tabulares. Algunas están deformadas y otras presentan irregularidades y ensanchamientos. Comúnmente tienen una longitud de 100 a 300 metros (hasta 600 ó 1.000 metros) y una potencia de 15 a 25 metros (hasta 100 metros).

Mineralogía: minerales principales: plagioclasa, microclino, cuarzo y muscovita. Minerales accesorios: berilo, turmalina, granate, columbita, apatito, uraninita, triplita, gahnita, allanita, epidoto, piritita y calcopirita. Minerales secundarios: por alteración de uraninita se han formado gummite, masuyita, fourmarierita, vandendriescheite, autunita, meta-autunita y uranofano. También malaquita, pirolusita y fosfosiderita.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

3c (Pegmatitas simples). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

En general son pegmatitas de clase elementos raros de la familia LCT, tipo berilo, subtipo berilo-columbita-fosfatos, pero alguna de ellas pueden clasificarse como de transición entre la clase muscovita y la clase elementos raros.

Las pegmatitas fueron consideradas como emplazadas en estructuras preexistentes con movilidad de fundido, cristalizado luego en un sistema cerrado. Las pegmatitas del distrito Comechingones se consideran sin vínculo genético con los granitos del Batolito de Achala, a partir de dataciones que indican que los granitos del batolito son más jóvenes que las pegmatitas y el emplazamiento de los granitos se realizó a menor profundidad.

De todos modos los datos geocronológicos obtenidos de las pegmatitas (U-Pb químico= 480 Ma; U-Pb isotópico= 480-506 Ma) son insuficientes para decidir si las pegmatitas pertenecen al ciclo pampeano o al famatiniano con los límites actualmente establecidos.

DISTRITO PEGMATÍTICO ALTA GRACIA, CÓRDOBA
(Galliski, 1999f)

Generalidades

Ubicación: las pegmatitas del distrito se distribuyen desde el sur de la ciudad de Carlos Paz hasta Yacanto de Calamuchita, en ámbito de la Sierra Chica de Córdoba. El centro del distrito se ubica a 31° 40' latitud sur y 64° 30' de longitud oeste.

Producción: el distrito ha sido un importante productor de muscovita. En total se han extraído alrededor de 10.000 toneladas entre los años 1925 y 1990.

Sistema de explotación: a cielo abierto, combinando con laboreo subterráneo al avanzar los trabajos y siguiendo las zonas externas de las pegmatitas, que son las más ricas en mica de buena calidad. La mayoría de los depósitos han sido incorrectamente explotados.

Antecedentes

La actividad extractiva de mica comenzó a fines del siglo XIX y continúa aportando la mayor cantidad de mica del país, con tres picos principales de producción en 1950-55, 1966-69 y 1977-82.

Reservas y leyes de los minerales de pegmatitas del distrito Alta Gracia

Pegmatita	Minerales de interés*	Reservas (visibles+probables)*	Cuarzo**	Feldespatos potásicos**		
			SiO ₂ prom. (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)
Juanita	Muscovita		99,977	14,5	1,75	0,02
	Cuarzo	164.000 t				
	Feldespatos	656.700 t				
La Tera	Cuarzo		99,987	13,5	2,42	0,06
	Feldespatos					
Astilla	Cuarzo		99,977			
	Feldespatos					
Belén	Muscovita		99,983			
	Cuarzo					
	Feldespatos					

(*): Angelelli *et al.*(1980) ; (**): Bonalumi *et al.*(2001a y b).

Marco geológico

El distrito pegmatítico Alta Gracia se encuentra emplazado en la Sierra Chica de Córdoba, en el ámbito de Sierras Pampeanas Orientales. El basamento de la región se caracteriza por la presencia de metamorfitas de mediano y alto grado, como gneises tonalíticos biotíticos, gneises esquistosos, gneises hipersténicos, gneises cordieríticos granatíferos con proporciones menores de anfibolitas, serpentinitas, mármoles, gabros y rocas cataclásticas. Este basamento metamórfico, de edad precámbrica superior-cámbrico inferior, ha sido intruido por cuerpos ígneos, el más importante es el Batolito de Achala (Paleozoico medio) que aflora en el extremo occidental del distrito.

Geología de los yacimientos

Descripción: la ocurrencia aislada de los afloramientos pegmatíticos define una serie de grupos, siendo los más conocidos: *Icho Cruz-San Antonio* (mina La Cholita, Talco Overo, Graciela), *Falda del Carmen-Alta Gracia* (La Selva, Piedra Blanca, La Chiquita, La Codicia I y II) y *Potrero de Garay* (Alto del Ají II, La Cruzada, Cuatro Hermanos, La Astilla I y La Fortuna). En la mayoría de los depósitos la roca de caja es un gneis biotítico granatífero, con foliación secundaria decimétrica en los contactos con las pegmatitas. Las pegmatitas del distrito presentan una zonación simple.

Estructura: las pegmatitas son mayormente discordantes y se emplazan en fracturas de orientación N0°-45°O/45°-85°NO. Muy pocas se emplazan conforme al principal sistema de

diaclasas del distrito, el cual se orienta N30°-50°O/SO.

Morfología: cuerpos tabulares o lenticulares, de una longitud promedio de 200 metros y un ancho de 5 a 6 metros, con un máximo de 20 metros.

Mineralogía: minerales principales: plagioclasa, cuarzo, microclino y muscovita. Minerales económicos: en primer término muscovita, le siguen en importancia feldespato, cuarzo y por último berilo. La muscovita es de calidad manchada.

Modelo genético

3c (Pegmatitas simples). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

El origen de las pegmatitas del distrito Alta Gracia fue atribuido por Herrera (1961) a la cristalización magmática secuencial de probables derivados del magma que originó el Batolito de Achala. Galliski (1994b) no encontró argumentos decisivos a favor de esta hipótesis, debido a que el Batolito de Achala tiene un nivel de emplazamiento más somero que el requerido por pegmatitas de la clase muscovita. En cambio prefirió suponer que los fundidos pegmatógenos podrían tener más posibilidades de haberse originado por anatexis de protolitos metasedimentarios. Galliski y Linares (1999) realizaron tres dataciones K-Ar sobre muscovitas de pegmatitas de este distrito. Los valores obtenidos son: 409±17 Ma (Silúrico superior) para la pegmatita La Selva; 463±15 Ma (Ordovícico superior) para la pegmatita Cuatro Hermanos y 475±22 Ma (Ordovícico superior) para la pegmatita Astilla.

Zonación y características de las pegmatitas del distrito Alta Gracia

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Presenta granulometría fina y espesor de orden centimétrico. Es posible subdividirla texturalmente.	Plagioclasa, cuarzo y muscovita.	Granate y biotita.
Externa	Mayor tamaño de grano y un espesor de 0,6 a 2 metros. En esta zona se encuentran las concentraciones comerciales de mica, que se disponen en fajas (de 15 cm aprox.) paralelas a los contactos interzonales y ubicadas en los límites con el borde y el núcleo o bien en una faja en el centro de la zona.	Plagioclasa, cuarzo, muscovita y en algunos casos microclino.	Granate y biotita.
Intermedia	Puede o no estar presente y la principal característica es su granulometría gruesa a muy gruesa.	Microclino, cuarzo, muscovita; puede haber o no plagioclasa.	Granate ó berilo.
Núcleo	Grano grueso.	Microclino y cuarzo ó cuarzo solamente.	

DISTRITO PEGMATÍTICO PUNILLA,
CÓRDOBA
(Galliski, 1999g)

Generalidades

Ubicación: el distrito se encuentra en el ámbito de Sierras Pampeanas de Córdoba. Las pegmatitas se distribuyen sobre el extremo septentrional del Batolito de Achala y las metamorfitas adyacentes, concentrándose principalmente en las proximidades de las localidades serranas de Tanti y Mallín (coordinadas aproximadas: 31° 20' L. S. y 64° 40' L. O.).

Sistema de explotación: a cielo abierto y selección del material en forma manual.

Geología de los yacimientos

Descripción: las pegmatitas del distrito presentan una estrecha relación espacial con el Batolito de Achala, que en la mayoría de los casos

oficia de roca de caja; la facies predominante es la de un monzogranito muscovítico de grano grueso, el cual puede estar localmente turmalizado. En dicho intrusivo se han realizado algunas dataciones, que presentan edades diferentes conforme la facies muestreada y el método escogido; Linares y Latorre (1969) obtuvieron (K-Ar) edades de 330 y 350 Ma y Rapela *et al* (1982) una edad de 400 Ma (Rb-Sr). Así mismo, los primeros autores realizaron dataciones sobre biotita y muscovita de pegmatitas de este distrito y obtuvieron valores próximos a 350 Ma.

En general, son pegmatitas zonadas, de la clase elementos raros, del tipo berilo y del subtipo berilo-columbita-fosfato.

Las unidades de relleno de albita, cuarzo y muscovita ó albita, cuarzo ó muscovita, son frecuentes pero volumétricamente no muy significativas.

Estructura: las pegmatitas tienen una estructura interna bien definida. Su emplazamiento presenta cierto control estructural siguiendo líneas de diaclasado preferenciales.

Reservas y leyes de los minerales de pegmatitas del distrito Punilla

Pegmatita	Minerales de interés*	Reservas totales (t)*	Cuarzo**		Feldespatos potásicos**	
			SiO ₂ prom. (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)
El Criollo	Cuarzo	176.000	99,939	11,80	3,60	0,01
	Feldespatos potásicos	124.000				
	Albita	72.000				
	Muscovita	26.000				
El Gaucho	Cuarzo	43.000	99,951	11,70	3,35	0,08
	Feldespatos potásicos	57.000				
	Albita	16.000				
	Muscovita	7.000				
El Gigante	Cuarzo	78.000	99,909	12,2	3,05	0,05
	Feldespatos	57.000				
	Muscovita	15.000				
Pergenio	Cuarzo	24.500	99,977	12,5	3,03	0,04
	Feldespatos	7.000				
	Muscovita	3.500				
Miguel	Cuarzo	157.500	99,955			
	Feldespatos	122.500				

(*): Gallagher y Jutorán (1971); (**): Bonalumi *et al.* (2001a y b).

Zonación y características de las pegmatitas del distrito Punilla

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Es una zona delgada, de composición granítica y grano fino.		
Externa	Tiene más de un metro de espesor y el tamaño de grano es fino a mediano.	Microclino, albita, cuarzo y muscovita.	Biotita, apatito ó escaso berilo
Intermedia	Zona de grano grueso a muy grueso.	Microclino (pertítico), cuarzo y en menor cantidad albita y muscovita.	
	Subzona a veces con dimensiones suficientes para ser considerada una segunda zona intermedia.	Albita, cuarzo y muscovita.	Berilo (grandes cristales)
Núcleo		Cuarzo (lechoso).	

Morfología: son pegmatitas de bajas relaciones axiales, y en algunas la forma es prácticamente globular o elipsoidal. En otras la morfología predominante es lenticular.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico (pertítico), cuarzo (lechoso), plagioclasa (en su mayoría de composición albítica) y muscovita (en su variedad cola de pescado o de grano fino). Minerales accesorios: biotita (en las zonas externas, casi siempre alteradas), berilo, turmalina (chorlo), apatito, triplita y en menor cantidad columbita (rica en Fe y Nb), uraninita, spessartita, hematita, topacio, pirita, calcopirita y fluorita. Además, tetradimita y genthelvita.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas del distrito Punilla pueden tipificarse como representantes de la clase elementos raros, tipo berilo, subtipo berilo-columbita-fosfatos. Su emplazamiento intragranítico, sumado a la virtual ausencia de minerales de Li y de Cs, al predominio de términos ricos en Fe y Nb en los minerales del grupo de la columbita, a la presencia de uranopirocloro, fluorita, genthelvita y hematita, indicadores mineralógicos de que las pegmatitas tienen una signatura geoquímica diferente a la LCT, llevaron a Galliski (1994b) a considerarlas de naturaleza híbrida entre LCT y NYF.

Las pegmatitas se habrían formado por cristalización, en cámaras cerradas, de fracciones de fundidos remanentes de la solidificación de los granitos que las contienen, enriquecidos en elementos incompatibles y volátiles durante la cristalización fraccionada. Su ubicación en un determinado horizonte de la roca encajonante es un rasgo distintivo al que posiblemente se deba su distribución en el área norte del Batolito de Achala.

DISTRITO PEGMATÍTICO CONLARA,
SAN LUIS
(Galliski, 1999h)

Generalidades

Ubicación: al norte de la línea imaginaria que pasa por La Toma y La Carolina en la provincia de San Luis, con coordenadas 32° 40' L. S. y 65° 40' L. O. (centro del distrito).

Sistema de explotación: canteras a cielo abierto; en pocas ocasiones se han realizado laboreos subterráneos, de desarrollo limitado.

Antecedentes

El distrito ha producido berilo, tantalita y minerales de litio. Actualmente produce la mayor parte de la materia prima de la industria cerámica de origen pegmatítico, como feldespato potásico, cuarzo y albita, además de muscovita de corte y *scrap*.

Marco geológico

Basamento de Sierras Pampeanas constituido por metasedimentitas de grado medio, representadas por esquistos micáceos y cuarzomicáceos, gneises tonalíticos biotíticos y escasas anfibolitas. Intruyen a las metamorfitas plutones orogénicos de composición tonalítica a granodiorítica (tipo I) y otros más pequeños, deformados, tipo S (+I), los cuales se emparentan a cuerpos pegmatíticos. El conjunto de rocas pertenece al ciclo Pampeano y Famatiniano. Luego de este último orógeno se emplazaron grandes cuerpos plutónicos postorogénicos, predominantemente monzograníticos y de tipo A (+S) como son el Batolito Las Chacras-Piedras Coloradas y algunos cuerpos menores. Escasas pegmatitas están emparentadas con estos granitos.

Geología de los yacimientos

Descripción: en el distrito se reconocen una serie de grupos. En *San Martín-Cautana* se encuentran las pegmatitas La Totorá (413±7 Ma), León Herido, La Meta, Las Cuevas (510±26 Ma), Yatasto y Géminis (536±27 Ma). En *Villa Praga-Las Lagunas*, María Elena (549±29 Ma), Rosanna, La Esmeralda y Nancy. En *Paso Grande*, Paso Grande I y II y Beatriz (567±28 Ma) y, por último, un grupo en el extremo *occidental* donde se encuentran las pegmatitas San Felipe, La Marta (367±17 Ma) y Las Palomas (535±28 Ma). Desde el punto de vista genético se diferencian dos conjuntos de pegmatitas, las pegmatitas orogénicas de signatura geoquímica LCT, como las del Grupo San Martín-Cautana (tipo complejo, subtipo espodumeno), las pegmatitas Rosanna, La Esmeralda y Nancy (tipo berilo), y María Elena y Beatriz (tipo tierras raras o eventualmente tipo berilo) y las pegmatitas postorogénicas de signatura NYF, como San Omar (359±12 Ma) y eventualmente La Marta. Las primeras se vinculan a los granitoides tipo S (+I) y las del segundo conjunto se emparentan con los granitoides posorogénicos tipo A (+S).

Zonación y características de la pegmatita Géminis, distrito Conlara

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Potencia de 0,7 a 1,0 metro. Grano fino.	Cuarzo, feldespato potásico y muscovita	
Externa	Espesor de 0,3 a 0,4 metros. La muscovita se presenta en láminas de hasta 0,2 metros de diámetro.	Muscovita	
Intermedia	Zona de 2 metros de espesor, de grano grueso a muy grueso.	Cuarzo.	Espodumeno, amblygonita y berilo.
Núcleo	Tiene 9 metros de espesor. Contiene cristales de espodumeno de hasta 4 metros de longitud.	Cuarzo (lechoso)	Espodumeno.

Estructura: orientación N52°E/19°SE en la pegmatita Géminis.

Morfología: la pegmatita Géminis presenta una forma tabular a lenticular, aunque puede formar parte de un cuerpo mayor con estructura “en rosario”.

Mineralogía: minerales principales: cuarzo (blanco a grisáceo), feldespato potásico (microclino perítico, blanco grisáceo o rosado), plagioclasa (albita o clevelandita) y muscovita. Minerales accesorios: espodumeno, amblygonita, berilo, litiofilita, minerales del grupo de la columbita y bismutinita.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas de signatura geoquímica LCT del distrito Conlara se han producido por diferenciación magmática externa de los granitoides de tipo S (+I) intruidos durante los ciclos Pampeano y Famatiniano. En general las pegmatitas pertenecientes a los diferentes ciclos se diferencian en que las intruidas durante el ciclo Pampeano son de mayor tamaño que las posteriores. Las del ciclo Famatiniano, además de ser más pequeñas, muestran trayectorias evolutivas mucho más extendidas en la diferenciación de los minerales del grupo de la columbita. Estas diferencias están indicando que los regímenes tectónicos que facilitaron el fraccionamiento de las pegmatitas fueron diferentes: más tranquilos durante el ciclo Pampeano y más activos durante el ciclo Famatiniano. Los cuerpos fueron emplazados permisiva o forzosamente por encima de 2 Kbares de presión, como lo evidencia la presencia de espodumeno en lugar de petalita, y cristalizados por lo general en cámaras cerradas, ocasionalmente reabiertas por pulsos intrusivos diferidos.

DISTRITO PEGMATÍTICO LA ESTANZUELA, SAN LUIS (Galliski, 1999i)

Generalidades

Ubicación: las pegmatitas del distrito se distribuyen en la Sierra de Tilisarao, Sierra La Estanzuela y Sierra El Portezuelo, cordones montañosos que se encuentran en el extremo noreste de la provincia de San Luis.

Sistema de explotación: a cielo abierto. El proceso de selección mineral es manual.

Marco geológico

Basamento de las Sierras Pampeanas del noreste de la provincia de San Luis formado por un complejo metamórfico de grado medio, con esquistos micáceos y cuarzo micáceos, gneises y escasas calizas cristalinas, anfibolitas y cuarcitas. Estas metamorfitas, precámbricas hasta eopaleozoicas, se encuentran intruidas por pequeños cuerpos plutónicos, subconcordantes, definidos como granitos gnéisicos pegmatoides y por un enjambre de pegmatitas y aplitas, todas de edad paleozoica inferior.

Geología de los yacimientos

Descripción: las pegmatitas del distrito La Estanzuela pertenecen a la clase elementos raros. Las hay de varios tipos: San Elías, tipo complejo y subtipo lepidolita; La Viquita, tipo complejo y subtipo espodumeno; Virgen del Milagro, Itá Porá y La Portazuelense, tipo berilo; Don Rolando, tipo albita-espodumeno. La Viquita y San Elías son las principales pegmatitas del distrito: La Viquita, es un cuerpo discordante de estructura zonal simétrica, orientado N24°E/31°O (en el contacto este) y N24°E/60°O (en el contacto oeste), tiene un largo de 190 metros y un ancho de 40 metros. San Elías, presenta orientación norte-sur y buzamiento al este, una corrida de 140 metros y un ancho variable entre 15 y 27 metros.

Zonación y características de la pegmatita La Viquita, distrito La Estanzuela

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios	
Borde		Cuarzo y muscovita.		
Externa	Mayor tamaño de grano.	Microclino, cuarzo y muscovita.		
Intermedia	Grano grueso a muy grueso	Externa	Montebrasita y espodumeno	
		Intermedia		>espodumeno
		Interior		
Núcleo		Cuarzo, microclino y espodumeno.		
Unidades de relleno: muscovita y cuarzo. Unidades de reemplazo: espodumeno+albita+cuarzo ó muscovita+cuarzo+minerales de tantalio.				

Zonación y características de la pegmatita San Elías, distrito La Estanzuela

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde	Zona de espesor centimétrico, textura y composición granítica, silicificada.		
Externa	1 metro de espesor.	Cuarzo, plagioclasa y muscovita.	
Intermedia	Zona de 4 metros de espesor y granulometría mediana a gruesa.	Cuarzo, microclino y albita.	Amblygonita-montebrasita, muscovita, berilo, ferrotapiolita y ferrotitanowodginita.

Estructura: estructura interna zonal. Cuerpos de emplazamiento pre a sincinemático, forzado; suelen estar sujetas a deformaciones y flexuras.

Morfología: tabulares a lenticulares con relaciones axiales mayores a 10 y menores a 30.

Mineralogía: minerales principales: feldespato potásico (cristales de dimensiones métricas en pegmatitas de tipo berilo, pertíticos y con textura gráfica), cuarzo (lechoso a gris), plagioclasa (albita, clevelandita), muscovita (es abundante pero su tamaño y calidad no alcanzan para ser utilizada como mica de corte) y espodumeno. Minerales accesorios: berilo, amblygonita-montebrasita, trifilina-litiofilita, columbita, tantalita, tapiolita, minerales de la wodginita, casiterita, circón, apatito, etc.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas del distrito La Estanzuela, especialmente las de la sierra homónima, son representantes de la familia petrogenética LCT y consecuentemente en su mayoría orogénicas. Pertenecen, de acuerdo a dataciones K-Ar, al ciclo Famatiniano. Su origen más probable es por cristalización en cámaras cerradas de fundidos pegmatíticos extremadamente fraccionados, de magmas fértiles en pegmatitas de elementos raros. El alto grado de fraccionamiento posiblemente se vio facilitado por el emplazamiento próximo a una fase de tectonismo compresivo muy activo.

Las dataciones K-Ar realizadas sobre muscovitas dieron edades de 343±10 Ma (Rona), 347±15 Ma (Don Paco), 360±15 Ma (Renquina), 415±20 Ma (María), 403±16 Ma (San Elías) y 320±12 Ma (La Viquita). Existe la posibilidad que estas pegmatitas orogénicas sean mayoritariamente de edades famatinianas y que los efectos térmicos provocados por las intrusiones de los granitoides carboníferos hayan “reseteado” parcialmente los sistemas de retención de argón dando edades más jóvenes (Galliski, 1994b).

DISTRITO PEGMATÍTICO TOTOTAL,
SAN LUIS
(Galliski, 1999j)

Generalidades

Ubicación: comprende una extensa faja de 10 km de ancho que se extiende desde el cerro La Torre, por el norte, hasta El Volcán, por el sur, en el extremo sudoeste de las sierras de San Luis.

Producción: las pegmatitas han sido explotadas en distintas épocas por berilo, tantalita, feldespato potásico y cuarzo, muscovita de grano fino, espodumeno y, últimamente, por albita.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco geológico

El basamento de la región está constituido por metasedimentitas de protolitos pelíticos y

grauváquicos que incluyen esporádicos cuerpos lentiformes de ortoanfibolitas. Es posible distinguir una variación en el grado metamórfico, el cual disminuye hacia el este del distrito. En el extremo occidental afloran metamorfitas de alto grado con intrusivos básicos metamorfizados, contiguamente aparece una delgada faja de tectonitas que las separa de metamorfitas de menor grado metamórfico, con una paragénesis de feldespato potásico y sillimanita junto a fundidos leucocráticos. Hacia el este aparece una faja de rocas de grado medio con almandino y estaurólita, intruidas por plutones menores (granitoides sincinemáticos) y un cortejo de pegmatitas graníticas. La aparición de filitas moteadas evidencia la disminución en el grado metamórfico, que alcanza sus valores menores en el extremo oriental, donde se reconocen filitas y pizarras.

Geología de los yacimientos

Descripción: las pegmatitas del distrito Totoral pertenecen a la clase elementos raros de signatura geoquímica LCT y las hay de diversos tipos. Las pegmatitas *Santa Ana* y *Cacique Canchuleta* son de tipo berilo y subtipo berilo-columbíta-fosfato. *San Luis I* y probablemente *La Nilda* son del tipo albita-espodumeno. *San Luis II* y *Victor Hugo* son del tipo complejo y subtipo

espodumeno. Por último *Independencia Argentina* y posiblemente *Los Chilenitos* son del tipo albita.

La pegmatita San Luis intruyó esquistos micáceos de grado medio al cual se superpuso un evento térmico local que generó fenoblastos de granate, muscovita y estaurólita; está conformada por dos unidades independientes pero estrechamente asociadas, San Luis I y San Luis II. La primer unidad, como es común en las de su clase y tipo, se emplazó y cristalizó al inicio o durante una fase tectónica y continuó su cristalización sincinemáticamente en un ambiente tectónico muy activo. Todos estos atributos y circunstancias están acreditados en la pegmatita San Luis I porque tiene excelentes evidencias de plegamiento disarmónico. La pegmatita San Luis II está emplazada en el núcleo de un pliegue abierto de la pegmatita San Luis I, entre esta unidad y la roca de caja.

Estructura: las pegmatitas del distrito han sido emplazadas en forma permisiva o muchas han sufrido deformaciones post-emplazamiento (plegamientos, *boudinage*, segmentaciones, etc.). En varios casos hay evidencias de fenómenos de intrusividad polipulsatoria.

Morfología: predominantemente son de geometría tabular con relaciones axiales que suelen superar 100, también existen cuerpos lenticulares, subtabulares o tabulares cortos.

Zonación y características de la pegmatita San Luis I, distrito Totoral

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Borde-externa	Tiene 0,4 metros de espesor, es de grano fino, textura nematoblástica con prismas de espodumeno y matriz de cuarzo, albita y muscovita.	Cuarzo, albita, microclino y espodumeno.	Granate, apatito, turmalina.
Interna	Potencia de 11 metros, textura porfirica con megacriatales de microclino en una matriz de grano fino de cuarzo, albita y espodumeno.	Microclino, cuarzo, albita y espodumeno.	Muscovita y trazas de granate, turmalina y apatito.

Zonación y características de la pegmatita San Luis II, distrito Totoral

Zona	Descripción	Minerales esenciales	Minerales accesorios
Externa	Separada de la zona externa de la pegmatita San Luis I por una delgada faja de esquistos. Presenta grandes cristales de microclino en una matriz de cuarzo y muscovita.	Microclino, cuarzo y muscovita.	
Intermedia	Con cristales de microclino de 1 a 2 cm, en una matriz de cuarzo, muscovita y escasa albita.	Microclino, cuarzo, muscovita y albita.	
Núcleo	Con cristales de espodumeno de hasta 1,2 metros, inmersos en cuarzo lechoso y núcleos de fosfatos de 15 a 20 cm de diámetro.	Cuarzo y espodumeno.	Fosfatos.

Mineralogía: minerales principales: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y espodumeno. Minerales accesorios: muscovita, berilo, ambligonita-montebrazita y minerales del grupo de la columbita, menos importantes son el contenido de apatito, trifilina-litofilita y beusita.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

Las pegmatitas de este distrito tienen estrechas relaciones espaciales, temporales y composicionales con los pequeños cuerpos graníticos que intruyen el basamento metamórfico y posiblemente están genéticamente emparentadas con ellos. En el esquema genético más aceptado (Czérny, 1991) se habrían originado por diferenciación magmática extrema de estos intrusivos de naturaleza predominantemente S y habrían cristalizado en cámaras prácticamente cerradas después de su emplazamiento. Se conocen varias dataciones: 460±10 Ma (Santa Ana), 503±24 Ma (Víctor Hugo), 433±23 Ma (Cacique Canchuleta) y 317±11 Ma (San Luis I, valor considerado poco probable). Los datos geocronológicos sugieren que las pegmatitas del distrito Totoral son adjudicables a los ciclos Pampeanos y Famatiniano.

FILONES DE CUARZO DE ALPA CORRAL, PROVINCIA DE CÓRDOBA (Bonalumi *et al.*, 2001a)

Generalidades

Ubicación: al sudoeste de la localidad cordobesa de Alpa Corral, en el centro-oeste de la provincia de Córdoba (a la latitud del paralelo 33° S); por el sur alcanza la población de Las Alhacacas.

Acceso: se accede desde Río Cuarto.

Producción: los cuerpos han sido explotados en pequeña escala y actualmente se encuentran inactivos.

Marco geológico

Los filones se extienden sobre parte de la sierra de Comechingones, cuyo basamento

localmente está conformado por metamorfitas de grado medio (gneises y anfibolitas) y milonitas.

Recursos y calidad química del cuarzo de los filones de Alpa Corral

Yacimiento	Minerales de interés*	Recursos * (t)	Cuarzo**
			SiO ₂ prom. (%)
Adelita	Cuarzo	212.247	99,993
Coronel Perón	Cuarzo		99,986
La Lela	Cuarzo		99,988
Enano	Cuarzo		99,985

*: Angelelli *et al.*, 1980 ; **: Bonalumi *et al.*, 2001a.

Geología de los yacimientos

Descripción: se trata de filones de cuarzo puro, de tamaño pequeño. No exceden, salvo excepciones, el centenar de metros de corrida y una decena de metros de potencia. Bonalumi *et al* (2001a) definen a los cuarzos de filones de Alpa Corral como los de mayor pureza de Córdoba, con valores promedio que superan 99,983% SiO₂, con máximos de hasta 99,997% y mínimos de 99,912%. Los yacimientos más significativos son Adelita, Coronel Perón, La Lela y Enano.

Mineralogía: minerales principales: cuarzo. Minerales accesorios: muscovita y óxidos de hierro.

Modelo genético

14j (Cuarzo). Grupo: Vetas y brechas (de asignación genética diversa).

CUARZO DE YACIMIENTOS HIDROTERMALES TIPO GREISEN DE CUARZO-SERICITA (Bonalumi *et al.*, 2001a)

Generalidades

Ubicación: cuerpos hidrotermales de cuarzo-sericita muy comunes en todo el ámbito de las Sierras de Córdoba.

Usos: su quimismo permitiría el uso en la industria de silicio metálico y ferroaleaciones; en esta última es actualmente utilizado.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Composición química de cuarzo de yacimientos hidrotermales-greisen de la provincia de Córdoba

% SiO ₂ en cuarzos de yacimientos hidrotermales-greisen (n = 91).			Yacimiento	Cuarzo
				SiO ₂ prom. (%)
			La Suerte I	99,341
			Dr. Gordillo	99,264
Promedio	Máximo	Mínimo	Laura Beatriz	99,638
			Rita	99,474
99,268	99,944	96,918	Blanca Rosa	99,215
			Centauro	99,650
			Cuchilla Nevada	98,792

Fuente: Bonalumi *et al.*, 2001a.

Geología de los yacimientos

Descripción: estos yacimientos aparecen dentro del ámbito de las Sierras de Córdoba, generalmente asociados a fallas de importancia regional dentro de plutones graníticos. En estas fracturas se desarrollan zonas de brecha silíceas cementadas por cuarzo lechoso, macizo y drúsico, que en sectores constituye filones monominerales; los clastos de brecha por lo general se hallan sericitizados.

Morfología: cuerpos que pueden superar varias centenas de metros de longitud y potencias no mayores a 50 metros.

Mineralogía: minerales principales: cuarzo. Minerales accesorios: sericita y óxidos de hierro.

Modelo genético

14j (Cuarzo). Grupo: Vetas y brechas (de asignación genética diversa).

Los estudios de Lira *et al.* (1999) demuestran que estos yacimientos se formaron por relleno de espacios abiertos a partir de fluidos hidrotermales de origen meteórico, con temperaturas de formación en un rango de 300°-400°C.

YACIMIENTO DE CUARZO CERRO BLANCO, PROVINCIA DE SAN LUIS (Sacchatto y Coniglio, 1992)

Generalidades

Ubicación: en el departamento General Pedernera de la provincia de San Luis, exactamente en el límite con la provincia de Córdoba.

Producción: el yacimiento ha sido explotado de manera discontinua desde 1929 hasta 1990. Durante el periodo 1988-1989 se alcanzó un ritmo de producción de 3.500 t mensuales. El

mineral extraído era clasificado a mano obteniéndose las variedades comerciales Hipersílico (39% del total extraído) y Selección, este último posteriormente triturado. Se obtenían cortes granulométricos de 5 mm, 5-15 mm y 15-16 mm.

Usos: materia prima para polvos limpiadores y en la elaboración de ferrosilicio.

Marco geológico

El yacimiento Cerro Blanco se encuentra en la sierra de Comechingones (Sierras Pampeanas) donde afloran gneises esquistosos y gneises inyectados, además de anfíbolitas y cuerpos aplopegmatíticos sincinemáticos. Este conjunto rocoso neoproterozoico - cámbrico está intruido por leucogranitos muscovíticos - biotíticos, postcinemáticos, aflorantes en el Cerro Negro y Cerro Blanco. Es frecuente observar en la región áreas alteradas hidrotermalmente.

Recursos y calidad química del cuarzo del yacimiento Cerro Blanco, San Luis

Yacimiento	Reservas (t)	Cuarzo**
		SiO ₂ prom.
Cerro Blanco	234.358 (totales)	99,7 (%)
	135.540 (económicas)	

Geología del yacimiento

Descripción: en el Cerro Blanco ocurre un manto de cuarzo emplazado en una fractura tensional, en las proximidades del contacto granito-metamorfita, de 10 a 20 metros de potencia que sigue la orientación de la estructura (azimut: 120-150°, buzamiento: 14-20° SO). En el área se han desarrollado miarolas de distintos tamaños y estructuras de fluidalidad magmática en las partes apicales y más diferenciadas del cuerpo granítico.

Modelo genético

14j (Cuarzo). Grupo: Vetas y brechas (de asignación genética diversa).

El origen del manto de cuarzo es hidrotermal de alta temperatura y se vincula estrechamente a la diferenciación del granito. Para su emplazamiento la veta aprovechó la anisotropía litológica (contacto granito-metamorfita) y probablemente una fracturación premineral subhorizontal.

ALBITA EN PEGMATITAS,
PROVINCIA DE CÓRDOBA
(Bonalmi *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: manifestaciones albiticas en las pegmatitas de los cuatro distritos pegmatíticos de la provincia de Córdoba (Alta Gracia, Comechingones, Punilla y Altautina).

Producción: la mina Feliciana es productora de albita.

Usos: industria cerámica.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de albita se encuentran en pegmatitas, como mineral en zonas de reemplazo. Las pegmatitas son de clase elementos raros y del tipo complejo, albita y

albita-espodumeno. La albita presenta hábito sacaroide o lamelar (clevelandita), ocurre en cuerpos que se emplazan en las zonas intermedias de las pegmatitas y se presenta junto a muscovita de grano fino y berilo o fosfatos. La roca de caja de las pegmatitas con albita la constituyen granitoides del batolito de Achala o bien metamorfitas del basamento Precámbrico-eopaleozoico. En la mina El Criollo la albita ocurre en masas de cristales lamelares de más de 1 metro de diámetro. En la mina Victoria la albita presenta textura sacaroide y se presenta junto a cuarzo, muscovita y óxidos de manganeso, además de estar asociada a masas de albita color crema; en el contacto de la pegmatita con el granito de la caja se observa una zona albitizada con cristales de berilo. En la mina Feliciana la plagioclasa albitica se presenta junto a muscovita y cuarzo en la zona intermedia de la pegmatita, observándose un aumento del componente albitico de la plagioclasa desde el borde hacia el núcleo del cuerpo pegmatítico.

Modelo genético

3a (Pegmatitas complejas). Grupo: Depósitos pegmatíticos.

La albita se encuentra en masas minerales de reemplazo, en zonas intermedias de pegmatitas graníticas zonadas, presentando hábito lamelar (clevelandita) o sacaroide asociada muchas veces a muscovita, cuarzo y berilo. En otros depósitos se observa clevelandita de reemplazo sobre microclino (mina Unión) o bien como plagioclasa con alto componente albitico (mina Feliciana).

Composición química de albita de pegmatitas de la provincia de Córdoba

Pegmatita	Latitud	Longitud	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)
El Criollo*	31° 21'	64° 39'	9,14	0,68	0,036	0,3
Victoria*	31° 35'	64° 56'	8,3	2,41	0,133	0,3
San Judas Tadeo*	31° 19'	64° 34'	9,24	0,82	0,079	0,4
El Gaucho 2 ^a **			10,72	1,09		0,29
Queso**			10,31	1,01		0,45
Astillas (N°1)**			10,84	0,55		0,85
Eduardo (F. d. Carmen)**			10,28	0,93		0,87
Feliciana*	31° 52'	64° 42'	6,05	1,96	0,382	
Unión*	31° 41'	64° 48'	8,76	0,95	0,229	1,1
Doña Lucy**			10,31	0,66		0,95
Las Tapias*	31° 56'	65° 05'	4,82	3,52	0,275	0,2
Ceferino Namuncurá*	31° 37'	65° 15'	8,81	0,56	0,03	0,4
Cerrito Blanco**			11,33	0,13		0,41

(*): Bonalmi *et al.*, 1999. (**): Bonalmi *et al.*, 2001b.

ALBITA EN EL COMPLEJO GRANÍTICO
ACHALA, CÓRDOBA
(Bonalmi *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el extremo occidental del Batolito de Achala se reconocen una serie de leucogranitos de interés por sus contenidos de albita. Los más destacados son: *Cerro Totorá*, donde se localiza el denuncio María Fernanda (31° 55' L.S. y 64° 56' L.O.), *Los Riojanos* (31° 25' L.S. y 64° 54' L.O.), *Mina Victoria* (31° 46' L.S. y 64° 52' L.O.), *Mina La Precámbrica* (constituye la sierra de Achalita, apófisis occidental del Batolito de Achala) y *Estancia El Palmar* (31° 08' L.S. y 64° 42' L.O.).

Usos: posible materia prima sódica.

Marco geológico

Las Sierras Pampeanas de Córdoba presentan una importante cantidad de intrusivos de diversos tamaños, composiciones y edades. El Batolito de Achala pertenece al grupo de granitoides de Sierras Pampeanas de una asociación de intraplaca, emplazado (Carbonífero inferior) luego de la exhumación y arrasamiento del orógeno famatiniano, por lo cual se considera un granitoide post-orogénico (Galliski, 1994b).

En el batolito de Achala se han reconocido cinco grupos litológicos, según su textura, tamaño de grano y composición: granitoides de grano fino, granitoides equigranulares de grano medio y leucogranitos, granitoides porfíricos de grano medio, granitoides porfíricos de grano grueso y granodioritas. Los leucogranitos del segundo grupo revisten importancia por su

contenido en albita; se ubican en el extremo occidental del Batolito de Achala, caracterizados por presentar un alto grado de diferenciación y ser ricos en sodio. Hacia el este aumenta el contenido de hierro de los granitoides y disminuye su diferenciación.

Geología de los yacimientos

Descripción: dentro del grupo de leucogranitos se reconocen cinco sectores de interés, ellos son: *cerro Totorá* (denuncio María Fernanda), *leucogranito Los Riojanos*, *Mina Victoria*, *leucogranito Mina La Precámbrica* y *leucogranito Estancia El Palmar*. En general la albita es parte de la composición petrográfica de la roca, encontrándose asociada a feldespato potásico, cuarzo y muscovita. Los intrusivos son de tamaño variable, de color blanco, rosado, con diversas tonalidades en gris.

Morfología: el cuerpo Los Riojanos es un afloramiento de 2 km de ancho (E-O) y 3 km de largo (N-S). El granito La Precámbrica supera 500 metros de diámetro. La mina María Fernanda está representada por un leucogranito circular de aproximadamente 400 metros de diámetro.

Mineralogía: los minerales principales más comunes son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y muscovita. Minerales accesorios: turmalina, granate y escasa biotita. Minerales secundarios: sericita, caolín y muscovita.

Modelo genético

6f (Rocas). Grupo: Depósitos asociados a granitoides.

Lira (1985) determinó que la facies de leucogranitos con tendencia sódica del Batolito de Achala (Los Riojanos, cerro Totorá, estancia El

Composición química (%) de leucogranitos del Batolito de Achala

Sector	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	K ⁺ /Na	C.I.P.W ^o					Plag
								Q	Or	Ab	An	Ms+ otros	
C° Totorá°	76,3	14,3	0,37		4,38	4,12	0,94	31,2	24,4	36,6		6,54	
Mina Ma. Fernanda°	n.a.	15,7	0,35	0,27	5,06	4,49	0,89		26,7	42,9	1,11		An ₂₋₇
Leucogr. M. Victoria°	n.a.	n.a.	0,29	0,4	5,47	2,41	0,44		14,4	46,1	1,95		
Los Riojanos*	66,0	19,4	1,42	0,63	4,20	5,49	1,33		25,0	46,6	0,83		An ₂₋₉
La Precámbrica**	67,4	18,2	1,50	0,65	3,73	6,59	1,77		26,7	58,6	4,45		
Leucogr. Ea El Palmar°	73,6	15,5	1,45	0,59	3,37	4,14	1,22	37,6	24,46	28,5	0,51	8,89	An ₅

Bonalmi *et al.*, 2001c: (*) promedio de 174 muestras. (**) promedio de 4 muestras. (°): Bonalmi *et al.*, 1999.
n.a.: no analizado

Palmar) corresponde a monzogranitos que han soportado la acción de fenómenos de naturaleza deutérica (muscovitización, albitización y turmalización) típico de cuerpos graníticos peribatólicos enriquecidos con agua y fluidos magmáticos residuales. Destaca que en Los Riojanos la plagioclasa ofrece cristales de dos generaciones, siempre en el extremo albitico (An_{2-8}); al parecer la segunda generación es más rica en albita que la primera, respondiendo a un proceso de albitización tardía. Los fluidos formadores de albita reaccionaron con el microclino, produciendo un crecimiento de la plagioclasa sódica.

Bonalumi *et al* (1999) destacan que el leucogranito mina La Precámbrica (muy alterado) pasa gradualmente a un granito potásico regional mucho mejor conservado, hecho que supone una alteración y el reemplazo alcalino de K^+ por Na^+ , generando un crecimiento albitico. En el leucogranito Estancia El Palmar mencionan evidencias claras de albitización tardía.

GRANITOIDES CON ALTO CONTENIDO ALCALINO RELACIONADOS CON LOS COMPLEJOS METAMÓRFICOS DE CÓRDOBA

(Bonalumi *et al.*, 2001c)

Generalidades

Ubicación: granitoides con alto contenido alcalino afloran en diversos sectores de las Sierras Pampeanas de Córdoba, asociados a diferentes complejos metamórficos, especialmente al Complejo Comechingones. Los más sobresalientes son: mina *1° de Julio* (32° 08' L.S. y 64° 58' L.O.); mina *La Lomita* (32° 05' L.S. y 65° 01' L.O.); *Grupo Aida* con las minas *Aida* (32° 09' L.S. y 64° 51' L.O.), *Neldita*, *Magdalena*, *Eduardo* y *Julio César*; mina *Santa Clara* (31° 38' L.S. y 65° 13' L.O.) y mina *Doña Rosa* (31° 11' L.S. y 64° 22' L.O.).

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de rocas con altos valores de K_2O+Na_2O consisten de diferenciados granitoides de grano muy grueso y aspecto pegmatítico relacionados con los complejos metamórficos. Están compuestos por feldespato, cuarzo y muscovita de buena calidad química para uso industrial. Presentan textura granofírica gruesa, con cristales minerales del orden del decímetro. Es común observar acumulaciones monominerales. Generalmente se presentan como cuerpos muy deformados, con "ojos" de feldespato, foliación, etc.

Morfología: en la mina La Lomita el cuerpo principal constituye un afloramiento elongado en sentido NNO-SSE, con ancho promedio de 150 metros, longitud de 300 metros y desnivel desde los cauces circundantes de 20 metros. La mina Aida es un cuerpo pegmatítico tabular, subhorizontal, de 800 metros de largo, más de 100 metros de ancho y una potencia visible de más de 30 metros.

Mineralogía: los minerales principales más comunes en este tipo de cuerpos granitoides son **feldespato** (ortosa o microclino), generalmente en un porcentaje mayor al 50% que frecuentemente alcanza 70%; **cuarzo**, dispuesto intergranularmente, en texturas gráficas y en interdigitaciones de grano marcadamente menor al de los feldespatos, y **muscovita**, presente en microláminas dispuestas homogéneamente y generalmente en acumulaciones o "nidos". Los minerales accesorios son granate, berilo, turmalina, biotita, apatito y magnetita.

Modelo genético

6f (Rocas). Grupo: Depósitos asociados a granitoides.

Diferenciados granitoides, de grano grueso, aspecto pegmatítico, deformados, asociados a diferentes complejos metamórficos de las Sierras de Córdoba, y aparentemente no relacionados con el plutonismo peraluminoso de Achala.

Composición química (%) de granitoides relacionados con los complejos metamórficos de Córdoba

Minas		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	K ⁺ /Na ⁺
Mogote Blanco		67,38	19,60	1,18	0,30	4,05	6,07	1,50
1° de Julio		70,18	16,50	0,08	0,30	3,54	8,80	3,54
Santa Clara		68,66	18,18	0,23	0,75	3,94	7,65	2,49
Doña Rosa		71,04	17,26	0,08	1,05	5,72	4,33	1,90
La Lomita		69,16	17,44	0,18	0,27	3,95	8,22	2,30
Grupo Aida	Aida	71,30	17,25	0,14	0,45	5,45	4,80	1,85
	Eduardo	71,18	19,72	0,45	0,43	4,29	3,06	3,16
	Julio Cesar	70,68	17,69	0,05	0,20	5,38	5,38	2,13
	Magdalena	68,82	18,73	0,12	0,41	6,99	4,74	1,54
	Neldita	68,69	19,07	0,15	0,52	6,42	4,96	1,49

Valores promedio extraídos de Bonalumi *et al.* (2001c).

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CUARZO-FELDESPATO-MICA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
El Quemado	Tres Tetas, El Peñón, El Quemado, Santa Elena IV	24° 53'	66° 15'	Cuarzo-feldespatomica	Pegmatítico			Precámbrico-Cámbrico inferior	Metamorfitas pelíticas y grauváquicas	Formación Puncoviscana	3a	Cámbrico
Quebrada El Pichao	Graciela (ex Milagro), Alejandra, Victor Hugo, Facundo, Cueva de Bazán, Alto Cazadero I, II, III, IV	26° 22'	66° 05'	Mica	Pegmatítico, lenticular, tabular		790 t	Precámbrico superior	Gneises, migmatitas	Formación Piscoyacú	3c	Paleozoico inf.
Quebrada Las Cañas	Talapazo I, II, III, IV, La Plegada, Las Cañas y otras	26° 27'	66° 04'	Mica	Pegmatítico, lenticular, tabular		850 t	Precámbrico superior	Gneises, migmatitas	Formación Piscoyacú	3c	Paleozoico inf.
Quebrada de Quilmes	Don Sixto, Tintillo y otras	26° 29'	66° 06'	Mica	Pegmatítico, lenticular, tabular		2 t	Precámbrico superior	Gneises, migmatitas	Formación Piscoyacú	3c	Paleozoico inf.
	El Yocavil	26° 37'	66° 05'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico superior	Gneises, esquistos	Formación Tolombón (Gneis del Piscoyacú)	3c	Paleozoico inf.
	Agua de las Palomas, La Chilca, San Esquiú	27° 37'	66° 30'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico	Gneises, migmatitas, esquistos inyectados	Formación Gneis del Suncho	3c	Paleozoico inf.
	Suda Mineral	27° 42'	66° 03'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico	Gneises, migmatitas, esquistos inyectados	Formación Gneis del Suncho	3c	Paleozoico inf.
	Virgen del Socavón de Oruro	28° 06'	65° 43'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico superior	Migmatitas, gneises	Formación El Portezuelo	3c	Paleozoico inf.
	Caraguay II, El Porvenir y Alejandro	28° 08'	65° 50'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico superior	Gneises, migmatitas, esquistos inyectados	Formación El Portezuelo	3c	Paleozoico inf.
	Selva y San Nicolás	28° 12'	65° 46'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico superior	Migmatitas, gneises	Formación El Portezuelo	3c	Paleozoico inf.
	6 de Julio	28° 15'	65° 30'	Cuarzo- feldespatomica- Be	Pegmatítico			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Esquistos cuarzo-micáceos	F. Ancasi	3a	Ordovícico inf.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CUARZO-FELDESPATO-MICA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	San Francisco	28° 20'	65° 15'	Cuarzo- feldespato mica- Be	Pegmatítico			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Gneis biotítico muscovítico, migmatitas y granitos sincinemáticos	Complejo Sierra Brava	3a	Ordovícico inf.
	Caraguay, La Tucumana, Los Nichos	28° 23'	65° 45'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico superior	Gneises, migmatitas, esquistos inyectados	Formación El Portezuelo	3c	Paleozoico inf.
	Éxito, La Encrucijada, Ruby Mica, Sol de Mayo	28° 24'	65° 50'	Moscovita	Pegmatita			Precámbrico superior	Gneises, migmatitas, esquistos inyectados	Formación El Portezuelo	3c	Paleozoico inf.
	La Productora, Juan Carlos	28° 30'	65° 25'	Cuarzo- feldespato mica- Be- Li	Pegmatítico			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Esquistos cuarzo- micáceos	F. Ancasi	3a	Ordovícico inf.
Mazán	Sin Nombre	28° 45'	66° 35'	Cuarzo-feldespato	Pegmatítico			Devónico	Granito	Formación Paimán	3e	Paleozoico inf.
	La Ancasteña	28° 45'	65° 30'	Cuarzo- feldespato mica- Be	Pegmatítico			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Gneis biotítico muscovítico, migmatitas y granitos sincinemáticos	Complejo Sierra Brava	3a	Ordovícico inf.
	El Chaguar	29° 05'	65° 30'	Cuarzo- feldespato mica- Be	Pegmatítico			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Gneis biotítico muscovítico, migmatitas y granitos sincinemáticos	Complejo Sierra Brava	3a	Ordovícico inf.
Sierra Brava	Pedro, Los Ranchos, San Nicolás	29° 36'	65° 47'	Cuarzo-feldespato mica	Pegmatítico			Precámbrico- Cámbrico inferior	Esquistos micáceos y migmatitas	Formación Sierra Grande	3a	Paleozoico inferior
Valle Fértil	Grupo Balila	30° 37'	67° 39'	Cuarzo-feldespato mica	Pegmatítico Lentiforme			Proterozoico medio	Gneises, esquistos	Complejo Valle Fértil	3c	Precám. sup - Ordovícico sup.
Valle Fértil	Grupo Aurora	30° 40'	67° 37'	Cuarzo-feldespato mica	Pegmatítico Lentiforme			Proterozoico medio	Gneises, esquistos	Complejo Valle Fértil	3c	Precám. sup - Ordovícico sup.
Valle Fértil	Grupo Trinacria	30° 49'	67° 34'	Cuarzo-feldespato mica	Pegmatítico Lentiforme			Proterozoico medio	Gneis biotítico, mica, esquistos	Complejo Valle Fértil	3c	Precám. sup - Ordovícico sup.
	El Palmar	31° 08'	64° 42'	Albita	Granitoide	28% modal de albita		Carbonífero inf.- Devónico	Leucogranito	Batolito de Achala	6f	Devónico- Carbonif. inf.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CUARZO-FELDESPATO-MICA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Doña Rosa	31° 11'	64° 22'	Feldespatopotásico	Granitoide	Feldespatopotásico: 50-70%		Precámbrico - Cámbrico inf.	Metamorfitas	Complejo metamórfico Comechingones	6f	Paleozoico inf. (?)
Punilla	Pergenio	31° 18'	64° 33'	Cuarzo- feldespatomica	Pegmatítico vetiforme		Cuarzo:24.500 t Feldespatop:7.000t Mica: 3.500 t	Paleozoico	Granito	Batolito de Achala	3a	Paleozoico sup..
Altautina	Cerrito Blanco de la Huerta	31° 20'	65° 21'	Cuarzo-mica	Pegmatítico vetiforme			Precámbrico	Gneis sillimanítico	Gneis de Las Palmas	3a	
Punilla	El Gaucho	31° 20'	64° 40'	Cuarzo- feldespatomica-albita- Be	Pegmatítico		Cuarzo:43.000 t Feld. K: 57.000 t Mica: 7.000 t Albita: 16.000 t	Paleozoico	Granito	Batolito de Achala	3a	Paleozoico sup.
Punilla	San Judas Tadeo	31° 20'	64° 35'	Albita	Pegmatítico ovoide	Na2O: 9,24%, K2O: 0,82%, CaO: 0,4%		Paleozoico	Granito porfírico	Batolito de Achala	3a	
Punilla	El Criollo	31° 21'	64° 39'	Cuarzo-feldespatomica	Pegmatítico		Cuarzo:176.000 t Feld. K: 124.000 t Mica: 26.000 t Albita: 72.000 t	Paleozoico	Granito	Batolito de Achala	3a	Paleozoico sup.
	La Suerte, I, II, III, IV, V, VI	31° 24'	65° 18'	Cuarzo	Vetiforme		1.615.000 t (inferidas)	Precámbrico	Gneis sillimanítico	Gneis de Las Palmas	14j	
	Los Riojanos	31° 25'	64° 55'	Albita	Granitoide	47% modal de albita		Carbonífero inf.- Devónico	Leucogranito	Batolito de Achala	6f	Devónico- Carbonif. inf.
Altautina	Tablada I	31° 26'	65° 18'	Cuarzo	Pegmatítico tabular			Precámbrico	Gneis sillimanítico	Gneis de Las Palmas	3c	Cámbrico sup.- Ordovícico inf.
Altautina	La Mina Lista	31° 27'	65° 19'	Feldespatop- mica	Pegmatítico			Precámbrico	Gneis sillimanítico	Gneis de Las Palmas	3c	Cámbrico sup.- Ordovícico inf.
	El Gigante	31° 28'	64° 48'	Cuarzo- feldespatomica- Be	Pegmatítico		Cuarzo:78.000 t Feld. K: 57.000 t Mica: 15.000 t	Paleozoico	Granito	Batolito de Achala	3a	Paleozoico sup.
Alta Gracia	Eduardo	31° 29'	64° 27'	Mica-albita	Pegmatítico		10.000 t (inferidos)	Precám. sup.- Cámbrico inf.	Esquistos micáceos	Basamento metamórfico	3a	
Alta Gracia	Juanita	31° 30'	64° 28'	Cuarzo- feldespatomica	Pegmatítico		Cuarzo: 164.187 t Feldespatop: 530.000 t Mica: 8.452 t	Precámbrico - Cámbrico inf.	Gneis anfíbólico	Basamento metamórfico	3c	Paleozoico inf.
Alta Gracia	Piedra Blanca	31° 33'	64° 30'	Mica-cuarzo-feldespatop	Pegmatítico tabular		6.000 t (mica); 63.000 t (total, inferidos)	Precám. sup.- Cámbrico inf.	Esquistos, cuarzo oligoclasa, biotita, granate	Basamento metamórfico	3c	Paleozoico inf.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CUARZO-FELDESPATO-MICA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Altautina	Reconquista	31° 34'	65° 18'	Cuarzo- feldespato	Pegmatítico vetiforme			Precámbrico	Esquistos cuarzo- micáceos	Esquistos y gneises de Mojigasta	3c	Cámbrico sup.- Ordovícico inf.
Punilla	Victoria	31° 35'	64° 56'	Albita	Pegmatítico			Paleozoico	Granito	Batolito de Achala	3a	Paleozoico sup.
Altautina	Orfa	31° 36'	65° 13'	Feldespato	Pegmatítico			Precámbrico	Esquistos cuarzo- micáceos	Esquistos y gneises de Mojigasta	3c	Cámbrico sup.- Ordovícico inf.
Altautina	Ceferino Namuncurá	31° 38'	65° 15'	Albita	Pegmatítico lenticular	Na2O: 8,81%, K2O: 0,56%, CaO: 0,4%,		Precám. sup.- Cámbrico inf.	Granito pegmatítico, esquistos cuarzo- micáceos	Basamento metamórfico	3a	
	Santa Clara	31° 38'	65° 13'	Feldespato potásico	Granitoide	Feldespato potásico: 50- 70%		Precámbrico - Cámbrico inf.	Metamorfitas	Complejo metamórfico Comechingones	6f	Paleozoico inf. (?)
	Unión	31° 41'	64° 48'	Albita	Pegmatítico ovoide	Na2O: 8,76%, K2O: 0,82%, CaO: 0,4%		Paleozoico	Granitos	Batolito de Achala	3a	
	Doctor Gordillo	31° 42'	65° 03'	Cuarzo	Vetiforme		300.000 t (inferidas)	Paleozoico sup.	Granito	Batolito de Achala	14j	
Alta Gracia	La Selva	31° 42'	64° 43'	Mica	Pegmatítico lenticular			Precám. sup.- Cámbrico inf.	Gneis granatífero	Gneis regional	3c	Silúrico sup.
	Solita, Sarita, Laura Beatriz, Andrea	31° 45'	65° 12'	Cuarzo	Vetiforme		100.000 t (inferidas)	Paleozoico	Esquisto cuarzo- micáceo, granito	Esquistos de Altautina	14j	
Alta Gracia	La Fortuna, Angela	31° 45'	64° 36'	Cuarzo-mica	Pegmatítico vetiforme			Precámbrico - Cámbrico inf.	Gneis	Gneis regional	3c	Paleozoico inf.
Punilla	Victoria	31° 46'	64° 52'	Albita	Granitoide	46% modal de albita		Carbonífero inf.- Devónico	Leucogranito	Batolito de Achala	6f	Devónico- Carbonif. inf.
Alta Gracia	Astillas N° 1	31° 48'	64° 35'	Cuarzo-mica	Pegmatítico vetiforme			Precám. sup.- Cámbrico inf.	Gneis granatífero	Gneis regional	3c	Paleozoico inf.
Alta Gracia	La Codicia I y II	31° 50'	65° 14'	Mica-cuarzo- feldespato	Pegmatítico lenticular			Precám. sup.- Cámbrico inf.	Gneis biotítico		3c	Paleozoico inf.
	Feliciana	31° 52'	64° 42'	Mica-albita	Pegmatítico vetiforme			Paleozoico	Migmatitas cordieríticas, estromatitas	Anatexitas de Atos Pampa	3a	
	María Fernanda	31° 56'	64° 56'	Albita	Cuerpo circular	43% modal de albita		Carbonífero inf.- Devónico	Leucogranito	Batolito de Achala	6f	Devónico- Carbonif. inf.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CUARZO-FELDESPATO-MICA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	La Lomita	32° 05'	65° 01'	Feldespato potásico	Granitoide	Feldespato potásico: 50% 70%		Precámbrico - Cámbrico inf.	Metamorfitas	Complejo metamórfico Comechingones	6f	Paleozoico inf. (?)
	1° de Julio	32° 08'	64° 58'	Feldespato potásico-cuarzo-mica	Granitoide	Feldespato potásico: 50% 70%	Feldespato: 1.492.656 t (inferido) Cuarzo: 1.134.418 t (inferido)Mica: 508.237 t (indic.+inferd.)	Precámbrico - Cámbrico inf.	Metamorfitas	Complejo metamórfico Comechingones	6f	Paleozoico inf. (?)
	Aida	32° 09'	64° 51'	Feldespato potásico	Granitoide	Feldespato potásico: 50% 70%		Precámbrico - Cámbrico inf.	Metamorfitas	Complejo metamórfico Comechingones	6f	Paleozoico inf. (?)
Comechingones	Otto X, XIII, Doña Juana, Puerta Verde	32° 22'	64° 55'	Cuarzo	Pegmatítico		1.500.000 t (inferidos)	Precám. sup. - Paleozoico inf.	Gneis tonalítico, micacitas y migmatitas	Basamento cristalino	3a	Ordovícico inf.
Conlara	Rosanna	32° 36'	65° 32'	Cuarzo- feldespato mica- Be- Li	Pegmatítico	Cuarzo: 20% Microclino: 70% Mica: 7%	Cuarzo: 225.000 t Microclino: 787.000 t Mica: 78.750 t	Precám. sup. - Paleozoico inf.	Micacitas, esquistos micáceos, micacitas gnéisicas	Basamento cristalino	3a	Cámbrico inf.
Conlara	Don Felipe	32° 43'	65° 54'	Cuarzo- feldespato Be	Pegmatítico			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Micacitas, esquistos micáceos, micacitas gnéisicas	Basamento cristalino	3a	Paleozoico inf.
Alta Gracia	La Chiquita	32° 50'	64° 43'	Cuarzo-feldespato mica	Pegmatítico lenticular			Precám. sup.- Cámbrico inf.	Anfibolita		3c	Paleozoico inf.
La Estanzuela	Virgen del Milagro	33° 08'	65° 12'	Cuarzo-feldespato	Pegmatítico, tabular			Precám. sup. - Paleozoico inf.	Esquiatos, granitos gnéisicos	Basamento cristalino	3a	Paleozoico inf.

DIATOMITA

La diatomita es una roca sedimentaria organógena constituida mayoritariamente por microscópicas cápsulas o frústulos opalinos de diatomeas, las que están acompañadas, a modo de impurezas, por partículas de arcillas, minerales carbonáticos, material tobáceo, y otros.

Las diatomeas son organismos unicelulares clasificados como algas, ya que fotosintetizan y normalmente requieren luz y CO₂ para crecer y reproducirse. Las diatomeas pueden encontrarse prácticamente en todo ambiente donde haya luz y humedad, incluidos los ambientes marinos (a menos de 100 metros de profundidad) y de agua dulce, como también en suelos y hielo. Del total de especies de diatomeas vivientes y fósiles, 70% son exclusivamente marinas y 17 % son de ambientes de agua dulce. El registro más antiguo de diatomeas es del Jurásico temprano (Barron, 1987).

Estos organismos presentan tamaños variables, su rango es entre cinco micrones y un milímetro. Debido a la composición química de los microesqueletos silíceos, para la acumulación de importantes espesores que resulten luego explotables, es necesario un ambiente donde la sílice sea un elemento abundante. Esta es la razón por la que los yacimientos más importantes se encuentran asociados invariablemente con productos de fenómenos volcánicos (Caba *et al.*, 1999).

Existen diferentes diatomitas, de acuerdo con la forma de la frústula de las diatomeas que la componen, el contenido de sílice cristalino (cristobalita) y el porcentaje de dióxido de silicio. Luego de un adecuado tratamiento de molido y tamizado industrial, se convierte en un polvo muy fino que puede ser utilizado para diversos fines, vulgarmente conocido con el nombre de *tierra de diatomeas*.

La propiedad más importante de las diatomitas es su capacidad de absorción y filtración de líquidos. Esta propiedad está dada por las características de los frústulos, los que además de ser huecos poseen pequeños poros que por su tamaño microscópico refuerzan esta propiedad. Es una roca de composición mayoritariamente silícea, lo que le otorga gran estabilidad química. Presenta densidad aparente menor a uno, es de color blanco (cuando es pura) y por la elevada cantidad de aire contenido en el interior de la roca presenta baja conductividad térmica.

Usos: por su capacidad de absorción y filtración es de gran utilidad en los procesos industriales que deben filtrar y clarificar líquidos, eliminando impurezas y partículas en suspensión (aceites vegetales, vinos, cerveza y otras bebidas). Se emplea también en tratamiento y filtrado de aguas, solventes orgánicos y productos farmacéuticos. Se utiliza en la elaboración de aislantes térmicos. Por su color y densidad brinda posibilidades de empleo como carga en algunos productos de papel, pintura, caucho y plásticos. Tiene un campo de uso restringido como abrasivo muy fino, empleado en algunas formulaciones de pastas dentales. En los últimos años se han empleado diatomitas de calidad media a baja para uso sanitario de animales domésticos. La tierra de diatomeas es usada como insecticida y plaguicida además de cumplir funciones de fertilizante y recuperador de suelos.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE DIATOMITA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9j	31s	F06

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En el país sólo se encuentran yacimientos de diatomitas de origen lagunar (9j) y de edades que van del Eoceno al Holoceno. Los principales yacimientos se localizan en el extremo occidental de la provincia de Río Negro, asociados a basaltos y piroclásticas de las volcanitas Las Chacras (Eoceno), los basaltos Cari Laufquen (Oligoceno superior) y la Formación La Pava (Mioceno inferior a medio). Se acumularon en pequeñas cuencas continentales, separadas en tiempo y espacio, donde tuvo lugar el crecimiento de diatomeas con la ayuda del clima y la disponibilidad de sílice. Algo más al norte, en territorio neuquino, los depósitos de diatomitas aparecen dentro de las secuencias epi y piroclásticas de la Formación Collón Curá (Mioceno inferior-medio).

Otro grupo de yacimientos se distribuye en el sector centro-oeste y nor-oeste del país. Estos depósitos son de edad cuaternaria, de ambiente lacustre y se localizan en el norte de Córdoba, centro de San Juan, norte de La Rioja, oeste de Salta y norte de Jujuy. Cabe mencionar que ocurren en cuerpos de escaso tamaño con material de baja calidad, que por su ubicación relativamente favorable han sido explotados.

Por lo expuesto es dable agrupar los depósitos de diatomitas de la Argentina en **depósitos terciarios del centro-sur del país** y en **depósitos cuaternarios del centro-oeste y noroeste del**

país. Los del primer grupo se caracterizan por contener material de buena calidad, vinculados genéticamente a unidades volcánicas y epiclásticas-piroclásticas, mientras que los del segundo grupo son de escaso tamaño, con material de baja calidad y sin vínculos genéticos con unidades volcánicas.

Para los depósitos cuaternarios no hay guías exploratorias claras, debido a la escasez de yacimientos y a la falta de patrones genéticos comunes. En los depósitos terciarios es claro el vínculo existente entre las diatomitas de la provincia de Río Negro y las unidades volcánicas y piroclásticas Las Chacras, Cari Laufquen y Formación La Pava, conformando ellas un litotecto de interés. La Formación Collón Curá también es un litotecto para estos yacimientos en la zona de Zapala y sus alrededores.

DIATOMITAS EN LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO

(Caba y Dalponte, 1999)

Generalidades

Ubicación: los yacimientos se localizan en un área de 4.000 Km², en el extremo occidental de la provincia de Río Negro. Geográficamente se distribuyen entre los paralelos 40° 50' y 41° 40' de latitud sur y entre los meridianos de 70° 00' y 69° 15' de longitud oeste. Los poblados más próximos son Fita Ruin al norte y Calcatreu al sur,

ubicándose entre ambos la única localidad de relativa importancia, Ingeniero Jacobacci.

Acceso: la ruta nacional 23 de ripio la mayor parte de su trayecto (San Antonio Oeste-Bariloche) corta al área en dirección este-oeste, pasando por Ingeniero Jacobacci; la ruta provincial 6 la atraviesa de noreste a sudoeste.

Infraestructura minera: plantas de tratamiento en la ciudad de General Roca y en Ingeniero Jacobacci. La línea férrea operada por SEFEP, con estación en Ingeniero Jacobacci, permite el transporte hasta Buenos Aires. También se realiza el transporte en camiones.

Producción: en 1998 la provincia de Río Negro produjo 25.230 toneladas; en el año 2000 se extrajeron 17.413 t y se estima que la producción de 2002 fue de 23.275 t (Estadística Minera de la República Argentina).

Reservas de diatomitas en el Area I del grupo minero Ingeniero Jacobacci

Area	Grupo	Reservas	Referencias
I	Ingeniero Jacobacci	1,1 Mt	Cordini, 1965
		0,8 Mt	Tronelli, 1981

Composición química de material diatomítico de yacimientos de Ingeniero Jacobacci

Área	Grupo	Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₄ (%)	Perd p/ calc.	
I	Cerro Mesa	Aún Centro II	Banco A	78,97	0,30	0,23	0,05	2,22	0,17	1,80	0,23	1,20	12,4
			Banco B	65,37	6,61	1,32	0,21	3,39	0,17	2,47	1,02	1,02	13,6
	Sta. Teresita	Mabel	Banco A	66,09	8,05	1,62	0,35	0,73	0,35	1,96	0,65	0,91	16,6
			Banco B	74,90	3,49	1,28	0,35	0,36	Vest.	1,82	0,22	0,84	13,8
		María Carola	Nivel A	79,66	7,92	2,28		0,90	0,12	Vest.	0,18		8,87
			Nivel B	83,90	4,90	1,26		1,19	0,42	Vest.	1,08		5,09
		Josefina	Muestra A	78,92	12,62	2,23		1,23	0,08	1,40	0,89		8,87
			Muestra B	88,20	4,07	1,03		0,80	0,28	Vest.	0,96		5,9
		Dorotea	Banco A	65,68	14,43	2,30	0,2	0,44	0,17	1,20	0,42	0,66	11,3
			Banco B	67,33	6,73	1,60	0,25	0,44	0,01	2,03	1,64	0,74	13,2
	Cari Laufquen	Santa María	75,64	7,93	4,36				1,49	1,83	0,81	7,65	
	Ing. Jacobacci	Tres Hermanas	87,20	3,47	2,28	0,02	0,10	0,28	1,38	0,79		4,37	

continuación

Área	Grupo	Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₄ (%)	Perd p/ calc.	
II	Huanu Luan	María Isabel	Manto A	57,36	10,49	4,64	0,44	1,77	1,03	4,05	1,24	1,01	15,4
			Manto B	61,69	11,08	2,42	0,43	1,42	1,37	4,50	0,88	0,92	14,2
		San Jorge		67,91	5,35	1,96	0,18	0,89	0,99	2,60	0,20	0,78	15,9
		Ñanco		75,9	9,20	2,90	0,38	0,42	0,29	0,93	1,30		0,00
		Estaca Mina Fenicia		69,4	12,10	3,80	0,40	0,48	0,34	1,40	2,10		9,10
	Quetrequile	San Pedro		71,30	11,20	4,20	0,45	0,69	0,25	1,10	1,50		8,1
		Mariano Moreno	Banco A	52,45	15,44	4,57	0,55	1,18	0,44	2,16	1,98	1,08	18,0
			Banco B	53,94	16,07	4,30	0,48	1,75	0,38	2,00	1,54	0,96	16,6
			Banco C	52,89	14,30	4,63	0,43	0,81	0,34	2,02	1,00	1,16	17,0

Usos: como ayudantes de filtración; granulados absorbentes para uso doméstico (diatomitas impuras); material filtrante-decolorante de aceites vegetales y minerales, derivados del petróleo, vinos, etc.; aislantes en pastas de ladrillos, bloques, etc. Según un trabajo realizado por la Dirección de Minería de la Provincia de Río Negro, en el año 1996 el 83% del material extraído era destinado al mercado de los

absorbentes, el 16% al mercado de filtrantes y decolorantes y el 1% para uso cerámico.

Sistema de explotación: actualmente se explotan a cielo abierto, en un primer paso se elimina el material de encape y luego se explotan los bancos de diatomitas en forma selectiva, manualmente con pico y pala. Décadas atrás muchas minas fueron explotadas subterráneamente por el método de cámaras y pilares.

Marco geológico

Estratigrafía del extremo norte de la Precordillera Patagónica (Coira, 1979; Nullo *et al.*, 1984; Coira, 1985)

Edad	Unidad estrat.	Descripción
Terciario	Mioceno inf-med.	F. La Pava Tufitas y tobas blanquecinas interestratificadas con mantos de diatomitas .
	Oligoceno sup.	Basaltos Cari Laufquen Tobas, tufitas y basaltos olivínicos asociados a bancos de diatomitas .
	Eoceno	Volcanitas las Chacras Tobas riódacíticas y tufitas interestratificadas con bancos de diatomitas y coladas basálticas.
		F. Cerro Colorado Magmatismo subvolcánico básico alcalino (teschenitas).
		F. Huitrera Extrusiones piroclásticas andesíticas.
Paleoceno	F. Roca Depósitos marinos. Areniscas líticas con cemento calcáreo y silíceo, blancas, con niveles lumanchélicos.	
Cretácico superior	F. Coli Toro Depósitos continentales lacustres. Areniscas líticas calcáreas blancas marillentas, limolitas calcáreas y arcillitas gris verdosas.	
	F. Angostura Colorada Depósitos continentales de areniscas líticas calcáreas pardo rojizas y rojas con capas de limolitas blancas a pardo oscuras y arcillitas.	
Jurásico sup.	F. Tequetrén Volcanitas mesosilíceas a básicas con ligera tendencia alcalina.	
Triásico	F. Garamilla Volcanitas ácidas: ignimbritas, tobas riolíticas y vitrófiros riódacíticos.	
Pérmico	F. Mamil	
Carbonífero	Choique Granitos y adamellitas.	

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de diatomitas de la provincia de Río Negro han sido divididos en tres áreas (Angelelli *et al.*, 1976): el área I comprende el grupo Cerro Mesa, Santa Teresita, Cari Laufquen e Ingeniero Jacobacci. El Área II los grupos Colonia Huanu Luan y Quetrequile y por último las minas La Blanquita y Jorge que no se incluyen en ninguno de los dos anteriores. Perfil en Mina Mabel (área I): se reconocen dos bancos de diatomitas, uno inferior (B) de 1,2 metros de espesor, con troncos silicificados de hasta 10 metros de longitud, separado del banco A por 0,5 metros de tobas grises con troncos y hojas fósiles. El banco A es de 1,6 metros de espesor, color amarillento y estructura compacta, le siguen 0,5 metros de diatomitas impuras y finaliza con 0,6 metros de diatomitas diaclasadas. El perfil culmina con un manto de basalto olivínico de 1,2 metros de espesor. Este tipo de perfil se repite en la mayoría de las minas del área I, caracterizándose por los mantos basálticos y por presentar bancos de diatomitas de gran pureza en contacto directo con ellos. Mina María Isabel: la base del perfil muestra un manto (B) de diatomitas de 1,3 metros de espesor intercalado con niveles de tobas y separado del manto A por 0,57 metros de tobas. El manto A tiene 2,3 metros de potencia, es de color marrón claro y el contenido de impurezas disminuye por debajo del nivel tobáceo de 0,02 metros que lo divide. Por encima se apoyan 1,5 metros de tobas dacíticas pardo claras y culmina la columna con 0,3 metros de suelo. En general las diatomitas del área II son más impuras y se encuentran interestratificadas con tobas.

Morfología: bancos casi horizontales con espesores desde decímetros a más de tres metros.

Mineralogía: si bien en los depósitos rionegrinos existen gran variedad de especies de diatomeas, la diatomea predominante es *Mellosica distans*. Las diatomitas presentan un contenido

promedio de insolubles del 75%, 10% de arcillas y 5% de vidrio volcánico.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La génesis de las diatomitas se relaciona con cuencas lacustres con aportes de cenizas por transporte eólico. La presencia de paleosuelos es indicativa de un ambiente hidrolizante en un clima templado-húmedo con estaciones secas (Coira, 1979) y las diatomeas se desarrollaron como algas plantónicas en cuencas lacustres.

Estas acumulaciones se originaron en cuencas separadas en tiempo y espacio, dentro de un área deprimida del basamento pre Mesozoico. Son cuencas lacustres y quizá fluviales, depositadas en un clima húmedo y más cálido que el actual, durante el Eoceno-Mioceno (Prozzi y Kröger, 1973). Muestran vinculación con productos de formaciones volcánicas.

DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN (Angelelli *et al.*, 1976)

Generalidades

Ubicación: la mina **Los Ranqueles** se encuentra 183 km al norte de Zapala, en el área del cerro Villegas, y la mina **Tula** se ubica 52 km al suroeste de la localidad de Zapala.

Usos: el material diatomítico extraído de la mina Los Ranqueles se utilizó en la elaboración de refractarios, mientras que la diatomita de Tula se comercializaba como carga en pinturas, fabricación de ladrillos huecos y como aislante.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Composición química y reservas de diatomita en yacimientos de la provincia del Neuquén

Mina	Insol. HCl	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₄ (%)	Perd por calc. (%)	Reservas
Los Ranqueles	Blanco	80,09	3,66	3,24	2,32	1,21	0,4	7,98	450.000 t; 600.000 t (inferidas) (Cordini, 1965)
	Gris	79,41	7,77	3,02	1,32	1,72	0,5	6,21	
Tula		72,2	7,1	4,8	2,4	0,8	Vest	12,7	40.000 t (recursos prospectables) (Herrero y Donnari, 1997)

Marco geológico

Estratigrafía de unidades terciarias en el centro oeste de la provincia del Neuquén (Leanza y Hugo, 1997)

Edad		Unidades estratigráficas		Litología	
Cuaternario	Pleistoceno	Inferior	F. Bayo Mesa	F. Pampa Curaco	Conglomerados, areniscas.
		Superior	Basalto Zapala	Basalto Santo Tomás	Basaltos olivínicos.
Terciario	Plioceno	Inferior	F. C° Horqueta	Basalto Lohan Mahuida	Dique básicos. Basaltos olivínicos.
		Superior	F. Collón Curá		Alternancia de tobas, tufitas y cineritas, areniscas finas tobáceas y rocas diatomíticas depositadas en una cuenca continental.
	Medio				
	Mioceno	Inferior	F. Naupa Huen	F. C° Bandera	Conglomerados, tufitas, arcillitas.
		Oligoceno	F. Auca Pan		Volcanitas mesosilíceas.
	Eoceno				

Geología de los yacimientos

Descripción: existen laboreos de exploración y explotación en varias manifestaciones de diatomitas ubicadas en la región de Barda Negra (Herrero y Donnari, 1997). Las mismas se encuentran situadas en la parte superior de la **F. Collón Curá**. En Los Ranqueles se superponen mantos de diatomitas diferenciados por su calidad. El paquete de interés comienza con un manto de diatomita blanca de 0,8 a 1,2 metros de espesor ($0,5 \text{ gr/cm}^3$), seguido por 1,2 a 1,8 metros de diatomita impura de color gris claro; por encima se apoya un nuevo banco de diatomitas blancas de 0,6 a 0,8 metros de potencia. La cubierta es de 1 metro de tierra suelta. Las capas blancas presentan menor contenido de vidrio volcánico. El perfil de la mina Tula muestra un banco de diatomitas de 2 a 2,5 metros de espesor, de color blanco y dividido a los 0,4 y 1,0 metro, desde el techo, por dos capas de tobas cineríticas de 0,15 y 0,10 metros de espesor, respectivamente. Dicho banco se apoya sobre un manto de tobas y está cubierto por material detrítico con clastos de origen volcánico (1 a 1,5 metros).

Estructura: el yacimiento Los Ranqueles presenta orientación N-S con inclinación de 12° a 15° E. En mina Tula el banco es subhorizontal.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El origen continental en cuencas lacustres y fluviales confiere a los yacimientos un carácter lenticular, con discontinuidades laterales por cambios de facies y estructuras de corte y relleno. Se estima que los diferentes depósitos han conformado cuencas separadas, lo que dificulta, teniendo una cobertura detrítica o basáltica importante, el pronóstico de potencialidad (Herrero y Donnari, 1997).

DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA (Angelelli, *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: los depósitos se localizan en el norte de la provincia de Córdoba, 5 km al este de la Estación Quilino, en el departamento Ischilín. El yacimiento de diatomitas de Quilino se halla ubicado en una amplia cuenca comprendida entre los cerritos de Quilino, al oeste, y los cerros de Suni Orco, al este; en conjunto ocupan un área de $3,8 \text{ km}^2$.

Usos: debido al alto contenido de impurezas (carbonatos) la diatomita no puede utilizarse para los usos corrientes, pero sí como material estructural.

Composición química, impurezas y reservas de diatomitas de la provincia de Córdoba

	Insol. HCl (%)	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₄ (%)	Perd por calc. (%)	Mat. Org. (%)	Humedad (%)	Reservas (t)
Mat. Común	47,11	3,15	22,2	0,51	0,33	26,50	3,03	5,60	326.344
Mat. Calcinado	62,80	4,20	29,6	0,68	0,74				239.700

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos forman parte del relleno de la cuenca, con aspecto de bolsón, que domina la región. En ella se encuentran sedimentos arenosos gruesos junto a niveles de tosca o bien a material turbificado, con poca arcilla. El limo tripoláceo (diatomita) se apoya sobre las toscas o bien sobre el banco turboso. La diatomita (0,45 gr/cm³) representa depósitos del Pleistoceno, de color gris claro a oscuro, friable, dispuestos en bancos de escasa extensión areal y espesores variables (1,2 a 2,5 metros).

Mineralogía: el material diatomítico está compuesto por 28,55% de frústulos de diatomeas (predominantemente *Rhopalodia argentina* (Brun Freg), y 18,00% de grit (arenilla de una diatomita). Las impurezas son en su gran mayoría carbonatos.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN
(Angelelli *et al.*, 1980; Zuleta *et al.*, 1995)

RÉGIÓN DE CALINGASTA

Generalidades

Ubicación: el yacimiento se localiza en la Quebrada de Las Burras en el denominado Campo de Algarrobo. Las minas (La Milonguera y San Martín) se localizan 11 km al oeste de Villa Corral, 134 km al nornoroeste de Calingasta y 154 km al noroeste de la ciudad de San Juan.

Producción: la provincia de San Juan produjo en el año 1998 sólo 200 toneladas de diatomita, en el año 2002 se estima que la producción fue de 172 t (Est. Min. de la Rep. Arg.).

Usos: como material filtrante-decolorante.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito de diatomita de Calingasta asoma en el flanco de una quebrada, a lo largo de 400 metros, en donde se distingue el siguiente perfil: una base de arcilla plástica sobre la que se apoya un manto de diatomita blanco amarillenta de 0,5 metros de espesor. Por encima aparece una capa de arcilla rosada (0,25-0,40 m), continúa otro manto de diatomita de 0,33 metros de potencia y de color blanco, liviana. En la parte superior del perfil se encuentra un manto de arcillas de 11 metros cubierto por 2 a 10 metros de relleno moderno. Las diatomitas de las minas La Milonguera y San Martín presentan contenido de CaO entre 3 y 5%, SiO₂ entre 60 y 75%, Al₂O₃ entre 9 y 17% y Fe₂O₃ entre 2 y 4%. Los depósitos son modernos y se formaron en un ambiente lacustre.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

REGIÓN DE IGLESIA

Mina Miscelánea

Generalidades

Ubicación: la mina Miscelánea se localiza al este de Iglesia, 6 km al sudeste del poblado de Zonda.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito se emplaza en un relieve mesetiforme sobre el que se desarrollaron cañadones, en un área limitada hacia el oeste y este por lomadas. Los afloramientos de la región datan del Terciario superior y pertenecen a la Formación Las Flores (arcillas y limolitas) y la Formación Lomas del Campanario (gravas,

areniscas y travertinos). Sobre ellas se apoya, en discordancia, material aluvional moderno compuesto por un nivel inferior de gravas, arcillas, limolitas y mantos de diatomitas seguidos por un nivel de gravas superior, tufa, gipsita y yeso. Una delgada capa de material aluvional reciente y actual cubren los depósitos. En conjunto se reconocen dos mantos de diatomitas, uno inferior de 0,05 a 0,10 m de espesor y otro superior de 1 a 5 metros cubierto por no más de 3 metros de limolitas. El yacimiento abarca un área de 2 km².

Datos económicos de mina Miscelánea

Reservas		Referencia
“a la vista”	Probable + “a la vista”	
13.000 t	17.800 m ³	Wetten, 1975

Estructura: depósitos homoclinales con inclinación al oeste.

Mineralogía: las diatomitas presentan como principales impurezas vidrio volcánico, hornblenda, plagioclasa y plantas fósiles.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Mina Cerro Negro (Cerro de la Luna)

Generalidades

Ubicación: en el paraje Cerro de la Luna, 27 km al sur de Iglesia, 98 km al sudoeste de Jachal y 156 km al noroeste de San Juan.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito de diatomita ha tenido origen en ambientes lacustres de cuencas cerradas durante el Terciario superior-Pleistoceno.

Está formado por dos mantos interestratificados con sedimentos limo-arcillosos de color marrón claro. Los bancos de diatomitas son de color blanco a blanco amarillento; el inferior es de 0,15 metros de espesor y el superior de 1,5 metros. Cubren los depósitos una delgada capa de detritos modernos. El material diatomítico presenta aspecto terroso, estructura compacta y dura, aunque también aparece una variedad liviana y porosa. En conjunto cubren 0,5 km² y se disponen en capas orientadas NO-SE con inclinación al SO.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA

(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en el departamento Arauco, en los alrededores de la población de Tinocán, distante 7 km al oeste de Villa Mazán. La mina *Paschiñango* se encuentra 14 km al sudoeste de Tinocán y la mina *Angelita* 9 km al oeste-noroeste de la localidad anterior.

Acceso: por ruta nacional 60, que une Villa Mazán con Tinocán, continuando luego por caminos secundarios hasta los yacimientos.

Infraestructura minera: la planta de tratamiento de la empresa Merbil S.R.L. se encontraba en la localidad de Villa Mazán.

Producción: según datos de Estadística Minera de la República Argentina la provincia produjo desde el año 1945 hasta el año 1979 un total de 7.329 toneladas de diatomita. En la actualidad no hay producción de diatomita.

Usos: tierra filtrante.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Composición química y reservas de diatomita en la mina Cerro Negro, provincia de San Juan

Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O + Na ₂ O (%)	Reservas (t)
Cerro Negro	55,78 a 62,22	4,87 a 13,05	2,35 a 1,72	8,60 a 12,80	0,72 a 3,7	1,7 a 4,02	1.028.000
							300.000 (positivas)
							560.000 (probables)
							168.000 (posibles)

Composición química y contenido de diatomeas en material del sector sur de mina Paschiñango, La Rioja

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O+K ₂ O (%)	Pérd p/ calc. (%)	Proporción de frústulos rotos (%)	Proporción de diatomeas (%)
Promedio material diatomítico	73,5	8,5	2,9	1,6	0,5	4,6	8,1	68,6	76,4
Promedio material común	70,1	5,6	3,7	1,9	0,6	5,9	8,8	80,0	60,5

Datos económicos del sector sur de mina Paschiñango, La Rioja

	Área Noroeste	Área Este	Área Sudeste	Área Sudoeste	Referencia
Reservas diatomíferas	146,8 t	Despreciables	610,6 t	627,7 t	Valania, 1969
Reservas posibles pertenecientes al área no minada, al sur de las anteriores: 3.000 t					

Geología de los yacimientos

Descripción: los yacimientos ocurren en una depresión limitada al este por el bloque levantado de la sierra de Mazán y al oeste por la sierra de Velasco. En ella se han acumulado aproximadamente 100 metros de sedimentos fluviales y en parte lagunares, de edad terciaria superior a cuaternaria, en los cuales se encuentran los niveles diatomíferos de interés. En la mina Paschiñango el depósito consiste en un material limo-arcilloso tripoláceo, de color gris verdoso y geometría lenticular, en el cual se destaca un nivel superior estéril y un nivel inferior diatomífero. En conjunto alcanza un espesor de 5,5 metros en el sector norte y 1,5 metros en la porción sur, debido a que la capa superior estéril ha sido erosionada. En la porción norte el encape alcanza 5 metros y consiste de material limo-arenoso de color castaño rojizo. El yacimiento posee una superficie de 15.700 m², de los cuales 8.700 m² ya han sido explotados (sector norte), donde existían cinco bancos de diatomitas que no superaban 0,20 metros de potencia y que representaban un 40% del volumen total del nivel inferior productivo. Los 7.000 m² restante se circunscriben a la prolongación sur y en ella se han distinguido cuatro sectores: a) sector noroeste, ocupa un área de 875 m² y la capa diatomífera tiene una potencia de 1,4 metros con niveles de diatomitas de 0,01 a 0,1 metro y un encape de 2,2 metros; b) sector este, de 300 m² y 1 metro de material limo-arcilloso tripoláceo con niveles de diatomitas de 0,01 a 0,03 metros; c) sector sudoeste, abarca un área de 3.875 m², no posee material de encape y el banco productivo tiene de 0,9 a 3 metros de potencia con niveles de diatomitas de 0,12 a 0,20 metros; d) sector sudeste, de 2.750 m² con un

banco de 0,8 a 1,4 metros y niveles de diatomitas de 0,20 metros.

La mina Angelita consiste en un depósito de material limo-arcilloso gris verdoso amarillento, con delgados niveles de diatomitas intercalados, apoyado sobre un banco de diatomita de 0,20 metros de espesor y 65 metros de continuidad lateral. Cubren el depósito 6 metros de material estéril.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE DIATOMITA EN LA PROVINCIA DE SALTA (Schalamuk *et al.*, 1983)

MINA SOCOMPA**Generalidades**

Ubicación: en el borde sudeste de la laguna homónima, 10 km al sudeste del Paso y Estación Socompa.

Producción: la mina se explotó intermitentemente desde 1940 hasta 1960.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento yace en una pequeña cuenca con afloramientos saltuarios de sedimentos lacustres modernos, entre los que se ubican los portadores de diatomitas. El banco mineralizado se orienta en dirección noroeste-sudeste y se prolonga por 300 metros con un

ancho de 50 a 70 metros, siendo su espesor no mayor a 3,5 metros. En él se reconoce una parte superior caracterizada por un manto de diatomita blanca, compacta, de 1 metro de espesor, con material arcilloso diatomítico laminar en los primeros 7 a 10 cm. Por debajo se encuentran 0,5 metros de diatomita blanca y muy friable, el resto del banco está integrado por material arcillolimoso con escasas diatomeas, de color pardo claro a amarillento y estructura lajosa. Otras manifestaciones similares se encuentran en la porción norte y noreste de la laguna.

Mineralogía: el material presenta escasa proporción de diatomeas; las principales impurezas son aragonita, compuestos silíceos y minerales del grupo de las arcillas.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

MINAS LA ANDINA, VIVIANA Y OTRAS

Generalidades

Ubicación: en el área de Catua, 6 km al oeste de esta localidad, en la provincia de Salta.

Producción: en el año 1980 se producían 0,5 t/día.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: el paisaje de la región está dominado por suaves lomadas, una de las cuales expone, en uno de sus faldeos, los depósitos de diatomitas. El relleno de estas cuencas está compuesto por material limoso, arcilloso y cenizas volcánicas con por lo menos un nivel de diatomitas, cubierto por material detrítico suelto. El banco de diatomita es de color gris blanquecino, está orientado norte-sur (en el extremo norte) y N10°O/10°-12°O en la porción austral. En una de las labores se describió, de arriba hacia abajo, el siguiente perfil: material suelto, detritos de falda (0,05-0,1 m); limo con escasa laminación, de coloración verdosa con tintes rosados y amarillos (0,8 m); material blanco, rosado, con cierta laminación, con intercalación de delgados horizontes limosos y tobáceos verde-

grisáceos (0,35 m); material finamente laminado de colores blanquecinos, grises y verdosos con tonalidades rosadas, con intercalación de 0,05 m en su tercio inferior de toba gris (1,10 m); material tobáceo de grano fino y escasos fragmentos de tamaño arena, color blanco, poroso (0,18 m); arcilla verde blanquecina (0,13 m); horizonte diatomítico de grano muy fino y sedoso al tacto, color blanco nieve, hasta el piso de la labor (0,12 m).

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

MANIFESTACIONES DE DIATOMITAS EN LA PROVINCIA DE JUJUY (Schalamuk, *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: 20 km al sur de la Quiaca, sobre la margen del arroyo Barrios, está expuesta la manifestación denominada Esquina Blanca.

Geología del yacimiento

Descripción: a lo largo de 2 kilómetros es posible observar, en la quebrada del arroyo antes mencionado, una serie de cuerpos lenticulares de extensión limitada de material diatomítico. Los mismos se encuentran inmersos en material arenoso y son cubiertos en parte por areniscas conglomerádicas rojas. El material diatomítico es blando, friable, blanquecino, con manchas de óxido de hierro y estructura estratificada. Uno de los cuerpos, de material más blanco, tiene 0,6 metros de espesor.

Mineralogía: la observación microscópica del material más blanco arrojó las siguientes proporciones: 50% conformado por cuarzo, biotita, feldespato y calcita; 50% está integrado por frústulos de diversas diatomeas de agua dulce.

Modelo genético

9j (Diatomita lagunar). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Composición química del material diatomítico en minas del área de Catua, provincia de Salta

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Pérd. p/ calc. (%)
76,43	6,7	2,6	1,61	1,60	0,95	1,16	9,5

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

DIATOMITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Pumahuasi (Quebrada de Barros)	Esquina Blanca	22° 18'	65° 32'	Diatomita	Lentiforme	50% de frústulos de diatomeas		Pleistoceno	Areniscas, areniscas micáceas y pelitas		9j	Pleistoceno
Catua	La Andina, La Catueña, La Salteña	23° 51'	67° 10'	Diatomita	Estratiforme			Pleistoceno Holoceno	Niveles sedimentarios lacustres finos Arcillas grises, amarillentas y verdosas		9j	Pleistoceno Holoceno
Quebrada del Agua	Socompa	24° 31'	68° 12'	Diatomita	Estratiforme			Pleistoceno	Niveles sedimentarios lacustres finos	Formación Blanca Lila	9j	Pleistoceno
	Villa Merbil, minas Paschinango, Angelita	28° 50'	66° 25'	Diatomita	Estratiforme			Plio-Pleistoceno	Limolitas, arcillitas, areniscas	Formación Los Llanos	9j	Plio-Pleistoceno
	Miscelánea	30° 20'	69° 07'	Diatomita	Mantiforme		17.800 t (inferidas)	Moderno	Sedimento aluvional		9j	Moderno
	Cerro Negro	30° 45'	69° 28'	Diatomita	Mantiforme	SiO ₂ : 55,8-62,2%; Al ₂ O ₃ : 4,9-13,0%; Fe ₂ O ₃ : 2,3-1,7%	1.028.000 t (totales)	Plio-Pleistoceno	Limo-arcillitas		9j	Plio-Pleistoceno
	La Milonguera	31° 15'	69° 32'	Diatomita	Mantiforme			Moderno	Arcillas		9j	Moderno
	Tula	39° 09'	70° 00'	Diatomita	Lenticular	SiO ₂ : 72,2%; Al ₂ O ₃ : 7,1%; Fe ₂ O ₃ : 4,8%	40.000 t (prospectables)	Mioceno medio	Tobas y tufitas	Formación Collón Curá	9j	Mioceno medio
	Los Ranqueles	37° 00'	70° 05'	Diatomita	Lenticular	Insolubles en HCl: 80%	600.000 t (inferidas)	Mioceno medio	Tobas y tufitas	Formación Collón Curá	9j	Mioceno medio
Ingeniero Jacobacci	Aun Centro II (Grupo Cerro Mesa)	40° 55'	69° 37'	Diatomita	Mantiforme	SiO ₂ : 78,97%; Al ₂ O ₃ : 0,30%; Fe ₂ O ₃ : 0,23% (manto A)		Eoceno sup.	Arcillas, tobas	Vulcanita Las Chacras	9j	Eoceno sup.
Ingeniero Jacobacci	Aun Centro I (Grupo Cerro Mesa)	40° 55'	69° 37'	Diatomita	Mantiforme			Eoceno sup.	Arcillas, tobas	Vulcanita Las Chacras	9j	Eoceno sup.
Ingeniero Jacobacci	Dorotea (Grupo Santa Teresita)	40° 58'	69° 34'	Diatomita	Mantiforme	SiO ₂ : 65, 68 %; Al ₂ O ₃ : 14,43 %; Fe ₂ O ₃ : 2,30% (manto A)	7.000 t medidas; 14.700 t indicadas y 50.000 t inferidas	Eoceno sup.	Tobas, tufitas	Vulcanita Las Chacras	9j	Eoceno sup.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

DIATOMITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Ingeniero Jacobacci	Mabel (Grupo Santa Teresita)	40° 59'	69° 32'	Diatomita	Estratiforme	SiO ₂ : 74,90%; Al ₂ O ₃ : 3,49%	3.850 t medidas; 20.000 t indicadas y 13.000 t inferidas	Eoceno sup.- Oligoceno sup.	Tufitas, basaltos, tobas	Vulcanita Las Chacras; basaltos Cari Laufquen	9j	Eoceno sup.- Oligoceno sup.
Ingeniero Jacobacci	María Carola (Grupo Santa Teresita)	41° 00'	69° 32'	Diatomita	Estratiforme		3.400 t medidas; 6.800 t indicadas y 30.000 t inferidas	Eoceno sup.- Oligoceno sup.	Tufitas, basaltos, tobas	Vulcanita Las Chacras; basaltos Cari Laufquen	9j	Eoceno sup.- Oligoceno sup.
Ingeniero Jacobacci	Josefina	41° 02'	69° 32'	Diatomita	Mantiforme	SiO ₂ : 78,92%; Al ₂ O ₃ : 12,62%; Fe ₂ O ₃ : 2,23%		Mioc inf. a med.	Tobas, basaltos	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.
Ingeniero Jacobacci	Santa María (Grupo Carilauquen)	41° 12'	69° 26'	Diatomita	Estratiforme	SiO ₂ : 75,64% Al ₂ O ₃ : 7,93%		Eoceno sup.- Oligoceno sup.	Tufitas, basaltos, tobas	Vulcanita Las Chacras; basaltos Cari Laufquen	9j	Eoceno sup.- Oligoceno sup.
Ingeniero Jacobacci	Estaca mina Fenicia, Estaca mina Atenas (Grupo Huanu Luan)	41° 21'	69° 40'	Diatomita	Lentiforme	SiO ₂ : 69,40 %; Al ₂ O ₃ : 12,10 %; Fe ₂ O ₃ : 3,80 % (valores para E.M. Fenicia)		Mioc inf. a med.	Tufitas, basaltos, tobas	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.
Ingeniero Jacobacci	Ñanco, Estaca mina Cortijo, Estaca mina Marcela	41° 21'	69° 40'	Diatomita	Estratiforme			Mioc inf. a med.	Diatomitas con niveles tufíticos, tufitas	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.
Ingeniero Jacobacci	Tres Hermanas (Grupo Jacobacci)	41° 21'	69° 32'	Diatomita	Estratiforme	SiO ₂ : 87,20%; Al ₂ O ₃ : 3,47%; Fe ₂ O ₃ : 2,28 %		Eoceno sup.- Oligoceno sup.	Tufitas, basaltos, tobas	Vulcanita Las Chacras; basaltos Cari Laufquen	9j	Eoceno sup.- Oligoceno sup.
Ingeniero Jacobacci	Estaca mina Rosario (Grupo Huanu Luan)	41° 26'	69° 48'	Diatomita	Estratiforme			Mioc inf. a med.	Tobas vítreas andesíticas, tufitas, diatomitas, areniscas tobáceas arcillas	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

DIATOMITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Ingeniero Jacobacci	Hueche, Estaca mina Anecón II (Grupo Huanu Luan)	41° 27'	69° 48'	Diatomita	Mantiforme			Mioc inf. a med.	Tobas vítreas andesíticas, tufitas, diatomitas, areniscas tobáceas, arcillas	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.
Ingeniero Jacobacci	María Isabel (Grupo Huanu Luan)	41° 27'	69° 48'	Diatomita	Estratiforme	SiO ₂ : 57,36%; Al ₂ O ₃ : 10,49%		Mioc inf. a med.	Tobas vítreas andesíticas, tufitas, diatomitas, areniscas tobáceas, arcillas	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.
Ingeniero Jacobacci	San Pedro, Susana, María Carmen, Mariano Moreno (Grupo Quetrequille)	41° 28'	69° 22'	Diatomita	Estratiforme	SiO ₂ : 71,30 %; Al ₂ O ₃ : 11,20 %; Fe ₂ O ₃ : 4,20 %		Mioc inf. a med.	Tufitas, basaltos, tobas, areniscas	F. La Pava	9j	Mioc inf. a med.

FLUORITA

La fluorita es un haluro definido por la fórmula química CaF_2 . Los iones calcio están ubicados en un retículo cúbico de cara centrada, en el cual cada ion flúor se ubica en el centro de uno de los cubos más pequeños obtenidos por división del cubo unidad en ocho partes. Cada Ca se encuentra, de esta manera, coordinado por ocho iones F y cada F está rodeado por cuatro iones Ca ubicados en los vértices de un tetraedro regular.

Desde el punto de vista químico la fluorita es 99% CaF_2 ; las pequeñas cantidades de Si, Al y Mg halladas son probablemente impurezas o inclusiones. La sustitución más común es el reemplazo de parte del Ca por Sr ó Y y Ce. Algunas fluoritas de color púrpura oscuro pueden contener hidrocarburos (carbón) y en otros casos se ha encontrado que poseen más de 1% de estroncio (Deer *et al.*, 1996).

Las menas fluoríticas ocurren en diversos tipos de yacimientos, tales como: pegmatitas, greisen, vetas meso y epitermales, brechas, depósitos de metamorfismo de contacto, reemplazo, y en mantos singenéticos en formaciones sedimentarias donde la asociación baritina-fluorita-galena-blenda es de origen volcánico submarino.

En rocas ígneas la fluorita ocurre como un mineral formado en los estadios póstumos de la cristalización, principalmente como producto hidrotermal en granitos, sienitas y greisen. También es un mineral accesorio común en algunas pegmatitas graníticas. Exámenes de inclusiones fluidas en fluorita de pegmatitas dieron un rango de temperaturas de cristalización de 450° a 550° C.

También se encuentra fluorita en cavidades drúsicas de bloques eyectados desde volcanes y como un sublimado volcánico.

Existen depósitos neumatolíticos, donde la fluorita aparece asociada a casiterita, topacio, apatita, lepidolita, entre otros minerales, y depósitos hidrotermales donde se presenta junto con calcita, pirita, apatita.

La fluorita frecuentemente se encuentra asociada con típicos minerales hidrotermales, sin estar directamente relacionados a ningún cuerpo ígneo. Estos depósitos de vetas hidrotermales pueden contener baritina, blenda, galena, calcita y calcedonia o cuarzo. Estudios sobre inclusiones de fluidos primarios en fluoritas hidrotermales del norte de los Apeninos (Pb, Zn, Ba) indican para los depósitos de fluorita temperaturas de

deposición de 92° a 220° C y fluidos altamente salinos, con 15 a 25% de NaCl. El fluido que formó la mena fue probablemente una salmuera clorurada concentrada en Na, Ca y K, similar a las aguas de los yacimientos modernos de petróleo encontradas en las profundidades de las cuencas sedimentarias, cuya velocidad de flujo es de 0,5 a 1,0 cm/s, de manera que la formación por esta vía de una veta típica de fluorita podría demandar 1.000 años.

Algunos depósitos de fluorita son epigenéticos, como depósitos en vetas y mantos de reemplazo. Los principales factores químicos que controlan la formación de estos depósitos de fluorita son el cambio en el gradiente de temperatura y la abundancia de agua subterránea, que produce la dilución de la mineralización (Deer *et al.*, 1996).

Usos: es el único mineral utilizado como fuente portadora importante de flúor. Sus usos son variados: producción de ácido fluorhídrico, fundente para procesos metalúrgicos (fue muy utilizado en acería, actualmente su empleo decayó), esmaltes, cohetería, combustibles de motores, industria del cemento, separación de isótopos de uranio, insecticidas, productos con fluoruro de carbono, lentes ópticos y otros (Helmut, 1980).

MODELOS DE DEPÓSITOS DE FLUORITA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
5h	18h	
14h	26 b/c, 27e	I 10/11

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

La República Argentina posee numerosos yacimientos de fluorita, distribuidos en diferentes provincias geológicas y vinculados a procesos epigenéticos ocurridos durante el Paleozoico superior y el Mesozoico. Se destacan los yacimientos ubicados en **Sierras Pampeanas** (provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Córdoba y San Luis) de tipo vetiforme con fluorita y fluorita – baritina (La Rioja), emplazados en fallas, fracturas tensionales y zonas de falla, que afectan al basamento metamórfico precámbrico-eocámbrico y a las plutonitas paleozoicas (modelo 14h). Se asume que las mineralizaciones se encuentran vinculadas genéticamente a los

estadios póstumos del magmatismo paleozoico que afectó a la región; no obstante, se destaca que dataciones Nd/Sm efectuadas en algunas fluoritas de la provincia de Córdoba arrojan edades del Jurásico superior - Cretácico inferior, asociadas al ciclo de magmatismo extensional producido en esa época. El área de ocurrencia de estos depósitos representa el mineralotecto de fluorita para las Sierras Pampeanas.

En la **Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael** tuvo lugar un plutonismo permo-triásico de gran importancia, con la intrusión de los batolitos de Colangüil y Portillo, además del volcanismo asociado (Grupo Choiyoi, Grupo Cerro Carrizalito). Los depósitos, en ambos ámbitos geológicos, se relacionan genéticamente a las unidades mencionadas. Según lo expuesto por Malvicini y Caminos (1994) las mineralizaciones del Cordón Orogénico Tunuyán están vinculadas a cúpulas que son digitaciones de cámaras magmáticas situadas en niveles más profundos. Las mineralizaciones pertenecen a la época metalogenética Gondwánica (Pérmico – Triásico). El ambiente de formación es propio de un régimen extensional posterior a la fase diastrófica sanrafaelina (Eopérmico). Las unidades permo-triásicas del Cinturón orogénico Tunuyán constituyen un amplio litotecto para mineralizaciones de fluorita, tanto en la Cordillera Frontal como en el Bloque de San Rafael.

Por último, se destacan los depósitos del extremo norte del **Macizo Nordpatagónico**, los cuales se circunscriben al denominado “Rectángulo fluorítico nordpatagónico oriental” (Menoyo y Brodtkorb, 1975), constituyendo el ámbito de ocurrencia del 81,3% de los recursos de fluorita del país. Estos yacimientos, sitos en las provincias de Río Negro y Chubut, son de tipo vetiforme (modelo 14h) y se emplazan en rocas del basamento precámbrico-eocámbrico, plutonitas neopaleozoicas y volcanitas mesozoicas. Malvicini y Caminos (1994) vinculan a estas mineralizaciones fluoríticas con el magmatismo jurásico (formaciones Marifil y Chon Aike), controlado por el comportamiento decididamente extensional (rifting) de la Patagonia extraandina previamente a la apertura del Océano Atlántico. El Rectángulo fluorítico nordpatagónico oriental

constituye el mineralotecto de los depósitos fluoríticos mencionados.

SIERRAS PAMPEANAS

*DEPARTAMENTO EL ALTO,
PROVINCIA DE CATAMARCA
(Schalamuk et al., 1983)*

Generalidades

Ubicación: los depósitos se encuentran en el distrito Guayamba, en el departamento El Alto, provincia de Catamarca. La *mina Dal* dista 15 Km de la localidad de El Alto y el *Grupo Elena, Cora* y *otras* se ubican 1,5 Km al sur de Puesto Los Mudaderos, entre los kilómetros 165 y 166 de la ruta nacional 64 que une las ciudades de Catamarca y Santiago del Estero.

Producción: Molinos Isern S.A., propietaria de la mina Dal, produjo en su planta de tratamiento 60 toneladas mensuales de fluorita grado metalúrgico, durante los primeros años de la década de 1980.

Leyes y reservas en mina Dal y Grupos Elena y Cora

	Reserva (t)	Ley (%CaF ₂)	Referencia
Mina Dal, Grupo Elena, Cora y otras	40.000 (probado+ probable)	Media: 67 a 70%	Jurado Marrón, 1980
	80.000 (posible)		

Composición química de fluorita en mina Dal

Mina Dal	CaF ₂ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Nivel
	44,5	54,9	0,5	+30
	84,3	15,5	0,3	-45

Sistema de explotación: en la mina Dal existe laboreo superficial, consistente en un rajo a cielo abierto con una profundidad de explotación de 3 a 15 metros, y tres niveles subterráneos (+30, 0 y -45) explotados en realce (conforman un total de 800 metros de laboreos). El grupo Elena presenta rajos a cielo abierto de 3 a 5 metros de profundidad y laboreos subterráneos en dos niveles, con un total de 380 metros de labores.

Marco geológico

Los depósitos se localizan en un ambiente de rocas metamórficas del basamento de las Sierras Pampeanas Noroccidentales, constituido por gneises y micaesquistos, intruidos por granitos devónico-carboníferos.

Geología de los yacimientos

Descripción: La veta de mina Dal se emplaza en una roca granítica, y se angosta hasta desaparecer al entrar en contacto con esquistos, dado su menor competencia a la fracturación. Presenta estructura maciza, bandeada y en parte brechosa por la presencia de venillas; también existen venas subparalelas.

El grupo Elena es una serie de vetas intruidas en un granito porfiroide que en algunos casos apenas se prolongan en las metamorfitas de la caja. El conjunto ha sido brechado por reactivación del sistema de fallas que controló el emplazamiento de las vetas; por ello es común encontrar estructuras brechadas, además de las bandeadas dadas por la alternancia de fluorita y sílice.

Estructura: en mina Dal la veta se dispone vertical a subvertical con orientación NO-SE. Las diaclasas del granito de caja se orientan perpendicularmente al rumbo de la veta.

El grupo Elena presenta vetas orientadas N10-50°E/80°NO a verticales.

Morfología: mina Dal es un depósito vetiforme, con una veta de 400 metros de largo y potencia promedio de 1,1 metro.

Las vetas del grupo Elena tienen entre 80 y 400 metros de largo y espesores que van de unos pocos centímetros hasta 1,7 metros.

Mineralogía: en mina Dal la fluorita es de grano mediano a grueso con dos generaciones de mineralización, la primera de fluorita violeta con cuarzo macizo y la segunda de fluorita blanca y verde azulada con cuarzo cristalino en drusas y calcedonia.

Grupo Elena contiene fluorita maciza violeta clara, azul, verde clara, rosada y en menor proporción blanca, junto a cuarzo y calcedonia.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

Los depósitos de fluorita de El Alto constituyen típicas vetas hidrotermales originadas a partir de fluidos vinculados con intrusiones graníticas postorogénicas devónico-carboníferas, emplazadas en fracturas tensionales.

PROVINCIA DE LA RIOJA
(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: los distritos son barítico-fluoríticos **Cerro Aspercito**, a 9 km al noroeste de Villa Castelli; **Bajo de las Minas**, a 22 km al nornoroeste de Amaná; **Agua Quemada**, 18 km al noreste de Amaná y **Talampaya**, localizado en el faldeo occidental de la sierra de Sañogasta a más de 150 km al noroeste de Patquía, son los principales. El área esencialmente fluorítica es la del **cerro Chus-Chus**, localizada 175 km al norte de Villa Unión, al este de los cerros Cuminchango y al oeste del río Tendal.

Dimensiones, reservas y leyes de las vetas de fluorita en distritos de la provincia de La Rioja

Distrito	Dimensiones de las vetas		Reservas (t)	Leyes promedio		
	Largo (m)	Ancho (m)		% F ₂ Ca	% BaSO ₄	% SrSO ₄
Grupo Cerro Aspercito	600	0,3 – 0,67	Mina Victoria: 22.000	37,8	30,8	20,9
Distrito Bajo de las Minas	300	0,4 – 2,0	---	50 - 10	50 - 90	---
Distrito Talampaya		1 – 2 y h. 6	160.000 (baritina) 140.000 (fluorita)	30 - 10	70 - 90	---
Cerro Chus-Chus	Veta: 70 – 500 Chimenea de brecha: 30	Veta: 1 – 10 Chimenea de brecha: 25	950.000	40 – 60 (80 max.)	---	---

Geología de los yacimientos

Descripción: el área esencialmente fluorítica es la del cerro Chus-Chus, donde afloran rocas proterozoicas del basamento metamórfico y leptometamorfitas de protolitos pelíticos del Ordovícico inferior intruidos por diques de pórfidos andesíticos y otras vulcanitas ácidas. La mineralización se presenta como relleno de fracturas en las metamorfitas, en los contactos con los diques volcánicos y en fallas y diaclasas de estos últimos; también eventualmente a modo de “chimenea de brecha”. En general las vetas tienen estructura brechosa con fragmentos de fluorita (cristales de fluorita más cuarzo intersticial) cementados por calcita, o bien fragmentos angulosos de vulcanitas en una matriz de fluorita blanca amarillenta, cuarzo, baritina, calcita y limonita. Los cuerpos mineralizados presentan orientaciones variables, de NNO-SSE en el sector sur de la zona de Las Pampitas, a E-O en el centro y N-S en la porción nor-occidental de la misma zona.

Estructura: en el ámbito regional son características las fallas N-S.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

Jutoran (1970) asignó como origen de estos cuerpos mineralizados a soluciones hidrotermales de alta temperatura y metasomatismo, debido a la ausencia de ópalo y calcedonia y la presencia de cristales octaédricos de fluorita; además señala

una intensa silicificación previa a la mineralización.

PROVINCIA DE CÓRDOBA

(Bonalmi *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: los yacimientos y manifestaciones fluoríticas conforman tres distritos mineros: a) **Distrito Cabalango**, con depósitos localizados en el borde oriental del batolito de Achala, cuyas principales minas se distribuyen al oeste de la ciudad de Carlos Paz (entre 10 y 45 km); más al norte se encuentra el grupo minero Laguna Brava (minas Cachito, La Mandinga), 9 km al oeste de Cosquín. b) **Distrito Sierra de Comechingones**, donde los depósitos se distribuyen en los bordes del batolito de Cerro Aspero-Alpa Corral, en el extremo sudoeste de la provincia de Córdoba y muy próximo al límite con San Luis. c) **Distrito Guasapampa**, ubicado en las adyacencias de la Cuesta de Los Romeros, a unos 10 km al oeste de Ciénaga del Coro (minas Dr. Marión y San Lorenzo).

Producción: se encuentra en explotación la mina Los Cerros Negros, del grupo minero homónimo en el distrito Sierra de Comechingones; produce 1.500 t/año entre fluorita flotada con ley de 97% y fluorita de grado metálico con una ley de 85%. La producción anual de fluorita en la provincia de Córdoba fue de 11.400 t en 1998; 11.000 t en el año 2000 y una producción estimada de 7.574 t en el año 2002 (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Leyes y reservas de los depósitos de fluorita en distritos de la provincia de Córdoba

Distrito	Grupo	Mina	CaF ₂ (%)	SiO ₂ (%)	CaCO ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Reservas	
Cabalango		La Nueva	57,5-86,3	9,5-35,8	0,9-2,3	0,3-0,4	150.000 t (geológicas). Ley media 72,5% CaF ₂ .	
		Buenaventura	58,1-90,2	7,0-33,7	0,7-3,1		4.000 t	
		La Blanca	68,8	21,6	5,9	3,7	12.200 t. Ley media 63,4% CaF ₂ .	
Sierra de Comechingones	Los Cerros Negros						150.000 t. Ley media 55% CaF ₂ .	
	Bubú		85,0				500.000 t. Ley 60 a 80% CaF ₂ .	
	Francisco	Francisco	28,2-66,1	28,8-77,5		1,2	6.880 t (posibles), 1.900 t (positivas).	
	Alpa Corral	La Waldina		53,1-59,2	39,6-40,2			1.700 t (probables-posibles). Ley 55,12% CaF ₂ .
		Santa Rosa		31,3-55,2	14,6-61,6			1.900 t (probables-posibles). Ley 44,51% CaF ₂ .
La Saida			57,0-67,5	26,0-34,0	4,5			

Sistema de explotación: las explotaciones de las minas de fluorita en la provincia de Córdoba se han llevado a cabo por medio de labores a cielo abierto (rajos) y labores subterráneas.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos del **distrito Cabalango** se encuentran en fracturas dentro de la facies porfírica del granito del batolito de Achala, en algunos sectores en la facies muscovítica biotítica y en otros en un granito rosado con abundantes filones pegmatíticos. Las fracturas donde se emplazan las vetas mineralizadas tienen orientación predominantemente N285-290°E/subverticales a verticales y las vetas de fluorita se disponen con la misma orientación. Los depósitos presentan morfología lenticular con un eje mayor de 300 a 600 metros de longitud y entre 0,1 y 1,45 metros de potencia, en algunos sectores tienen estructura brechosa. La fluorita es de textura bandeada, color violeta oscuro a claro, verde, blanco y amarillo y está asociada a calcedonia; en la mina La Blanca se encuentra junto a escasa pirita y cuarzo en geodas. En el grupo Laguna Brava las vetas de fluorita se encuentran en enclaves de rocas metamórficas dentro del granito de Achala. La mineralización ocurre en bolsones de 25 metros de largo y 3 a 6 metros de ancho; se dispone concordante con los esquistos del techo y el mármol de la base (rumbo E-O) y en otros casos conforma ensanchamientos en la falla, generando drusas con fluorita y cuarzo dentro del mármol (fluorita de reemplazo). En el primer caso la mineralización tiene estructura brechosa, conformada por bloques de cuarzo, esquistos y mármol entre fluorita de grano grueso y color blanca y verde.

El **distrito Sierra de Comechingones** contiene yacimientos y manifestaciones de fluorita relacionados al batolito Cerro Aspero-Alpa Corral. Se encuentran controlados por zonas de fallas y circunscriptos a los límites del batolito, al penetrar en las metamorfitas de la caja pierden expresión. Es posible reconocer una alteración de la roca de caja previa a la mineralización principal, consistente en alteración silíceo con desferrización de biotitas y alteración sericítica; mientras tanto antes, durante y después de la mineralización se produjo alteración arcillosa. Las vetas de fluorita en la mayoría de los casos presentan estructura en rosario, conformada por sucesivos ensanchamientos de los cuerpos tabulares alcanzando espesores de hasta 4 metros; las vetas

tienen corridas de 37 a 450 metros, también hay vetas tabulares, filones brechados y cuerpos lenticulares. Es común la presencia de cuerpos de estructura brechada conteniendo clastos del granito de la caja, como así también venas de fluorita maciza. En minas del grupo Bubú se describen texturas escarapeladas formadas por un núcleo de granito y recubiertas por capas de fluorita y calcedonia englobadas en bandas de fluorita. A nivel de distrito se han reconocido tres pulsos de mineralización evidenciados por diferentes tipos de fluorita y calcedonia: en el grupo Bubú la fluorita de grano grueso, cristalina y de color verde, pertenece a la primera etapa, la fluorita de grano fino, amarilla, blanca y violeta clara a una segunda etapa y por último la fluorita microcristalina presente en bandas alternantes de color blanco a violeta a una tercer etapa. En la mina La Saida, del grupo Alpa Corral, la fluorita es bandeada de color violeta, verde y blanca y sacaroide de color blanco alternante con franjas de calcedonia blanco-gricáceas y fajas de granito caolinizado.

Mineralogía: fluorita y calcedonia.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

Coniglio (1992) en su estudio del distrito Sierra de Comechingones propone una edad relativa de la fluorita menor a la edad de la última facies granítica y a los otros eventos hidrotermales del plutón de Alpa Corral. Asimismo, destaca las similitudes entre estos yacimientos y los descritos por Paredes (1991) para el batolito de Achala. Galindo *et al.* (1996) determinaron para la fluorita de las minas La Nueva y Bubú edades Sm/Nd de 131 ± 22 Ma y 117 ± 26 Ma respectivamente; estos autores sugirieron que los fluidos hidrotermales responsables de la formación de las vetas de fluorita derivaron de la mezcla de dos fluidos: (i) un fluido ascendente con bajos valores de ϵ_{Nd} (-7,4 a -8,8) y altos valores $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7223 a 0,7268) el cual, probablemente, atravesó el basamento metamórfico antes de penetrar en el batolito de Achala y (ii) fluidos descendentes con bajos valores $^{87}Sr/^{86}Sr$ y de probable origen meteórico. Asimismo concluyeron que las vetas fluoríticas se formaron a escasa profundidad (menos de 2 km) y a temperaturas bajas a moderadas, en donde la convección de los fluidos fue activada por una anomalía térmica regional, probablemente relacionada a la tectónica extensional cretácica. La

mineralización se vincularía así a la fase final del evento extensional Gondwánico, asociada al magmatismo basáltico alcalino de las Sierras Pampeanas.

Coniglio *et al.* (1999) determinaron que la mineralización de fluorita, de edad cretácica, del yacimiento Los Cerros Negros (Distrito Sierra de Comechingones) se formó según tres fases de mineralización. Las bajas temperaturas y la extremadamente baja salinidad, determinadas en inclusiones fluidas en cada una de ellas, indican un reservorio único y uniforme para las soluciones hidrotermales, probablemente aguas meteóricas calentadas y no fluidos provenientes de profundidad.

En contraposición a lo anteriormente expuesto, Chiozza y Mutti (2002) definieron para el distrito minero Cerro Áspero 6 estadios paragenéticos, cuyas asociaciones mineralógicas sugieren una evolución en los procesos de alteración hidrotermal vinculada a una progresiva disminución de la temperatura. Los autores caracterizan al sexto y último estadio como vetas y filones compuestos por fluorita + ópalo ± calcedonia desarrollados en estructuras brechosas y laminadas con texturas que involucran un carácter multiepisódico. Este episodio se ubica al final de la secuencia famatiniana.

*DISTRITO SAN MARTÍN,
PROVINCIA DE SAN LUIS
(Angelelli, et al., 1980)*

Generalidades

Ubicación: los depósitos de fluorita del distrito San Martín se distribuyen en un área distante 9 km en línea recta al oeste de la localidad de San Martín, 22 km al norte de Las Chacras.

Producción: un total de 2.000 toneladas con una ley del orden de 65% F₂Ca (dato histórico).

Geología del yacimiento

Descripción: en la región ocurren micacitas gnéissicas del basamento metamórfico pampeano, intruidas por rocas graníticas en cuyos bordes de contacto se desarrolla la mineralización. En algunos depósitos las vetas se emplazan en la roca granítica mientras que en otros lo hacen en las micacitas. En todos los casos la mineralización ocurre en fallas y por ello es común encontrar estructuras brechadas con fragmentos de la roca de caja. La orientación de los cuerpos mineralizados va de N10°E a E-O e inclinan entre 25 y 85° siempre al este. El tamaño de las vetas es variable, en algunos yacimientos la corrida alcanza 600 metros y en otros apenas una decena de metros; la potencia va de 0,15 metros a bolsones de 1,2 metros.

Mineralogía: fluorita violeta oscura, blanca verdosa, verde. En uno de los depósitos se han reconocido dos generaciones de fluorita, una de fluorita blanca verdosa y una segunda violeta oscura; entre ambas se produjo una reactivación de la fractura que las aloja generando el brechamiento de la mineralización.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

*DISTRITO RÍO SECO,
PROVINCIA DE SAN LUIS
(Angelelli et al., 1980)*

Generalidades

Ubicación: los depósitos del distrito se localizan en la quebrada del Río Seco; se destacan las minas: *La Marquesa*, ubicada 35 km al este-sudeste de Concarán, *Don Huberto*, 2,4 km al noreste de la mina anterior y *La Italo-Argentina*, continuación aguas arriba de la mineralización de Don Huberto y cuya prolongación hacia el este constituye la mina Bubú, en la provincia de Córdoba.

Composición química y reservas de fluorita en minas del distrito Río Seco, provincia de San Luis

Mina	F ₂ Ca (%)	SiO ₂ (%)	Fe (%)	CO ₃ ⁼ (%)	Reservas (t)
La Marquesa	64,4 a 90,0	6,7 a 20,0	0,02 a 0,6	2,7 a 3,4	
La Italo-Argentino	45,7 a 88,8	8,4 a 44,8	0,3 a 1,5	1,3 a 4,0	485.000 (incl. Bubú)

Geología del yacimiento

Descripción: las vetas tienen como roca de caja granitos paleozoicos. En la mina La Italo-Argentina la alteración de la caja (principalmente caolinización y silicificación) se desarrolla 15 metros contiguos a la veta. Las vetas se localizan en zonas de fallas, con reactivaciones postmineral que generaron estructuras brechadas en los cuerpos mineralizados. En la mina Don Huberto la mineralización presenta un bandeamiento asimétrico en cuya salbanda oriental se reconoce material granítico caolinizado, seguido por 0,2 metros de calcedonia, luego calcedonia con guías de fluorita y sobre la salbanda occidental 0,4 metros de fluorita pura. Las vetas del distrito tienen decenas de metros, con potencias de hasta 5 metros; muchas de ellas contienen bolsones mineralizados y la mineralización también se difunde en redes de intrincadas venillas. Las vetas tienen rumbo predominante ENE-OSO e inclinan 55° a 75° al SE.

Mineralogía: esencialmente fluorita y calcedonia. En la mina La Marquesa la brecha contiene minerales de uranio. La fluorita es de color verde, violeta y azulada y generalmente alterna con bandas de calcedonia e incluye cuarzo, biotita, feldespato caolinizado y calcedonia.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

MINA RUTH STELLA,
PROVINCIA DE SAN JUAN
(Angelelli, *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: en el faldeo oriental de la Sierra de la Huerta, 23 km al norte de la localidad de Marayes, provincia de San Juan.

Producción: según datos de la Estadística Minera de la República Argentina se extrajeron 17.000 toneladas entre los años 1956 y 1969.

Composición química de fluorita en mina Ruth Stella

Sector	F ₂ Ca (%)	SiO ₂ (%)
Rico	69 - 72	22 - 26
Pobre	57 - 61	33 - 35

Sistema de explotación: la extracción mineral se realizó a través de labores a cielo abierto y subterráneas.

Geología del yacimiento

Descripción: esquistos biotíticos, esquistos gnéisicos y anfibolitas del basamento metamórfico con intrusiones pegmatíticas, aplíticas y rocas lamprofíricas. Las metamorfitas constituyen la roca de caja y fragmentos de esquistos se encuentran incluidos en la mineralización, otorgándole a la veta estructura brechada. En la porción sudoeste del depósito la roca de caja se encuentra silicificada y cloritizada.

Estructura: la veta está controlada por una falla de orientación NO-SE/68°-75°NE.

Morfología: es de forma lenticular, tiene una corrida de 365 metros y una potencia de 1,3 a 7,5 metros.

Mineralogía: fluorita y calcedonia. La fluorita es de color blanca, celeste y verdosa, con textura sacaroide; en menor medida presenta hábito granoso mediano y drusiforme. La calcedonia es blanca, gris y gris verdosa con textura en bandas y venas.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

Según Olivieri *et al* (1964) la mecánica de formación se ajustó a las siguientes etapas:

1°- Aporte abundante de calcedonia y escasa fluorita.

2°- Reactivación.

3°- Depositación de fluorita y escasa calcedonia.

4°- Segunda reactivación.

5°- Predominio de calcedonia.

CORDILLERA FRONTAL

DISTRITO FLUORÍTICO PATA DE INDIO,
PROVINCIA DE SAN JUAN
(Angelelli, *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: en el faldeo sudsudeste del Cerro Pata de Indio, margen oriental de la Quebrada de Arrequequín, provincia de San Juan. Dista 115 km al oeste de la localidad de Jachal.

Leyes y reservas de yacimientos de fluorita-baritina del distrito Pata de Indio

Distrito	Mina	Ley [% F ₂ Ca]	Ley [% BaSO ₄]	Reservas [t F ₂ Ca]	Reservas del distrito [t F ₂ Ca]
Pata de Indio	Omar Osvaldo	30		3.400	33.650 probadas 12.000 probables
	Roma	66	9,9 y 0,32	8.100	
	Blanca 3	55		14.000 probadas 8.000 probables	
	Blanca	80, 37 y 27 (según el bloque)		32.200 probadas 9.500 probables	
	Ing. Galay I y II	87,6	4,9		
	Verónica	90	2,4		
		55,4	38,7		

Marco geológico

Edad	Unidad	Descripción
Triásico	Gr. Choiyoi	Cuerpos y filones riolíticos.
Pérmico	Complejo plutónico Colangüil	Granodioritas, granitos, tonalitas y diques riolíticos.
Carbonífero		Sedimentitas marinas, levemente metamorfizadas, constituidas por areniscas micácíferas gris oscuras en la base y areniscas gruesas gris claras, areniscas finas y limolitas oscuras en el techo.

Geología de los yacimientos

Descripción: las vetas mineralizadas intruyen a las sedimentitas paleozoicas y cortan, en algunos casos, a filones riolíticos. Es común encontrar la roca de caja alterada hidrotermalmente (silicificación). Las vetas presentan estructura bandeada asimétrica con sucesiones de fluorita y calcedonia o bien fluorita y baritina, dicha secuencia se presume generada en el siguiente orden: baritina, fluorita, calcedonia-cuarzo.

Estructura: los cuerpos mineralizados tienen rumbo N70°O a E-O e inclinan 65° al norte o sur; en algunos casos son verticales. El distrito es atravesado por una falla postmineral de dirección NO-SE que produjo un desplazamiento de 2.500 metros en muchas de las vetas.

Morfología: las vetas presentan forma lenticular con desarrollo de bolsones de 50 a 100 metros. Pueden alcanzar hasta 2.000 metros de corrida.

Mineralogía: fluorita, calcedonia y baritina. Otros minerales son calcita, siderita, piritita y limonita. La fluorita es masiva y de color blanco a verde o violácea. La baritina se presenta en forma de agregados tabulares y es común en las vetas occidentales. La calcedonia es blanca.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

El yacimiento es epitermal y se relacionaría con la intrusión de las riolitas (Grupo Choiyoi, Triásico).

BLOQUE DE SAN RAFAEL

DISTRITOS AGUA ESCONDIDA Y CERRO DIAMANTE, PROVINCIA DE MENDOZA
(Mallimacci, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el ámbito del Bloque de San Rafael se distinguen dos áreas geográficas que definen sendas zonas metalogenéticas. En el **Distrito Agua Escondida**, ubicado en el sudeste de la provincia de Mendoza, a pocos kilómetros del límite con La Pampa y a 200 km de San Rafael, con acceso desde El Nihuil, se distinguen el Grupo minero *El Nevado* y el grupo *Sierra de Chachahuén*. El **Distrito Cerro Diamante**, ubicado a 80 km al oeste de la ciudad de San Rafael y a 10 km al este de la represa Agua del Toro, comprende los grupos mineros *Piedra de Afilar* y *25 de Mayo*.

Producción: actualmente no se registra producción. Como dato histórico, la Dirección General de Minería de Mendoza informó en el año 1968 que el distrito Agua Escondida tenía una producción de 600 toneladas mensuales y el distrito Cerro Diamante 20 toneladas por mes. El

total de fluorita producida en la provincia de Mendoza, desde el año 1962 hasta el año 1973 fue de 53.396 toneladas, siendo los años 1963 y 1973 los de mayor producción. Treinta y cinco años

atrás, en los años de mayor actividad del distrito, se producían unas 5.000 t anuales.

Sistema de explotación: laboreos superficiales y subterráneos.

Leyes y reservas de los distritos fluoríticos del sur de la provincia de Mendoza

Distrito	Grupo	Total de reservas estimadas	Ley (%CaF ₂)	Referencia
Agua Escondida	El Nevado	63.205 t	68,4 a 93,0	Ingeniería Consultora S.A. (1974)
	Srra. de Chachahuén	3.480 t	75,5 a 89,0	
Cerro Diamante	25 de Mayo	7.975 t	64,8 a 75,5	
	Piedra de Afilar	1.800 t	---	

Marco geológico

Estratigrafía del distrito Agua Escondida

Edad		Unidad	Descripción
Cuaternario	Reciente		Cobertura detrítica moderna.
	Holoceno	F. El Puente	Basaltos.
	Neo-Pleistoc.	F. Morado Alto	Basaltos.
Terciario	Plioceno Sup	F. Coyocho	Basaltos.
	Plioceno Inf.	Andesitas Huicán	Andesitas.
	Inferior		Depósitos arcillosos de reducida extensión areal.
Cretácico			Superficie de erosión regional, desarrollada en el sur mendocino, como continuación de la penneplanización del bloque San Rafael.
Triásico	Inferior	Gr. Cerro Carrizalito	Cuerpos hipabisales mesosilícicos, de composición granítico – granodiorítico y rocas extrusivas riolíticas.
Pérmico	Superior		
Carbonífero		F. Agua Escondida	Areniscas, subgrauvacas y ortocuarcitas con niveles conglomerádicos con matriz limosa.
Precámbrico?		F. Piedra de Afilar	Granitos y granitoides.

Estratigrafía del distrito Cerro Diamante

Edad		Unidad	Descripción
Cuaternario			Depósitos epiclásticos, tobas y basaltos.
Terciario	Superior		Depósitos arenosos.
Triásico	Inferior	Gr. Cerro Carrizalito	Serie volcánica del Malal
			Serie Porfírica
Pérmico	Superior	Gr. Cochicó	Serie volcánica de La Josefa
			F. del Arroyo Los Álamos
	Inferior	F. Cochicó	
		Brecha Verde	
Carbonífero	Superior	F. El Imperial	
Devónico			Gabros, granodioritas y rocas hipabisales.
Silúrico		F. La Horqueta	Metasedimentitas de bajo grado (facies de esquistos verdes). Metacuarcitas, filitas y esquistos.
Ordovícico			

Geología de los yacimientos

Descripción: Distrito Agua Escondida: los depósitos se alojan en una faja tectónica de 25 km de longitud orientada N50° - 70°O y N90°O con un buzamiento general de 65° a 85° al NE. Las vetas conforman relleno de fallas y tienen estructura brechosa y texturas que indican no sólo su condición de material de relleno sino también la existencia de polipulsaciones minerales. En general la roca de caja de las vetas son las correspondientes al Grupo Cerro Carrizalito, argilitizadas y en menor medida sericitizadas y propilitizadas por la intrusión de las vetas. La mineralización se emplaza en fallas, con corridas de hasta 700 metros, espesores variables, aunque su valor medio difícilmente supera 0,5 metros. En algunos yacimientos se registran estructuras en rosario de bolsones mineralizados, con espesores de hasta 4 metros. Distrito Cerro Diamante: la fluorita ocurre como depósitos de relleno de falla con estructuras brechosas. En general son cuerpos lenticulares, que conforman bolsones de 1,5 a 2 metros de espesor medio y corridas por lo general menores a 200 metros. En la mina Los Dos Amigos y Los Toldillos la mineralización tiene como unidad hospedante a las rocas de la Serie Porfírica y se dispone en fallas de rumbo este-oeste; en la mina Gibraltar la mineralización ocurre como relleno de una falla de rumbo N55°O y su roca de caja son las sedimentitas de la Formación El Imperial.

Mineralogía: Distrito Agua Escondida: fluorita, óxidos de manganeso, sulfuros de plomo. Las generaciones de fluorita provocan texturas bandeadas, o bien cementan clastos de fluorita de una generación anterior. Los colores son variados: violeta, rosado, blanco, amarillo, verde, azul y negro. Acompañan la mineralización gohetita, calcedonia, cuarzo, baritina, carbonato de calcio y yeso. Distrito Cerro Diamante: fluorita y sulfuros de plomo. Al igual que en el distrito anterior la mineralización tuvo varias fases; la fluorita de color blanca y grano fino se encuentra intercalada con calcedonia y cuarzo en los núcleos, luego aparece fluorita de color verde y violeta. Acompañan la mineralización gohetita, calcedonia, cuarzo, baritina, carbonato de calcio y yeso.

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

Carpio *et. al.* (2001) relacionan la génesis de las vetas de fluorita y manganeso del Bloque de San Rafael al sistema pórfiro molibdenífero presente en dicho ámbito geológico, el cual está espacial y temporalmente vinculado a unidades superiores del Grupo Choiyoi, emplazadas durante un ambiente transicional hacia un régimen posorogénico distensivo. Las vetas de fluorita y manganeso serían el resultado de la evolución del sistema hacia un sistema hidrotermal tardío. Anteriores interpretaciones genéticas son:

Distrito Agua Escondida: según De La Mota (1963), la depositación estuvo estrechamente vinculada a la actividad dinámica formadora de la estructura receptiva, cuando la formación de aberturas disminuyó finalizó la depositación mineral. Posteriores fases tectónicas regionales, vinculadas a actividad magmática, produjeron aberturas con una mineralización (Mn, Fe) ajena a la fluorita.

Malvicini y Delpino (1989) concluyeron que por las características texturales, las relaciones geológicas y los datos de inclusiones fluidas obtenidos (temperaturas de 90° a 230°C), la mineralización tuvo lugar en cercanías de la superficie, pudiéndose clasificar a estos yacimientos dentro del grupo de epitermales de Lindgren.

En lo que respecta a la edad de la mineralización existen diferentes opiniones:

García (1965) relacionó las mineralizaciones de fluorita y manganeso con la F. Morado Alto (Neo-Pleistoceno).

González Díaz (1972) incorporó los depósitos de fluorita y manganeso al Plioceno superior, relacionándolos con la F. Cenizo, sobre la base de la presencia común de ónix en las vetas de Mn y F, genéticamente conectado con las masas basálticas de dicha unidad.

Para De La Mota (1963), las mineralizaciones de fluorita y manganeso están separadas en el tiempo, y las de Mn vinculadas al magmatismo basáltico.

Distrito Cerro Diamante: Madrid (1988) relacionó genéticamente los depósitos de fluorita con las intrusiones de pórfiros del Pérmio-Triásico.

MACIZO NORDPATAGÓNICO

FLUORITA EN LAS PROVINCIAS DE RÍO NEGRO Y CHUBUT (Aliotta, 1999)

Generalidades

Ubicación: los depósitos de fluorita se circunscriben al denominado “Rectángulo fluorítico Nordpatagónico Oriental” (Menoyo y Brodtkorb, 1975), localizado en el ámbito del Macizo Somuncurá y cuyo perímetro se define, aproximadamente, por la unión de las localidades de San Antonio, Puerto Madryn, Telsen, Los Menucos, Sierra Colorada y Valcheta.

Producción: los depósitos se explotaron desde 1960 hasta 1982.

Usos: el 70% de lo producido se destinaba a la industria metalúrgica como material escorificante, y el 30% restante a la fabricación de vidrios opalescentes y opacos, ácido fluorhídrico y derivados, electrodos, etc.

Sistema de explotación: las explotaciones se iniciaron en forma superficial por medio de rajos que alcanzaban 15 metros de profundidad; en unos pocos casos la extracción por laboreo subterráneo (piques, niveles y subniveles) continuó en galerías que en general no superaron 60 metros de profundidad.

Geología de los yacimientos

Descripción: el número de yacimientos en la región es muy grande. Ocurren como vetas, de 20 a 1.600 metros de corrida y de 0,1 a 9,2 metros de potencia, alojadas principalmente en las volcanitas de la F. Marifil, pero en algunos casos también cortan granitos y leucogranitos pérmicos, metamorfitas del basamento, intrusivos hipabisales jurásicos, milonitas permo-triásicas y conglomerados del grupo Chubut. Las vetas presentan esencialmente texturas de relleno con presencia de brechas cementadas por fluorita; también texturas bandeadas, crustificaciones, escarapelas, texturas coliformes (propia de la fluorita porcelana) y drusas en espacios abiertos. Irregular y subordinadamente hay texturas de reemplazo con venillas y agregados de fluorita en las rocas de caja, como es el caso de la mina Las Mellizas y yacimientos afines donde el reemplazo

de las calizas es el proceso predominante, con presencia subordinada de venillas de relleno cuando la mineralización se aloja en las wackes. En algunos yacimientos se observa estratificación subhorizontal de los fragmentos de brecha, perpendicular a las paredes de la veta; si bien en general está mal definida, en la mina María Mercedes Este se observa claramente una estratificación gradada de los fragmentos de brecha (volcanitas y fluoritas) en una matriz de fluorita de grano fino. Es común la alteración hidrotermal de las rocas de caja; en las volcanitas ácidas se observa una alteración zonada con silicificación en las paredes próximas a la veta y sericitización en los siguientes 2 a 3 metros de roca, alcanzando en algunos casos hasta 40 metros. En algunos yacimientos adquiere mayor importancia la alteración argílica (argilización y caolinización). En otros casos se produjo una albitización masiva en la parte interna de una ancha zona de alteración; la hematitización es una alteración común en muchos yacimientos aunque espacialmente está limitada en general a pocos centímetros del contacto entre la mineralización y la roca de caja. Por último, se destaca la fluoritización de la roca de caja, frecuente pero en ningún caso volumétricamente importante.

Estructura: se destacan dos arribamientos predominantes en las fracturas mineralizadas, uno E-O a OSO-ENE que representa lineamientos regionales más jóvenes que los NO-SE. En todos los casos las vetas presentan inclinación subvertical a vertical y estructura en rosario con ramificaciones separadas por volcanitas de la caja.

Mineralogía: la mineralización consta de fluorita, calcedonia y cuarzo; en algunos casos la fluorita aparece asociada con sulfuros (pirita, galena, esfalerita y calcopirita). En otros yacimientos se han reconocido hematita pulverulenta intercrecida con fluorita o calcedonia. En otros se halla adularia y pequeñas cantidades de albita. La baritina es escasa en algunos depósitos y abundante (aumenta su concentración en profundidad) en otros. Como minerales de alteración hay cuarzo, hidromica, esmectita, halloysita, y/o metahalloysita, feldespatos, minerales del grupo de las ceolitas, anhidrita, minerales del grupo de las cloritas, hematita, etc.

Leyes y reservas del Rectángulo fluorítico Nordpatagónico Oriental

Reservas (t)		Leyes (%CaF ₂)	Referencia
735.000 Aseguradas	Representan el 80% de los recursos del país.	Medias de la mena: 30 – 50 Valores máximos: 60 - 80	Menoyo y Brodtkorb, 1975
3.200.000 Indicadas			
4.196.000 Inferidas			

Marco geológico de los yacimientos de fluorita del Macizo Nordpatagónico

Edad	Unidad	Descripción	
Cuaternario		Efusiones basálticas.	
Terciario	Superior		
	Inferior	F. Río Negro	
		F. Colloncurá	Sedimentos continentales.
		F. Patagonia	Sedimentos marinos.
			Ciclo efusivo meso-silíceo.
	Depósitos marinos.		
Cretácico	Superior	Gr. Chubut	Sedimentos continentales.
	Medio		
Jurásico	Medio	F. Marifil	Riolitas, tobas e ignimbritas intercaladas con depósitos de areniscas (wackes) y calizas. Gran parte de la secuencia fue intruida por cuerpos hipabisales granítico-riolíticos del Jurásico inferior. Ramos (1998) los denominó Depósitos de Rift II. En los sectores marginales se depositaron sedimentos marinos durante el Jurásico inferior y medio.
	Inferior		
Triásico			
Pérmico		Intrusivos graníticos.	
Carbonífero			
Eopaleozoico		Basamento metamórfico.	
Precámbrico			

Relación entre el color de la fluorita y sus hábitos para yacimientos de las provincias de Río Negro y Chubut (Aliotta, 1999)

Hábito de la fluorita		Color de la fluorita	
Granuda	Fina	Pardo (todas de la mina El Moro)	
	Gruesa	Púrpura	Verde, amarillo y caramelo.
	Muy gruesa		
Columnar			
Fibroso		Todos los colores menos pardo.	
Porcelana (presente en todo los yacimientos)		Blanco. Gris o violeta claro, en pocos casos rosado.	
Cristales (generalmente cubos)		Incoloros a púrpura claro.	

Modelo genético

14h (F-Ba). Grupo: Vetas y Brechas de asignación genética diversa.

Según Aliotta (1999), los yacimientos se formaron bajo condiciones de transporte de material en forma de coloides, evidenciadas por la presencia de fluorita porcelana en todo los yacimientos; sin embargo también se menciona al transporte mecánico pulsatorio por parte de los fluidos (estratificación subhorizontal) como otro proceso de formación, si bien de corta duración y localizado. La autora estima que la temperatura media de formación de fluorita fue de 200°C, a una profundidad no mayor de 1.000 metros, probablemente con una efectiva conexión con la superficie (Aliotta, 1983, 1986a, 1986b). La abundancia de texturas coliformes (fluorita

porcelana) indicaría que los afloramientos corresponden a los niveles superiores de las zonas mineralizadas, pudiéndose esperar una cierta continuidad en profundidad.

La alteración hidrotermal más extendida de la roca de caja, según criterios texturales, en la mayoría de los casos ocurrió con anterioridad a la mineralización fluorítica, posiblemente relacionada a la depositación de calcedonia que precedió en muchos casos a la formación de fluorita. En algunos depósitos tuvieron lugar una o varias recurrencias de alteración (cuarzo-sericita y fluoritización) durante el transcurso de la mineralización de distintas generaciones, indicando afluencias de fluidos de composición semejante a los iniciales.

Aliotta (1983, 1986b, 1989) realizó estudios geoquímicos de varias muestras de muchos de los yacimientos de la región y concluyó que:

-Los contenidos de los distintos elementos en fluorita tienden a ser semejantes, lo que indicaría condiciones de formación y fluidos mineralizantes igualmente semejantes.

-Los fluidos experimentaron una cierta evolución a lo largo de la mineralización, evidenciada por las diferencias geoquímicas entre las diferentes generaciones, cambio en los minerales depositados y frecuentes muestras de corrosión en las fluoritas.

-Los fluidos generadores de las mineralizaciones recibieron poco o ningún aporte lateral y provinieron de una fuente magmática uniforme, no experimentaron mezcla sustancial con aguas meteóricas y se movieron esencialmente desde el interior de las fracturas hacia fuera.

Dados la escasa profundidad de emplazamiento, la mineralogía y la temperatura de formación, los yacimientos de fluorita de Río Negro y Chubut se clasifican como epitermales. En vista de su probable afinidad con el complejo efusivo mesozoico puede también considerárselos como subvolcánicos en el sentido de Jankovic (1968).

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Guayamba	Dal	28° 20'	65° 30'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 44,5 - 84,3 %	70.000 t	Dev -Carb	Granito	Granito Sauce Guacho	14h	Dev - Carb.
Guayamba	Cora, Elena, San Isidro, Ana, Juanita (Grupo Elena)	28° 27'	65° 34'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 60,45 %	10.500 t	Dev -Carb. Precámbrico	Granitos. Esquistos y gneises	Granito Santa Rosa. Formación Ancasti.	14h	Dev - Carb.
	Cerro Chus Chus	28° 30'	68° 10'	Fluorita	Vetiforme, relleno de brechas.	CaF ₂ : 40 - 80%	950.909 t	Precámbrico	Metamorfitas. Diques volcánicos ácidos		14h	
Pata de Indio	Verónica	30° 19'	69° 36'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 55,4-90%, BaSO ₄ : 2,4 - 38,7%		Carbonífero, Pérmico-Triásico	Pelitas, psamitas, riolitas	Formación Agua Negra, Grupo Choyoi	14h	Pérmico - Triásico
Pata de Indio	Omar Osvaldo	30° 19'	69° 36'	Fluorita	Vetiforme		3.400 t	Carbonífero, Pérmico-Triásico	Pelitas, psamitas, riolitas	Formación Agua Negra, Grupo Choyoi	14h	Pérmico - Triásico
Pata de Indio	Roma	30° 19'	69° 36'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 66%, BaSO ₄ : 9,9-0,32%	8.100 t	Carbonífero, Pérmico-Triásico	Pelitas, psamitas, riolitas	Formación Agua Negra, Grupo Choyoi	14h	Pérmico - Triásico
Pata de Indio	Blanca 3	30° 19'	69° 36'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 55%,	8.000 t (probables); 14.000 t (probadas)	Carbonífero, Pérmico-Triásico	Pelitas, psamitas, riolitas	Formación Agua Negra, Grupo Choyoi	14h	Pérmico - Triásico
Pata de Indio	Blanca	30° 19'	69° 36'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 27-80%,	32.000 t (probables); 9.500 t (probadas)	Carbonífero, Pérmico-Triásico	Pelitas, psamitas, riolitas	Formación Agua Negra, Grupo Choyoi	14h	Pérmico - Triásico
Pata de Indio	Ing. Galay I y II	30° 19'	69° 36'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 87,6%, BaSO ₄ : 4,9%		Carbonífero, Pérmico-Triásico	Pelitas, psamitas, riolitas	Formación Agua Negra, Grupo Choyoi	14h	Pérmico - Triásico
	Ruth-Stella	31° 23'	67° 22'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 57-72%	100.000 t	Proterozoico Cámbrico	Esquistos, gneises	Complejo Pie de Palo	14h	
Cabalango	Buenaventura, 20 de Setiembre	31° 26'	64° 35'	Fluorita	Vetiforme, lenticular	CaF ₂ : 58,1-90,2 %	4000 t	Dev - Carb.	Granito porfírico	Batolito de Achala	14h	Cretácico inferior
Cabalango	La Nueva	31° 26'	64° 35'	Fluorita	Vetiforme, lenticular	CaF ₂ : 72,5% (ley media)	150.000 t	Dev - Carb.	Granito porfírico moscovítico biotítico	Batolito de Achala	14h	Cretácico inferior
Cabalango	La Blanca	31° 28'	64° 40'	Fluorita	Vetiforme, lenticular	CaF ₂ : 68,8 %	12.000 t	Dev - Carb.	Granito rosado biotítico	Batolito de Achala	14h	Cretácico inferior
Río Seco	La Italo Argentina	32° 34'	64° 54'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 85-90%	485.000 t (incluyendo al Gr. Bubú)	Precámbrico superior - Paleozoico inferior	Granito	Basamento cristalino	14h	

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Río Seco	La Marquesa, Don Huberto	32° 34'	64° 54'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 64,4-90%		Precámbrico superior - Paleozoico inferior	Granito	Basamento cristalino	14h	
Sierra de Comechingones	Gr. Bubú	32° 34'	64° 52'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 85,0%	500.000 t	Dev - Carb.	Granito	Batolito de C° Áspero-Alpa Corral	14h	Cretácico inferior
Sierra de Comechingones	Los Cerros Negros, 31 de julio de 1836, San Guillermo (Gr. Cerros Negros)	32° 35'	64° 40'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 55,0% (ley media del grupo)	150.000 t	Dev - Carb.	Granito	Batolito de C° Áspero-Alpa Corral	14h	Cretácico inferior
Sierra de Comechingones	Francisco	32° 35'	64° 40'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 28,2 - 66,0%	8.780 t	Dev - Carb.	Granito	Batolito de C° Áspero-Alpa Corral	14h	Cretácico inferior
Sierra de Comechingones	La Waldita	32° 35'	64° 40'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 53,1 - 59,2%	1.700 t	Dev - Carb.	Granito	Batolito de C° Áspero-Alpa Corral	14h	Cretácico inferior
Sierra de Comechingones	Santa Rosa	32° 35'	64° 40'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 33,3 - 55,2%	1.900 t	Dev - Carb.	Granito	Batolito de C° Áspero-Alpa Corral	14h	Cretácico inferior
Sierra de Comechingones	La Saida	32° 35'	64° 40'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 57,0 - 67,5%		Dev - Carb.	Granito	Batolito de C° Áspero-Alpa Corral	14h	Cretácico inferior
Cerro Diamante	Los Dos Amigos (Grupo 25 de Mayo)	34° 32'	68° 59'	Fluorita, Pb	Vetiforme	CaF ₂ : 70%	4.800 t (medido), 4.000 t (inferidos) 4.500 t (indicado)	Triásico inf.	Brechas volcánicas	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Cerro Diamante	Los Tolditos (Grupo 25 de Mayo)	34° 33'	68° 47'	Fluorita, Pb	Vetiforme y guías	CaF ₂ : 60%		Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Cerro Diamante	Gibraltar (Grupo Piedra de Afilan)	34° 34'	68° 56'	Fluorita, Pb	Brecha en falla, bolsón lenticular	CaF ₂ : 74,74%- 92,88%	12.000 t (totales)	Carbon. sup.- Pérmico inf.	Areniscas arcóscicas	Formación El Imperial	14h	Pérmico-Triásico
Cerro Diamante	La Esperanza	34° 36'	68° 58'	Fluorita, Pb	Vetiforme	CaF ₂ : 83,7%	2.000 t (inferidos)	Carbon. sup.- Pérmico inf.	Areniscas arcóscicas	Formación El Imperial	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	La Morocha	35° 00'	68° 39'	Fluorita	Vetiforme, guías y venas			Pérmico inferior	Tobas riolíticas	Subgrupo Cochico	14h	Pérmico-Triásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Agua Escondida	Buena Esperanza (Grupo El Nevado)	35° 48'	68° 43'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 77,89%	5.239 t ("económicos")	Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	La Ventana	35° 52'	68° 43'	Fluorita-baritina	Brecha			Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico y granodiorítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	La Susana	35° 57'	68° 33'	Fluorita-baritina	Brecha		300 t (medido)	Pérmico sup.- Triásico inf.	pórfiro riolítico y granodiorítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	María Angélica	35° 58'	68° 23'	Fluorita-baritina	Epitermal Veta, guías y venillas en faja tectónica	CaF ₂ : 77,85%		Pérmico sup.- Triásico inf.	Riolita	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	La Catita	35° 58'	68° 29'	Fluorita-baritina	Vetiforme	Muestra 1: CaF ₂ : 94,07%; muestra 2: CaF ₂ : 48,07%		Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro granodiorítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Virginia	35° 58'	68° 29'	Fluorita-baritina	Venas y guías en faja tectónica	CaF ₂ : 75,50%		Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro granodiorítico y riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Superior	35° 59'	69° 02'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 87,41- 96,23%	25.000 t (totales)	Paleozoico	Pizarras, cuarcitas, filitas, calizas		14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Herminda (Grupo El Nevado)	36° 00'	68° 29'	Fluorita-baritina	Vetiforme		Herminda: 3.920 t (medido), 1.680 t (inferidos), 2.240 t (indicado)	Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Pebeta (Grupo El Nevado)	36° 00'	68° 29'	Fluorita-baritina	Relleno de fractura	CaF ₂ : 90,74%	Pebeta: 7.800 t (medido), 4.000 t (inferidos), 4.600 t (indicado)	Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Agua Escondida	San Juan	36° 02'	68° 30'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 80%	1.120 t (inferidos), 2.240 t (indicado)	Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Don Mario	36° 02'	68° 29'	Fluorita-baritina	Vetiforme			Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Gratitud	36° 03'	68° 40'	Fluorita-baritina	Vetiforme			Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Liana I a VI (Grupo El Nevado)	36° 04'	68° 21'	Fluorita-baritina	Vetiforme	CaF ₂ : 79% (para la primer cifra); CaF ₂ : 78% (nivel -75 m); CaF ₂ : 68% (nivel -25 m para el segundo cálculo).	12.330 t (inferidos e indicados, niveles -50 y - 25 m). 47.786 t (indicado), 46.089 t (inferidos en 65% del laboreo previsto)	Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro granítico, granodiorítico, riolítico, etc.	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Prodigio	36° 07'	68° 22'	Fluorita-baritina	Vetiforme			Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro granodiorítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Agua Escondida	Vetti	36° 10'	68° 31'	Fluorita-baritina	Mineralización disgregada en brecha tectónica			Pérmico sup.- Triásico inf.	Pórfiro riolítico	Subgrupo Cerro Carrizalito	14h	Pérmico-Triásico
Valcheta	Alicia	40° 30'	66° 06'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Gneis, pórfiro riolítico, granito, esquistos	Granito Sierra de Pailemán; Grupo Valcheta; Complejo Marifil	14h	Jurásico
Valcheta	Malena	40° 30'	66° 03'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 80 - 90 %		Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Valcheta	Puerto San Antonio	40° 34'	66° 21'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 70 %		Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Los Menucos	La Bienvenida	40° 37'	68° 32'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
9 de Julio	Vale Ma	40° 37'	68° 02'	Fluorita	Vetiforme			Jurásico			14h	Jurásico
Los Menucos	Santa Rosa	40° 50'	67° 43'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Los Menucos	Nuestra Señora de Pompeya	40° 53'	67° 51'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Los Menucos	Don Juan	40° 53'	68° 15'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
9 de Julio	Doñas Felisa	40° 53'	67° 44'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
9 de Julio	La Alegría	40° 59'	67° 55'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	Mirella	41° 22'	65° 47'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Gneis, pórfiro riolítico, granito, esquistos	Grupo Valcheta	14h	Jurásico
Sierra Grande	Zonya	41° 22'	65° 47'	Fluorita	Mantiforme, Brechoso			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	Marilyn	41° 23'	65° 46'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Gneis, pórfiro riolítico, granito, esquistos	Grupo Valcheta	14h	Jurásico
Sierra Grande	Yolanda	41° 23'	65° 46'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Gneis, pórfiro riolítico, granito, esquistos	Grupo Valcheta	14h	Jurásico
Sierra Grande	La Liebre Nueva	41° 32'	65° 53'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico			14h	Jurásico
Sierra Grande	La Liebre del Medio	41° 32'	65° 52'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico			14h	Jurásico
Sierra Grande	Liebre del Cerco	41° 32'	65° 53'	Fluorita				Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	La Liebre Vieja	41° 32'	65° 52'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico			14h	Jurásico
Sierra Grande	Carmen	41° 35'	65° 47'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 35 - 40 %	1 Mt (Carmen y Pichi Gordo)	Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	Beta	41° 37'	65° 49'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	Anahí	41° 37'	65° 48'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	Bocadirió	41° 38'	65° 31'	Fluorita	Vetiforme	Fluorita: 60-70%	120.000 t	Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	Argentina II	41° 38'	65° 31'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 60 - 70 %		Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
San Antonio	Navidad 65	41° 39'	65° 36'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	La Paz	41° 39'	65° 31'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	Mon Ami (Grupo Delta)	41° 44'	65° 22'	Fluorita	Brecha			Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	Delta, Portentosa	41° 45'	65° 22'	Fluorita	Brecha	CaF ₂ : 45 a 50% pudiendo alcanzar 70 a 75% por selección	4 Mt	Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	Anastacio	41° 48'	65° 22'	Fluorita	Vetiforme		4 Mt para el distrito	Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	Más	41° 49'	65° 24'	Fluorita	Vetiforme			Triásico-Jurásico	Pórfido riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	María Isabel Este y Oeste	41° 50'	65° 17'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 50 %		Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico en granitos, cuarcitas	Complejo Marifil	14h	Jurásico
Sierra Grande	Hebe Beatriz, Marisabel	41° 51'	65° 19'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 83,8% , 53 y 55%		Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
San Antonio	Facundo (Grupo María Isabel)	41° 51'	65° 18'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 51 %		Triásico-Jurásico	Pórfiro riolítico	Complejo Marifil	14h	Jurásico
	Nido	42° 01'	65° 29'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Piche Flaco I	42° 01'	65° 29'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Piche Flaco II	42° 01'	65° 29'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Piche Gordo I	42° 01'	65° 29'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 35 - 40 %	1 Mt (Carmen y Pichi Gordo)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Pichoncito	42° 01'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Alejandro Miguel	42° 02'	66° 30'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Telsen	Ruta IV, V	42° 02'	66° 30'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Avestruz I	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Carmen del Chubut I	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Carmen del Chubut II	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Cola I	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Cola II	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Piche Gordo II	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Avestruz II	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Cabeza I	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Cabeza II	42° 02'	65° 28'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Ana María	42° 04'	66° 11'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Gumersindo	42° 04'	65° 32'	Fluorita	Vetiforme		1 Mt (Gumersindo y Flamenco)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Juanito	42° 05'	65° 32'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Guanacote II	42° 06'	65° 48'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Don Rufino (Gr. Primera Esperanza)	42° 06'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 40 - 70% (Gr. Primera Esperanza)		Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Pablo (Gr. Primera Esperanza)	42° 06'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 40 - 70% (Gr. Primera Esperanza)		Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Primera Esperanza	42° 06'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 40 - 70% (Gr. Primera Esperanza)		Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Sebastián (Gr. Primera Esperanza)	42° 06'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 40 - 70% (Gr. Primera Esperanza)		Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Alamo (Gr. Primera Esperanza)	42° 06'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 40 - 70% (Gr. Primera Esperanza)		Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Guanacote I	42° 06'	65° 48'	Fluorita	Vetiforme	CaF ₂ : 38 %	2 Mt	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Mocoreta	42° 06'	65° 47'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Limay	42° 10'	65° 49'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Flamenco	42° 10'	65° 31'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Guanaquito	42° 11'	65° 50'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Irma Inés	42° 19'	65° 58'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Don Ricardo	42° 20'	65° 54'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Don Fermín	42° 21'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Telsen	Estela	42° 21'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Francisco	42° 21'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Lavas, ignimbritas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	La Escondida II, III, IV	42° 21'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	La Salvadora	42° 21'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Madre María	42° 21'	66° 04'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Karina	42° 23'	65° 59'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Segunda Esperanza	42° 24'	65° 56'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Don Alciro (Gr. El Moro)	42° 32'	66° 10'	Fluorita	Vetiforme	60% CaF2 (Gr. El Moro)	200.000 t (Gr. El Moro)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Ethel y Oscar (Gr. El Moro)	42° 32'	66° 10'	Fluorita	Vetiforme	60% CaF2 (Gr. El Moro)	200.000 t (Gr. El Moro)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Don Pancho (Gr. El Moro)	42° 35'	66° 10'	Fluorita	Vetiforme	60% CaF2 (Gr. El Moro)	200.000 t (Gr. El Moro)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Don Raul (Gr. El Moro)	42° 35'	66° 10'	Fluorita	Vetiforme	60% CaF2 (Gr. El Moro)	200.000 t (Gr. El Moro)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
Telsen	Don Alejandro (Gr. El Moro)	42° 36'	66° 10'	Fluorita	Vetiforme	60% CaF2 (Gr. El Moro)	200.000 t (Gr. El Moro)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

FLUORITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Telsen	Carlos Manuel (Gr. El Moro)	42° 36'	66° 11'	Fluorita	Vetiforme	60% CaF ₂ (Gr. El Moro)	200.000 t (Gr. El Moro)	Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico
	Santa Rita	42° 43'	66° 00'	Fluorita	Vetiforme			Triásico - Jurásico	Tobas, lavas, ignimbritas riolíticas	Formación Marifil	14h	Jurásico

MAGNESITA

La magnesita es un carbonato de magnesio ($MgCO_3$) romboédrico, del grupo de la calcita, conformado por 47,8 % MgO y 52,2 % CO_2 (magnesita pura) que frecuentemente se presenta en mezcla isomorfa de Fe, Mn, Ca. El $MgCO_3$ y $FeCO_3$ adoptan la forma de una serie completa dando lugar a *breunnerita* (poco ferrífera), *mesitina* (rica en hierro) y *pistomesita* (relación $MgCO_3:FeCO_3=1$; Klockmann y Ramdohr, 1947). Según su grado de cristalinidad se diferencia *magnesita cristalina* y *magnesita criptocristalina*. En el primero de los casos presenta peso específico 3.02, dureza 3.5 – 4.0, color blanco a negro con variedades amarillas, azules, rojas y grises y ocurren principalmente en depósitos sedimentarios generados por precipitación directa de magnesita o por reemplazo metasomático de calizas. La magnesita criptocristalina tiene dureza 3,5 a 5,0 y su color es generalmente blanco, también amarillo claro y naranja; su presencia está asociada con rocas ultrabásicas.

Es común encontrar depósitos de magnesita en vetas y masas irregulares formadas por la alteración de rocas ultrabásicas (serpentinitas y peridotitas) en contacto con aguas con ácido carbónico. En tal caso la magnesita es compacta, criptocristalina y frecuentemente contiene sílice amorfo o criptocristalino. Otra forma de ocurrencia de depósitos de magnesita es en mantos de magnesita cristalina, generados por metamorfismo y asociados con esquistos talcosos y cloríticos y con micaesquistos, o bien a partir de un origen sedimentario, formada por un precipitado primario o como un reemplazo de calizas por soluciones que contienen magnesio (Hurlburt y Klein, 1991).

Usos: la magnesita rara vez se usa cruda, en general es procesada con la finalidad de obtener *magnesia cáustica* (magnesita calcinada a $1.000^\circ C$) o *magnesia refractaria* (magnesita calcinada a $1.500 - 1.700^\circ C$). La magnesia cáustica es usada en la agricultura como fertilizante y como producto alimenticio para animales, y en la industria de la construcción como materia prima para el cemento Sorel (se le adiciona $MgCl_2$). La magnesia refractaria se usa en la manufactura de ladrillos para recubrimiento interno de hornos. La producción de magnesia es importante en la

industria química, como carga para papel, plásticos y gomas y como antiácido en la industria farmacopea (Publicación Técnica N° 3 SEGEMAR-UNSAM, 1999a).

MODELOS DE DEPÓSITOS DE MAGNESITA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
5j	8f	M07-I17
10f	18l	E09
13g		

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En la Argentina se registran hasta el momento escasos indicios y depósitos de magnesita. La mayoría de ellos se circunscriben a las fajas de rocas ultrabásicas de Cordillera Frontal, vinculados con procesos metasomáticos que afectaron dichas rocas en tiempos posteriores a su obducción (modelo 5j). Los depósitos cercanos a la localidad de Tupungato son los de mayor importancia, aunque nunca han sido explotados, tratándose de vetas en serpentinitas y otras rocas ultrabásicas compuestas por una mezcla de magnesita, calcedonia y calcita.

MAGNESITA EN EL ÁREA DE TUPUNGATO, PROVINCIA DE MENDOZA (Fusari, 1999b)

Generalidades

Ubicación: los cuerpos magnésíferos se localizan 40 km al oeste de la localidad de Tupungato en el ámbito de la Cordillera Frontal. En el área se distribuyen doce cuerpos, la mayoría de ellos ubicados en los alrededores de la mina de talco Doce Hermanos. El más importante (cuerpo N°1) se ubica sobre la margen norte del arroyo Gateado Overo, al sur de la mina antes mencionada.

Producción: estos depósitos no registran producción.

Dimensiones, leyes promedio y recursos de los cuerpos magnesíferos del área de Tupungato (Fusari, 1999b)

Cuerpo N°	Largo (m)	Ancho (m)	Profund. (m)	Densidad (g/cm ³)	Ley estimada (MgCO ₃ %)	Reservas indicadas (t)	Reservas inferidas (t)
1	200	10	60	3	50	360.000	
1'	150	10	60	3	50		270.000
2	60	2	20	3	50		7.200
3	30	4	10	3	50		3.600
5	20	4	10	3	50		2.400
5'	10	4	10	3	50		1.200
5''	14	10	10	3	50		4.200
7	150	10	50	3	50		225.000
10	400	30	60	3	40		720.000
10'	30	3	10	3	50		2.700
10''	30	5	10	3	50		4.500

Antecedentes

El proyecto "Rocas Ultrabásicas" del año 1983 incluyó trabajos de exploración y prospección a cargo del Centro de Exploración Mendoza de la Subsecretaría de Minería de la Nación y permitió el descubrimiento de los cuerpos carbonáticos con magnesita (Fusari, 1983). Posteriormente Fusari (1985) realizó el mapeo de los cuerpos N°1 y N°7 y el muestreo de diez de los doce cuerpos.

Marco geológico

La porción austral de la Cordillera Frontal presenta un basamento metamórfico de presunta edad proterozoica media -gneis datado por U/Pb en circones arrojó edad de 1069 Ma según Ramos y Basei (1997)- y una serie de cuerpos máficos y ultramáficos de la porción sur de la faja de rocas ultramáficas de Mendoza, emplazadas tectónicamente durante el Devónico inferior (Haller y Ramos, 1993; Ramos, 1999). Sobre este basamento cristalino se depositaron, en discordancia angular, sedimentitas marinas neopaleozoicas correspondientes a depósitos de retroarco de la cuenca Uspallata-Iglesias. Durante este periodo de subducción se intruyeron gabros, granodioritas y tonalitas, como así también los granitoides más antiguos de los grandes batolitos gondwánicos. Durante el Pérmico inferior temprano la fase orogénica San Rafael plegó y corrió los depósitos neopaleozoicos. Posteriormente tuvo lugar un intervalo breve de ascenso y erosión donde se generó una superficie de erosión, sobre la cual se extendió el plateau volcánico representado por el Grupo Choiyoi, producto de la actividad postorogénica y de régimen extensional que tuvo lugar durante el Pérmico - Triásico. Se registran potentes secuencias volcánicas y piroclásticas de

composición basáltica, andesítica, dacítica y riolítica además de la intrusión de numerosos plutones graníticos conformando los principales componentes de los batolitos de la Cordillera Frontal (Azcuay *et al*, 1999).

Geología de los yacimientos

Descripción: ambiente de basamento ígneo-metamórfico con presencia de micaesquistos sillimaníticos y esquistos talco-carbonáticos intruidos por rocas básicas y ultrabásicas (serpentinitas y gabros). También hay stocks dioríticos-tonalíticos-granodioríticos y plutonitas mayores de composición granítica-granodiorítica. Los depósitos de magnesita conforman estructuras vetiformes que atraviesan generalmente a serpentinitas y en algunos casos a esquistos talco-carbonáticos. Se han contabilizado doce cuerpos magnesíferos emplazados como vetas formadas por una mezcla de carbonatos y material silíceo. En el cuerpo N°1 se determinó una mezcla micro a criptocristalina de magnesita y calcedonia de color grisácea con tonalidades verdes y ocres con diseminaciones de sulfuros y óxidos metálicos (Fusari, 1999). Ambas vetas del cuerpo N° 1 se encuentran surcadas por venillas de 0,5 cm de espesor de magnesita de grano grueso (en el centro) y sílice criptocristalina (en los bordes) que atraviesan la zona brechada del contacto con la serpentinita y se internan en esta última roca.

Morfología: el cuerpo N°1 presenta estructura antiformal y su núcleo está ocupado por una serpentinita seguida de un gabro anfibolitizado y micaesquistos. El núcleo está atravesado por dos vetas subparalelas de orientación aproximadamente meridional inclinadas 75° a 85° al oeste; esencialmente las vetas son de magnesita y calcedonia. La veta mayor tiene 350 metros de longitud y 10 metros

de espesor, habiéndose comprobado su continuidad hasta los 30 metros de profundidad.

Mineralogía: la mineralización del cuerpo N°1 es una masa micro a criptocristalina de magnesita (52%), calcedonia (30%), calcita (7 a 10%) y plancheita? (las dos primeras con tamaño de grano de 20 a 40 μ) con diseminaciones de pirita, pirrotina, magnetita y cromita de <20 μ (8 a 11%).

Modelo genético

5j (Crisotilo-Talco-Magnesita). Grupo: Depósitos metasomáticos.

Maiza y Hayase (1984) estudiaron venillas de magnesita, asociadas a otros carbonatos, alojadas en peridotita serpentizada de la mina Salamanca, próxima a la mina Don Benito y Doce

Hermanos donde también han sido halladas. Estos autores determinaron que la magnesita se originó por un proceso de carbonatación, que involucró la circulación de soluciones hidrotermales ricas en CO₂ a través de la roca ultrabásica, lo que movilizó al ion magnesio y permitió la cristalización de magnesita a una temperatura de 200° C, valor establecido en base a mediciones hechas en inclusiones fluidas. Dichos autores plantearon el siguiente proceso:

Mineralización de sulfuros (veta de minerales metalíferos) → **Esteatización** (zona de talco, clorita; 300°C) → **Carbonatación** (venas de magnesita, dolomita y calcita; 200°C) → **Silicificación** (cuarzo-fuchcita).

Composición química de las vetas carbonáticas en el área de Tupungato

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	Cr ₂ O ₃	Ni	Perd. calc.
29,80 %	2,2 %	7,5 %	25,0 %	3,8 %	0,19 %	0,25 %	0,19 %	30,50 %

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

MAGNESITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Cuerpo N°1 y N°7	33° 17'	69° 30'	Magnesita	vetas	Cuerpo N°1: 50% MgCO ₃ ; Cuerpo N°7: 50% MgCo ₃	Cuerpo N°1: 360.000t (reservas indicadas); Cuerpo N°7: 225.000t (reservas inferidas)	Proterozoico-Eopaleozoico	Rocas ultramáficas y metamorfitas		5j	Paleozoico superior

ÓNIX

El término ónix es la denominación comercial empleada para las variedades de carbonato de calcio que exhiben laminación muy fina y sutil, representada por láminas de diversas tonalidades. La denominación fue tomada de una variedad silíceo, semejante al ágata, debido a que ambas poseen una laminación muy similar.

Para referirse a estas rocas carbonáticas mundialmente se han utilizado términos tales como: “mármol ónix”, “ónix calizo”, “ónix”, “ónice de mármol”, “alabastro calizo”, “calizas hidatogénicas” u “ónice calcáreo”, esta última hace referencia a la textura del material en su primer término y a su composición con el segundo. Todos ellos son considerados equivalentes entre sí (Lacreu, 1999).

Usos: el ónix ha sido ampliamente utilizado como roca ornamental.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE ONIX		
SEGEMAR	USGS	BCGS
7h		H01

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En la República Argentina los principales depósitos de ónix se encuentran en el ámbito de la Puna y en las Sierras Pampeanas Orientales, exactamente en las sierras de San Luis.

Durante el Mioceno superior-Plioceno, al norte de 30° de latitud sur, en Puna, los fenómenos termales íntimamente relacionados a las calderas y a los flujos ignimbríticos asociados generaron los yacimientos (modelo 7h) que se encuentran entre las localidades de Susques y La Poma y que se vinculan con los centros de mineralizaciones polimetálicas.

La migración del magmatismo hacia la zona de antepaís, sucedida hacia el Mioceno superior por la subhorizontalización de la zona de subducción al sur de 30° S (Ramos, 1995), generó depósitos epitermales de ónix en el ámbito de Sierras Pampeanas (Santa Isabel, San Luis, modelo 7h).

En la Puna, la actividad termal ligada al volcanismo de arco continuó durante el Cuaternario. Dichos fluidos emergen a partir de zonas de fallas ligadas a cubetas de sedimentación (salares), proceso con el cual se vinculan depósitos de B, Li, travertino y ónix.

ÓNIX EN LA PROVINCIA DE JUJUY

MINA PUCARÁ

(Coira, 1999; Schalamuk *et al*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en el extremo noroccidental de la provincia de Jujuy, en la Puna Norte, junto al límite internacional con Bolivia. La mina se localiza 140 km al oeste-noroeste de la localidad de Abra Pampa.

Acceso: por la ruta que une Abra Pampa con la localidad de Pirquitas. Se toma el camino que lleva a Cusi-Cusi y se continúa por el desvío, hacia el oeste, que conduce hasta el caserío de Loma Blanca. Desde allí el campamento se encuentra a 19 km y la mina a 25 km.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Producción: como dato histórico, en 1974 se produjeron 360 toneladas de bochones.

Mina	Reservas (t)	Autor
Pucará	23.840 (positivas)	Lizarraga, 1974
	7.150 (inferidas)	
	16.000	Gallino, 1972

Antecedentes

La extracción de ónix comenzó en el año 1958.

Marco geológico

En la provincia ignimbrítica cenozoica de los Andes Centrales se desarrollaron, durante el Mioceno superior (10-6 Ma), gigantescos centros caldéricos. Asociados a estos sistemas se hallan depósitos epitermales de metales, manifestaciones fumarólicas de azufre, depósitos evaporíticos y placeres auríferos y estanníferos.

El complejo caldérico cerro Panizos es uno de esos grandes centros ignimbríticos de la Puna Norte, que durante el lapso 7,9 Ma-6,7 Ma generó niveles ignimbríticos de composición dacítica y anidó, durante el emplazamiento del segundo pulso ignimbrítico, una nueva caldera de tipo *downsag*. A los 6,1 Ma se produjo una resurgencia del magmatismo, con la efusión de lavas dacíticas que inundaron la caldera, y que continuó con el emplazamiento de domos dacíticos aprovechando parte de la estructura de colapso previa.

Geología del yacimiento

Descripción: los niveles de mármol ónix afloran en el margen sudoeste del *plateau* ignimbrítico (Mina Pucará). En la mina se reconoce un conjunto de niveles calcáreos interstratificados con conglomerados y material volcánico; todo el conjunto es de edad cuaternaria y se apoya sobre sedimentitas del Terciario. Los depósitos cuaternarios comienzan con un cuerpo de andesitas, sobre él se apoyan 0,2 a 10 metros de travertino amarillo a pardo amarillento, luego aparece un conglomerado y continúa un nivel de 2 a 6 metros de ónix coronado por travertino. Culminan la columna una intercalación de conglomerados, travertino y ónix verde, blanco y rosado por debajo de conglomerados y pelitas. El paquete, en conjunto, tiene 15 metros de espesor y 330 metros de largo en sentido este-noreste. Se orienta N52°E/6°-12°O y N60°O/6°-11°SO.

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Los depósitos geotermales de mármol ónix de baja temperatura de la mina Pucará están asociados a etapas póstumas del sistema volcánico del complejo caldérico cerro Panizos.

OTRAS MANIFESTACIONES DE LA REGIÓN: *Mina San Juancito*, a 10 km de la localidad homónima, producía aragonita rojiza en bloques, asociada a cuerpos de travertino. *Mina Cabeza de Toba*, a 14 km al sudeste de la anterior, está constituida por una serie de lentes de ónix de 0,35 a 2 metros de espesor, de color verde, blanco y verde amarillento y de estructura compacta, sin fisuras ni rajaduras, que adquiere buen pulimiento (Ahlfeld, 1948).

TELAR CUEVA O CUEVA DE TIGRE
(Schalamuk *et al*, 1983)

Generalidades

Ubicación: región localizada 7,5 km al sudeste de Susques.

Geología del yacimiento

Descripción: depósitos de material calcáreo constituidos por lentes de travertino verde y estructura bandeada, además de cuerpos de ónix.

Los mismos se apoyan sobre sedimentitas ordovícicas e infrayacen a sedimentitas terciarias. El yacimiento es de 230 metros de largo por 3 metros de espesor.

Sector	Reservas probables de ónix (t)	Reservas probables de travertino (t)	Referencia
Telar Cueva	1.000	5.200	Tuttolomondo, 1970

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

ÓNIX EN LA PROVINCIA DE SALTA

ARITA

(Schalamuk *et al*, 1983; Lacreu, 1992)

Generalidades

Ubicación: el depósito se encuentra al sur del salar de Arizaro, en el ámbito de la Puna. A 75 km al sudoeste de la localidad de Tolar Grande (estación del ex F.C.G.B.)

Acceso: desde Tolar Grande, por la ruta nacional 51, se recorre 15 kilómetros al oeste y se desvía hacia el sur por el salar de Arizaro aproximadamente 10 km hasta el campamento minero y 7 km más hasta la cantera.

Producción: en el año 1980, de la cantera Franca se extraían 30 toneladas mensuales de "bochones" de ónix y 120 toneladas mensuales de escallas de ónix.

Antecedentes

La cantera Arita se explotó desde 1950 hasta 1975; en la cantera Brach las tareas de explotación cesaron en 1980.

Geología de los yacimientos

Descripción: la base de la columna estratigráfica local está ocupada por el Granito de Arita (Ordovícico), de carácter sinorogénico, con facies granodiorita y granítica. Por encima se apoyan tobas y brechas tobaceas del Terciario-Cuaternario. Continúa un manto de calizas hidatogénicas de 3,5 metros de espesor conformado por una sucesión de niveles de 1 a 5 centímetros de ónix verde claro, aragonita fibrosa pardo claro, ónix gris claro y aragonita blanca de

edad cuaternaria. En la posición estratigráfica inmediatamente superior existen coladas y diques basálticos. El material moderno que corona la columna son sedimentos fluviales y evaporitas. En la zona de Arita existen dos depósitos principales, el del norte, representado por las canteras Arita y Franca, contiene principalmente ónix de tonos verdes, mientras que el sector sur, distante 5 km en dirección sudsudoeste, presenta depósitos de ónix de tonos rojos y en él se han abierto las canteras Brach, Marito y José Nioi. La cantera Brach presenta cuerpos de ónix mantiformes tabulares a lenticulares, horizontales de 0,1 a 1,5 metros de espesor, pseudoconcordantes a discordantes con la estratificación de las tobas; es un material de color castaño rojizo oscuro, traslúcido. Frecuentemente de los mantos parten ramificaciones discordantes (vetas calcáreas) lenticulares o cuneiformes de hasta 0,6 metros de potencia que cortan tanto rocas plutónicas como volcánicas.

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Se trata de una mineralización calcárea epigenética compuesta por ónix y aragonita formada a partir de soluciones bicarbonatadas, de carácter hidrotermal y vinculadas a fenómenos postvolcánicos del Pleistoceno superior a Holoceno inferior; las soluciones lixiviaron y depositaron carbonato de calcio en fracturas cercanas a la superficie después de atravesar secuencias de calizas o sedimentos calcáreos. (Lacreu, 1989; 1992).

HUAYTIQUINA

(Schalamuk *et al*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en la región de Huaytiquina se encuentran las canteras **Norma I** y **II**, además de la cantera **Casa del Zorro**. Ambas se localizan en el ámbito puneño; el primero de los yacimientos se ubica 66 km al nor-noroeste de la localidad de Olacapato mientras que la mina Casa del Zorro se ubica a 58 km de la misma localidad.

Acceso: ambos depósitos tienen como acceso la ruta nacional 51 que conduce a Huaytiquina.

Producción: como dato histórico, en el año 1980 se extraían 30 – 40 toneladas mensuales de escallas, bochones y bloques de la cantera Norma I y 40 – 60 toneladas mensuales de la cantera Casa

del Zorro. En la mina Norma I se obtenía como principal producto ónix de variedad azul (“azul cielo”) en escallas, bochones y en menor cuantía en bloques (los mayores alcanzaban 1,5 m³). En la mina Casa del Zorro es característica la variedad mármol “crema casa del zorro”, de la cual se han obtenido bloques de hasta 3 m³ en los sectores menos fracturados.

Sistema de explotación: a cielo abierto, mecanizada.

Antecedentes

La cantera Norma I se explotó desde la década de 1950, aunque en 1965 recién comenzó un período de explotación continua. En la cantera Norma II sólo se han efectuado trabajos exploratorios. La mina Casa del Zorro se ha explotado, aunque en forma interrumpida, desde 1958.

Geología del yacimiento

Descripción: en la cantera Norma I el material calcáreo se aloja en rocas terciarias (Mendez *et al*, 1979). El mármol ónix se encuentra interestratificado entre lentes de limo-arcillitas y niveles de aragonita blanca de 5 a 20 centímetros de potencia. El paquete alcanza 3,95 metros de espesor con niveles centimétricos a decimétricos de ónix masivo de color blanco, verde, verde amarillento y azul claro. Cubren al banco calcáreo 3 metros de areniscas con lentes de tobas, material calcáreo contaminado con óxido de hierro y aragonita.

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

OTROS DEPÓSITOS DE ÓNIX EN LA PROVINCIA DE SALTA: **Pampa Ónix** (15 km al sudoeste de la estación del ex F.C.G.B Taca-Taca); **Alto Tocomar** (travertino y ónix a 37 km al oeste de San Antonio de los Cobres, la mineralización se relaciona con rocas dacíticas y tobas del Terciario); **Grupo León** (al oeste del salar del Rincón y a 60 km al noroeste de la localidad de Pocitos, la mineralización se asocia a conglomerados brechosos del Cuaternario); **Gallego, Adriana, Pozuelos, Dragón** (rojo dragón), **Tía María, El Sol, Las Cuevas** (reservas aprovechables entre travertino y ónix: 210.000 m³, según Chirila y Pasquín, 1951) y **Pozo Bravo**.

ÓNIX EN LA PROVINCIA DE CATAMARCA

MINA INCA Y MÓNICA
(Schalamuk *et al*, 1983)

Generalidades

Ubicación: la mina Inca se encuentra 16 km al sudeste de Antofagasta de la Sierra y la mina Mónica a 6 km al este de la anterior. Ambas pertenecen al ámbito de la Puna.

Acceso: por la ruta nacional 53 se llega a Antofagasta de la Sierra, luego a través de una huella minera se accede a los yacimientos.

Producción: de mina Inca se extrajeron en el período 1971-1977 un total de 2.741 toneladas de material entre bochones, escallas y bloques.

Mina	Reservas (t)	Referencias
Inca	250.000	Jurado Marrón, 1978

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Antecedentes

La mina Inca se comenzó a explotar en el año 1949 y se trabajó hasta 1978.

Geología del yacimiento

Descripción: la secuencia estratigráfica en mina Inca es similar a la observada en mina Mónica; Jurado Marrón (1978) vinculó ambos depósitos a una misma cuenca elongada en forma este-oeste. La secuencia comienza con metamorfitas de bajo grado (pizarras y filitas) intensamente deformadas, sobre las que se apoya un manto de material brechoso con cemento calcáreo, de origen glacial y edad cuaternaria inferior, con bloques del basamento infrayacente. Por encima, 30 centímetros de ónix de estructura masiva y color amarillo a verde amarillento cubierto por casi 3 metros de brecha glacial, cementada por carbonato de calcio, con intercalaciones de niveles tobáceos. Luego aparece un segundo nivel de ónix, de 20 centímetros de espesor, con textura porosa especialmente en la parte superior. Cierran la secuencia pleistocena 1,9 metros de conglomerado brechoso, con matriz tobácea y cuerpos calcáreos intercalados. Material moderno tapa la columna.

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

MINA LAURITA

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de la Puna, 100 km al sur de Antofagasta de la Sierra y 170 km al norte de Belén.

Acceso: la ruta nacional 53 pasa por la localidad de Pasto Ventura, desde allí, y a través de una huella en mal estado, se llega al yacimiento.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: la secuencia cuaternaria que contiene los niveles calcáreos se apoya en discordancia angular sobre esquistos inyectados. La columna sedimentaria comienza con un nivel de limolitas rojas seguido por una facies grano-decreciente de conglomerado brechoso basal, areniscas tobáceas y arcillitas. Le sigue un manto de calizas con impurezas de arcilla y tobas; su espesor es de 1,7 metros. Seguidamente aparecen 1,3 metros de ónix gris azulado que aflora en un área de 2 hectáreas con rumbo noreste-sudoeste y leve inclinación al noroeste y al sudeste. En algunos sectores se encuentra cubierto por una nueva secuencia clástica que comienza con conglomerado brechoso y culmina con calizas impuras y un nivel de yeso, el conjunto se encuentra cubierto por médanos y material coluvial.

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

ÓNIX EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS

CANTERA SANTA ISABEL, CANTERA CÓRDOBA, POTRERILLO Y LAS TOSCAS
(Lacreu, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de San Luis, departamento Coronel Pringles, en el extremo sudeste de la sierra de San Luis (Sierras Pampeanas) a 35 km al noroeste de La Toma. La zona de las canteras se encuadra entre los paralelos 32°55'S y 33°23'S y los meridianos 65°50'O y 65°44'O.

Reservas de ónix en los principales yacimientos de la provincia de San Luis

Recurso/Reserva (categoría)	Cantera Córdoba (t)	Cantera Santa Isabel (t)	Otras (t)	Total (t)	Referencias
Positivo	5.940			5.490	Cardó y Ayub, 1997
Indicado	2.352	20.790		23.142	
Inferido		27.000	25.000	27.700	
Hipotético		20.000		20.000	
Totales	8.292,5	23.490	45.000	76.782	
Totales				111.500	Bulacio, 1975
Totales				114.000	Lacreu, 1982
Totales				90.000	Frutos (en Estevez, 1988)

Producción: desde 1972 hasta 1987 se realizó una importante explotación, con una producción de 4000 t anuales durante los años 1972 a 1984. A partir de ese año y hasta el presente se producen un promedio de 1400 t por año, teniendo en cuenta que desde 1987 sólo se procesa el material de planchada, pues no se extrae más ónix del yacimiento. Actualmente se han reanudado los trabajos por medio de la Cooperativa Telefónica “La Toma” quien encomendó esta tarea a la empresa Bailo e Hijos. La provincia de San Luis produjo en el año 2000 un total de 185 t de mármol ónix en bloques y 129 t en el año 2002 (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: su principal requerimiento es para fabricación de artesanías (jarrones, bijouterie, etc), mesadas de cocina y muy raramente para revestimiento. La calidad “moler” (bochones menores a 5 kg y los mayores con oquedades o defectos que los descalifican) se utiliza en el mercado interno para la fabricación de pisos “granitos” y revestimientos de muros.

Sistema de explotación: a cielo abierto, en canteras cuyo método de extracción varía según las características del material del yacimiento. Así, en las canteras Córdoba y Santa Isabel se han utilizado tres métodos diferentes, uno de ellos es la separación de los bochones a través de cuñas expansoras manuales aprovechando las fisuras naturales del material. Otro mecanismo utilizado fue el aserrado con hilo helicoidal, pero tenía el inconveniente de que una vez extraído el material éste se fracturaba según fisuras naturales ocultas. Luego se realizó una explotación “todo uno” (Lacreu, 1982), extrayendo el ónix junto con material de la roca de caja y limpiando con cuñas o explosivos. Por medio de palas cargadoras el material se retira del frente de cantera y se lleva a acopio, en la playa, donde se clasifica y se limpia manualmente.

Antecedentes

El ónix de la región es conocido desde fines del siglo XIX, cuando el perito Francisco Moreno lo reconoce en las proximidades del paraje El Pantano e intenta alentar su explotación. La mina Santa Isabel fue primeramente mencionada por el Ing. Ave Lallement (1875). Más tarde Bodenbender (1903) realiza el primer estudio geológico en los yacimientos hasta que Kittl (1932, 1936) describe prolijamente la geología y propone un modelo genético para el ónix de Santa Isabel. Lacreu (1981, 1982) completa dichos trabajos proponiendo un nuevo modelo genético y es el mismo autor (Lacreu, 1996, 1997) quien termina formulando una hipótesis genética regional para la República Argentina.

Los primeros trabajos de explotación masiva comenzaron en 1930 por la empresa alemana Fritz y Cia, que realiza durante los años '40 varios pozos exploratorios. Entre los años 1978 y 1979 se perforaron 154 pozos por medio de percusión y 17 pozos a diamantina, trabajo que permitió descubrir el cuerpo mineralizado entre la cantera Santa Isabel y la Cantera Córdoba. Recientemente se realizó exploración mediante perfiles geoeléctricos y perforaciones, con sacatestigos (Cardó y Ayub, 1997).

Marco geológico

Las Sierras Pampeanas en San Luis están conformadas por un basamento cristalino Proterozoico-Paleozoico medio, compuesto por metamorfitas principalmente de grado medio (esquistos biotíticos) y rocas ígneas intruídas por pegmatitas. Deben su morfología a una estructura de bloques limitados por fallas inversas basculadas al este y de geometría lístrica, que durante el segundo episodio de levantamiento (Plio-Pleistoceno) se reactivaron en respuesta a la

tectónica andina (Costa, 1992). El primer levantamiento fue en el Mio-Plioceno y durante ambos eventos tectónicos tuvo lugar un volcanismo originado por la menor inclinación de la zona de Benioff durante la expansión del arco magmático (Ramos *et al*, 1991). Los domos extrusivos y los depósitos piroclásticos se distribuyen a lo largo de 80 km sobre una faja de dirección noroeste-sudeste con volcanitas de 10 ± 1 Ma en el extremo oeste (Carolina) y $1,9 \pm 0,2$ Ma en el extremo este (serranía del Morro). La morfología serrana produjo cuencas intermontanas rellenadas por depósitos terciarios y cuaternarios.

Geología del yacimiento

Descripción: la mineralización carbonática está alojada en rocas de las sedimentitas calcáreas Santa Isabel (Mioceno superior) y las vulcanoclastitas Lomitas (Plioceno), atribuyéndosele una edad Pliocena. Los cuerpos mineralizados son de geometría tabular, subhorizontales, pseudoconcordantes con la caja sedimentaria y discordantes con la caja igneometamórfica. Tienen espesores variables según sean mantos simples, de entre 0,10 y 1,5 metros de espesor, con ónix calcáreo compacto en la base y poroso en la parte superior, originado en un solo pulso de mineralización, y los mantos complejos de hasta 10 metros de espesor originados por varios pulsos diferentes de mineralización que le otorgan una estructura alternante de capas compactas y porosas de ónix calcáreo. Se reconocen dos ciclo de mineralización, el primero generó ónix calcáreo y el segundo sobrevino después de un prolongado lapso de tiempo generando aragonita, la que rellena grietas que cortan al ónix y a la roca de caja. En los diversos mantos se observan estructuras coliformes denominadas crestas, mamelones y oquedades periformes invertidas, formadas por deformación durante los estadios iniciales, cuando el ónix aún

no había cristalizado y permanecía en forma de “gel” (Lacreu, 1.999).

Morfología: son cuerpos mantiformes divididos en mantos simples y mantos complejos debido a su menor o mayor espesor y su formación a partir de uno o de varios pulsos de mineralización, respectivamente.

Mineralogía: en los mantos mineralizados hay calcita, que forma el ónix calcáreo, y aragonita. La calcita es de color verde amarillento y se presenta en cristales de hábito fibroso perpendiculares a la superficie del cuerpo; según estudios de inclusiones fluidas su temperatura de formación fue 220°C. Las fibras de aragonita son de color amarillento.

Modelo genético

7h (termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El modelo genético propuesto por Lacreu (1993) para el yacimiento Santa Isabel es epigenético epitermal. Sugiere el ascenso de un domo andesítico viscoso, durante el Plioceno, el cual genera un aumento local en el grado geotérmico, un calentamiento de las aguas subterráneas bicarbonatadas cálcicas circulantes y una posterior mezcla con aguas juveniles provenientes del domo provocando un verdadero sistema geotermal. El emplazamiento del domo ígneo generó fracturas cónicas refractadas en planos de debilidad subhorizontales preexistentes (exfoliación y fractura del basamento) que al abrirse sirvieron de canal para las aguas termales; al verse liberadas de presión permitieron el escape de la fase gaseosa y el comienzo de una “ebullición adiabática” precipitando micropartículas calcáreas conformando un gel, posteriormente deformado. La mineralización concluye cuando el magma caliente del domo volcánico se aproximó a la superficie e interactuó con el nivel freático produciendo una explosión freatomagmática.

Cuadro estratigráfico en la zona de Santa Isabel, provincia de San Luis.

Edad	Unidad	Descripción
Holoceno		Limos y loess
Pleistoceno	Olguín	Aglomerados de espesores variables entre 0,5 y 2,5 m.
	El Pantano	Areniscas y conglomerados fluviales. Espesor de 4 m.
Plioceno		Andesitas anfíbólico-piroxénicas
	Facies travertino “Ojo de Agua”	Travertino
	Lomitas	Volcanoclastitas. Dos ciclos eruptivos con brechas coignimbríticas en la base y flujos ignimbríticos en el techo de cada uno. Aproximadamente 11 m de espesor.
Mioceno	Santa Isabel	Sedimentos calcáreos de planicie aluvial. Espesor 6,1 m.
Proterozoico a Paleozoico Sup.		Basamento esquistoso con aplitas y pegmatitas

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ÓNIX

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Cusi Cusi	Cantera Pucará Cantera Peña Negra	22° 22'	66° 34'	Travertino-Onix	Bancos		23.840 t (medidos) 7.152 t (inferidos)	Oligoceno Pleistoceno	Secuencias clásticas y volcanoclásticas Andesitas y tobas		7h	Pleistoceno
Susques	Cantera Cueva del León, Cantera Cueva del Tigre, Cantera Susques	23° 27'	66° 18'	Travertino-Onix			5.200 t	Ordovícico Terciario	Areniscas y lutitas Andesitas		7h	Mioceno-Plioceno
Huaytiquina	Norma I y II	23° 49'	67° 12'	Travertino-ónix				Neógeno	Limolitas, arcillitas		7h	Neógeno
Huaytiquina	Casa del Zorro	23° 50'	67° 08'	Travertino-ónix				Neógeno	Limolitas, arcillitas		7h	Neógeno
Sierras de Rincón	León, Nenucha, Pilarica, Negrita	24° 09'	67° 13'	Travertino-ónix			24.000 t	Pleistoceno Holoceno	Conglomerados brechosos		7h	Pleistoceno Holoceno
Tocomar	Nueva Tocomar	24° 11'	66° 34'	Travertino-ónix				Neógeno	Dacitas y tobas		7h	Neógeno
Arita	Arita, Ana	25° 02'	67° 46'	Travertino-ónix				Pleistoceno Holoceno	Tobas, brechas y coladas basálticas		7h	Pleistoceno Holoceno
Arita	Brach, Marito	25° 08'	67° 45'	Travertino-ónix			20.000 t (medidos+ inferidos)	Pleistoceno Holoceno	Tobas, brechas y coladas basálticas		7h	Pleistoceno Holoceno
	Santa Bárbara	28° 47'	66° 50'	Travertino		CaCO ₃ : 89,7	475.000 t	Terciario	Conglomerado		7h	Terciario
	Cantera Córdoba	32° 54'	65° 48'	Onix calcáreo	Mantiformes		5.490 t (medidos), 2.352 t (indicados)	Mioceno Superior- Plioceno	Areniscas conglomerádicas, brechas coignimbríticas	"Sedimentitas Calcáreas Santa Isabel", "Volcaniclas-tita Lomitas"	7h	Plioceno
	Cantera Santa Isabel	32° 54'	65° 48'	Onix calcáreo	Mantiformes		20.790 t (indicados), 2.700 t (inferidos)	Mioceno Superior- Plioceno	Areniscas conglomerádicas, brechas coignimbríticas	"Sedimentitas Calcáreas Santa Isabel", "Volcaniclas-tita Lomitas"	7h	Plioceno

PERLITA

Las perlitas son vidrios naturales enriquecidos en agua. Incluyen obsidianas hidratadas y de bajo contenido en agua, ceniza volcánica hidratada o pumicita y rocas perlíticas. Se acepta como definición clásica de perlita a los vidrios que se diferencian del resto por su contenido de agua, que es del orden del 2 a 5%, brillo perlado y –en una definición descriptiva- por la presencia de fractura perlítica (estructura tipo cebolla). Geológicamente, el término debe extenderse para incluir las texturas menos densas de perlitas que están genéticamente relacionadas con la variedad clásica pero que raramente exhiben estructura esferoidal a escala microscópica, y no exhiben brillo perlado o fracturas perlíticas macroscópicas. La mayoría de las obsidianas silíceas contienen entre 0,1 y 1,0% de agua total, como SiOH dentro de la estructura silícea. Se piensa que esta agua representa el componente magmático original presente en el magma al enfriarse. Es raro que vidrios recientes se encuentren ampliamente hidratados; son los vidrios más viejos los que ocurren principalmente como perlitas. Se cree que las perlitas son vidrios volcánicos hidratados formados por alteración secundaria de obsidianas, al incorporarse agua a la estructura silícea del vidrio.

Mundialmente la presencia de perlitas se asocia con volcanismo del Terciario inferior al Cuaternario medio. El vidrio volcánico perlítico yace en nódulos enfriados rápidamente dentro de domos silíceos y flujos de lavas asociados, junto a tefra vítrea y vidrios de la zona de tufitas formadas por cenizas soldadas. La zona de vidrios frecuentemente está presente sobre los domos y flujos como nódulos externos, como mantos y como tefras asociadas. Cuando se hidratan, pueden representar importantes fuentes comerciales de perlitas (Breese y Barker, 1997).

Las perlitas expanden más de diez veces su volumen original cuando son calentadas (generalmente entre 650° - 1.000°C). Esta propiedad es causa del agua contenida en su estructura molecular. La perlita es un material liviano (al expandirse disminuye su densidad a 0,35 – 0,80 gr/cm³), inerte, atérmico y antisonoro (Schalamuk et al., 1983).

Usos: el mineral convenientemente reducido y clasificado, y luego calentado a temperaturas cercanas a los 1.000° C, se convierte en livianas partículas esféricas que contienen aire en su interior, con excelentes características como aislante térmico y acústico. Las partículas y fibras de refuerzo se unen entre sí con ligantes inorgánicos, el compuesto es premoldeado con presión y sometido a otros tratamientos térmicos, obteniéndose así **planchas** y **medias cañas** con alto poder aislante y excelente resistencia a la compresión y flexión, resistencia a los agentes químicos, a la humedad y al fuego. Este producto es usado en plantas de generación de vapor y en procesos que involucren tuberías, tanques, calderas, reactores, etc. operando entre 100° y 815° C.

Las propiedades de la perlita expandida tales como bajo peso específico, aislación acústica, aislación térmica y adaptabilidad, encuentran su aplicación en la **industria de la construcción** (que consume entre el 60 y 70% de la producción mundial), donde se usa la perlita expandida y clasificada en diferentes tamaños como materia prima de mezcla para revoques, hormigón y para aislaciones de relleno sin compactar. La densidad de la perlita expandida es 15 veces menor que la de arena, 8 veces menor que la de arcilla expandida y 6 veces menor que la del granulado volcánico.

Las partículas de perlitas expandidas también son insolubles, de tamaños irregulares y completamente inertes y livianas, por ello son aprovechadas por la **industria química y alimenticia** como auxiliar de filtración (alta velocidad de flujo y máxima clarificación). Son usadas como aislantes en los procesos criogénicos, como soportes de catalizadores y como transporte de pigmentos, con la ventaja que son 30% más liviana que las diatomitas.

También se utilizan en **agricultura** como mejorador de suelos y como soporte de abono y defensivos.

Otros usos y aplicaciones de perlita expandida tienen lugar en la **industria siderúrgica**, como recipiente para guardar metales calientes luego de ser fundidos. En **saneamiento ambiental**, por su gran superficie específica, se usa para extraer derivados del petróleo que contaminan el agua y complemento filtrante para controlar la polución ambiental (Dirección de Economía Minera y Desarrollo, 1997).

Composición química promedio de perlitas (Ramallo, 1999)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O + K ₂ O	CaO + MgO	H ₂ O
69 – 73%	12 – 18%	1,5 – 2,3%	5,5 – 7%	3,1 – 5%	2 – 6%

MODELOS DE DEPÓSITOS DE PERLITA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
11d	25k.1	R12

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos de vidrio volcánico hidratado con capacidad de expansión (perlitas) existentes en América del Sur se localizan principalmente en la provincia geológica Puna. En Argentina los yacimientos de mayor importancia se ubican en el noroeste de la provincia de Salta, más precisamente en las inmediaciones de San Antonio de los Cobres y Estación Pocitos. En este caso las perlitas yacen como cuerpos dómicos de estructura masiva o como coladas lávicas de estructura estratiforme (modelo 11d), asociadas a los extremos más ácidos del volcanismo calcoalcalino que tuvo lugar en la región durante el Mioceno superior y Plioceno. De las unidades generadas por tal evento volcánico, las lavas mesosilícicas, principalmente los extremos riolíticos, y los depósitos piroclásticos asociados de la Formación Rumibola son los que albergan depósitos perlíticos, conformando el litotecto de los mismos.

La asociación de las perlitas con el volcanismo neógeno mesosilícico del noroeste, y la ocurrencia del tipo flujo/domo de los depósitos, sirven como guías para el reconocimiento regional de nuevas fuentes de perlitas no descubiertas. Breese y Barker (1997) indican que los vidrios del Oligoceno temprano al Cuaternario medio son lo suficientemente viejos para poseer una hidratación importante y lo suficientemente jóvenes para haber sido arrasados por la erosión y afectados por desvitrificación, lo que constituyen el material

volcánico ideal para la ocurrencia de depósitos de perlitas.

PERLITAS EN LA PROVINCIA DE SALTA (Schalamuk *et al.*, 1983 y Ramallo, 1999)

Generalidades

Ubicación: los depósitos más importantes de perlita se encuentran en el departamento Los Andes, en el noroeste de la provincia de Salta. Se destacan cuatro áreas, a saber: *Quebrada de Quirón*, al sudoeste del cerro Azufre y a 20 km al sudeste de la Estación Pocitos; *Quebrada de la Rupasca*, a 45 km al sudoeste de San Antonio de los Cobres, *La Ramada*, ubicada a 15 km al norte de la localidad anterior y por último la *Vega de Arizaro*.

Producción: la provincia de Salta es la principal productora de perlita del país alcanzando un total de 21.495 t en el año 1998; 17.521 t en el año 2000 y se estimó en 14.464 t la producción en el año 2002 (Estadística Minera de la República Argentina). Según datos de la Secretaría de Minería de la Provincia de Salta la producción se distribuyó, en 1998, de la siguiente manera:

Distribución de la producción de perlita en la provincia de Salta en el año 1998

Área	Cantera	Producción (t)
Quebrada de Quirón	Taurus	999
	Acuyico	2.071
	Ángel del Infierno	2.454
	Mariana	2.058
Quebrada de la Rupasca	Cristina	3.243
La Ramada	La Pava	10.670

Fuente: Secretaría de Minería de la provincia de Salta.

Composición química y características físicas de perlita de distritos de la provincia de Salta

Distrito	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	Humed. 110°C (%)	Perd. a 1000°C (%)	Densidad aparente	Densidad real	Reservas (t)
Quirón*	69,82	0,91	2,9	4,62	1,10	0,6	4,1	1,34 g/cm ³	2,35 g/cm ³	6.257.000; 2.310.000 (inferidas) (Quartino <i>et al.</i> , 1971)
Rupasca°	75,05	0,45	2,84	4,85	0,81	4,32				
	75,84	0,35	3,31	4,65	0,81	2,78				
Ramada°	74,14	0,66	4,14	4,24	0,59	2,11				
Arizaro°	73,89	0,45	4,54	3,73	0,81	2,52				
	71,50	0,04	3,38	4,13	1,48	4,38				

Fuente: (*) Ramallo (1999); (°) Dirección Nacional de Economía Minera y Desarrollo (1997)

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco geológico

(Blasco y Zappettini, 1996)

El magmatismo del Mioceno superior-Plioceno (post fase Quechua) tuvo una amplia distribución areal en la región noroeste de la provincia de Salta. Los productos de la actividad volcánica que sucedieron a la fase Quechua se agrupan en tres unidades principales: lavas y cuerpos subvolcánicos mesosilícicos y/o básicos (Formación Rumibola), dacitas (Formación Bequeville y equivalentes) y tobas e Ignimbritas (Formación Abra del Gallo).

La Formación Rumibola está compuesta por lavas andesíticas y cuerpos subvolcánicos que tienen frecuentemente un color de alteración rojizo; en fractura fresca son grises. En las coladas del sur del macizo del Queva existen intercalaciones riolíticas perlíticas en forma de lentes. Las perlitas son de color gris verdoso claro; en muchos casos tienen fractura concéntrica exfoliativa. Es notable la distribución noroeste-sudeste de este volcanismo, lo cual evidencia un importante control estructural ya activo durante el Mioceno superior. Los afloramientos del cerro Chipas y los más pequeños al sur escapan a este control pero, a su vez, están relacionados con las fallas norte-sur que se corresponden en dirección con las de la fosa del río Calchaquí.

Geología de los yacimientos

Descripción: en el área de **Quebrada de Quirón** los depósitos ocupan los sectores más elevados, distribuidos entre bloques y brechas de rocas andesíticas rojizas con fenocristales de andesina, clinopiroxenos, olivino, biotita y escaso cuarzo en una pasta de plagioclasa, clinopiroxeno y óxidos de hierro de la Formación Rumibola. Como promontorios que sobresalen del paisaje se destacan rocas félsicas y brechas blanco amarillento a rojizas, afáníticas, muy ácidas, con texturas masivas a brechosa con cemento felsítico blanco lechoso. Las rocas vítreas se dividen en: a) Obsidianas presentes como fragmentos detríticos con una proporción vítrea de 98%, incoloro, con inclusiones de albita y biotita. b) Rocas hialofibrasas, poseen un 95% de vidrio volcánico,

son livianas, porosas, color caramelo, textura fluidal dada por bandas orientadas de vesículas, glóbulos y clorita ferruginosa. c) Perlitas, roca vítrea que debido a su microfracturamiento no posee una expresión de superficie, es de color amarillo grisáceo, verde y castaño de tonos claros, brillo resinoso a vítreo y a veces mate con fractura concoide. Las perlitas *sensu stricto* poseen una fractura perlítica (curva hasta esférica) y no tienen estructura de flujo; están compuestas por un 95% de vidrio con biotita, albita y escaso cuarzo. d) Rocas semiperlitas, son transicionales a las anteriores con características de fluidalidad (alineamiento de impurezas, formas elementales de cristalinidad, y glóbulos y microvesículas alargados). En las canteras **Taurus** y **Anfitrite** el material perlítico alcanza 40 metros de potencia y en su tercio superior se encuentran bochas y concreciones de andesitas gris claras, el resto del cuerpo presenta bandas grises y rojizas en un material color verde claro. Cubren el depósito tobas alteradas y conglomerado rojo. En el área de la **Quebrada de La Rupasca** las perlitas ocurren como cuerpos dómicos asociados a rocas ácidas y lentes andesíticos; son de color gris, con aspecto sedoso, textura masiva y fractura concoide. En el área de **La Ramada** las perlitas y obsidianas granatíferas se presentan en forma de coladas lávicas, asociadas a depósitos piroclásticos de composición riolítica, dentro de los límites de una caldera. Aquí las perlitas masivas se asocian a una yacencia dómica, mientras que las estratiformes se asocian a material piroclástico. **Vega de Arizaro**, es una estructura dómica que constituye el cerro Amarillo, desde el que fueron emitidas algunas coladas de formas ameboidales; tanto el edificio como sus coladas están constituidos por material vítreo perlitado de color blanco rosado. No existen labores de exploración ni explotación.

Modelo genético

11d (Perlita). Grupo: Depósitos asociados a volcanismo subaéreo.

Material asociado a los extremos más ácidos del volcanismo cenozoico calcoalcalino. La relación con la F. Rumibola no es clara aunque se supone que los vidrios representan el fenómeno póstumo del proceso volcánico.

DEPÓSITOS DE PERLITA EN CATAMARCA

(Dirección Nacional de Economía Minera y Desarrollo, 1997)

Generalidades

Ubicación: el depósito de mayor importancia, en Antofalla, se ubica en la ladera oriental del volcán homónimo, en la Puna catamarqueña. Existen además otros yacimientos como los de Vega de Hombre Muerto, Organullo y Acay, de menor interés económico.

Geología del yacimiento

Descripción: reconocimientos preliminares del depósito de Antofalla indican que se trata de

cuerpos y coladas perlizadas con coloración gris blanquecina, marcadamente fluidal. Las perlitas presentan bloques y bandas de obsidianas, lo cual genera problemas para su beneficio; no obstante la escasa información geológica existente, es un distrito potencialmente importante dadas las estructuras geológicas involucradas.

Modelo genético

11d (Perlita). Grupo: Depósitos asociados a volcanismo subaéreo.

El depósito de Antofalla se encuentra genéticamente asociado al complejo estratovolcánico de Antofalla, formando parte de coladas.

Composición química de perlita en el yacimiento de Antofalla, provincia de Catamarca

	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	H ₂ O ⁺ (%)
Antofalla	75,90	0,00	3,46	4,29	1,17	0,58
	74,20	0,00	3,36	4,31	1,16	2,82
	75,00	0,18	3,51	4,23	1,14	1,88

Datos: Dirección Nacional de Economía Minera y Desarrollo, 1997

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

PERLITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
El Queva	Mariana	24° 19'	66° 53'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares			Mioceno sup.- Plioceno	Piroclastitas y lavas dacíticas	F. Bequeville; F. Abra del Gallo	11d	Mioceno sup.- Plioceno
Quebrada de Quirón	Anfítitre, Criollita, Victoria, Taurus, Quirón	24° 24'	66° 48'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares		Grupo de Quirón: 6 Mt (inferidos)	Mioceno sup.- Plioceno	Andesitas	F. Rumibola	11d	Mioceno sup.- Plioceno
Ramadas	El Pato, La Pava, Anta, Ciervo, Guanaco, El Suri	24° 08'	66° 20'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares			Mioceno sup.- Plioceno	Depósitos piroclásticos riolíticos Coladas lávicas ameboidales	F. Rumibola; F. Abra del Gallo	11d	Mioceno sup.- Plioceno
Rupasca	Tina, Justa	24° 28'	66° 25'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares			Mioceno sup.- Plioceno	Andesitas, dacitas y piroclastitas	F. Rumibola; F. Bequeville; F. Abra del Gallo	11d	Mioceno sup.- Plioceno
Vega de Arizaro	Los Volcanes	24° 32'	67° 51'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares			Plioceno	Vidrio riolítico. Domo extrusivo y coladas asociadas	Formación Cerrito Blanco de Arizaro	11d	Plioceno
Vega de Arizaro	Lurgo I - II - III	24° 32'	67° 51'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares			Plioceno	Vidrio riolítico. Domo extrusivo y coladas asociadas	Formación Cerrito Blanco de Arizaro	11d	Plioceno
	Antofalla	25° 31'	67° 40'	Perlita	Cuerpos estratiformes irregulares			Mioceno sup.- Plioceno	Volcanitas mesosilíceas		11d	Mioceno sup.- Plioceno

ROCAS CARBONÁTICAS

Dentro de esta denominación se incluye a todas las rocas (caliza, dolomía e incluso mármol) cuyo principal mineral constituyente es un carbonato. Si bien el grupo de estos minerales es muy amplio se hace referencia aquí en especial a la calcita y dolomita, y las rocas que ellos constituyen.

La *caliza* es una roca sedimentaria constituida esencialmente por carbonato de calcio. Se origina a partir del bicarbonato contenido en agua de mar o lagos, donde precipita, o bien es consumida en la constitución de caparzones de seres que a su muerte pueden formar acumulaciones considerables –originando calizas organógenas, coquinas, calizas coquinoides, etc-.

La *dolomía* se forma comunmente durante la diagénesis de la caliza por efecto de las sales de magnesio contenidas en el agua de mar (dolomitización).

Tanto la caliza como la dolomía pueden contener cantidades variables de otros elementos de origen detrítico, como cuarzo y arcillas, y también materia orgánica.

Por efecto metamórfico las calizas y dolomías dan lugar a la formación de *mármoles* calcícos o dolomíticos, respectivamente.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE ROCAS CARBONÁTICAS		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9k	32g	R 09/10
14l		
10i		

Usos: las rocas carbonáticas se encuentran entre las sustancias minerales con mayor cantidad y diversidad de usos, siendo utilizadas tanto en forma natural, como carbonatos, o como óxidos de calcio y magnesio obtenidos a partir de

calcinación. Su utilización volumétricamente más importante es la fabricación de cales (construcción e industriales) y cemento. Las especificaciones de uso varían ampliamente según el destino.

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos de rocas carbonáticas pueden dividirse en: *depósitos sedimentarios* (modelo 9k) y en *depósitos metamórficos* (modelo 10i).

El primer grupo contiene rocas de edad variada (Proterozoico hasta Cenozoico), proveniente de diferentes ambientes (depósitos de plataformas carbonáticas, costas restringidas y lagos). Los yacimientos más significativos son las antiguas plataformas carbonáticas desarrolladas tanto en el margen del cratón del Río de La Plata durante el Proterozoico -actualmente aflorante en el ámbito de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires- como en la plataforma de Cuyania (Paleozoico inferior) representada por los extensos depósitos de Precordillera. Importantes reservas, de edad mesozoica, se alojan en la zona de engolfamiento de la Cuenca Neuquina y en los depocentros cretácicos del noroeste argentino. Los depósitos de rocas carbonáticas de origen sedimentario se caracterizan por contener material calcáreo de alta calidad, en comparación con el grupo de depósitos metamórficos, debido a la menor contaminación con minerales silicatados.

Los depósitos metamórficos se circunscriben a zonas del basamento neoproterozoico-eopaleozoico del terreno Pampia. Son calizas y dolomías metamorfozadas, en muchos casos muy impuras, y a veces íntimamente asociadas con rocas básicas en zonas de cizalla. Su principal importancia reviste en las cuantiosas reservas existentes y en la ubicación de los yacimientos, dispuestos a lo largo del centro del país.

Cuadro de usos según las especificaciones técnicas del material

Uso	Especificaciones
Siderurgia, industria del vidrio y fabricación de cales industriales de alta pureza (industria química, siderúrgica, papelería y azucarera).	Las especificaciones son elevados porcentajes de carbonato de calcio con bajos contenidos de magnesio y silicatos (en siderurgia muy bajo S y P).
Cemento	Ausencia de dolomita. La presencia de óxidos de hierro y aluminio es necesaria y pueden provenir de impurezas naturales o por agregados de otras rocas.
Usos específicos en la industria metalúrgica, del vidrio y en materiales refractarios.	Altos contenidos en magnesio.
Granulados, carga, rellenos, agricultura.	Propiedades físico-mecánicas (color, tenacidad, resistencia a la compresión y flexión).
Molienda y micronizado (utilización en papel, pinturas, plásticos).	Alto grado de blancura, pureza química, otros.

DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS

DEPÓSITOS PRECÁMBRICOS

Provincia de Buenos Aires

(Angelelli, 1975; Dominguez y Schalamuk, 1999)

Generalidades

Ubicación: Sierras Septentrionales de Buenos Aires, en las inmediaciones de las localidades de Olavarría y Barker. En la primer zona se destacan los yacimientos de Sierras Bayas, los del flanco sur de las Tres Lomas y los del flanco oeste en Loma Negra-Cerro Bayo. En la región de Barker los cuerpos carbonáticos se encuentran aislados tanto en la región de Villa Cacique como en el arroyo Calavera.

Producción: la provincia de Buenos Aires es la principal productora de rocas carbonáticas del país con 4.285.840 toneladas de calizas y 212.750 toneladas de dolomías extraídas en el año 1998; 4.453.303 toneladas de calizas y 280.744

toneladas de dolomía triturada en el año 2000 y se estimó en 3.413.233 toneladas de calizas y 69.796 toneladas de dolomía triturada la producción del año 2002 (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: la caliza se utiliza como materia prima para la fabricación de cemento y cal. La dolomía se extrae como piedra en bruto o bloques para la industria de la construcción (revestimiento), aunque se utilizó en la industria del vidrio.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en las Sierras Septentrionales existen yacimientos de calizas y de dolomías. Estratigráficamente estos depósitos forman parte del Grupo Sierras Bayas, de edad precámbrica superior. Sobre el basamento cristalino se apoya esta secuencia sedimentaria precámbrica formada en un ambiente marino de plataforma epicontinental, desarrollada a través de cinco ciclos sedimentarios (Iñiguez *et al.*, 1989).

Composición química de las calizas de Olavarría y Barker (Angelelli, 1975)

Sector		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Perd. al rojo (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)
Sierras Bayas		8,93	2,84	0,32	0,62	50,3	36,68	89,93	1,30
		9,90	0,10	0,40	0,30	50,3		88,60	6,20
	“capas color chocolate”	37,90	0,90	2,70	0,80	31,9		52,30	1,86
Las Tres Lomas		7,46	0,65	0,74	0,10	51,1	39,18	91,40	0,21
		7,20	0,10	1,10	0,30	51,0		91,80	0,63
Loma Negra-Cerro Bayo		9,20	0,20	0,40	0,80	48,8		91,00	1,68
		11,76	1,90	0,84	0,84	48,3	37,68	86,50	1,78
Barker		10,10	1,78	0,63	0,19	48,6	38,02	87,50	0,39

Cuadro estratigráfico de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires (modificado de Iñiguez *et al.*, 1989)

Edad	Sector			Litología	
	Olavarría Sierras Bayas	Barker Villa Cacique	Las Águilas La Juanita		
Ordovícico		F. Balcarce		Cuarcitas y conglomerados cuarcíticos con escasas pefitas y pelitas.	
Precámbrico	Superior	F. Cerro Negro		F. Las Águilas	Pelitas.
		F. Loma Negra			Calizas.
		F. Cerro Largo			Pelitas, psamitas (cuarcitas superiores) y psamopelitas (depósitos de arcillas)
		F. Villa Mónica		F. La Juanita	Dolomías, cuarcitas arcósicas (cuarcitas inferiores) y pelitas.
	Complejo Buenos Aires			Granitoides y rocas metamórficas (granitos, migmatitas, milonitas, ectinitas y en algunos sectores anfíbolitas, rocas filonianas y arcillas).	

En el primero de ellos se depositó la Formación Villa Mónica (y La Juanita) que consiste de cuarcitas arcósicas, dolomías y pelitas. Los cuerpos dolomíticos tienen forma lenticular y alcanzan un espesor de hasta 30 metros, son de color marrón claro, estructura laminar, estromatolítica, con un contenido de cuarzo de 1,7 a 2,3% en la parte media y de 9 a 12% en la base y techo. El contenido de hierro de algunos sectores, junto al de sílice mencionado, van en detrimento de su calidad. En lo que respecta a los depósitos de calizas, estos ocurren en la Formación Loma Negra, afloran desde Olavarría hasta Barker y continúan en subsuelo. Su espesor es de aproximadamente 40 metros, su color es negro a pardo rojizo oscuro y consisten de micrita y subsparita con contenido de limo menor a 1%, y tenores de 65 a 92% CaCO₃.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Corresponden a rocas carbonáticas formadas en un ambiente marino de plataforma epicontinental, donde las dolomías de la Formación Villa Mónica se generaron por precipitación química con procesos de metasomatismo de magnesio sobreimpuesto. Las calizas de la Formación Loma Negra se formaron por precipitación química hace 700 M.a. (según datos paleomagnéticos).

DEPÓSITOS PALEOZOICOS

Provincia de San Juan
(Herrmann y Menoyo, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de Precordillera, más precisamente en la Precordillera Oriental y Central, se identifican tres regiones: *Zona de Jáchal* (Precordillera Central), que comprende los depósitos carbonáticos que van desde el norte de Huaco hasta inmediatamente el sur del río Jáchal, *Zona de Albardón-Sierra de Villicum* y *Zona al sur de San Juan*, ambas en la Precordillera

Oriental y localizadas entre los paralelos de 31° 00' y 32° 15' próximos al meridiano que pasa por la ciudad capital.

Acceso: adecuada red vial y ramales ferroviarios.

Producción: la provincia de San Juan produjo, durante el año 1998, 1.562.726 toneladas de calizas, 322.619 toneladas de dolomías y 28.886 toneladas de calcita; en el año 2000 la producción fue de 726.873 t de calizas, 418.303 t de dolomías y 45.480 t de calcita; la producción estimada del 2002 fue 1.132.053 t de calizas, 217.710 t de dolomías y 22.981 t de calcita (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: en general, el material calizo y dolomítico extraído de los yacimientos de Precordillera son de alta calidad química. Gran parte del producido en la región de Jáchal es usado para la elaboración de cales industriales. El material proveniente de la sierra de Villicum-Albardón se utiliza para producir cales (cálcicas y dolomíticas) y caliza triturada y molida a diferentes mallas, materiales que luego son utilizados por la industria siderúrgica, del papel, química, cerámica, cristalería, construcción, etc. También se produce carbonato de calcio precipitado para utilización en la industria plástica, del caucho, P.V.C., pinturas, papelería, etc. Las dolomías se trituran con destino al uso en siderurgia, cristalería, etc. Igual destino tienen las rocas carbonáticas extraídas de los yacimientos al sur de San Juan, pero algunos de ellos tienen la particularidad de ser productores de calcita, mineral de alta calidad que es molido y compete en el mercado con el producto CaCO₃ precipitado, elaborado por casi todas las empresas productoras de cales de gran calidad.

Sistema de explotación: en todas las minas la explotación es a cielo abierto, a excepción de la mina San Jorge-El Rincón donde tiene lugar una veta de calcita que es minada por medio de enormes "caserones" subterráneos. En el resto de los yacimientos tienen lugar canteras, algunas de ellas muy bien labradas y organizadas, donde se practica una extracción masiva del material o bien selectiva (por la presencia de bancos de menor calidad). En la región de Jáchal una cantera extrae el material triturado naturalmente.

Calidad de las rocas carbonáticas de la provincia de San Juan

Zona	Cantera/Depósito		CaO (%)	SiO ₂ (%)	MgO (%)
Región de Jáchal	Sierra San Roque (caliza)	Septentrional	50,7-55,8	0,58-7,85	
		Austral	54,6	1,34	
			55,4	0,77	
	Ex-El Refugio (caliza)		51,4-55,3	0,4-2,7	0,7-2,2
	Predio Niquivil Viejo (caliza)		52,0-53,0	1,3-3,0	
	El Fuerte (dolomía)			1,6-1,7	
Región de Sierra de Villicum-Albardón	El Volcán (caliza)		55,0	0,85	0,3
	Minera TEA (caliza)		55,0	0,85	0,3
	Piedra Marcada (caliza)		52,0-55,0	<1,4	0,1-2,4
	El Volcán (dolomía)		31,0-32,5	0,9-1,2	19,0-20,0
	Minera TEA (dolomía)		30,8-31,3	1,0-2,0	19,5-20,7
Región al sur de San Juan	San Rafael y Caballo Blanco (caliza)		>54,0	<1,0	
	Baños de la Salud (caliza)		54,0	0,6-1,0	<0,8
	Quebrada de La Laja (caliza)		54,0	0,9	
	Punta del Cerro (caliza)		54,0	1,0-2,0	2,0
	San Jorge-El Rincón (caliza)		54,0	0,9-1,5	
	San Jorge-El Rincón (calcita)				

Estratigrafía de la Precordillera Oriental y Central (Bordonaro, 1999)

Edad		Unidad estratigráfica	Descripción
Silúrico		F. Don Braulio (≅ F. La Chilca) (≅ F. Trapiche sup.)	Miembro inferior diamictítico, seguido por fangolitas, lutitas y areniscas.
Ordovícico	Superior	F. Gualcamayo y F. Los Azules	Pelitas negras. Profundización de la plataforma carbonática. En el ámbito precordillerano de La Rioja y San Juan.
	Inferior	F. San Juan	Calizas lajas y margas. En La Rioja y San Juan. Espesor: 400 m. Ambiente de plataforma abierta.
		F. La Silla	Calizas macizas gris oscuras con intercalaciones de dolomías. Aflora en La Rioja y San Juan. Espesor: 400 m. Ambiente de plataforma restringida.
	Cámbrico	Superior	F. La Flecha
F. Zonda			Calizas dolomíticas y dolomías. Espesor: 350 m. Ambiente marino somero con episodios temporarios de exposición subaérea. En La Rioja F. Los Hornos, representada por dolomías blancas de ambiente de plataforma somera hipersalina.
Inf.-medio		F. La Laja	Calizas, calizas arcillosas y margas. Espesor: 1.200 m. Ambiente de plataforma abierta y poco profunda. En La Rioja F. Cerro Totorá, yeso, sedimentos calco-dolomíticos y material silicoclástico de ambiente de llanura de marea y plataforma submareal hipersalina.

La Precordillera representa el ámbito geológico del oeste argentino donde se encuentran las más importantes secuencias del Paleozoico temprano. La Precordillera abarca principalmente territorio sanjuanino pero también se extiende hacia La Rioja (en el norte) y Mendoza (hacia el sur). Basándose en rasgos geológicos y

morfológicos la Precordillera se ha dividido en tres fajas paralelas de orientación norte-sur, ellas son Precordillera Oriental (San Juan), Precordillera Central (San Juan y La Rioja) y Precordillera Occidental (San Juan y Mendoza). Por sus características sedimentológicas, estratigráficas y paleontológicas del Cámbrico, el

ámbito precordillerano ha sido dividido en dos regiones paleogeográficas: *plataforma interna*, que incluye toda la secuencia sedimentaria cámbrica (plataforma carbonática) desarrollada en la actual Precordillera Oriental y Central, y el *borde de plataforma y talud*, que incluye los sedimentos cámbricos de la Precordillera Occidental. Durante el Ordovícico, en la Precordillera Oriental y Central se desarrolló un ambiente epicontinental de margen pasivo representado por sedimentitas de facies de plataforma y cuencas internas, mientras que en la Precordillera Occidental tuvieron lugar sistemas turbidíticos con margen activo.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la zona de Jáchal es posible reconocer las calizas dolomíticas de la **Formación Zonda** seguidas por una serie de bancos dolomíticos puros intercalados con fajas de dolomías de alto contenido silíceo (**Formación La Flecha**), cubiertas por calizas ordovícicas de la **Formación La Silla** y **San Juan**, respectivamente. En el yacimiento Sierra de San Roque las rocas cámbricas se reconocen en una faja de 10 km de largo y aproximadamente 2 km de ancho con un espesor promedio de 150 metros. Cuerpos irregulares de calcita producto de rellenos kársticos y de fracturas se alojan en las calizas de la Formación San Juan; los principales yacimientos son: Carrizo, La Chilca, Domínguez y La Legua y en conjunto suman reservas por más de 400.000 t (Furqué *et al.*, 1999).

En la región de Sierra de Villicum-Albardón aparece una secuencia de aproximadamente 200 metros de espesor total. En la base se encuentra la **Formación La Laja** con cuarcitas y limolitas, seguidas por calizas, margas, calizas negras laminadas y oolíticas; le siguen dolomías negras, dolomías cálcicas y calizas dolomíticas grises de la **Formación Zonda**. Cierra la columna una sucesión de calizas, dolomías y chert de la **Formación La Flecha**.

En la zona al sur de la ciudad de San Juan se encuentran importantes afloramientos de la **Formación La Laja**, al norte y oeste de la Sierra Chica de Zonda. Afloramientos de las formaciones **Zonda** y **La Flecha**, poco explotados pero que constituyen una gran reserva de material dolomítico, se distribuyen en esta región. Por

último en el sector oriental y austral aparecen importantes depósitos de la **Formación San Juan**.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Provincia de Mendoza
(Herrmann y Menoyo, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el extremo austral de la Precordillera Oriental, comprende la región que va desde el norte de la capital mendocina hasta el límite con la provincia de San Juan. Los principales yacimientos son: cantera Cerro La Cal, distante 18 km al norte de la ciudad de Mendoza; cantera Cerro Blanco, inmediatamente al sur de la anterior y cantera Salagasta a 35 km al norte de la ciudad capital.

Producción: la provincia de Mendoza en los años 1998, 2000 y 2002 produjo 1.250.276 t, 660.000 t y 642.431 t (estimadas) de calizas, respectivamente (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: en la fabricación de cemento portland y cal.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco Geológico

Ver "Marco Geológico" de la provincia de San Juan.

Geología de los yacimientos

Descripción: el material carbonático explotado en los diversos depósitos mendocinos pertenece a la **Formación San Juan**. En general son bancos de calizas de color gris y pardo, de grano fino, en algunos casos de textura sacaroide y en otros (cantera Cerro Blanco) se presenta intercalado con láminas de ftanita o parcialmente silicificado (cantera Salagasta).

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Yacimientos de rocas carbonáticas de la provincia de Mendoza: calidad y recursos

Cantera	CaO (%)	SiO ₂ (%)	MgO (%)	Recursos/Reservas
Cerro La Cal	53,5-55,0	1,7-2,2		Reserva: 3 Mt (cantera Este)
Cerro Blanco		0,5-22,0		Potenciales: varios millones de toneladas
Salagasta	53,8	1,0-6,0	0,8	Demostrados: 6 Mt

Provincia de La Pampa
(Dalponte *et al.*, 2002)

Generalidades

Ubicación: en el departamento Limay Mahuida, paraje Las Martitas, cerro San Jorge; dista 70 km de la localidad de La Reforma.

Usos: potencial para cal de construcción y cemento.

Sistema de explotación: no se explotan.

Marco Geológico

En la región del cerro San Jorge afloran rocas de presunta edad paleozoica inferior pertenecientes a la Formación San Jorge, compuesta por calizas y calizas dolomíticas del Miembro San Jorge Sur y por mármoles del Miembro Rogaziano.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos del cerro San Jorge son calizas dolomíticas y calcíticas y dolomías calcíticas del miembro San Jorge Sur de la Formación San Jorge. Son calizas parcialmente recristalizadas, esparíticas o micríticas, de color gris azulado, estratificadas, con frecuente laminación algal. El cerro San Jorge ocupa unas 200 ha y su desnivel es de 10 metros. Sus reservas se estimaron en 16 Mt.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS MESOZOICOS

Provincia de Jujuy
(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Jujuy los depósitos de material carbonático del Mesozoico se encuentran en las zonas de *Puesto Viejo* y en la *Quebrada de Humahuaca*. En el primer caso los

depósitos se localizan en el extremo austral de la sierra homónima (yacimiento Mojón-Cerro Plano), en el ámbito de las Sierras Subandinas a 55 km al sudeste de la ciudad de San Salvador de Jujuy, y en el segundo caso están próximos a la localidad de Tilcara, 74 km al norte de la capital provincial, en la zona de Bella Vista (cantera Maimará).

Usos: materia prima en la elaboración de cal, cemento y usado también en la industria siderúrgica.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la zona de Puesto Viejo la base de la columna sedimentaria está definida por areniscas del Paleozoico inferior, sobre ellas se apoya en discordancia la Formación Yacoraite constituida por una sucesión de areniscas calcáreas seguidas por calizas y margas, que en el yacimiento del Mojón-Cerro Plano presenta un depósito de pelitas ferruginosas en la base, de color lila, seguidas por una secuencia de 10 metros de espesor con bancos (0,7 a 1,5 metros) de calizas gris rojizas a rojas amarillentas de grano grueso y estructura masiva, que pasa a depósitos de calizas oolíticas amarillentas hacia el techo. La unidad antes mencionada está cubierta por rocas del subgrupo Santa Bárbara y por un espeso manto de travertino aragonítico (Cuaternario) formado por un proceso de precipitación a partir de aguas freáticas ascendentes y cargadas de carbonato de calcio. Coronan la columna depósitos aluviales modernos y suelo.

En la región de Bella Vista, la Formación Yacoraite presenta un manto de material calcáreo arenoso gris claro en la base, seguido de calizas oolíticas (0.8 a 1,4 metros) y por último areniscas calcáreas rojas y amarillas.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Composición química de calizas mesozoicas de la provincia de Jujuy

Sector	Ins. en HCl (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Perd. p/ calc. (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)
Mojón-Cerro Plano	10,80	0,30	0,80	5,10	44,80	38,23	80,00	10,70
Maimará	3,4 - 4,3	1,1 - 2-2		0,0 - 6,0	47,7 - 49,0		84,9 - 87,2	

Secuencias mesozoicas del noroeste argentino (Salfity *et al.*, 1999)

Edad		Grupo	Subgrupo	Formación	Características	
Cuaternario					Material indeferenciado: travertino, material de acarreo, etc.	
Terciario	Plioceno	Orán	Jujuy	Piquelé		
	Mioceno			Guanaco		
			Metán	Jesús María		
				Anta		
	Oligoceno		Río Seco			
Eoceno	Salta	Santa Bárbara	Lumbrera	Margas y lutitas.	Finalización de la sedimentación de postrift.	
Paleoceno			Maiz Gordo	Margas y areniscas.		
			Mealla	Areniscas.		
Cretácico		Superior	Balbuena	Tunal (=Olmedo)	Lutitas.	Ambiente de postrift.
				Yacoraite	Calizas.	
	Inferior	Pirgua	Lecho	Areniscas.		
			Los Blanquitos	Areniscas.	Ambiente de sinrift.	
		Las Curtiembres	Limolitas arenosas			
		La Yesera	Conglomerados			
Paleozoico	Inferior			Areniscas.		

Provincia de Río Negro
(Espejo, 1999)

Generalidades

Ubicación: los principales yacimientos de la provincia se ubican en la zona aledaña a la localidad de Valcheta, siendo su punto geográfico central 41° 00' L.S. – 66° 00' L.O.

Usos: material utilizado por la industria química y para la elaboración de granulados y reconstituidos.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la región de Valcheta hay numerosos yacimientos y si bien cada uno de ellos tiene características propias es posible resumir la geología de los mismos como sigue: depósitos carbonáticos (calizas y dolomías) pertenecientes a la Formación Roca, generalmente coronando las

suaves lomadas que ocurren en la zona como depósitos relicticos de la importante erosión que han sufrido. Es común observar en la base de dicha unidad un manto de arcillita verde amarillenta (aprox. 12 metros) seguida por material calcáreo arenoso sobre el que se apoyan las calizas o dolomías. Se presentan como bancos tabulares, otras veces lenticulares, de tamaño variable (de 1 a 5 km de largo, 0,2 a 2 km de ancho y 2 a 7 metros de espesor), color blanco con tonalidades amarillas y grises, estructura masiva, brechosa y otras veces muy porosa (travertinoide). Es común encontrar cavidades con crecimiento de sílice microcristalina hasta de cristales en tipo drusas debido a un proceso de silicificación asociado a soluciones silíceas ascendentes producidas por la actividad volcánica póstuma. Es común también encontrar fisuras y cavidades rellenas o tapizadas por calcita supergénica o calcita y aragonita fibrosa, formadas por la circulación de aguas termales que disolvieron y redepusieron el carbonato de calcio.

Composición química y reservas de calizas y dolomías en yacimientos de la provincia de Río Negro

Yacimiento	Ins. en HCl (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Recursos/Reservas
Cantera Lucero (caliza)	5,14	0,5		4,63	47,32	84,46	9,78	aseguradas: 0.89 Mt (Re, 1959)
Cantera Sin Nombre (caliza)	10,16	0,57	0,20			83,03	6,06	53.856 t (Re, 1959)
Aguada Cecilio-Yac. La Calera (caliza)	10,10					86,50	3,86	15, 2 Mt (Riominsa S.A., 1979 en Martínez <i>et al.</i> , 2001)
Cantera Gisella (dolomía)	6,13	0,68	0,25	18,65	29,85	52,98	39,02	288.750 t (Re, 1959)
Cantera Pablito (dolomía)	1,23	0,35	1,30	20,56	30,00			

Estratigrafía de la porción sureste de la provincia de Río Negro, en cercanías de Valcheta (Caminos, 1983)

Edad		Unidad	Descripción
Cuaternario		F. Tehuelche	Gravas, guijarros polimícticos en matriz arenosa, etc.
Terciario	F. Río Negro		Arcillita silicificada, areniscas pardas a grises amarillentas, tobas y lentes de yeso.
	F. Somún Curá		Basalto olivínico y tobas cineríticas blancuzcas con tonos amarillentos.
	F. Patagonia		Conglomerados, tobas, arcillas, areniscas calcáreas.
Cretácico	F. Roca		Arenisca calcárea, limolitas arcillosas, margas yesosas y calizas con intercalaciones de areniscas laminares. Material de color pardo grisáceo, amarillo ocre, pardo verdoso y rojizo.
	Gr. Neuquén		Arenisca gruesa gris a gris amarillenta.
Jurásico		F. Marifil	Dacitas, pórfiros dacíticos, pórfiros riolíticos, ignimbritas riolíticas, tobas y arenas tobáceas.
Triásico		F. Puesto Piris	Sucesión de conglomerados, arenisca conglomerádica, arenas calcáreas, tobas, calizas. Material de origen continental de color gris negruzco a pardo violáceo.
Paleoz.	Inferior	Granito Sierra Pailemán (C-P)	Granito calcoalcalino rosado a rojizo.
		F. Punta Sierra (O-S)	Granodiorita verde grisácea (epidotización, uralitización de los piroxenos, etc.)
Precámbrico		F. Nahuel Niyeu	Metamorfitas de bajo grado.
		Complejo Yaminué	Esquistos cuarzo-micáceos, anfibolitas, micacitas.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Si bien a lo largo de sucesivos estudios geológicos en la región han surgido numerosas hipótesis sobre la edad y proceso de formación de los depósitos carbonáticos, Espejo (1999) postula un origen por precipitación química de carbonato de calcio, en un ambiente marino de moderada profundidad y en condiciones estables de sedimentación. Prueba de ello son la textura fina de los minerales carbonáticos, la composición química uniforme de los depósitos y el límite neto con los bancos de areniscas infrayacentes. Otros autores resaltan la idea de una importante actividad bacteriana y de microorganismos como agentes precipitantes, además de la presencia de líquidos y gases calientes submarinos, como manifestación póstuma del volcanismo que originó los pórfiros y las tobas.

Las dolomías fueron formadas en condiciones muy favorables de concentración y temperatura de la solución. Depositadas en el mismo mar cálido que las calizas pero de mucho menor profundidad, como lo indican las areniscas del yacinte, tuvieron escasas conexiones hacia el mar abierto y muy reducido aporte de agua dulce proveniente de los terrenos vecinos. Las dolomías se formaron por adición de carbonato de magnesio y reemplazo (dolomitización) del carbonato de calcio de los sedimentos, antes de que fueran definitivamente consolidados.

Provincia del Neuquén

(Angelelli *et al.*, 1976 ; Bruna, 1991)

Generalidades

Ubicación: yacimientos con importantes reservas se ubican en el extremo suroeste de la Sierra de Vaca Muerta (Angelelli *et al.*, 1976), a 28 km al nordeste de la localidad de Zapala; en los alrededores de dicha ciudad se destacan las áreas de Pichi Moncol, 12 km al norte de Zapala, y Picún Leufú, aproximadamente 35 km al sur de Zapala (Bruna, 1991). Las coordenadas geográficas de las dos últimas zonas son: 38° 50' L.S. – 70° 12' L.O. y 39° 15' L.S. – 70° 00' L.O., respectivamente.

Producción: la provincia del Neuquén produjo 416.730 toneladas de caliza durante el año 1998; en el año 2000 produjo 392.225 t y en el año 2002 la producción estimada de calizas fue de 217.969 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: como materia prima en la elaboración de cemento y cal hidratada.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la zona de Pichi Moncol son explotadas las calizas litográficas del Miembro Los Catutos (F. Vaca Muerta) las cuales constituyen bancos de calizas compactas de 0,5 a 1,5 metros de espesor, a veces con intercalaciones de láminas de arcillas y margas de unos pocos decímetros. Los bancos presentan orientación NO-SE con inclinaciones de 13° y 15° al N. La parte superior de esta unidad está integrada por un nivel calcáreo lajoso de donde se extraen lajas de color

pardo amarillento (3 a 7 cm de espesor) y bloques para la construcción. En la región de Picún Leufú el material de interés lo conforman una serie de bancos de espesores variables (0,2 a 1,6 metros) correspondientes a la F. Picún Leufú. Son calizas detríticas fosilíferas, homogéneas, de grano fino, sin variaciones en su textura, con ocasionales nódulos silíceos.

Los depósitos de Vaca Muerta corresponden a material calcáreo compacto formado por restos coralinos, en parte silicificados, dispuestos en una elongada faja meridiana de 6,5 km de largo, 2 km de ancho y 30 metros de espesor promedio. Se apoya en un manto de areniscas pardo grisáceas y lo cubren una sucesión de areniscas conglomerádicas y areniscas gruesas a finas.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Los depósitos pertenecen a facies sublitorales de la ingesión caloviana, en un mar cálido, poco profundo.

Provincia del Chubut
(Angelelli *et al.*, 1976)

Generalidades

Ubicación: los depósitos de calizas organógenas del mesozoico se localizan en el área de Bahía Bustamante, Sierra de Chaira y en el valle del río Chubut. Los yacimientos más relevantes se encuentran en la primer zona mencionada, entre ellos: La Esther, 76 km al sudoeste de Camarones y 25 km al sudoeste de Bahía Bustamante; La Ibérica-El Tablón, 20 km al nornoroeste de Bahía Bustamante y 180 km al noreste de Comodoro Rivadavia y Pineda 158 km al nornoreste de Comodoro Rivadavia.

Reservas y calidad de las calizas de Vaca Muerta y Zapala, provincia del Neuquén

Zona	Ins. en HCl (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	CaCO ₃ (%)	Recursos/Reservas (Mt)
Pichi Moncol*	4,25-15,05	2,7-3,4	0,1-0,8	0,4-4,3	42,1-52,2	83,3-95,5	Reservas económicas: 40
Picún Leufú*	0,99-12,4	0,2	0,2	1,0-7,0	43,1-53,4	63,9-89,4	
Vaca Muerta°	1,1-12,4	0,0-0,8	Vest.-1,3	Vest.-1,5	42,9-55,0	76,6-98,2	Reserva probable: 184,0 Mineral asegurado: 18,4

(*): Bruna (1991); (°): Angelelli *et al.* (1976)

Estratigrafía del Jurásico superior y Cretácico inferior de la Cuenca Neuquina (Digregorio, 1972; Brodtkorb y Danieli, 1999; Leanza, 1990)

Edad		Unidad Litoestratigráfica		Ambiente y Litología
		Zona Vaca Muerta	Zapala	
Cretácico	Inferior	F. Huitrín		Yeso y celestina en la base (ambiente supratidal), halita y arcilitas en el techo Continental restringido).
		F. Agrio		Ambiente subtidal e intertidal en el techo. Arcilitas verdes intercaladas con areniscas en la base y calizas y areniscas en el techo con formación de baritina y celestina.
		F. Mulichinco y Chachao		Ambiente intertidal. Areniscas gruesas.
		F. Bajada Colorada, F. Limay	F. Picún Leufú	Calizas fosilíferas detríticas del Tithoniano superior-Berrassiano.
Jurásico	Superior	F. Vaca Muerta-Quintuco	F. Vaca Muerta	<u>Sección superior:</u> niveles arenosos. Margas <u>Sección media:</u> intercalación de delgadas capas de aragonita blanca y fibrosa. Calizas litográficas. <u>Sección inferior:</u> margas, lutitas negras bituminosas y carbonosas.
			Mb. Sup	
			Mb. Los Catutos	
			Mb. Inf.	
		F. Tordillo		Ambiente Continental. Areniscas gruesas.
	F. Auquilco		Ambiente supratidal. Yeso.	
	F. La Manga		Ambiente subtidal en la base e intertidal en el techo. Calcareos oolíticos y lumachélicos por debajo de evaporitas con baritina y celestina.	
	F. Lotena		Ambiente continental. Areniscas.	

En Sierra de Chaira el depósito está 118 km al noroeste de Comodoro Rivadavia y 60 km al oeste del paraje Río Chico. En el valle del Río Chubut se encuentran las canteras La Alicia, ubicada 70 km al sudeste de Trelew y 35 km en igual dirección de Dolavón, y por último la cantera Las Chapas, distante 110 km al sudoeste de Trelew.

Producción: en el año 1998 la producción total de caliza de la provincia del Chubut fue de 422.816 t; en el año 2000 fue de 330.000 t y en el año 2002 la producción estimada de calizas fue de 222.172 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: materia prima en la elaboración de cal y cemento.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco Geológico

El Macizo de Somún Curá actuó como elemento subpositivo que dividió hacia el norte y

el sur dos importantes depocentros de sedimentación a partir del Cretácico inferior: la cuenca del Grupo Neuquén y la del Grupo Chubut. La del sector norte fue predominantemente epiclástica, mientras que hacia el sur se observa una conspicua participación piroclástica. Durante el Campaniano se produjo un cambio significativo en los ambientes sedimentarios, produciéndose la depositación de sedimentitas epiclásticas en medios cada vez más marginales, hasta francamente marinos, los que prevalecieron durante el Maastrichtiano-Daniano. Esta primera ingresión marina penetró aparentemente por la cuenca del Colorado, de donde se expandió hacia la cuenca Neuquina y hasta el sector preandino de Río Negro y norte del Chubut, cubriendo la mayor parte de la primera provincia. También habría ingresado desde el sur por la cuenca del Golfo de San Jorge cubriendo hasta algo más al norte del río Chubut.

Cuadro estratigráfico resumido de las principales unidades sedimentarias presentes en la región sur y sureste del macizo de Somún Curá (Page et al., 1999)

Edad		Formación	Características
Terciario		Río Chico	Arcillitas verdosas.
		Salamanca	Depósitos de la región sur y sureste del macizo de Somún Curá. Para algunos autores se apoya en contacto neto sobre las calizas de Bustamante.
Cretácico	Superior	Bustamante	Bancos calcáreos organógenos blanquecinos que afloran en la zona de Bahía Bustamante. Algunos autores los consideraron un miembro, que representaría facies laterales de la transgreión que depositó a la F. Salamanca.
		Paso del Sapo	Depósitos definidos en sectores del valle medio del río Chubut. Son areniscas y conglomerados cuarcíticos, blanquecinos, cuyos depósitos de base representan sedimentos de un ambiente marino litoral y hacia el techo existe una variación composicional significando una progradación a un ambiente continental próximo a playa.
		Cerro Barcino	Ambiente continental fluvial.
	Los Adobes		
	Inferior		
Jurásico	Medio	Lonco Trapial	Pórfidos cuarcíferos, tobas y tufitas asociadas.

Quimismo y reservas de calizas de yacimientos de la provincia del Chubut

Yacimiento	Ins. en HCl (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Perd. p/ calc. (%)	CaCO ₃ (%)	Recursos/Reservas
La Esther	5,3	0,09-1,37	0,13-0,77	<0,8			93,12	Reserva: 218 Mt.
La Ibérica-El Tablón		0,92	0,49	0,41	52,41	42,90	93,30	Medidos: 838.000 t (libre de cubierta) Medidos: 1,29 Mt (con destape de 0,5 – 4,0 m).
Sierra Chaira							89,00	
La Alicia	22,65		0,22	0,3	41,00		73,16	
Las Chapas	4,3-7,7	0,54-0,82	0,60-0,80		51,8-53,3	38,4-40,1	92,5-95,25	

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de calizas son de edad cretácica superior a terciaria inferior y corresponden a la Formación Salamanca, producto de la transgresión marina del Senoniano (Maastrichtiano y Daniano). Estos depósitos se apoyan, generalmente, en discordancia erosiva sobre los pórfiros cuarcíferos, tobas y tufitas del complejo volcánico del Jurásico que en algunos sectores, como en Las Chapas, presenta una potente capa superior (10 metros) de caolín residual. En Bahía Bustamante el depósito de calizas es de naturaleza organógena (*ostrea sp*) con bancos inferiores de estructura masiva, compacta y bancos superiores más porosos, con restos de valvas cementadas por CaCO_3 ; son de color blanco con espesores que van de 2,4 a 12 metros, y representan bancos generalmente horizontales de gran continuidad lateral. Cubren estos depósitos detritos modernos (limo-arcillitas con yeso, rodados patagónicos, etc.) con una potencia media de 5 metros.

En la zona de Sierra Chaira la caliza organógena es de color gris claro a gris amarillento, presenta material cementado por arcillas y su espesor es de 1,5 metros. Se apoya sobre limolitas verdes y lo cubren 4 metros de limolitas con bancos de yeso, como también rodados patagónicos.

En la región del valle del Río Chubut los depósitos se muestran homogéneos, compactos, con espesores que van de 1 a 6 metros, aflorantes o cubiertos por material moderno (areniscas, rodados patagónicos, etc.) en espesores de hasta 9 metros.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS CENOZOICOS

Provincia de Tucumán
(Ávila *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: los depósitos de caliza sedimentaria junto al yacimiento de calcita Farallón Blanco, a 30 km al noreste en línea recta, de San Miguel de Tucumán, se encuentran

ubicados en el extremo nor-oriental de la provincia, en especial en ambos flancos de la sierra de La Ramada (cantera Loma Pelada, El Mollar), sierra del Campo (cantera Talavera) y sierra de Medina.

Producción: la provincia de Tucumán registró una producción de 19.530 toneladas de caliza durante el año 1998 y 14.459 t en el año 2002 (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: elaboración de cal hidratada.

Sistema de explotación: a cielo abierto; en algunos depósitos se aplicó el método de cámaras y pilares aunque como actividad realizada de manera muy rudimentaria.

Geología de los yacimientos

Descripción: el material carbonático del nordeste de Tucumán pertenece a la Formación Río Salí (Mioceno-Plioceno); la misma, en uno de los cortes de cantera, presenta pelitas verdosas en la base, seguidas por un manto de calizas oolíticas de 1,1 a 2,2 metros de espesor, color blanco amarillento a gris, de grano fino y estructura compacta cubierto por arcillitas blanquecinas, limolitas rojas y pardas y por último presenta un banco de yeso de textura sacaroides. En la cantera Loma Pelada el banco de caliza es tabular, subhorizontal a horizontal y tiene un espesor medio de 1,2 metros (Sardi, 1991). En el paraje el Mollar existen dos bancos de calizas (N15°E/10°E), paralelos y de 1 y 0,6 metros de potencia, están intercalados entre arcillitas y limonitas y tienen un encape de 5,5 a 6 metros (Schalamuk *et al.*, 1983).

En el faldeo oriental de la sierra de La Ramada aflora una veta de calcita, que corta las metamorfitas de la Formación Medina (pizarras y filitas). Presenta un espesor que en ocasiones alcanza 3 metros, material blanco y grisáceo, con cristales de calcita de hasta 5 cm.

Modelo genético

9k (Caliza-Dolomía). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

14l (Calcita). Grupo: Vetos y brechas (de asignación genética diversa).

Las calizas de la Formación Río Salí son depósitos relacionados a sedimentación química, de origen continental, de edad Miocena-Pliocena.

El depósito de calcita vetiforme es de posible origen hidrotermal y edad no definida.

Estratigrafía del noreste de la provincia de Tucumán

Edad		Unidad estratigráfica		Características
Cuaternario			F. Tucumán	Limos loésicos, arenas y conglomerados.
Terciario	Plioceno	Gr. Choromoro	F. Acequiones	
			F. Chulca	
			F. India Muerta	Limolitas pardas y areniscas grises.
	Mioceno		F. Río Salí	Limolitas y arcilitas de color verde y rojas con depósitos de yeso, calizas oolíticas y areniscas grises.
			Eoceno	F. Río Nío
Paleoceno	Gr. Salta	Subgrupo Santa Bárbara	F. Río Loro	Areniscas gruesas y medianas de color blanco, verde, pardo rojiza y gris rojiza, además de arcilitas
Cretácico			Superior	Subgrupo Balbuena
		Inferior		Subgrupo Pirgua
Ordovícico			Granitoides	Granitos
Cámbrico	Superior		F. Candelaria F. Medina	Ortocuarcitas rosadas consolidadas. Pizarra y filitas.
	Medio			
Precámbrico	Superior			

Quimismo y reservas de calizas cenozoicas de Sierra de La Ramada, provincia de Tucumán

Sector	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Recursos/Reservas
Sierra de La Ramada	3,61	0,17	0,48	0,85	52,14	93,12	2,13	Reservas minables: 500.000 t

DEPÓSITOS METAMÓRFICOS

PROVINCIA DE CÓRDOBA
(Sfragulla *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en las sierras Pampeanas de Córdoba, entre 30° 43' y 33° 19' de latitud sur y 65° 27' y 64° 19' de longitud oeste. Los afloramientos aparecen en los tres cordones montañosos más importantes (Oriental, Central y Occidental) y dan origen a una gran cantidad de yacimientos.

Producción: la provincia de Córdoba produjo, en el año 1998, un total de 3.642.087 toneladas de mármol calcítico para uso en la industria de la construcción y 272.149 toneladas de mármol dolomítico triturado; 1.371.778 toneladas de mármol calcítico y 17.450 toneladas de mármol dolomítico en el año 2000 y 1.463.390 toneladas de mármol calcítico y 153.480 toneladas de mármol dolomítico en el 2002 (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Recursos identificados de mármol en los principales cordones montañosos de Córdoba

Cordón	Recurso identificado
Oriental	Aprox. 400 Mt
Central	Aprox. 370 Mt
Occidental	Aprox. 10 Mt

Usos: los mármoles de Córdoba, según sus aptitudes, se explotan para ser utilizados como rocas ornamentales o como materia prima de diversos productos usados en la industria. Se utilizan en la fabricación de cal y cemento (construcción) y como triturados y molidos para diversas industrias (papel, vidrio, química y cerámica); tienen también usos viales y en la enmienda calcárea para suelos agrícolas.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco Geológico

En las Sierras Pampeanas de Córdoba se han definido tres lineamientos regionales orientados norte-sur y dispuestos paralelamente (D'Aloia, 1959), ellos son: Cordón Oriental (Sierra Chica), Cordón Central (Sierra Grande) y Cordón Occidental (sierras de Guasapampa,

Pocho y Altautina). Corresponden a bloques fallados y basculados con el flanco oriental tendido y el flanco occidental abrupto, separados por elongados valles intermontanos. Dichas sierras están formadas por metamorfitas de bajo a alto grado (Precámbrico-Paleozoico inferior) intruidas por rocas plutónicas paleozoicas y por numerosos intrusivos hipabisales de composición variada. Un rasgo importante es la presencia de extensas fajas de cizalla, de orden regional, a las que en muchos casos se encuentran asociados los mármoles.

Geología de los yacimientos

Descripción: existen depósitos de rocas carbonáticas (mármoles) en los tres cordones antes mencionados, siendo muy abundantes en el Cordón Oriental y Cordón Central. Existe una marcada diferencia composicional entre los mármoles de Córdoba, pudiendo reconocer *mármoles con tendencia calcítica* (30-52% de CaO y 0-11% de MgO), localizados en el sector norte de los cordones Oriental y Central; *mármoles con tendencia dolomítica* (30-35% de CaO y 13-21% MgO) en el sector sur de los tres cordones y por último *mármoles con tendencia calcodolomítica* (30-35% de CaO y 11-13% de MgO) distribuidos en una acotada región ubicada en el centro de los cordones Oriental y Central. Los mármoles se asocian a gneises, anateixitas y anfibolitas del basamento, como así también a algunos intrusivos ultramáficos. Estas metamorfitas se generaron por un metamorfismo regional de grado medio a alto y la composición de los protolitos determinaron la pureza e impureza de los mármoles, como así también su carácter calcítico o dolomítico. Así, los protolitos involucrados en los mármoles de composición dolomítica son rocas dolomíticas con exceso de dolomita + calcita; en los de composición calcítica fueron rocas calcíticas con exceso de cuarzo + calcita.

En general corresponden a metamorfitas de textura granoblástica con tamaño de grano muy fino y en algunos casos su textura es espática. La variación cromática es muy grande, observándose mármoles blancos, rosados, verdes, grises y celestes. Se presentan como cuerpos de rocas tabulares y/o lenticulares, deformados de manera dúctil (pliegues) y frágil (diaclasas). En muchos casos los depósitos se encuentran intruidos por rocas hipabisales ácidas aplopegmatíticas. Los yacimientos alcanzan grandes dimensiones, del orden de 2.000 a 5.000 metros de largo y 400 a 1.700 metros de ancho.

Mineralogía: los minerales primarios son calcita y dolomita y los minerales accesorios pueden ser flogopita, magnetita, cuarzo, grafito,

anfíboles, serpentina, piroxenos, epidoto, titanita, óxidos de hierro, entre otros.

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

Los depósitos de mármol de la provincia de Córdoba se originaron por metamorfismo regional, de grado medio a alto, de rocas calcáreas originadas por precipitación química (mármoles puros) y contaminadas con una fracción clástica (mármoles impuros). Los depósitos alcanzaron facies de anfibolita baja-media, anfibolita media y granulita con una mineralogía crítica de tremolita, diópsido y forsterita o wollastonita, respectivamente.

PROVINCIA DE SAN LUIS

(Beninato, 1999)

Generalidades

Ubicación: importantes yacimientos se distribuyen en varios de los diferentes cordones montañosos de San Luis. Ejemplo de ello son los depósitos de la *Sierra del Gigante*, sitios entre la coordenadas 32° 50' y 32° 55' de latitud sur y 66° 56' de longitud oeste, aproximadamente 70 km al noroeste de la ciudad de San Luis (canteras Cerro Azul, Cerro Impuro I, Cerro Impuro II y Cerro Redondo). En *Sierra de La Estanzuela* los depósitos abarcan el área comprendida entre las coordenadas 32° 49' – 32° 60' de latitud sur y 65° 04' – 65° 15' de longitud oeste (canteras Cañada Grande, La Suiza, La Marmolina, La Marmolina II, Salvaño y Chiesa). En *Sierra de Socoscora* los yacimientos afloran en el extremo septentrional de la sierra, 6 km al noroeste de San Francisco del Monte de Oro en el punto geográfico 32° 33' de latitud sur y 66° 10' de longitud oeste. En la *Sierra de Comechingones*, existen depósitos tanto en el sector Rincón de Este (a 5 km al este-sudeste de la localidad de Merlo) como en el sector Cortadera (a 1,6 km al noreste de la localidad homónima).

Producción: la provincia de San Luis produjo en el año 1998 un total de 381.268 toneladas de mármol calcítico y 2.260 toneladas de mármol dolomítico triturado; en el año 2000 la producción fue de 571.660 toneladas de mármol calcítico y 18.000 toneladas de mármol dolomítico y en el 2002 la producción provincial estimada de mármol calcítico y dolomítico fue de 347.623 toneladas y 1.566 toneladas, respectivamente (Est. Min. de la Rep. Arg.).

Quimismo y reservas de mármol en la provincia de San Luis

Región	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Recursos/Reservas
Sierra del Gigante	0,5-12,0		0,1-3,0			80,0-96,0	1,0-11,0	Reserva visible-probable: 58,5 Mt
Sierra de La Estanzuela	6,0-13,0					50,0-75,0	25,0-45,0	Reservas estimadas: 8,5 Mt
Sierra de Socoscora	8,6	0,86	6,96	17,0	29,85	52,30	35,30	

Usos: los mármoles calcíticos se utilizan para la elaboración de cal viva e hidratada, como bloques para uso ornamental y escallas para granulado útiles en la fabricación de mosaicos. Parte de los mármoles dolomíticos se utilizan en la fabricación de vidrio.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: los mármoles de San Luis forman parte del basamento metamórfico Precámbrico a Cámbrico de las Sierras Pampeanas Orientales. Se encuentran asociados a micaesquistos, esquistos, gneises y anfibolitas, y afloran junto a intrusivos ígneos (Pérmicos?) pegmatíticos y aplíticos y a filones de cuarzo. Son cuerpos concordantes con la estructura regional, sus dimensiones varían de yacimiento a yacimiento pero son del orden de centenas de metros de largo por decenas de metros de ancho, sus colores varían entre blanco y gris a gris azulado. Es común encontrar en ellos gran cantidad de impurezas (wollastonita, serpentina, etc.) debido a procesos de silicificación parcial del cuerpo calcáreo por intrusión de cuerpos hipabisales.

Mineralogía: como minerales primarios calcita y/o dolomita; los accesorios comunes son epidoto, wollastonita, serpentina, diópsido, magnetita y otros óxidos de hierro.

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

PROVINCIA DE TUCUMÁN
(Ávila *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: el yacimiento Peñas Azules se encuentra ubicado en el faldeo oriental de las

Cumbres Calchaquíes (ámbito de Sierras Pampeanas Noroccidentales) a 3.500 m. s. n. m. y a una distancia, en línea recta, de 50 km en dirección oeste-noroeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán.

Producción: el yacimiento no ha sido explotado.

Sistema de explotación: el material cubicado es minable a cielo abierto.

Cuerpo	CaCO ₃	Reservas
Morro de Peñas Azules	>90%	15,6 Mt medidas (Suayter y Urdaneta, 1979)
Cerro Alto de la Mina		1,0 Mt estimadas (Suayter <i>et al.</i> , 1987)

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito está constituido por caliza metamorfozada y forma parte, junto a los gneises intercalados, de la **Formación Peñas Azules**, de edad precámbrica-eocámbrica. El mármol tiene tamaño de grano grueso a fino y color blanco a gris; presenta espesores de 2 a 30 metros (Miembro La Senda), 190 metros (Miembro Las Bandas) y de 60 metros (Miembro Peña Redonda). El complejo metamórfico está intruido por filones graníticos y pegmatíticos, algunos de ellos concordantes y otros discordantes. Sobre el yacimiento se han realizado trabajos de destape y 30 perforaciones (total de 1.241 m) que permitieron cubicar el mineral minable y determinar su calidad.

Mineralogía: calcita; accesorios: grafito, pirita, diópsido, titanita, mica, cuarzo y feldespato.

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

Es un depósito relacionado a sedimentación química, metamorfozado, del Precámbrico-Paleozoico inferior.

PROVINCIA DE CATAMARCA(Schalamuk *et al.*, 1983)**Generalidades**

Ubicación: numerosos yacimientos de mármol se encuentran ubicados en una estrecha faja meridional de 130 km de largo en el flanco oriental de la sierra de Ancasti, alcanzando el límite interprovincial con Santiago del Estero. El yacimiento Ben Hur está localizado a 18 km al noroeste de la ciudad de Frías y el yacimiento La Calera, próximo al poblado homónimo, a 25 km de Frías.

Usos: como materia prima en la elaboración de cal y cemento; algunos sectores son aptos para la obtención de material para granulados, bloques y lajas.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: las calizas cristalinas de la sierra de Ancasti se presentan como cuerpos lenticulares dentro de la **Formación Sierra Brava** (Precámbrico-eocámbrico), rodeados por gneises y esquistos micáceos atravesados por diques graníticos que en muchos casos han formado skarns. Sus dimensiones oscilan entre 50 y 4.000 metros de largo y 30 a 100 metros de potencia. Son de color blanco a gris con diversas tonalidades, textura sacaroide con cuerpos de grano grueso, presentan impurezas silíceas correspondientes a anfíbolitas y esquistos anfibólicos. Composicionalmente muestran gran variabilidad, por lo cual algunos autores realizaron la siguiente diferenciación: calizas cristalinas cálcicas (<4% de MgCO₃), calizas cristalinas magnesianas dolomíticas (con 4 a 20% de MgCO₃), dolomías magnesianas cálcicas (20 a 40% de MgCO₃) y dolomías cristalinas (>40% de MgCO₃).

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO(Angelelli *et al.*, 1980)**Generalidades**

Ubicación: en el distrito Villa Ancaján, en la sierra homónima, afloran cuerpos de caliza que forman parte de una secuencia sedimentaria marina sometida a metamorfismo regional.

Geología de los yacimientos

Descripción: el sector La Capilla presenta un cuerpo de caliza lenticular de 700 m de longitud y espesor máximo de 70 m orientado N-S con inclinación 75 a 80° E. La caliza es de color gris, grano mediano, con impurezas de cuarzo y mica, teñida por óxidos de hierro. Sus reservas fueron determinadas por Minera Tea (1968) en 1.400.000 t. Al este de Villa Ancaján aflora un cuerpo de 800 m de corrida con ancho máximo de 450 m constituyendo bancos de caliza que buzcan entre 75° E y la vertical. Es una caliza gris clara de grano fino a grueso. Entre los bancos se intercalan esquistos anfibólicos y anfíbolitas. Las reservas fueron determinadas por Minera Tea (1968) en 7.800.000 t. Al noreste de Villa Ancaján, la caliza es de colores variables, grano mediano, con impurezas de cuarzo y feldespato, entre otros. Minera Tea (1968) determinó reservas por 15.400.000 t. Al oeste de Villa Ancaján afloran bancos dolomíticos en esquistos micáceos, a lo largo de 1500 metros, con textura sacaroide e impurezas de anfíboles; sus reservas se calcularon en 4 Mt (Angelelli *et al.*, 1980).

Calidad y reservas de mármol de la sierra de Ancasti, provincia de Catamarca

Yacimiento	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Reservas explotables (t)
La Esperanza o El Porvenir	86,8-96,0	0,46-5,51	1.832.000
Esquiú	55,7-60,1	20,7-39,4	1.300.000
El Cerrito	62,3-94,3	4,45-35,6	3.120.000
La Aguadita o El Divisadero	66,6-91,6	0,06-26,0	450.000
Ojo de Agua	95,9	2,7	2.340.000
Ben Hur	65,1-79,0	0,9-3,7	4.300.000
La Loma	66,8-81,2	1,7-2,4	130.000
La Calera	78,0-81,9	0,5-7,3	100.000.000

PROVINCIA DE SALTA
(Tapia Viedma y Gorustovich, 2001)

Generalidades

Ubicación: en la sierra de Castillejo, en el ámbito de Cordillera Oriental de la provincia de Salta. Los sectores de interés, denominados La Cumbre (25°07'02" L.S.-65°14'47" L.O.) y La Cueva del León (25°09'11" L.S.-65°12'59" L.O.) se sitúan en la finca El Coro, sobre el flanco oriental de la serranía mencionada.

Usos: los altos contenidos en CaO y CaCO₃ de estos depósitos permiten recomendarlos como materia prima en la industria del cemento pórtland, cales industriales y en la elaboración de azúcar, entre otros usos.

Zona	Reservas probables
La Cumbre	28,3 Mt
La Cueva del León	0,25 Mt

Marco geológico

En las sierras de Sacha y Castillejo aflora un basamento metamórfico de grado bajo representado por el Grupo Lerma (Neoproterozoico-Cámbrico inferior) integrado por los esquistos basales de la Formación Sacha, las calizas de la Formación Las Tienditas y las metamorfitas de las formaciones El Coro, Puncoviscana y Corralito. Cubren el basamento las ortocuarcitas cámbricas del Grupo Mesón y las pelitas ordovícicas de la Formación Mojotoro; sobre las unidades paleozoicas descansan rocas

mesozoicas y cenozoicas del Grupo Salta y Grupo Orán, respectivamente.

Geología de los yacimientos

Descripción: los afloramientos de rocas calizas se extienden por el filo de la sierra de Castillejo donde es posible identificar zonas de interés económico como La Cumbre y más hacia el sur La Cueva del León. El depósito de La Cumbre está constituido por bancos de calizas negras de 0,5 a 5 metros de potencia con intercalaciones de hasta 1 metro de pelitas calcáreas amarillo ocre, comunes en el sector superior de la Formación Las Tienditas. Presenta 1.100 metros de corrida con dirección NO-SE y buzamiento de 50° al SO y en el flanco noroccidental forma paredes verticales de 60 y 100 metros de altura. En la zona La Cueva del León, quebrada del arroyo Los Negros, las características son similares con un depósito de 100 metros de corrida, 25 metros de ancho visible y paredes verticales de hasta 5 metros.

Estructura: las calizas han sido afectadas por un intenso tectonismo reflejado por sistemas de microfracturación y macrofracturación y por diversos juegos de diaclasas (Juri, 1995 en Tapia Viedma y Gorustovich, 2001).

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

Composición química promedio de calizas sin calcinar de yacimientos de la provincia de Salta

Zona	Ins. en ácidos (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Humedad (%)	P.P.C. (%) 1.200°
La Cumbre	2,16	0,45	53,79	0,16	0,19	42,51
La Cueva del León	2,84	0,20	52,13	0,49	0,54	42,00

Estratigrafía precámbrico-eopaleozoica de la Cordillera Oriental (modificado de Turner *et al.*, 1979)

Edad	Grupo	Formación	Características
Ordovícico	Santa Victoria		Conglomerados, areniscas y pelitas. Espesor: 5.500 m.
Cámbrico	Mesón		Conglomerados y cuarcitas. Espesor: 3.100 m.
Precámbrico	Lerma	Puncoviscana	Metamorfitas de bajo grado gris verdosas a violaceas, caracterizadas por esquistos cuarzosos, filitas y pizarras.
		Las Tienditas	Calizas aflorantes en la localidad homónima, en la provincia de Salta.
		Volcán	Calizas de color azul oscuras en parte brechadas. Afloran en la Quebrada de Humahuaca; en los sectores más noroccidentales pasan a ser mas dolomíticas.
		Sacha	Esquistos de colores claros.

PROVINCIA DE JUJUY
(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: las calizas y dolomías precámbricas jujeñas se encuentran en la Quebrada de Humahuaca, en el ámbito de Cordillera Oriental. Se destacan los yacimientos de León-Volcán, a 40 km al norte de San Salvador de Jujuy, en el flanco occidental del extremo sur de la sierra de Tilcara, y el yacimiento de Agua

Chica, en la quebrada de Tumbaya, 5 km al sudeste de Purmamarca.

Usos: materia prima en la elaboración de cal y cemento. Utilizado también en la industria siderúrgica. Se explotan a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la zona de León-Volcán los depósitos de calizas precámbricas (Formación Volcán) presentan color gris azulado oscuro, brechados y con numerosas venillas de calcita y cuarzo. Se encuentran muy plegados y si bien es difícil determinar el espesor exacto es posible asignarle 300 metros de potencia. Intercalados en el depósito se encuentran cuerpos lentiformes de esquistos amarillentos y areniscas calcáreas.

El depósito de Agua Chica presenta cuerpos de forma lenticular de color gris oscuro y composición dolomítico-calcárea intercalados entre pizarras y esquistos verdes de color rojo de la Formación Puncoviscana. En conjunto se pueden reconocer depósitos de hasta 20 metros de espesor.

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

PROVINCIA DE RÍO NEGRO
(Espejo, 1999)

Generalidades

Ubicación: el yacimiento *Pailemán* se ubica 1,5 km al noroeste de la localidad homónima y a 43 km al sur de Aguada Cecilio, próximo a Valcheta.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: El yacimiento *Pailemán* consiste de calizas cristalinas metamorfizadas y milonitizadas que forman parte del basamento metamórfico (de supuesta edad precámbrica). Están íntimamente asociadas a micacitas, migmatitas, etc. Los depósitos coronan muchas de las lomadas presentes en el paisaje local y en algunos casos se encuentran cubiertas por volcanitas. Son cuerpos de mármol intercalados entre esquistos.

Morfología: bancos de calizas cristalinas de 450 metros de largo y 56 metros de potencia. Su orientación es: N60°O/45°-56°O.

Modelo genético

10i (Mármol). Grupo: Depósitos metamórficos.

Composición química y reservas de mármol en León-Volcán y Agua Chica, provincia de Jujuy

Sector	Ins. en HCl (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Perd. p/ calc. (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Recursos (Mt)
León-Volcán	3,75		0,60	0,58	53,27	42,10	95,12	1,21	Inferidos: 70
Agua Chica	2,17	0,35	0,80	20,04	32,10	44,73	57,32	42,08	Inferidos: 1,6

Composición química y reservas de mármol en Pailemán, provincia de Río Negro

Yacimiento	Ins. en HCl %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaCO ₃ %	MgCO ₃ %	Reservas (Mt)
Pailemán	0,52-16,35	0,28-6,92	0,1-0,95	74,86-97,15	0,5-6,12	Medida: 3.0; Inferida: 1.5

Estratigrafía (parcial) del área de Sierra de Pailemán, porción sureste de la provincia de Río Negro

Edad	Unidad	Descripción
Jurásico	Complejo Volcánico Marifil	Dacitas, pórfidos dacíticos, pórfidos riolíticos, ignimbritas riolíticas, tobos y arenas tobáceas.
Paleoz. superior	Complejo Plutónico Pailemán	Plutones de tipo granito-granodiorita y cuerpos menores tabulares tipo pórfidos y pegmatitas graníticas.
Precámbrico	F. Jagüelito	Metamorfitas en facies de esquistos verdes. Filitas cuarzosas con clorita y clorita-biotita.
	Complejo Gneis Mina Gozalito	Asociación de rocas metamórfico-plutónicas en facies de anfíbolitas. Esquistos y gneises biotíticos, anfíbolitas, mármoles y granitoides foliados.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ROCAS CARBONÁTICAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Maimará	Cantera Maimará, Cantera Adriana, Cantera Silvia, Cantera Eliseo	23° 37'	65° 24'	Caliza	Estratiforme		35.000 t	Cretácico superior	Calizas oolíticas y estromatolíticas, areniscas calcáreas	Formación Yacoraite	9k	Cretácico superior
Volcán	Cantera Volcán (Bárcena)	23° 57'	65° 26'	Caliza cristalina	Estratiforme			Precámbrico	Calizas metamórficas (micritas y microesparitas)	Formación Volcán (Formación Puncoviscana)	10i	Precámbrico
	Ben Hur	25° 37'	65° 19'	Caliza	Mantiformes	CaCO ₃ : 65,1- 79,0 %	4,3 Mt	Precámbrico superior	Esquistos, granitos y pegmatitas	Formación Sierra Brava	10i	Precámbrico superior
Albigasta	La Calera	25° 37'	65° 19'	Caliza cristalina	Mantiforme	CaCO ₃ : 85-55 %	105 Mt	Precámbrico superior	Esquistos, esquistos anfíbólicos y granitos	Formación Sierra Brava	10i	Precámbrico superior
	El Aserradero, El Cajón, El Naranjo, Río Nío, Villa Padre Monti, El Nogalito, Los Chorrillos, Puerta Quemada y El Potrerillo	26° 38'	64° 56'	Caliza Cristalina	Mantiforme	CaCO ₃ : 85 % (promedio para las canteras de sierra de La Ramada)	18,9 Mt (reservas estimadas y considerando todas las canteras)	Mioceno	Limolitas, arcillitas, yeso, calizas oolíticas y areniscas	Formación Río Sali	9k	Mioceno
	Peñas Azules	26° 39'	65° 40'	Caliza	Estratiforme	CaCO ₃ : 87-92 %	15,6 Mt (medidos)	Precámbrico - Eocámbrico	Esquistos bandedados, micacitas	Gneis de Suncho	10i	Precámbrico - Eocámbrico
	Ojo de Agua	28° 58'	65° 24'	Caliza cristalina	Mantiforme	CaCO ₃ : 95,9 %	2,34 Mt	Precámbrico - Eocámbrico	Esquistos, granitos y pegmatitas	Formación Sierra Brava	10i	Precámbrico - Eocámbrico
Esquiú	El Cerrito o El Morro	29° 20'	65° 26'	Caliza cristalina	Bancos	CaCO ₃ : 62,3-94,3 %	3,12 Mt	Precámbrico - Eocámbrico	Anfibolitas	Formación Sierra Brava	10i	Precámbrico - Eocámbrico
Esquiú	Esquiú	29° 20'	65° 26'	Caliza cristalina	Bancos	CaCO ₃ : 70%	1,27 Mt	Precámbrico - Eocámbrico	Gneises, esquistos y anfibolitas	Formación Sierra Brava	10i	Precámbrico - Eocámbrico
Las Peñas	La Esperanza o El Porvenir	29° 33'	65° 34'	Caliza cristalina	Bancos	CaCO ₃ : 86,8- 96 %	1,83 Mt	Precámbrico - Eocámbrico	Migmatitas y gneises	Formación Sierra Brava	10i	Precámbrico - Eocámbrico
	Sierra de San Roque	30° 17'	68° 43'	Caliza	Estratiforme	CaCO ₃ : 98,6 %	108,08 Mt	Ordovícico inferior	Calizas	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ROCAS CARBONÁTICAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Jáchal	El Refugio (Pan de Azúcar)	30° 18'	68° 44'	Caliza	Estratiforme, acumulación de detritos	CaO: 55,2 % (estratiforme), CaCO ₃ : 97 % (detrítico)	35,31Mt	Ordovícico inferior	Calizas	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior
Jáchal	El Fuerte	30° 21'	68° 38'	Dolomía	Estratiforme	CaO: 33,3%, MgO: 16%, SiO ₂ : 2,7%	485.675 t	Cámbrico	Calizas, dolomitas	Formación San Roque	9k	Cámbrico
	Niquivil Viejo (Cerro La Silla)	30° 24'	68° 38'	Caliza	Estratiforme	CaCO ₃ : 98 %	28,10 Mt	Ordovícico inferior	Calizas	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior
Quilpo	Canteras Quilpo	30° 49'	64° 43'	Caliza cristalina	Estratiforme, tabular y lenticular		70,97 Mt (totales)	Precámbrico-Eocámbrico	Mármol, gneis	Formación Quilpo	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Pampa de los Guanacos	Pampa de los Guanacos	30° 50'	64° 37'	Caliza cristalina	Estratiforme, lenticular		100.000 t	Precámbrico-Eocámbrico	Gneis, anateixitas	Formación Quilpo	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Carapé	El Carapé, Candonga,	31° 01'	64° 22'	Caliza cristalina	Estratiforme	CaCO ₃ : 79% MgCO ₃ : 15%	Carapé O: 10 Mt, Carapé E: 24,8 Mt	Precámbrico-Eocámbrico	Gneis, anfíbolita	Complejo Metamórfico Sierra Chica	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Candelaria-Characato	Cantera Iguazú	31° 05'	64° 50'	Caliza cristalina	Mantiforme		3 Mt (inferidos)	Precámbrico-Eocámbrico	Esquistos cuarzo-biotíticos; gneises granatíferos	Complejo Metamórfico Candelaria	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Campo de la Fundación San Roque	Canteras Iggam, La Argentina, Los Arroyos y otras	31° 12'	64° 35'	Caliza cristalina	Estratiforme	CaCO ₃ : 90%	4 Mt aprox. para 23 canteras (inferidos)	Precámbrico-Eocámbrico	Gneis, anateixitas, granulitas, anfíbolitas	Complejo Metamórfico Sierra Chica	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Sierra de Villicum	El Volcán	31° 21'	68° 31'	Caliza-dolomía	Estratiforme	CaCO ₃ : 97 %		Ordovícico inferior	Sedimentitas calcáreas, calizas	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior
	El Volcán, Villicum	31° 23'	68° 35'	Dolomía	Estratiforme	MgO: 18,5%, CaO: 32,53%, SiO ₂ : 2,3%	22,75Mt (medidos), 13Mt (indicados + inferidos)	Cámbrico superior	Sedimentitas dolomíticas	Formación Zonda	9k	Cámbrico superior
La Calera	Dumesnil o Cantera Crespo	31° 24'	64° 19'	Caliza cristalina	Estratiforme		70 Mt (inferidos)	Precámbrico-Eocámbrico	Gneises inyectados biotíticos, anfíbolitas	Complejo Metamórfico Sierra Chica	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Yocsina-Malagueño	Yocsina	31° 29'	64° 25'	Caliza cristalina	Estratiforme	CaCO ₃ : 86% MgCO ₃ : 4%	10 Mt (inferidos)	Precámbrico-Eocámbrico	Gneises inyectados biotíticos, anfíbolitas	Complejo Metamórfico Sierra Chica	10i	Precámbrico-Eocámbrico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ROCAS CARBONÁTICAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Yocsina-Malagueño	Malagueño	31° 32'	64° 25'	Caliza cristalina	Estratiforme	CaCO ₃ : 85%	50 Mt (inferidos)	Precámbrico-Eocámbrico	Gneises inyectados biotíticos, anfíbolitas	Complejo Metamórfico Sierra Chica	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Valle de Buena Esperanza	Cerro Moro y otras	31° 38'	64° 29'	Caliza cristalina	Cuerpos lenticulares	CaCO ₃ : 58% MgCO ₃ : 26%	1,27 Mt	Precámbrico-Eocámbrico	Gneis, anateixitas, granulitas, anfíbolitas	Complejo Metamórfico Sierra Chica	10i	Precámbrico-Eocámbrico
Sierra Chica de Zonda	Baños de la Salud, Campo Sarmiento	31° 55'	68° 41'	Caliza	Estratiforme	CaO: 54 %	5 Mt (inferidos + indicados)	Cámbrico	Sedimentitas calcáreas	Grupo Marquesado (Fs La Laja, Zonda y La Flecha)	9k	Cámbrico
San Agustín	Sin Nombre	31° 58'	64° 24'	Caliza cristalina			4 Mt aprox. (inferidos)	Precámbrico-Eocámbrico	Metamorfitas		10i	Precámbrico-Eocámbrico
La Fronda	La Fronda	31° 52'	65° 41'	Caliza cristalina	Irregular		3,82 Mt	Precámbrico-Eocámbrico	Metamorfitas		10i	Precámbrico-Eocámbrico
Parque del Carmen-Launilla	Cantera Tobías	31° 37'	64° 23'	Caliza cristalina	Estratiforme		50.000 t	Precámbrico-Eocámbrico	Gneis biotítico, anfíbolita	Complejo Metamórfico	10i	Precámbrico-Eocámbrico
	El Rincón	32° 01'	68° 44'	Caliza	Estratiforme		50 Mt	Cámbrico, Ordovícico	Calizas y dolomías	Formación La Flecha, Formación San Juan	9k	Cámbrico, Ordovícico
	Salagasta	32° 33'	68° 50'	Caliza	Estratiforme	CaO: 53,8 %, MgO: 0,8 %, SiO ₂ : 1 %	6 Mt (totales)	Ordovícico inferior	Calizas, margas, chert	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior
	Sierra de Socosora	32° 34'	66° 10'	Dolomía	Estratiforme y lenticular	CaO: 29,85%, MgO: 17,00%, Fe ₂ O ₃ : 6,96%, Al ₂ O ₃ : 0,86%, CaCO ₃ : 52,30%, MgCO ₃ : 35,30%		Precámbrico - Paleozoico	Gneis, dolomitas serpentinizadas	Basamento cristalino	10i	Precámbrico - Paleozoico
	Cerro La Cal	32° 44'	68° 52'	Caliza	Estratiforme	CaO: 53,5-55 %, SiO ₂ : 1,7-2,2 %	3 Mt	Ordovícico inferior	Calizas, margas, chert	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior
	Cerro Blanco	32° 45'	68° 52'	Caliza	Estratiforme	SiO ₂ : 0,5-22 %		Ordovícico inferior	Calizas, margas, chert	Formación San Juan	9k	Ordovícico inferior
	Cerro Impuro I y II	32° 53'	66° 56'	Caliza cristalina	Estratiforme			Precámbrico - Paleozoico	Esquistos micáceos	Basamento cristalino	10i	Precámbrico - Paleozoico
	Cerro Redondo	32° 55'	66° 56'	Caliza cristalina	Estratiforme			Precámbrico - Paleozoico	Esquistos micáceos	Basamento cristalino	10i	Precámbrico - Paleozoico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ROCAS CARBONÁTICAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Cañada Grande	32° 56'	65° 17'	Dolomita	Estratiforme			Precámbrico - Paleozoico	Esquistos micáceos	Basamento cristalino	10i	Precámbrico - Paleozoico
	La Marmolina I y II	32° 57'	65° 07'	Dolomia	Estratiforme lenticular	MgO: 15-20% (ley media)		Precámbrico superior - Paleozoico inferior	Esquistos micáceos y biotíticos, granito	Basamento cristalino	10i	Precámbrico superior - Paleozoico inferior
	Cantera Sierras Bayas	36° 52'	60° 10'	Dolomia	Estratiforme	CaCO ₃ : 30 % MgO: 20 %	300.000 t	Precámbrico superior	Bancos intercalados entre areniscas cuarcíticas	Miembro Dolomítico - Formación Villa Mónica - Grupo Sierras Bayas	9k	Precámbrico superior
	Loma Negra -La Providencia	37° 00'	60° 20'	Caliza	Estratiforme	CaCO ₃ : 81,40%		Precámbrico superior	Bancos intercalados entre arcillitas y sedimentos cuaternarios	Formación Loma Negra - Grupo Sierras Bayas	9k	Precámbrico superior
	Vaca Muerta	38° 41'	70° 00'	Caliza	Estratiforme	CaCO ₃ : 76,6-98,2%	Medidos: 18,4 Mt	Jurásico superior- Cretácico inferior	Bancos coralinos entre areniscas.	F. Vaca Muerta	9k	Jurásico superior
Valcheta	Gisela	40° 35'	66° 28'	Caliza-dolomía	Estratiforme	SiO ₂ : 6 %; CaCO ₃ : 52,9 %; MgCO ₃ : 39,02%; MgO: 18,65%; CaO: 29,85% Al ₂ O ₃ : 0,68%; Fe ₂ O ₃ : 0,25%; P: 0,016%; S: 0,31%		Cretácico superior Terciario	Areniscas , pelitas areniscas dolomíticas	Formación Roca	9k	Cretácico superior Terciario
Sierra Grande	Cantera Pailemán	41° 10'	65° 57'	Caliza-dolomía cristalinas	Lenticular	CaCO ₃ : 90,85% (ley media)	3 Mt (medidos); 1,5 Mt (inferidos)	Precámbrico- Paleozoico	Migmatitas, esquistos, granitos	Basamento	10i	Precámbrico- Paleozoico
	La Alicia	43° 26'	66° 00'	Caliza organógena	Mantiforme			Cretácico superior Terciario inferior	Calizas, areniscas	Formación Salamanca	9k	Cretácico superior Terciario inferior
	Las Chapas	43° 40'	63° 28'	Caliza organógena	Mantiforme			Cretácico superior Terciario inferior	Calizas, areniscas	Formación Salamanca	9k	Cretácico superior Terciario inferior

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ROCAS CARBONÁTICAS

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	La Esther, El Alamo, Cantera II, Piedras Blancas	45° 00'	66° 25'	Caliza	Estratiforme		(La Esther) 217 Mt (estimados)	Cretácico superior Terciario inferior	Coquinas	Formación Bustamante- Formación Salamanca	9k	Cretácico superior Terciario inferior
	Sierra Chaira	45° 05'	68° 15'	Caliza	Estratiforme	CaCO ₃ : 80-85 %	740.000 t (medidos) 800.000 t (inferidos)	Cretácico superior Terciario inferior	Coquinas	Formación Bustamante- Formación Salamanca	9k	Cretácico superior Terciario inferior
	El Tablón Cantera 1 y 2	45° 08'	66° 45'	Caliza	Estratiforme		400.000 t (aflorante) 800.000 t (cubierto)	Cretácico superior Terciario inferior	Coquinas	Formación Bustamante- Formación Salamanca	9k	Cretácico superior Terciario inferior

SAL (sal común – sal de sodio)

Los depósitos de sal están compuestos principalmente por halita (ClNa) en cristales y masa cristalinas granulares. Los cristales son incoloros o blancos, pero pueden tener tonalidades amarillas, rojas, azuladas y púrpuras en ejemplares impuros.

La halita pura está compuesta por 39,3% de sodio y 60,7% de cloro, aunque corrientemente presenta impurezas como sulfatos y cloruros de magnesio y calcio.

La halita aparece en amplias capas y masas irregulares como precipitado de las aguas marinas, e interstratificada con rocas sedimentarias. En estos casos se asocia a yeso, silvita, anhidrita, calcita, arcillas y arena. De esta manera, los depósitos de sal se han formado por la evaporación gradual y desecación final de masas de aguas saladas en mares o lagos.

La halita comienza a cristalizar cuando el agua de mar se ha reducido en un 10% de su volumen original y, en el conjunto de sales contenidas en esta agua, el ClNa representa el 77,6%.

La deformación de rocas sedimentarias con capas salinas interstratificadas pueden producir la formación y ascenso de domos salinos.

La halita también aparece como un producto asociado a volcanismo, y como una eflorescencia superficial en zonas áridas.

Usos: principalmente en la industria química como fuente de sodio y de cloro para la producción, entre otros, de carbonato y bicarbonato sódico y soda cáustica para productos de lavado y de la industria textil, maderera y curtidos. En estado natural, la sal se emplea en el curtido de pieles, como abono, herbicida y alimento para el ganado. Es también ampliamente usada para la preparación y condimento de alimentos de consumo humano.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE SAL		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9f	35b.5	F 09
9g	35a.3/a4	F 02

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

La República Argentina cuenta con cuantiosas reservas de sal común y sal de roca, distribuidas en gran parte del territorio nacional, como costras salinas en la superficie de los salares o bien disuelta en salmueras o formando parte del arreglo estratigráfico de cuencas de retroarco.

Durante los periodos Jurásico-Cretácico, en la Cuenca Neuquina, se formaron importantes depósitos evaporíticos con el aporte de aguas marinas (modelo 9g), que culminaron varios de los ciclos sedimentarios (Miembro Salinas, Formación Huitrín) y que hoy constituyen destacados depósitos de sal de roca como Calmuco (Mendoza) y Carmelo (Neuquén).

La Puna es una unidad morfoestructural donde se han desarrollado numerosas cuencas de retroarco centripetas, a partir de los episodios ándicos neógenos. Los actuales salares son una evidencia de la persistencia del diseño hidrológico e hidrogeológico en la región, con concentraciones de variadas especies salinas y con depósitos de sal de roca de edad **terciaria** (modelo 9f; Tolar Grande, Salta) y de sal común del **Cuaternario** (salaros puneños) con evidente aporte catiónico volcánico (modelo 9f). En la región puneña no sólo es de gran importancia el aporte de fuentes termales (volcanismo) que vuelcan sus aguas directamente en el interior de las cuencas sino que también lo son las estructuras y la extrema aridez de la región.

En el ámbito extraandino existen numerosas cuencas intermontanas centripetas, que actualmente conforman salares o salmueras debido a que se ubican en regiones de clima árido. El aporte de cloruro de sodio se hace a través de escorrentías y acuíferos que lixivian las rocas circundantes. Estos depósitos se distribuyen en el centro (Sierras Pampeanas) y este del país (región pampeana); aunque son estos últimos los de mayor importancia económica.

En la región pampeana los depósitos salinos presentan un importante control estructural, orientados generalmente paralelos a las fracturas regionales (ONO – ESE), que limitan las depresiones y permiten la circulación de agua subterránea. En el ámbito de las Sierras Pampeanas el aporte de las sales disueltas es mucho menor debido a la naturaleza cristalina de

las rocas aflorantes, pero la lixiviación por parte del agua subterránea de los materiales aluvionales acumulados en la base de las sierras, como los ya depositados en las depresiones, es fundamental, y ello depende esencialmente de las condiciones climáticas.

DEPÓSITOS DE SAL EN LA PUNA

En la Puna, unidad morfoestructural que abarca el oeste de Jujuy y Salta y el norte de Catamarca, se localizan un gran número de salinas y lagunas portadoras de evaporitas de diversas composiciones. Si bien son conocidas por sus contenidos en boratos y sales de Li y K, conforman una importante reserva de cloruro de sodio. Los depósitos salinos se alojan en depresiones tectónicas, producto del tectonismo terciario-cuaternario, que constituyen cuencas centrípetas endorreicas en una región de clima árido, con un promedio anual de precipitaciones de 300 mm. La actividad volcánica fue muy importante en la región durante el Terciario y Cuaternario, siendo la principal fuente de cationes, que se depositaron y fueron posteriormente removilizados hasta los sectores más deprimidos como producto del lavado y lixiviación por aguas superficiales y subterráneas. Es así como se han generado importantes capas salinas y depósitos sedimentarios con alto contenido en cloruro de sodio en los fondos de las salinas, además de la formación, durante los meses de estío, de delgadas capas de sal en las superficies de los salares.

Según datos de la Estadística Minera de la República Argentina la provincia de Jujuy produjo 20.069 toneladas de sal común en el año 1998 y 12.099 toneladas en el año 2000; en tanto que de la provincia de Salta se extrajeron 18.317 toneladas en 1998, 19.655 toneladas en el 2000 y 14.077 toneladas en el año 2002 (estimadas).

SALINAS GRANDES (Schalamuk *et al.*, 1983)

Las Salinas Grandes y la laguna Guayatayoc conforman una depresión que colecta el agua que escurre sobre una superficie de 17.500 km². El sector oriental de la salina se ubica en la

provincia de Jujuy y la parte occidental en Salta. Los afloramientos rocosos son escasos en la región y sólo asoman en el borde austral de la misma cuarcitas cambro-ordovícicas en el cerro Huancas. El cuerpo salino se localiza principalmente en el centro de la depresión; tiene 5 a 20 cm de espesor y presenta delgadas intercalaciones arcillosas que le restan pureza. Se apoya sobre lutitas conformadas por limos, arcillas y material arenoso fino con yeso y material calcáreo, depósitos que se disponen en lentes o bancos.

Tres Morros

Generalidades

Ubicación: en el sector oriental de la Salinas Grandes, en la provincia de Jujuy, a 3470 m.s.n.m. y próximo al paraje Tres Morros se encuentra el yacimiento de sal trabajado por la empresa Salinas Grandes S.A. Dista 110 km al norte de San Antonio de los Cobres y 50 km al oeste de Purmamarca.

Sistema de explotación: cosecha de la capa superficial que alcanza un espesor de hasta 1 cm, o bien por medio de piletas de 6 m de largo, 3 m de ancho y 0,7 m de profundidad realizadas en el lecho salino y de las cuales se extraen “panes” de sal de 5 a 10 cm de espesor en forma manual.

Geología del yacimiento

Descripción: Reverberi (1968) realizó un estudio del depósito salino total presente en la depresión, en el sector jujeño, a escala 1:25.000, con 700 perforaciones. Determinó que por debajo de la capa salina superficial continúa una capa de 10 a 20 cm de sal dura, porosa y cavernosa con impurezas limosas. Por debajo sigue un depósito limo-arenoso con alto contenido salino apoyado en depósitos pardo rojizos a verdosos de material arenoso con limos y arcillas con cristales de yeso y sal.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Calidad química y reservas de sal en Tres Morros, Salinas Grandes

Yacimiento	NaCl (%)	Na ₂ SO ₄ (%)	CaCl ₂ (%)	MgCl ₂ (%)	Ca(CO ₃ H) ₂ (%)	KCl (%)	Reservas (t)	Referencia
Depósito en el sector jujeño	95,07-96,39	0,3-0,9	0,16-0,41	0,4-0,11	0,16-0,20		9.638.205 (capa superf.)	Reverberi, 1968
Salinas Grandes S.A.	95,1	1,15	0,55	0,04	0,4	0,4		

*Salinera El Capitán***Generalidades**

Ubicación: en el extremo occidental de las Salinas Grandes, provincia de Salta, en las proximidades de la localidad de Cangrejillos, a 62 km al noroeste de San Antonio de los Cobres.

Usos: como soluto de saturación de las salmueras que se tratan en la Salinas El Timbo, en la provincia de Tucumán.

Sistema de explotación: cosecha de la capa superficial en forma mecanizada, tres o cuatro veces al año según las condiciones climáticas.

Geología del yacimiento

Descripción: en la salinera El Capitán la capa superficial alcanza espesores que van de unos milímetros hasta 2 centímetros. Por debajo se encuentra una capa de sal compacta, de grano grueso, blanca parduzca y hasta 20 centímetros de espesor. Le siguen 10 a 30 cm de material arcillo-arenoso pardo verdosos con "papas" de ulexita, apoyado en un barro orgánico con cristales de yeso y material carbonático.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALAR DEL RINCÓN

(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta, al noroeste de la estación Laguna Seca del ex F.C.G.B., a 215 km de la ciudad de Salta.

Acceso: por ruta nacional 51 hasta la localidad de Olacapato, desde allí, tomando el desvío a Paso Seco, se recorren 58 km.

Yacimiento	NaCl (%)	Na ₂ SO ₄ (%)
Salar del Rincón	95-97	1-3

Sistema de explotación: además del sistema de "cosecha" por raspado de la capa superficial, se han construido numerosas piletas de donde se obtiene sal de alta pureza. Estas piletas están alineadas y separadas unas de otras 2 y 4 metros; son de 3 a 6 metros de largo, 2 a 3 metros de ancho y 0,3 a 0,4 metros de profundidad.

Geología del yacimiento

Descripción: el salar del Rincón se encuentra rodeado por rocas volcánicas (andesitas, dacitas, tobas y basaltos) por el oeste y sur, sedimentos ordovícicos (cuarcitas, areniscas y lutitas) por el este y material aluvional en el norte. El depósito salino se caracteriza por una primera capa de 10 a 20 cm de sal con mucho material limoso, pero a medida que se profundiza las impurezas disminuyen y aparece un cuerpo de varios decímetros de sal pura.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Contenido salino de la capa temporaria de la Salinera El Capitán, Salinas Grandes

Yacimiento	Sector	NaCl (%)	Na ₂ SO ₄ (%)	CaCl ₂ (%)	MgCl ₂ (%)	Ca(CO ₃ H) ₂ (%)	KCl (%)
Salinera El Capitán	Capa salina compacta	87,31	0,87	0,08	0,74	0,49	0,54

SALAR POCITOS(Schalamuk *et al.*, 1983; Battaglia *et al.*, 2001)**Generalidades**

Ubicación: el salar se encuentra en la provincia de Salta y el depósito salino al sudoeste de la estación Salar de Pocitos del F.C.G.B. Dentro del depósito existen dos yacimientos: *Manto Blanco* en el sector norte del salar, a 2,5 km al sudoeste de la estación antes mencionada, y *Doña Emma*, a 8 km al oeste de la estación y al oeste-noroeste del yacimiento anterior.

Marco Geológico

El salar Pocitos es una depresión tectónica orientada nor-noroeste con eje principal de 58 km de largo y un ancho de 4 a 8 km. Está limitado al este por una falla, cuyo bloque levantado está representado por las serranías de Quirón, que muestran las rocas del Complejo Metamórfico Proterozoico; desde allí bajan al salar los conos aluviales. Al oeste aparece la Sierra de Calalaste, formada por sedimentos terciarios y cuaternarios y por el extremo norte asoman volcanitas, en especial andesitas.

Geología del yacimiento

Descripción: en el salar de Pocitos se reconocen: en el sector norte ulexita y caliche-travertino, en el centro predomina halita y yeso y en el borde austral yeso selenítico y mirabilita-thenardita. El depósito de sal conforma una faja de 7,5 km de largo con 1,5 km de ancho en el extremo norte, disminuyendo hacia el sur hasta alcanzar 0,3 km. Se reconocen tres sectores bien diferenciados: un sector interno, de una superficie menor a 1 km², cuya capa de sal permanente alcanza 5 metros de potencia y se presenta como una costra con pocas intercalaciones terrosas; rodea a esta capa el sector de “reserva” formado por una capa rugosa y agrietada de escaso espesor (0,03 a 0,5 metros), y por último el sector externo, de un espesor no mayor a 2 cm. El yacimiento de Manto Blanco cubre 6 km de largo (sentido N-S) y 0,7 a 0,8 km de ancho; el espesor de la capa salina va de unos pocos centímetros hasta 0,8 metros de potencia. En estos sectores la primera capa es de unos 30 cm y está formada por sal pura de color

blanco con tonos pardos por la presencia de impurezas. Le siguen una sucesión de capas intercaladas de 2 a 5 cm de espesor cada una, que consisten en niveles de sal de color blanco parduzcas entre capas de limos con alto contenido en cloruro de sodio. En Doña Emma el cuerpo salino es de bordes irregulares, se orienta este-oeste y tiene una longitud máxima de 150 metros por 60 metros de ancho; se apoya sobre areniscas limosas pardo rojizas con presencia de sal y su espesor es de 0,3 metros.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALAR TACA TACA(Schalamuk *et al.*, 1983)*Federico***Generalidades**

Ubicación: en el extremo noreste del salar (brazo norte del salar de Arizaro), a 7 km al norte de la estación Taca Taca del ex F.C.G.B.

Acceso: desde la localidad salteña de Tolar Grande, por ruta nacional 59, se recorren 35 km hasta el cruce con el camino que conduce hasta la estación Taca Taca. Desde la estación (13 km desde el desvío) se continúa por el camino hacia el norte por 7 km.

Usos: sal para uso industrial.

Geología del yacimiento

Descripción: el cuerpo salino se muestra a lo largo de 350 metros en dirección NNE-SSO y 100 metros de ancho. Tiene un espesor de 0,2 a 0,6 metros y se adelgaza en sus bordes. En superficie se observan polígonos de desecación y en profundidad la sal es de color pardo clara y se apoya sobre un manto de arena gris blanquecina.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Contenido salino, impurezas y reservas de sal en el Salar Pocitos (Schalamuk *et al.*, 1983)

Salar Pocitos	NaCl	Material terroso	Espesor medio	Área considerada	Reservas
Sector interno	79-91 %		1,5 m	5 km ²	15.5 Mt
Sector “reserva”	28,98 %	63 %	0,3 m	28,4 km ²	6.2 Mt

*Ercilia***Generalidades**

Ubicación: en el centro-oeste del salar, a 6 km al NNO de la estación Taca Taca.

Acceso: de la estación Taca Taca se toma el camino en dirección oeste, retomando el camino que va al norte y que bordea el oeste del salar.

Usos: sal para la industria y para consumo humano.

Sistema de explotación: por medio de piletas.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito salino se extiende en dirección norte-sur y noreste-sudoeste; asoma por 700 metros, luego desaparece y vuelve a aflorar 200 metros más al sur. El espesor del cuerpo es de 0,2 a 0,6 metros y sus características son similares al yacimiento Federico.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

TOLAR GRANDE

(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: es un depósito de sal de roca 3 km al SSO de la localidad de Tolar Grande. Comprende el yacimiento “Elena” y 800 metros más al sur el yacimiento “Amelia”.

Acceso: desde Tolar Grande, por ruta nacional 59, se recorren 800 metros hasta el desvío hacia el sur.

Usos: para consumo en ganadería.

Sistema de explotación: a cielo abierto, con frentes de avance de 4 a 15 metros de alto y hasta 20 metros de ancho.

Geología del yacimiento

Descripción: los bancos salinos aparecen como montículos que sobresalen del piso del salar, están alineados norte-sur y se agrupan en una faja de 10 km de largo y 2,5 km de ancho. Sgross (1943) los describe como una intercalación de

bancos de sal y depósitos epiclásticos; los primeros pueden tener un espesor de 5 a 40 metros y las sedimentitas intercaladas son areniscas rojas y grises y lutitas parda rojizas equivalentes a la F. Pozuelos (Plioceno). En el yacimiento Amelia el depósito salino ocupa el flanco oriental de un anticlinal de dirección noreste y se localiza próximo a una quebrada abierta a través de rocas del Terciario superior. El cuerpo es concordante con la estructura regional, su orientación es de N30°E/30-40°ESE y está limitado al oeste por una falla. Su largo es de 50 a 60 metros y es probable que continúe en dirección sur, su espesor es de 7 a 8 metros y contiene cristales de halita de 0,5 a 5 cm de lado y de color gris. El banco de sal se apoya sobre areniscas grises oscuras o bien sobre lutitas pardo rojizas con clastos de las areniscas antes mencionadas, cubierto por mantos de areniscas limosas parda claras. En el yacimiento Elena el depósito es compacto, de color gris claro y con cristales de halita de hasta 5 cm de lado. Se orienta al noreste e inclina al este, se prolonga por casi 30 metros y su espesor es de 3 a 4 metros aunque no se alcanzó su base. Lo cubren lutitas arcillosas y arcillitas pardo rojizas con venillas de sal con una inclinación de 30°-80° E.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALMUERAS EN LAS SIERRAS SUBANDINAS

SALINAS EL TIMBÓ, TUCUMÁN
(Bortolotti, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el extremo sur de las Sierras Subandinas, a 13 km al norte de San Miguel de Tucumán. Sus coordenadas son 26°42'28" L.S. y 65°08'56" L.O.

Producción: en el año 1996 y en el lapso de 10 meses se produjeron 32.744 t de sal de grano fino. En el año 2000 se produjeron 28.030 t de sal (Estadística Minera de la República Argentina) y en el 2001 un total de 25.000 t de sal de mesa con una pureza de 99% ClNa (Viruel *et al.*, 2002).

Composición química de sal de roca en el yacimiento Elena, Tolar Grande

Yacimiento	NaCl (%)	Na ₂ SO ₄ (%)	CaCl ₂ (%)	Ca(CO ₃ H) ₂ (%)	KCl (%)
Elena	91,4	1,64	0,72	0,32	0,13

Infraestructura minera: la empresa propietaria del yacimiento es Industrias Químicas y Mineras Timbó S.A., quien cuenta con una planta de tratamiento y con 14 pozos en actividad.

Usos: para consumo humano.

Sistema de explotación: la salmuera se encuentra a una profundidad promedio de 70 metros y se extrae con equipos de bombeo electrosumergibles o por inyección de aire comprimido.

Geología del yacimiento

Descripción: de acuerdo con el muestreo realizado durante las perforaciones, en los primeros 0,2-1,2 metros hay suelo, seguido por un manto de arena, grava y conglomerados de 30 metros de espesor. Inmediatamente comienza una sucesión de capas arcillo-limosas, limo-arenosas y limo-areno-arcillosas de color pardo con varias tonalidades. Entre estas capas es común encontrar niveles de sal de roca, yeso y anhidrita como mantos individuales o bien intercalados o mezclados con materiales limo-arcillosos. En el pozo n° 13 se encontró un manto de sal de 4 metros de espesor a los 81 metros de profundidad, en el pozo n° 1 el cuerpo de sal de roca y anhidrita fue atravesado desde los 117 metros hasta los 120,5 metros de profundidad.

Estructura: se reconocen varios fotolineamientos con diferentes orientaciones, dos de ellos de importancia relevante; fotolineamiento El Dique de orientación ENE-OSO divide dos sectores: la zona 1, al norte del lineamiento, en donde se ubican los pozos en actividad debido a su comportamiento estable y la zona 2, en el sector austral, que se caracteriza por su inestabilidad con variaciones de los valores de nivelación y su escasos caudales. El fotolineamiento La Perdiz, con orientación NE-SO atraviesa la zona 1 siendo el responsable de los buenos caudales obtenidos en ella.

Mineralogía: principalmente halita. También yeso, calcita, anhidrita y escasa leonhardita, bischofita y natro-trona.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La salmuera se genera por la disolución de las capas de sal de roca y la sal que contienen los estratos presentes en el subsuelo de la región y también proviene de áreas distantes. La disolución es producida por el agua subterránea y el agua superficial al percolar y atravesar diversos horizontes hasta llegar a los acuíferos.

Estratigrafía del extremo sur de las Sierras Subandinas (Ruiz Huidobro, 1960; Bossi, 1969; Mon y Urdaneta, 1972; Porto y Daniele, 1974)

Edad		Unidad estratigráfica		Características
Cuaternario			F. Tucumán	Limos loésicos, arenas y conglomerados.
Terciario	Plioceno	Grupo Choromoro	F. Acequiones	
			F. Chulca	
			F. India Muerta	Limolitas pardas y areniscas grises.
	Mioceno		F. Río Salí	Limolitas y arcilitas de color verde y rojas con depósitos de yeso y areniscas grises.
			Eoceno	F. Río Nío
	Paleoceno			Subgrupo Santa Bárbara
Cretácico	Superior	Subgrupo Balbuena		
			Inferior	Subgrupo Pirgua
Ordovícico			Granitoides	Granitos
Cámbrico	Superior		F. Candelaria	Ortocuarcitas rosadas consolidadas.
	Medio		F. Medina	Pizarra y filitas.
Precámbrico	Superior			

Composición química de salmueras del yacimiento El Timbó

Yacimiento	NaCl (gr/l)	Na ₂ SO ₄ (gr/l)	Ca ⁺⁺ (gr/l)	Mg ⁺⁺ (gr/l)	Reservas medidas (m ³)	Reservas indicadas (m ³)	Referencia
El Timbó	280	16,57	0,63	0,76	377.755	3.568.631	Bortolotti, 1999

DEPÓSITOS DE SAL EN LAS SIERRAS PAMPEANAS

SALINAS GRANDES
(Angelelli *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: en el centro del país, ocupa sectores del sudoeste de Santiago del Estero, sudeste de Catamarca y La Rioja y noroeste de Córdoba. En esta última provincia, en los departamentos de Tulumba e Ischilín se encuentran los depósitos de mayor interés.

Acceso: la mayor concentración de sal en las Salinas Grandes de Córdoba es llamada salar de San José y se accede desde la estación ferroviaria Lucio Mansilla.

Sistema de explotación: cosecha de la capa temporaria.

Geología del yacimiento

Descripción: en la porción cordobesa de las Salinas Grandes se reconocen tres sectores con concentraciones importantes de sal: salar de San José, Monte de Las Barrancas y Monte Negro. El salar de San José es el principal depósito, aunque abunda la vegetación halófila la sal se concentra en una zona central, rodeada por una amplia planicie con algunas eflorescencias salinas y por

último una zona externa con escasas a nulas eflorescencias. En el salar de San José existen tres sectores con desarrollo minero, identificados como norte, central y sur. Rigal (1939) realizó un perfil de los depósitos salinos para cada uno de los sectores y efectuó análisis químicos en diversas capas de ellos (ver cuadro); indica que la **capa temporaria**, de sal de grano fino, variaba entre 2 y 8 cm de espesor, pero es importante mencionar que la misma experimentó un decrecimiento pues en la región central, en el año 1948, tenía 10 cm de espesor, en 1954 era de 4 cm y en 1959 apenas alcanzó 2,5 cm. Por debajo de la capa temporaria aparece un manto de **sedimentos negruzcos**, de 8 cm de espesor, con abundante yeso y algo de material calcáreo además de escasa sal. Infrayace a estos sedimentos una capa de **arcillitas** con abundante yeso, de color castaño rosada a rojiza y con material calcáreo. En los sectores norte y sur las arcillitas son precedidas por una **capa de yeso** (1-20 cm) gris verdosa. En este nivel del perfil se encuentran salmueras.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La salina es un cuerpo evaporítico del Cuaternario que recibe los aportes de aguas superficiales que lavan los terrenos circundantes y el aporte de aguas subterráneas salinizadas.

Contenido salino de capa temporaria y salmueras en el Salar San José, Salinas Grandes

Salinas Grandes		Cloruros en Cl	Sulfatos en SO ₃	CaO	MgO	Carbonato en CO ₃	Álcalis (Na ₂ O+K ₂ O)
Salar San José	Mina Mercedes ^b	%					
	Capa temporaria (promedio de los 2,5 cm basales)	60,92	1,50	1,0	0,77	0,15	35,12
	Mina El Porvenir ^c	ClNa	Cl₂Mg	SO₄Na₂			
Salmuera	263,2	0,26	21,67				

Referencias: ^(b) Ferrer, 1959; ^(c) Angelelli *et al.*, 1980

Contenido salino de sedimentos en el Salar San José, Salinas Grandes

Salinas Grandes		CINa (%)	Sulfatos en SO ₃ (%)	Ca en CO ₃ (%)	Reservas (t)	Área considerada (ha)	
Salar San José	Sector sur ^a	Sed. negros	8,89	34,37	23,55	648.000 ^b	1.350 ^b
		Capa c/yeso	4,44	35,69	25,01		
	Sector central ^a	Sed. negros	4,91	34,29	24,33	252.000 ^b	525 ^b
		Arcilla parda rosa.	4,79	28,83	23,44		
	Sector norte ^a	Sed. negros	5,50	38,10	28,04	1.224.000 ^b	2.550 ^b
		Arcilla castaño rojiza	6,66	10,56	9,08		

Referencias: ^(a)Rigal, 1939; ^(b)Ferrer, 1959

SALINA LA ANTIGUA (Marcos, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de La Rioja, a aproximadamente 40 km al noreste de la ciudad de Chical, al pie del flanco occidental de la sierra Brava. El elongado cuerpo evaporítico tiene como eje central al meridiano de 66°05' de longitud oeste y sus límites norte y sur coinciden con los paralelos de 29°45' y 30°05' respectivamente.

Sistema de explotación: sus depósitos no revisten importancia económica.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito salino conforma una elongada faja NNO-SSE de 30 km de longitud y 1 a 3 km de ancho. Sus límites son difusos pues está rodeada de barreales, productos de su propio lavado, y suelos salinos con vegetación halófila y escasas efluorescencias salinas. En general sólo en el extremo sudeste de la faja existen acumulaciones salinas y efluorescencias, el resto del depósito es una "pampa salina" (Rigal, 1932) que consiste en una mezcla de halita con material detrítico. A lo largo de todo el año existe un espejo de agua salada (laguna Larga) en el extremo oriental.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

A la depresión llegan las aguas que bajan de las vertientes occidentales de la sierra Brava, además del aporte del nivel freático.

SALINAS DE MASCASÍN Y PAMPA DE LAS SALINAS

(Marcos, 1999)

Generalidades

Ubicación: ambas salinas se encuentran en el extremo sur de la provincia de La Rioja. La salina de Mascasín cubre parte de terreno sanjuanino mientras que la salina Pampa de Las Salinas abarca sectores de San Juan y San Luis. Ambas se encuentran muy próximas; la salina de Mascasín ocupa el sector septentrional. La depresión que las contiene se emplaza entre la serranía de Las Minas (La Rioja) y la sierra La Huerta (San Juan).

Acceso: la salina de Mascasín es atravesada por la ruta 20 que une la ciudad de San Juan con la localidad riojana de Chepes. Por el sudeste (Pampa de Las Salinas) un camino une el caserío Corral de Isac (La Rioja) con la localidad sanjuanina Los Cajones. Desde Corral de Isac, un camino vecinal que se interna en la salina a lo largo de 27 km conduce al puesto La Porfía.

Producción: solo se registró escasa actividad en el año 1961.

Usos: alimento para ganado.

Sistema de explotación: en la salina de Pampa de Las Salinas se cosechaba la capa superficial en forma manual.

Composición química de la capa de sal de Pampa de Las Salinas y Salina de Mascasín

Pampa de las Salinas	Capa temporaria	ClNa (%)	Cl ₂ Ca (%)	Cl ₂ Mg (%)	SO ₄ Na ₂ (%)	Insol. (%)	Referencia
		81,49	5,83	4,70	4,57	2,36	Dawson y Mastandrea, 1961
Salina de Mascasín	Capa temporaria	Cloruros (%)	Sulfatos (%)	Observaciones			
		20,7	5,27	Se encontraron vestigios de boratos, nitratos y nitritos. La salina se caracteriza por su alto contenido de material eólico.			

Geología de los yacimientos

Descripción: las salinas se encuentran en una depresión tectónica elongada en dirección noroeste-sudeste. Si bien en algunos mapas se observan separadas Dawson y Mastandrea (1961) consideraron que componen una misma salina, en cuyo extremo sudeste se encuentra Pampa de Las Salinas y en el extremo noroeste Mascasín. La capa salina superficial no supera 5 mm, con excepción de un sector ubicado al sudoeste de Pampa de Las Salinas donde es común que se acumule agua durante los meses de lluvia y posteriormente se genere una capa temporaria de 2 a 5 cm. Por debajo de la lámina de sal superficial aparece 1 metro de arena-arcillosa con niveles y nódulos salinos. En el extremo noroeste de la depresión y del sustrato salino afloran rocas terciarias y médanos que limitan cuencas menores.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

A la depresión vuelcan sus aguas las escorrentías que circulan por las areniscas friables calcáreas y yesíferas del Paleozoico superior y Terciario que circundan a la cuenca.

MAR CHIQUITA

Generalidades

Ubicación: laguna ubicada al nordeste de la provincia de Córdoba, donde descargan sus aguas los ríos Primero y Segundo.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALINA DEL BEBEDERO
(Benineto, 1999)

Generalidades

Ubicación: Centro-oeste de la provincia de San Luis, en el flanco occidental de la porción sur de las Sierras Pampeanas, en el ámbito de la denominada Cuenca de Beazley, a 42 km al sudoeste de la ciudad capital de la provincia. Sus coordenadas son 33°34' L.S. y 66°39' de L.O.

Producción: la salina ha producido desde el año 1945 hasta la actualidad aproximadamente 7,5 Mt de sal.

Usos: para consumo humano (yodada), como alimento para ganado (panes de sal) y en la industria (frigorífica, textil, química, etc.).

Sistema de explotación: cosecha de la capa superficial y posterior acopio, por aproximadamente dos años, en parvas extendidas en playas.

Antecedentes

En la salina del Bebedero se registra actividad desde 1910, año en que se extrajeron 1.000 toneladas de sal. Desde entonces las diversas pertenencias mineras han pasado por diferentes arrendatarios hasta que en 1940 la totalidad de las minas quedaron en manos de la Compañía Introdutora Buenos Aires S.A., quien se hacía cargo de la explotación desde 1917.

Composición química y reservas salinas en Mar Chiquita

	ClNa	SO ₄ Na ₂	SO ₄ Ca	SO ₄ Mg	ClK	ClLi	Referencia
Contenido medio (gr/l)	60,3	13,5	1,8	1,78	0,54	0,061	Durigneux, 1978
Reservas (t)	361.800.000	81.000.000	10.800.000	10.680.000	3.287.000	336.500	

Contenido salino y reservas en diversas zonas de la Salina del Bebedero

Salina del Bebedero		ClNa (%)	ClK (%)	SO ₄ Na ₂ (%)	SO ₄ Mg (%)	SO ₄ Ca (%)	Reserva (t)	Referencias
Sector central de la salina	Perf. 5 (a 2 km de la costa y 2 m de prof.)	70,01	0,12	7,48	0,54	11,4		Beninato, 1999
	Perf. 8 (zona interna)	94,64			0,85	2,72		
	Perf. 14 (zona interna)	94,51	0,15		1,82	2,36		
Zona marginal, inferior		71,25	Espesor promedio: 0,41 m				39.000.000	Cordini, 1948
Zona marginal superior		30,42	Espesor promedio: 1,45 m					
Zona interior, superior		92,58	Espesor promedio: 0,81 m					
Zona interior, inferior		27,82	Espesor promedio: 1,19 m					

Marco Geológico

La salina del Bebedero se encuentra en el centro de la Cuenca de Beazley, depresión tectónica limitada al este por las estribaciones australes de las Sierras de San Luis y el Alto estructural Cerrillo-Las Salinas-Charlone; al oeste por el Alto Pencoso y la falla meridional del Valle Fertil-Desaguadero que la separa de la subcuenca de Cacheuta; al norte se encuentra la dorsal San Pedro y al sur la dorsal del cerro Varela. Esta depresión se compone de una serie de bloques de basamento cristalino desplazados según fallas normales. El centro de la misma, sitio donde se ubica la salina, lo ocupa el bloque hundido “de la salina”, inmediatamente al norte se ubica el bloque ascendido “del Barreal”, separado por la falla normal noreste-sudoeste “Dos Anclas”; al sur del bloque de la salina se ubica el bloque ascendido “Beazley” separado por la falla homónima. Los límites oeste y este de dichos bloques están dados por la falla “Bebedero” y la falla inversa meridiana “Varela”, respectivamente.

Geología del yacimiento

Descripción: la salina del Bebedero tiene 15 km de largo y un promedio de 5 km de ancho; cubre en total una superficie de 7.500 Ha pero sólo 3.500 Ha son susceptibles de ser explotadas. Sedimentos de edad terciaria (Mioceno-Plioceno) asoman en el borde sur del bloque “del Barreal”; son limos pardo rojizos con niveles de toscas, algunas concreciones y láminas de arcillitas intercaladas, que representan facies de barreales de ambiente árido a semiárido. Guiñazú (1961)

Estructura: el bloque central “de la salina” está circunscripto por cuatro fallas, ellas son: “Dos Anclas” (falla normal) al norte, “Varela” (falla inversa) al este, Beazley al sur y “Bebedero” al oeste. Las mismas se reactivaron durante el Terciario superior y el Cuaternario inferior, registrándose en ese lapso dos movimientos. El

describió como areniscas terciarias a los sedimentos que rodean el espejo salino y sobre los que se apoyan los terrenos cuaternarios que sirven de piso a la costra salina. Los depósitos cuaternarios están representados por sedimentos de facies lacustres en la región más deprimida de la depresión (actual Lago del Bebedero), en el extremo norte se observan los más antiguos, formados por 8 metros de sedimentos clásticos, con una base de pelitas pardo rojizas a verdosas seguidas por areniscas finas granocreciente cubiertas por limos, arcillas y material orgánico. Corresponden a este ambiente los sedimentos evaporíticos productos de la evaporación de las aguas vertidas a la cuenca por el arroyo Bebedero y las aguas subterráneas que emanan en el extremo oriental de la misma. En el sector sur y sudoeste de la salina se registran sedimentos cuaternarios de ambiente eólico, conforman médanos fijos (N34°E) y acumulaciones de arena fina de hasta 3 metros (N24°E). En el extremo occidental afloran sedimentitas cuaternarias de ambiente fluvio-lacustres y fluviales, representados por gravas medianas a gruesas con clastos de pumicitas grises.

Morfología: en un perfil este-oeste Cordini (1967) distingue: la “costa”, compuesta de material arenoso, escasa vegetación halófila y varios niveles de terrazas. “Playa distal”, caracterizada por su contenido en material orgánico y escaso material salino. “Playa proximal”, donde aumenta el contenido salino y aparecen las espumas de resaca. “Depósito interno”, único sector explotable, muy rico en depósitos de sal.

primero produjo el ascenso del bloque septentrional “del Barreal” a través de la falla Dos Anclas y el hundimiento del bloque “de la salina” a lo largo de las fallas “Dos Anclas”, “Varela” y “Beazley”, depositándose facies lacustres en el Lago del Bebedero. En el segundo movimiento se volvió a hundir el bloque central.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Durante el Cuaternario inferior el lago cubría una gran superficie y era alimentado por el arroyo Bebedero (conectado al río Desaguadero), el espejo de agua consistía en un lago salobre. En el Pleistoceno-Holoceno, los depósitos eólicos del extremo austral desconectaron al arroyo del río Desaguadero y el lago disminuyó de tamaño, la evaporación aumentó y la afluencia de aguas subterráneas muy mineralizadas, ubicadas en el sector oriental, conformaron el principal aporte del lago, que se redujo a una salina.

DEPÓSITOS DE SAL DE LA CORDILLERA FRONTAL (Marcos, 1999)

SALINA EL LEONCITO

Generalidades

Ubicación: en la provincia de La Rioja, a 3.400 m.s.n.m. Dista 55 km al oeste de la localidad de Jagüe.

Acceso: a la quebrada de El Leoncito se accede por la antigua ruta que conducía al paso a Chile, para ello es necesario recorrer 85 km desde Jagüe. El nuevo camino que conduce a dicho paso también alcanza la zona de la salina y la distancia a recorrer apenas supera los 100 km.

Sistema de explotación: no ha existido una explotación planificada en la salina. Se cosechó la capa superficial por métodos manuales.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito salino se encuentra en el centro de una depresión rellena por sedimentos terciarios y cuaternarios. Estos depósitos, descritos por Passarello (1977),

presentan una zona marginal de color blanca con una capa salina superficial de un espesor promedio de 20 cm apoyada sobre barro, salino con un contenido de 6 a 27 % de ClNa. La zona central presenta una **capa superficial** color marrón compuesta por una mezcla de sal y arcilla de un espesor de 60 cm apoyada sobre una **capa de sal blanca** de 15 a 140 cm de espesor, por debajo aparece un **manto arcilloso** con cristales de halita y por último aparece el **barro salino** con 7 a 23 % de ClNa.

Mineralogía: halita, yeso, mirabilita, thenardita, silvita, material arcilloso ferruginoso-sericítico, cuarzo y calcita (Ametrano *et al.*, 1977)

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Los haluros precipitan a partir de aguas subterráneas que alcanzan la cuenca.

DEPÓSITOS DE SAL EN LA REGIÓN PAMPEANA

(Angelelli *et al.*, 1976; Schalamuk *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en un área de 55.000 km² que abarca parte del oeste de la provincia de Buenos Aires y borde oriental de La Pampa, entre la ciudad pampeana de Santa Rosa al norte hasta la localidad de Cardenal Cagliero al sur, se distribuyen un gran número de salinas.

Producción: la provincia de La Pampa produjo durante los años 1998, 2000 y 2002 un total de 444.849 t, 404.892 t y 416.021 t de sal común, respectivamente, y en la provincia de Buenos Aires para los mismos años la producción de sal común fue de 184.000 t, 315.000 t y 116.357 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Contenido salino y reservas en la zona central de la salina El Leoncito

Salina El Leoncito		NaCl (%)	Na ₂ SO ₄ (%)	(CO ₃ H) ₂ Na ₂ (%)	Reservas (t)	Referencia
Zona central	Costra superficial	93,25-95,01	1,7-1,56	2,97	2.700.000	Passarello, 1977
	Capa salina blanca	95,81-94,82	1,81-2,28	1,48		
	Arcilla con cristales de sal	95,51	3,88	2,97		
	Barro salino	17,52-6,31	0,84	3,23-1,48		

Infraestructura minera: la empresa La Aurora, que extrae sal de las Salinas Chicas (Bs. As.), posee una planta procesadora (lava, enriquece con iodo y embolsa) en la ciudad de Médanos.

Usos: industria petroquímica (soda cáustica, carbonato de sodio, PVC, polietilenos, etc.), papelería, curtiembres, para consumo de ganado, para consumo humano.

Sistema de explotación: por el método tradicional de “cosecha de sal” con medios mecanizados, una o dos veces al año según factores climáticos. Una vez extraído, el material se apila en parvas sobre la playa distal de la misma salina. Aquí la sal es purgada del sulfato de sodio y de las sales de magnesio con la misma agua de lluvia o bien lavándola con agua salada extraída de los acuíferos del lugar. Posteriormente se comercializa a granel o bien se procesa (purificación, molienda, clasificación y envasado).

Antecedentes

Los primeros trabajos sobre extracción mecanizada de sal en la región y el país datan de 1901, cuando la empresa La Aurora comenzó a trabajar en la Salinas Chicas, en la provincia de Buenos Aires. Años después (1909) la Compañía Introdutora comienza a explotar la Salinas Grandes de Hidalgo en La Pampa. Actualmente se explotan los depósitos salinos pampeanos de

Salinas Colorado Grande, Salinas Colorado Chica, Salitral Negro y Salinas Anzoátegui y los bonarenses de Salinas Chicas y Salinas Cagliero.

Marco Geológico

Los depósitos salinos de La Pampa y Buenos Aires se encuentran circunscriptos a la “Región Pampeana” que abarca la Cuenca de Macachín, parte de la Llanura Chaco-Pampeana, parte de la Cuenca del Colorado y la continuación, en profundidad, de las Sierras Pampeanas y el Bloque Sanrafaelino. La región es una llanura con pequeñas cuencas endorreicas alineadas según depresiones mayores. Algunos autores explican la génesis de estos valles como respuesta a la tectónica actuante, manifestada en fallas que originaron extensos valles de orientación ENE-OSO y ONO-ESE a E-O. Linares *et al* (1980) reconocen la existencia de fallas con desplazamiento de rumbo predominante en depresiones de La Pampa; los valles del sector oriental de esta provincia estarían controlados por estas fallas que penetrarían hasta la cuenca de Macachín. Sallés Martínez (1987) sostiene que si bien existen los lineamientos antes mencionados el origen de las cubetas es debido a la acción de procesos erosivos de tipo fluvio-eólico.

Zona Norte (oeste de Buenos Aires y este de La Pampa hasta la ciudad de Bahía Blanca).

Edad		Unidad estratigráfica	Observaciones
Moderno		F. La Aurora	Sedimentos limo-arenosos de naturaleza eólica. En el este de La Pampa se presentan como médanos semifijos a móviles.
Cuaternario	Pleistoceno	Rodados Patagónicos	Similar distribución areal que la F. Río Negro, son rodados de volcanitas ácidas a intermedia y se concentran principalmente en las depresiones.
		F. Sauzal	Depósitos epiclásticos del Río Colorado. Areniscas gruesas con niveles de limos y lentes de conglomerados.
Terciario	Plioceno	F. Río Negro	Areniscas gris amarillentas. Los depósitos basales están interdigitados entre los limos de la F. Cerro Azul en el sudoeste de La Pampa y con depósitos lagunares de la F. Los Salitrales en algunas otras salinas.
	Mioceno superior	F. Cerro Azul	Limos rojizos que se diferencian de la F. Chasicó por su contenido fosilífero. Conforman gran parte de las barrancas de muchas de las salinas y su miembro medio y superior tienen como unidad equivalente a la F. Epecuén .
	Mioceno	F. Chasicó	Limo-areniscas rojizas.
Cretácico			Estos depósitos mesozoicos se encuentran en el ámbito de la cuenca de Macachín.
Precámbrico-Cámbrico			Filitas y esquistos del basamento de las Sierras Pampeanas. Están intruidas por rocas graníticas devónicas.

Cuadro estratigráfico de la “región pampeana” (Linares *et al.*, 1980; Fidalgo *et al.*, 1987)

Zona Sur (en el sudeste de la provincia de Buenos Aires desde Bahía Blanca hasta la ciudad de Viedma).

Edad	Unidad estratigráfica	Observaciones
Moderno		Sedimentos limo-arenosos castaño amarillentos, equivalentes a la F. La Aurora.
		Areniscas gruesas bien seleccionadas con restos de moluscos e intercalaciones de niveles de yeso selenítico. Estos depósitos se deben a la ingresión querandina y se los observa en las proximidades de la "Salina del Inglés".
		Conglomerados con matriz arenosa, los rodados que contienen son más redondeados que los de la formación infrayacente. Es un depósito de antiguas planicies de marea, correspondiente a ingresiones de 30.000 años de edad (ingresión querandina).
Pleistoceno	Rodados Patagónicos	Se apoyan en discordancia erosiva, el espesor del depósito varía entre 2 y 10 metros y presentan una grosera estratificación de hasta 1 metro de potencia. Los clastos son de hasta 5 cm de diámetro.
Plioceno	F. Río Negro	Forma las barrancas aldeañas a las salinas y tiene una potencia de 10 a 70 metros.
Mioceno	F. Barranca Final	Areniscas y arcillitas verdes de ambiente marino.

Cuadro estratigráfico de la "región pampeana" (Linares *et al.*, 1980; Fidalgo *et al.*, 1987)

Geología de los yacimientos

Descripción: en la región pampeana los depósitos de sal se encuentran en salinas y en cuerpos de aguas salinizadas alojados en depresiones endorreicas de diferentes tamaños. Las lluvias son escasas y durante los meses en que se producen llega a las cubetas el aporte de aguas superficiales y subterráneas; durante los meses de estío disminuyen el volumen de agua, alguna de ellas hasta secarse totalmente. Los depósitos salinos, en algunos casos a un nivel por debajo del nivel del mar, se encuentran rodeadas por una playa cuya dimensión varía de uno a otro, diferenciada en playa proximal (depósitos limo-arcillosos junto a la salina, sin vegetación y con alto contenido en materia orgánica) y playa distal (depósitos limo-arenosos en algunos casos con una delgada capa de sal superficial). Luego se ubican las barrancas con vegetación halófila. En los depósitos internos de estas salinas se reconocen una serie de capas distribuidas verticalmente de la siguiente manera: **capa de agua madre** (CM): es el agua que cubre las salinas, una salmuera de 20 a 30 cm de profundidad; **reserva o capa temporaria** (CT): es una capa de 1 a 3 cm de espesor que se forma durante los meses de estío, de gran pureza y que se "cosecha" una o dos veces al año según las condiciones climáticas; **capa madre o reserva permanente** (CP): es una sucesión de capas de cloruro de sodio y fango, puede alcanzar espesores de hasta 8 metros y en las capas superiores (hasta 4 metros) los niveles de sal contienen entre 60 y 80% de halita y 1 a 6% de yeso, los niveles de fango también contienen yeso y halita. Aquellas donde las dos reservas están en contacto se denominan *salinas con reserva arriba* (Cordini,

1967), mientras cuando entre ambas capas existe un depósito grueso de sedimentos clásticos se llaman *salinas con reserva abajo*. En algunas salinas, por debajo de la reserva permanente aparecen **niveles con sales dobles poco solubles**; este es el caso de la Salinas Grandes de Hidalgo, que posee una capa de 20 a 90 cm de glauberita, y el de la Salinas Colorada Grande donde aparece un nivel con astracanita. La base de todos los depósitos la constituyen una **capa de fango** seguida por otra de **arena**.

Mineralogía: en la reserva temporaria hay principalmente halita; en la reserva permanente halita es el componente principal de los niveles superiores y se intercala con yeso y sedimentos en niveles inferiores. Los sulfatos glauberita y astracanita están presentes en los sustratos de algunos salares.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La presencia de depósitos salinos en las cubetas de la región pampeana se postula, según distintos autores, debida a tres procesos diferentes: a) por *ingresión marina*, sólo aceptable para el Salar del Inglés donde se ha corroborado la presencia de un paleocanal que unió la depresión con el mar; b) por aporte de *aguas subterráneas mineralizadas* que ascienden hasta alcanzar la superficie de la salina después de haber atravesado sedimentos con gran contenido de sales. c) por aporte de *aguas superficiales*, de carácter sulfato-clorurado sódico debido a la composición de las rocas de la región pampeana sobre las que fluye.

Principales características de algunas salinas de la región pampeana

Salinas	Orientación	Litología de la barranca	Potencia CT/CP (m)	Contenido ClNa CM	Reserva CT (Mt/año)	Reserva CP (Mt)	Estado actual	Ubicación
Grandes de Hidalgo	SSO-NNE	F. Epecuén	0,1/12			34.7	Inundada	11 km al SE de Macachín.
Colorada Grande	NO-SE	Sed. eólicos F. C° Azul	Pocos cm / >0,6		439.0 ^(A)		En explotación	43 km alSO de San Martín. Recibe aporte de aguas profundas.
Salitral Negro		F. La Aurora F. Los Salitrales F. Río Negro	0,6/1,10		<0,48 ^(B)	27.5 ^(B)	En explotación	40 km al N de Río Colorado.
De Anzoátegui	E-O	Rod. y sed. eólicos F. Los Salitrales F. Río Negro	0,2/2,0 ^(B) y 2,5-5 ^(A)	262 gr/cm ³	0,20 ^(B) 0,2-0,5 ^(C)	20.6 ^(B) 86.0 ^(A)	En explotación	24 km al N de Río Colorado.
Chicas	NO-SE	F. La Aurora Rodados Patagónicos F. Río Negro F. Los Salitrales F. Chasicó	0,2/1-4	338 gr/l	0,15 ^(D)	20.0 ^(E)	En explotación	60 km al O de Bahía Blanca.
De Piedra	ONO-ESE	Loes Rodados Patagónicos F. Río Negro	0,3/SD	270,87 ^(F) gr/l	0,90 extraíbles		En explotación	14 km al NO de Cardenal Cagliero.
Del Inglés	E-O	Eq. F. La Aurora Rodados Patagónicos F. Río Negro	0,2/SD ^(G)	252,32 ^(F) gr/l	5.0 ^(A)		No se explota	18 km al ESE de Cardenal Cagliero.

Referencias: ^(A)Cordini, 1967; ^(B)Cangioli, 1971; ^(C)CFI, 1980; ^(D)Romero y Schalamuk, 1998; ^(E)Angelelli *et al*, 1976; ^(F)Del Blanco y Schalamuk, 1992 y ^(G)Del Blanco y Schalamuk, 1993. **CM:** capa madre; **CT:** capa temporaria; **CP:** capa permanente.

DEPÓSITOS DE SAL EN EL MACIZO NORDPATAGÓNICO

SALINAS EL GUALICHO (Brodtkorb, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Río Negro; dista 53 km de San Antonio Oeste. Sus coordenadas son 40°23' L.S. y 65°13' L.O.

Acceso: desde San Antonio Oeste se recorren 38 km por la ruta provincial 304, luego por un camino de tierra que va hacia el oeste, y que recorre a la salina por su parte austral, a lo largo de 15 km, hasta la zona de acopio y emparvado.

Producción: en el año 1990 la empresa Saladar S.A. extrajo 3.000 toneladas de sal.

Sistema de explotación: cosecha anual de la capa temporaria.

Antecedentes

En el año 1933 ya existían labores rudimentarias en las salinas El Gualicho; en 1958 se realizan los primeros trabajos exploratorios, que consistieron en el relevamiento topográfico de la salina y la determinación de sus límites, además de la ubicación de los salitrales fangosos de las periferias. También se realizaron perforaciones a diamantina y manuales con el objeto de conocer la geología del yacimiento. Cordini (1967) recopila diversos informes inéditos donde se incluían datos sobre la salina. En el año 1989 se realizaron 21 pozos y extracción de muestras para estudios mineralógicos, texturales, químicos e isotópicos a cargo de investigadores de la Universidad de "La Sapienza" en Roma, la Universidad Nacional de

La Plata y la Secretaría de Minería de la Nación (Lombardi *et al.*, 1994 y Angelucci *et al.*, 1996).

Marco Geológico

La salina se encuentra en el Gran Bajo de El Gualicho, depresión tectónica limitada por fallas de dirección noroeste-sudeste junto a un juego de fracturas nornoroeste-sursudeste y este-oeste. En el borde occidental de la depresión aparece el macizo Norpatagónico separado por una falla sobre la cual se ha desarrollado la salina Trapalcó-Laguna Curicó, cuya estribación más austral es la salina El Gualicho. Ñuñez *et al.* (1975) indican que el origen del bajo es producto del movimiento subvertical de los bloques a través de las fallas antes mencionadas, hecho que produjo la exhumación de los sedimentos sobre los cuales actuaron procesos erosivos eólicos. Ramos y Cortés (1984) sostienen que actualmente existe una inversión del relieve pues el bajo tiene como fondo a rocas metamórficas del basamento cubiertas por ignimbritas jurásicas.

Mineralogía: halita es el mineral mas importante; es común encontrar glauberita, yeso solamente en el fango limoso y escasa thenardita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La salina, cuya base se encuentra a -78 metros del nivel del mar, se alimenta de las precipitaciones pluviales (200-250 mm/año), de aguas de cauces efimeros y de aportes de aguas freáticas, saladas, que ingresa al bajo a través de los sedimentos permeables que conforman sus barrancas y ayudan a la formación de la capa de cosecha. Esta salmuera puede derivar de la evaporación de aguas freáticas continentales, de acuerdo con los análisis isotópicos $^2\text{H}/\text{H}$. El agua continental circula por acuíferos superficiales periandinos recargados con aguas antiguas circulantes a través de las fallas. La misma produciría la disolución de depósitos evaporíticos, probablemente mesozoicos, ubicados al oeste de El Gualicho. Estos acuíferos cargados con agua salada llegan a la depresión y conforman un continuo aporte de sales, por lo que se considera que el yacimiento está en continua formación, impregnándose todo el cuerpo salino con salmueras saturadas.

Perfil de la salina El Gualicho: discriminación de capas y leyes

Manto	Capa		Espesor	NaCl (%)	Observaciones
Salmuera					
Salino (S)	Temporal (CT)	Capa A	La relación entre el espesor de la CT y S es 1:10	97	Capa de cosecha. Generalmente de 1 a 5 cm, se forma en el verano.
					Insolubles eólicos, estructuras orgánicas, insectos. Muy delgada.
		Capa B		96	Está dividida por una lámina de limo, tiene 4 cm y raramente se disuelve en invierno.
	Permanente (CP)	Capa C	0,98 m en el borde sur y a 1 Km al norte tiene 2,9m. En el borde norte es de 0,22m.	94	Tiene un espesor de 2 cm en el norte y 4 cm en el sur.
		Capa D		91	Es de 3-4 cm y la componen 1 a 3 láminas.
					Material terrígeno compuesto por cuarzo, limos y arcillas de origen eólico.
		Capa E		90	Tiene 13 cm de espesor y la componen 2 a 4 láminas.
		Capa F		90	Su espesor es de 6 a 13 cm.
		Capa G		81	Tiene un espesor de 15 a 20 cm, contiene halita y glauberita y además es rica en material terrígeno-orgánico. Por ella circula un importante flujo de salmuera.
Fango limoso				Color negro verdoso.	
Ignimbritas					
Metamorfitas					

Contenido y reservas salinas en la Salina El Gualicho

	NaCl	Na ₂ SO ₄	Ca ₂ SO ₄	MgCl ₂	Insolubles	Capa temporaria	Capa permanente
Leyes (%)	74,57	2,86	6,04	0,51	16,02		
Reservas (t)	434.610.000	16.670.000	35.200.000	2.970.000	93.360.000	15.827.000	631.750.000

Cuadro estratigráfico del extremo oriental del Macizo Nordpatagónico

Edad	Unidad estratigráfica	Observaciones
Cuaternario	Rodados Patagónicos	De edad plio-pleistocena, según Ramos y Cortés (1984) son de origen fluvio-glacial. Se encuentran principalmente en las regiones más deprimidas.
Terciario	F. Río Negro	Sedimentitas continentales.
	F. Patagonia	Sedimentitas de ambiente marino.
	F. Roca	
Jurásico	F. Marifil	Ignimbritas
Carbonífero-Pérmico	F. El Jagüelito	Basamento metamórfico.

DEPÓSITOS DE SAL DE ROCA EN LA CUENCA NEUQUINA

PROVINCIA DE MENDOZA
(Etcheverry, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el sur de la provincia de Mendoza, en el ámbito de Cuenca Neuquina, en las subcuencas de Malargüe y Calmuco. La primera de ellas se ubica a 25 km al nor-noroeste de la localidad homónima, en las proximidades de los parajes Puesto Rojas y Puesto Los Barros; otros depósitos localizados en el subsuelo se ubican en las zonas de El Manzano, Mechanquil y al oeste de la ruta 40. Calmuco se encuentra al norte de la confluencia de los ríos Barrancas y Grande, donde se ubica el yacimiento Ranquiles (160 km al sur de Malargüe, en la localidad de El Zampal) y Luncay (a 25 km al sur del anterior).

Producción: la provincia de Mendoza producía a principio de los años de la década de 1990 unas 20.000 t/año; desde 1993 a 1997 el ritmo de producción se mantuvo, con un promedio anual de 21.850 t. Finalmente y según datos de la Estadística Minera de la Rep. Arg. en el año 1998 se extrajeron 17.400 toneladas de sal y en el año 2002 la producción estimada fue de 3.443 toneladas.

Usos: la sal extraída en Ranquiles se utiliza para consumo del ganado. La producción de Luncay podría ser destinada para la elaboración de soda solvay, de acuerdo a estudios realizados por la Dirección General de Minas de Mendoza (1972).

Sistema de explotación: en Ranquiles la explotación es a cielo abierto, en canteras.

Geología de los yacimientos

Descripción: la sal de roca de los yacimientos de Mendoza forman parte del Miembro Salina de la Formación cretácica Huitrín. En Ranquiles estos bancos salinos se encuentran en una serranía formada por una estructura homoclinal orientada con rumbo noroeste-sudeste e inclinación 30°-70° SO. El cuerpo salino es de textura sacaroides, blanco a verde grisáceo; en la cantera se observa que tiene 80 metros de potencia y se prolonga a lo largo de 240 metros. Se apoya sobre areniscas y conglomerados pardo amarillentos e infrayace a un manto de arcilitas con abundante yeso cubierto por un importante banco de yeso. En el yacimiento Luncay el depósito salino tiene una orientación N25°E/30°N, una longitud de 2.400 metros y su espesor alcanza los 54 metros, se diferencia del anterior por la presencia de material arcilloso. Se apoya sobre areniscas y calizas.

Calidad y reservas de sal de roca en yacimientos de Calmuco

Yacimiento	NaCl (%)	Reservas (Mt)	Referencia
Calmuco	Ranquiles	0,390 (totales)	Dirección General de Minería de Mendoza, 1972
	Luncay	20 (totales)	

Modelo genético

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

(Etcheverry, 1999)

Generalidades

Ubicación: la mina de sal de roca “Rivadavia” se ubica en la salina de Huitrín, “Hijosca” en Pampa de Tril, “Triquico” y “Carmelo” en las proximidades de Chos Malal. La mina Carmelo es la más importante y se localiza a 4,5 km al sur de dicha localidad, próxima a la ruta nacional 40.

Producción: la mina Carmelo estuvo en actividad durante 30 años, su ritmo de producción era de 400 a 600 t/año y dejó de trabajar en 1992.

Área	NaCl (%)	Referencia
Anticlinal de Huitrín	86,5 - 99	Lyons, 1987

Geología de los yacimientos

Descripción: en el anticlinal de Huitrín, donde se encuentran las principales reservas de la región, los depósitos de sal de roca se circunscriben al Miembro Salina de la Formación Huitrín, que allí se encuentra formando amplios anticlinales orientados norte-sur. En la región el miembro Salina es un depósito de ambiente lagunar costero, formado por una serie de intercalaciones de lutitas, arcillitas y areniscas entre bancos de yeso y halita, estos últimos siempre asociados en forma rítmica. Esta unidad se apoya sobre las calizas del miembro La Tosca e infrayace bajo las areniscas del miembro Rincón. En la mina Carmelo el depósito salino es un cuerpo lentiforme de 100 metros de largo, 23 metros de ancho y entre 20 y 40 metros de espesor; se orienta N-S/45°O y el material es de grano grueso con coloraciones variables.

Modelo genético

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SAL

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salinas Grandes	Tres Morros	23° 45'	65° 51'	Sal	Evaporítico	NaCl: 95 a 97% Na ₂ SO ₄ : 0,3 a 1,0%	9.638.205 t	Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar del Rincón	Angélica	24° 13'	66° 59'	Sal	Evaporítico	NaCl: 95 a 97% Na ₂ SO ₄ : 1 a 3%		Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Pocitos	Doña Emma	24° 23'	67° 02'	Sal	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Pocitos	Manto Blanco	24° 24'	67° 00'	Sal	Evaporítico	NaCl: 79 a 91%	15,5 Mt	Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Tolar Grande	Amelia	24° 35'	67° 25'	Sal	Evaporítico fósil			Terciario (Mioceno Plioceno)	Niveles de areniscas y pelitas rojizas con intercalaciones evaporíticas	Sedimentita Vizcachera	9f	Terciario (Mioceno Plioceno)
Tolar Grande	Elena y Tolar	24° 36'	67° 24'	Sal	Evaporítico fósil			Terciario (Mioceno Plioceno)	Niveles de areniscas y pelitas rojizas con intercalaciones evaporíticas	Sedimentita Vizcachera	9f	Terciario (Mioceno Plioceno)

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SAL

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salar de Taca Taca	Federico, María Salvadora, Eólica	24° 27'	67° 44'	Sal	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Taca Taca	Ercilia, María del Carmen	24° 28'	67° 43'	Sal	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior del salar. Intercalaciones de niveles salinos y detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
	El Timbó	26° 43'	65° 09'	NaCl	Salmueras	NaCl: 280,000 g/l; Na2SO4: 16,5700 g/l;	377.755,37 m3 (medidos), 3.568.631,48 m3 (indicados)	Terciario	Areniscas		9f	Terciario
Salina El Leoncito	Joaquín, San Pablo	28° 42'	68° 58'	Sal	Salina			Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario
	Salina La Antigua	29° 55'	66° 05'	Sal	Salina			Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario
Salinas Grandes	Salar San José	30° 05'	64° 43'	Sal	Evaporítico		2.124.000 t	Cuaternario		Depósitos salinos	9f	Cuaternario
Pampa de Salinas	Pampa de Salinas	31° 51'	66° 45'	Sal	Salina			Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario
Pampa de Salinas	Salinas de Mascasín	31° 53'	66° 44'	Sal	Salina			Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario
	Salinas del Bebedero	33° 34'	66° 39'	sal	Evaporítico		39 Mt	Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario
	Ranquiles	36° 31'	69° 40'	Sal de roca	Evaporítico Bancos	NaCl: 94-97%; K: 0,51% Impurezas: SO ₄ , Ca, K y arcillas	132.000 t (medido) 260.000 (inferidos e indicado)	Cretácico	Arcillas yesíferas y areniscas	Formación Huitrín	9g	Cretácico
	Salinas del Lunceay	36° 37'	69° 45'	Sal de roca	Evaporítico Bancos	NaCl: 97%	22.500.000 t; 14.000.000 t (medido)	Cretácico	Yeso y arcillas	Formación Huitrín	9g	Cretácico
	Gran Salitral (Salina Grande)	37° 28'	67° 04'	Sal común y sulfato de Mg	Evaporítico		70 Mt NaCl; 24 Mt MgSO ₄	Holoceno	Arenas, limos, arcillas y evaporitas	Depósitos de bajos y lagunas	9f	Holoceno

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SAL

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Salinas de Huitrín	37° 39'	69° 48'	Sal	Estratiforme	NaCl: 88% Na: 38,95% Mg: 0,05% K: 0,01%	8 Mt (inferidos) 1,3 Mt (totales)	Cretácico	Evaporitas	Formación Huitrín	9g	Cretácico
Salinas Grandes de Hidalgo	San Carlos, San Jacinto, San Pedro	38° 04'	63° 35'	Sal	Evaporítico	NaCl: 99,5%	NaCl: 34,7 Mt	Cuaternario	Salmuera	Depósitos Evaporíticos	9f	Cuaternario
Salinas Chicas o Salinas El Chanco	Salinas Chicas, Darío	38° 10'	65° 44'	Sal	Evaporítico	NaCl: 99 - 99,4%	20 Mt	Cuaternario	Salmuera	Depósitos Evaporíticos	9f	Cuaternario
Salitral Negro	Alba, Anita II, Auca, Bahía, Belle, Carina, Carlitos, Concepción, Curaca, Delia, Don Tomás, El Chiche, El Porvenir, Escondida, Esperanza, Famatina, Fina II, Nelly, Palau, Palmar, Pocha, Río Colorado, Roma, Salina Mercedes, Salitral Negro y otras	38° 10'	65° 54'	Sal - cloruro de magnesio	Evaporítico	NaCl: 96,8% Mg: 30,4 g/l	20,6 Mt (totales)	Cuaternario	Capas de cloruros y sulfatos de sodio con intercalaciones de arenas, arcillas con intercalaciones de yeso y anhidrita Salmuera	Depósitos Evaporíticos	9f	Cuaternario
Salinas Grandes de Anzoategui o Gaviotas	Salinas Grandes	38° 12'	63° 50'	Sal	Evaporítico	NaCl: 99,4%	NaCl: 86 Mt MgSO ₄ : 300.000 t	Cuaternario	Salmuera	Depósitos Evaporíticos		Cuaternario

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SAL

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salina Colorada Grande	Amistad, Chil, Daniel, Don Ramiro, El Pampero, El Tesoro, General San Martín 1, General San Martín 2, La Dolores, La Golondrina, La María, La Rosada, La Rosada II, Paso del Gaucho, Restauración, Salada	38° 17'	63° 44'	Sal	Evaporítico	NaCl: 98,8%	439 Mt (estimados)	Cuaternario	Salmuera	Depósitos Evaporíticos	9f	Cuaternario
	Carmelo, Rivadavia	39° 25'	70° 16'	Sal	Estratiforme	NaCl: 97,5% MgCl ₂ : 0,15% KCl: 0,76%	250.000 t (totales)	Cretácico	Evaporitas	Formación Huitrín	9g	Cuaternario
Valcheta	El Gualicho	40° 30'	65° 15'	Sal	Salmuera	NaCl: 74,57%; Na ₂ SO ₄ : 2,86%; CaSO ₄ : 6,04%; MgCl ₂ : 0,51%; Insoluble: 16,02%	582,81 Mt (considerando todas las sales)	Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario
	Salina Las Piedras o Salina de Cagliero	40° 34'	62° 38'	Sal	Salmuera	NaCl: 95,50 %	238.000 t (cosecha anual indicada)	Cenozoico	Salina		9f	Cuaternario
	Salina del Inglés	40° 42'	62° 26'	Sal	Salmuera	NaCl: 95,40 %	300.000 t (cosecha anual indicada)	Cenozoico	Salina		9g	Cuaternario

SALES DE POTASIO

Existe un grupo de sales, comúnmente asociadas, que en muchos casos constituyen fuentes comerciales de sales de potasio, tal es el caso de la *silvita* (ClK), *carnalita* (KMgCl₃.6H₂O), *kainita* (KMg(Cl,SO₄).2³/₄H₂O), *polihalita* (K₂Ca₂Mg(SO₄).2H₂O), *longbeinita* (K₂Mg(SO₄)₃).

La silvita en su composición presenta 52,4% de K y 47,6% de Cl, pudiendo contener NaCl debido a que existen pequeñas soluciones sólidas entre KCl y NaCl (Hurlbut y Klein, 1991). La silvita tiene el mismo origen, modo de ocurrencia y asociación que la halita, aunque es menos común. Al respecto, en un ambiente marino la secuencia general de precipitación de evaporitas comienza con la precipitación de calcita como resultado de la evaporación de la mitad del volumen de agua contenido en la cubeta, al llegar a la quinta parte del volumen comienza a precipitar yeso seguido por halita, y por último lo hacen los sulfatos y los cloruros de Mg y K.

Los depósitos de evaporitas marinas son acumulaciones depositadas en cuencas estructurales sedimentarias, como las cratónicas y las formadas por graben, estas últimas normalmente relacionadas a sistemas continentales marginales de rift. Los depósitos de potasio de las cuencas cratónicas son generalmente de edad paleozoica y se caracterizan por series sedimentarias con silvita y fases con sulfatos, comúnmente de origen diagenético o metasomático, mientras que los depósitos de cuencas marginales de rift corresponden en gran medida a evaporitas marinas del Mesozoico, Cenozoico y Cuaternario que se hallan en los bordes de los continentes o en zonas lineales.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE SALES DE POTASIO		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9f		
9g	35a.2	

Usos: a nivel mundial la producción de potasio básicamente se realiza como cloruro de potasio (96%) y el resto como sulfato de potasio y sales dobles de potasio y magnesio. Es consumido en un 93,3% por la industria de los fertilizantes y el 6,7% restante es destinado a la industria química para la producción de hidróxidos, carbonatos y nitratos (Balod *et al.*, 2000). En el país, el uso de cloruro de potasio se circunscribe principalmente al sector agropecuario como fertilizante para los

cultivos de citrus y arroz, además en cultivos de caña de azúcar, vid, hortalizas y verduras.

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En la denominada “cuenca potásica” de las provincias de Mendoza y Neuquén, en el ámbito geológico de la Cuenca Neuquina, se alojan importantes depósitos de sales de potasio. Son de origen evaporítico (modelo 9f), íntimamente relacionados con otras sales (halita, anhidrita); estratigráficamente se ubican en el Miembro Troncoso de la Formación Huitrín (Cretácico inferior). Las capas de potencial productivo se alojan en subsuelo (750 a 1.600 m.b.b.p.) con características morfológicas y químicas variables según el marco estructural en el que se encuentran. La cuenca potásica posee cuantiosos recursos (~700 Mt ClK) con leyes que oscilan entre 13 y 30% K₂O (estimadas por rayos gamma); una parte de ellos tiene carácter de reservas “in situ” y probables sobre la base de la exploración mediante perforaciones y la definición de un proyecto de explotación.

CLORURO DE POTASIO DE LA CUENCA NEUQUINA (PROVINCIAS DE MENDOZA Y NEUQUÉN)

(Gabriele, 1999)

Generalidades

Ubicación: la cuenca con sales de potasio se encuentra al sur de 36° 45' de latitud, atravesada por el meridiano de 69° 30'. Cubre una superficie de 4.000 Km² y comprende parte del sector sur de la provincia de Mendoza y norte de Neuquén. En esta cuenca se reconocen cuatro áreas (Frigerio *et al.*, 2003) denominadas: 1) *Área de Exclusividad provincial*, reservada por la provincia del Neuquén como área de “Exclusividad de Interés Especial para la Exploración de Potasio”, abarca 90.000 ha y sus coordenadas geográficas centrales son 37°15'00'' de latitud sur y 69°20'00'' de longitud oeste; comprende las ex áreas de reservas provinciales Sierra Negra, Paso de Las Bardas y Los Barreales; 2) *Área El Portón*, ubicada inmediatamente al oeste de la anterior; 3) *Área Pampa de Las Liebres* a 12 km al sudoeste de el área de exclusividad

provincial y 4) *Área del proyecto Potasio Río Colorado S. A.* ubicada a 6 km al norte del área de exclusividad provincial, en la provincia de Mendoza.

Sistema de explotación: la explotación de sales de potasio localizadas a una profundidad de 600 a 700 metros es posible de realizar a través de métodos subterráneos convencionales. Los depósitos a mayor profundidad se explotarían por el método de disolución de cavernas.

Antecedentes

El descubrimiento de la existencia de sales de potasio en la cuenca Neuquina se llevó a cabo a partir de datos de anomalías radiactivas en las secuencias salinas de la Formación Huitrín, en base a estudios que, en forma conjunta, llevaron adelante Y.P.F. y la Secretaría de Minería de la Nación dentro del marco del Plan Fosforita Nacional dirigido por el Dr. A. F. Leanza.

Leyes y reservas en áreas de la "Cuenca potásica" de las provincias de Mendoza y Neuquén

Cuenca Potásica		Capa	Profundidad m.b.b.p	Potencia (m)	Área para el cálculo de reservas	Ley estimada por Rayos Gamma (%K ₂ O)	Recursos ⁽¹⁾ (Mt CIK)
Área de Exclusividad provincial	Paso de Las Bardas	K1	1300-1600	8,15	25 km ²	16	100*
		K3		3,5-7,9		13	
	Sierra Negra	K1	800-1400	6,5	30 km ²	15	90*
	Los Barrales	K1	980-1200	7,0	15 km ²	17	55*
Área Pampa de Las Liebres		K1	600-700	4,5	10 km ²	15	21*
		K3		3,5		13	14*
Área Potasio Río Colorado S. A..		K1	750-1150	11-15	18 km ²	25	138**
		K3				17-22	
Área El Portón				17	10 km ²	20-30	300***

Referencias: (*) Gabriele, 1999; (**) Balod, 1999; (***) Informe Provincia del Neuquén, 2001; (1) El proyecto Potasio Río Colorado S.A. definió categoría de reservas "in situ".

Estratigrafía parcial de la Cuenca Neuquina (Gabriele, 1992)

Unidad estratigráfica	Ambiente	Miembro		Descripción
Grupo Neuquén	Continental			
Formación Rayoso	Continental			Sección clástica. Evaporitas (yeso, calizas y escasa sal).
Formación Huitrín (Cretácico inf.)	Transición	La Tosca		Calizas depositadas en condiciones marinas de salinidad anormal.
		Troncoso	Sección Superior	100 m de anhídrita y halita que se extienden hasta los márgenes y en la porción superior hay silvita. Presenta mineralizaciones de azufre. Ambiente marino hipersalino somero hasta de restricción y casi desecación total del mismo.
			Sección Inferior	Depósitos clásticos fluvioeólicos interdigitados con evaporitas (anhídrita-halita).
		Chorreado	Sección Superior	Rocas carbonáticas en el norte neuquino y evaporitas (anhídrita) en el sur mendocino. Ambiente marino restringido hasta hipersalino somero.
			Sección Inferior	Rocas carbonáticas con pelitas-areniscas subordinadas depositadas en un ambiente marino con salinidad normal.
Formación Agrio	Marino			Pelitas oscuras y calizas.

La Formación Huitrín es una unidad de ambiente de transición entre el marino de Formación Agrio (en la base) y la formación continental Rayoso. En la provincia de Mendoza esta unidad tiene espesores que van de los 40 m en zonas próximas a los márgenes de la cuenca hasta 340 m en los centros; mayores espesores se alcanzan donde existió un evento tectónico que las haya deformado plásticamente (Carotti, 1999). Está constituida por tres miembros (Chorriado, Troncoso y La Tosca) que presentan evidentes variaciones horizontales propias de ambientes lagunares y costaneros con facies de interior de cubeta, como son las evaporitas de ambiente marino hipersalino, y de margen, donde existen depósitos clásticos fluviales pelítico-arenosos (Carotti, 1999).

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos de sales de potasio forman parte de la Formación Huitrín; se circunscriben a la sección superior del miembro Troncoso. Los afloramientos de dicha unidad en la Sierra de Reyes, Pampa de Tril y estribaciones más australes constituyen el límite occidental de la cuenca potásica, la cual se extiende en subsuelo, hacia el este, unos 40 km, aproximadamente. La sección superior del miembro Troncoso en algunos sectores alcanza 250 metros de potencia y se compone de una sucesión de rocas de precipitación química con depósitos carbonáticos estromatolíticos en la base, con intercalaciones de niveles de celestina, seguidos por un potente paquete de sulfato de calcio en cuyos bordes presenta mantos estratoligados de baritina-celestina. En contacto neto y concordante se apoya un espeso banco de halita (150 metros) con interdigitaciones laterales de pelitas y en cuya porción superior se intercalan niveles salinos y de silvinita (halita + silvita), cubierta por una potente capa de pelitas y halita. Estos paquetes con sales de potasio han sido identificados mediante perfilajes de rayos gamma debido a las emisiones naturales producidas por el isótopo ^{40}K , usualmente combinado con los aniones cloruro y sulfato. En algunos sectores se han reconocido tres niveles con cloruro de potasio (K1, K2 y K3, de base a techo, según denominación de la empresa Potasio Rio Colorado), mientras que en otros sólo se diferenciaron K1 y K3 o bien sólo K1. La capa basal (K1) tuvo mayor distribución areal que la K2, y ésta a su vez mayor que la K3, como respuesta a una mayor subsidencia relativa de la

cubeta con el transcurso del tiempo o a efectos tectónicos.

Estructura: en la región se reconocen los dos estilos estructurales propios de la Cuenca Neuquina, la faja fallada y plegada al oeste y el sector extraandino al este. En la primera de ellas, los niveles salinos localizados en las crestas de los anticlinales se engrosaron, con recristalización de silvita y aumento de la ley, mientras que en las regiones apicales el acuñaamiento y adelgazamiento de los mantos salinos hace desaparecer los niveles con cloruro de potasio. En la región extraandina la intrusión de cuerpos plutónicos terciarios produjo suaves pliegues de gran extensión.

Mineralogía: Gabriele (1992) infiere, sobre la base de técnicas indirectas, que en gran parte de la cuenca hay un predominio de silvita, variando a carnalita hacia los márgenes de la misma, al sur del río Colorado. La silvita se presenta en cristales anhedros lechosos a claros, de tamaño muy fino a fino, a excepción de los producidos por recristalización, en muchos casos con pátinas de hematita. El proyecto Potasio Rio Colorado determinó, a partir de muestras de testigos de perforación, que la mineralogía está representada por silvita en una proporción variable según la zona considerada y que puede alcanzar 90 %. El contenido de insolubles es escaso (arcillas, hematita y anhidrita).

Modelo genético

9f (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos

Las sales de potasio de la cuenca Neuquina precipitaron en un ambiente de mar restringido, en cuencas residuales someras, en una región de clima cálido y árido con alta evaporación. El depocentro de la sección Superior del miembro Troncoso se localizaba entre la plataforma oriental de la cuenca y la actual estructura de las sierras de Cara Cura-Reyes y La Pampa de Tril, la cual constituía una barrera física que impidió el reflujó de las sales más solubles, como es el caso de las sales de potasio. Durante el periodo de generación de los depósitos hubo varios ciclos de desecación y relleno, estos últimos con aportes provenientes del mar y/o meteóricos a partir de sales disueltas en los sectores marginales y de playa. Primeramente precipitó carnalita, y por descomposición diagenética o post-depositacional se transformó en silvita.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SALES DE POTASIO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGÍA	UNIDAD		
	Río Colorado	37° 00'	69° 30'	Cloruro de Potasio	Mantiforme	25 % de K ₂ O	87 Mt (totales)	Cretácico inferior	Evaporitas	Formación Huitrín	9f	Cretácico inferior

SULFATO DE SODIO

Los depósitos argentinos de sulfato de sodio están formados por mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y thenardita (Na_2SO_4).

Sus cristales son incoloros y transparentes o blancos con tintes grisáceos, amarillentos o parduzcos y de brillo vítreo. La mirabilita presenta dureza de 1,5 a 3 en la escala de Mohs, y la thenardita de 2,5 a 3.

Ambos minerales precipitan a partir de salmueras, lo cual depende de la composición de las soluciones y de las condiciones atmosféricas. Cuando la salmuera es relativamente caliente y rica en sulfato y cloruro de sodio, precipita thenardita, en cambio, si la solución es fría y rica en sulfato de sodio, precipita mirabilita.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9f		

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos de sulfato de sodio se encuentran prácticamente en los mismos ambientes geológicos que los depósitos de sal común (modelo 9f). En la región pampeana: en el sector oriental de La Pampa y sur de Buenos Aires; en la Puna: especialmente en los salares y lagunas más occidentales de Salta y Jujuy; en la Cordillera Frontal: en laguna Brava (La Rioja); en el norte de Mendoza: en la sulfatera General San Martín.

En los depósitos de la región pampeana el sulfato de sodio se encuentra en las depresiones que no presentan sustrato salino, pero que están continuamente alimentadas por corrientes de aguas superficiales efímeras y más aún por aportes de aguas subterráneas de carácter sulfato-clorurado sódico, que alcanzan las cubetas después de haber atravesado los sedimentos pampeanos.

El resto de los depósitos, localizados en el sector occidental del país, presentan destacados sustratos salinos con horizontes de mirabilita o thenardita puros o mezclados con material epiclástico fino. Algunas de las lagunas y de los salares de la Puna presentan altos contenidos de sulfato de sodio debido al aporte de aguas termales que vierten sus flujos directamente en las depresiones, después de atravesar regiones con alto contenido de azufre producto del volcanismo póstumo de carácter solfatárico-fumarólico.

La laguna Brava, sita en el ámbito de la Cordillera Frontal, presenta un sustrato salino con destacado contenido de sulfato de sodio, su principal fuente de aporte es agua subterránea salobre, además del aporte del volcanismo reciente en la región.

La sulfatera General San Martín forma parte de una extensa región con médanos, bañados y cauces abandonados, en cuyos principales bajos -a menos de 2 metros de profundidad- se encuentran una serie de horizontes epiclásticos con cristales de sulfato de sodio que conforman la reserva permanente de la sulfatera.

Bajo este contexto es posible distinguir tres grandes grupos de depósitos: a) los de la región pampeana, b) los de la Puna y c) los de la región cuyana. Si bien todos son de origen continental y depositados en cuencas cerradas, los de la región pampeana se diferencian por no presentar un sustrato salino desarrollado, estando controlados por las condiciones climáticas imperantes en la región, además de cierto control estructural.

En la Puna los estadios póstumos de la actividad volcánica han sido fuente de azufre y responsables del termalismo generador de abundantes depósitos salinos. La presencia de depósitos de sulfato de sodio en los sustratos de lagunas y salares es consecuencia de tal actividad.

En la región cuyana es mucho menos común la existencia de estos depósitos, y su desarrollo se debe al aporte de aguas subterráneas salobres.

DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN LA REGIÓN PAMPEANA

(Angelelli *et al*, 1976; Schalamuk *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el extremo sudoeste de la provincia de Buenos Aires y este de La Pampa. Los depósitos se extienden desde la localidad bonaerense de Trenque Lauquen, al norte, hasta la laguna Chasicó, en el sur.

Producción: la producción de sulfato de sodio en la región se ha incrementado en la última década. Según la Estadística Minera de la Rep. Arg. la provincia de La Pampa produjo entre los años 1994 y 1998 una cantidad oscilante entre 3.500 y 8.000 toneladas, mientras que en Buenos Aires, para el mismo período, la producción fue de 2.800 a 7.300 toneladas anuales. La producción de la provincia de La Pampa en los años 2000 y 2002 fue de 10.196 t y 4.564 t (estimadas), respectivamente.

Usos: el sulfato de sodio extraído se utiliza en la fabricación de pastas de celulosa, detergentes, jabones y polvos de limpieza, se usa además en la industria del vidrio y como fuente de sodio.

Sistema de explotación: las sulfateras y lagunas sulfatadas tienen agua durante todo el año. Se extrae sulfato durante los meses de mayo y agosto, cuando se registra en la región temperaturas por debajo de los 0°C y días sin viento para lograr una quietud natural del agua y la posible depositación de cristales de mirabilita (sulfato de sodio decahidratado) en el fondo de las lagunas. Estos cristales son cosechados por medio

de succión (Laguna Chasilauquén) y llevados a las playas donde se emparvan, se lavan y se deshidratan (formación de plumita). En otros yacimientos se bombean directamente las aguas sulfatadas de la laguna (Laguna Epecuén) o bien las aguas sulfatadas subterráneas (Laguna Hinojo); las mismas son conducidas a piletas artificiales donde al enfriarse comienza a precipitar mirabilita, dicho sulfato es desparramado en parvas y se deshidrata (plumita). El material emparvado es conducido en camiones hasta la planta de tratamiento donde se lava (se “limpia” de ClNa), se lleva a solución, seca al horno y envasa con una pureza de 95% de sulfato de sodio.

Cuadro estratigráfico de la “región pampeana” (Linares *et al.*, 1980; Fidalgo *et al.*, 1987)
Zona Norte (oeste de Buenos Aires y este de La Pampa hasta la ciudad de Bahía Blanca).

Edad		Unidad estratigráfica	Observaciones
Moderno		F. La Aurora	Sedimentos limo-arenosos de naturaleza eólica. En el este de La Pampa se presentan como médanos semifijos a móviles.
Cuaternario	Pleistoceno	Rodados Patagónicos	Similar distribución areal que la F. Río Negro, son rodados de volcanitas ácidas a intermedia y se concentran principalmente en las depresiones.
		F. Sauzal	Depósitos epiclásticos del Río Colorado. Areniscas gruesas con niveles de limos y lentes de conglomerados.
Terciario	Plioceno	F. Río Negro	Areniscas gris amarillentas. Los depósitos basales están interdigitados entre los limos de la F. Cerro Azul en el sudoeste de La Pampa y con depósitos lagunares de la F. Los Salitrales en algunas otras salinas.
	Mioceno superior	F. Cerro Azul	Limos rojizos que se diferencian de la F. Chasicó por su contenido fosilífero. Conforman gran parte de las barrancas de muchas de las salinas y su miembro medio y superior tienen como unidad equivalente a la F. Epecuén .
	Mioceno	F. Chasicó	Limo-areniscas rojizas.
Cretácico			Estos depósitos mesozoicos se encuentran en el ámbito de la cuenca de Macachín.
Precámbrico-Cámbrico			Filitas y esquistos del basamento de las Sierras Pampeanas. Están intruidas por rocas graníticas devónicas.

Zona Sur (en el sudeste de la provincia de Buenos Aires desde Bahía Blanca hasta la ciudad de Viedma).

Moderno			Sedimentos limo-arenosos castaño amarillentos, equivalentes a la F. La Aurora.
			Areniscas gruesas bien seleccionadas con restos de moluscos e intercalaciones de niveles de yeso selenítico. Estos depósitos se deben a la ingesión querandina y se los observa en las proximidades de la “Salina del Inglés”.
			Conglomerados con matriz arenosa, los rodados que contienen son más redondeados que los de la formación infrayacente. Es un depósito de antiguas planicies de marea, correspondiente a ingesiones de 30.000 años de edad (ingesión querandina).
Pleistoceno	Rodados Patagónicos		Se apoyan en discordancia erosiva, el espesor del depósito varía entre 2 y 10 metros y presentan una grosera estratificación de hasta 1 metro de potencia. Los clastos son de hasta 5 cm de diámetro.
Plioceno	F. Río Negro		Forma las barrancas aledañas a las salinas y tiene una potencia de 10 a 70 metros.
Mioceno	F. Barranca Final		Areniscas y arcillitas verdes de ambiente marino.

Los depósitos salinos de La Pampa y Buenos Aires se encuentran circunscriptos a la "Región Pampeana", que abarca la Cuenca de Macachín, parte de la Llanura Chaco-Pampeana, parte de la Cuenca del Colorado y la continuación, en profundidad, de las Sierras Pampeanas y el Bloque Sanrafaelino. La región es una llanura con pequeñas cuencas endorreicas alineadas según depresiones mayores. Algunos autores explican la génesis de estos valles como respuesta a la tectónica actuante, manifestada en fallas que

originaron extensos valles de orientación ENE-OSO y ONO-ESE a E-O. Linares *et al* (1980) reconocían la existencia de fallas con desplazamiento de rumbo predominante en depresiones de La Pampa; los valles del sector oriental de esta provincia estarían controlados por estas fallas que penetrarían hasta la cuenca de Macachín. Sallés Martínez (1987) sostiene que si bien existen los lineamientos antes mencionados el origen de las cubetas es debido a la acción de procesos erosivos de tipo fluvio-eólico.

Geología de los yacimientos

Principales características de las sulfateras de la región pampeana

Sulfatera	Orientación	Litología de la barranca	Espesor de la salmuera (m)	Reserva Salmuera SO ₄ Na ₂ (Mt)	Reserva del fango de fondo SO ₄ Na ₂ (Mt)	Estado actual	Observaciones
Sulfatera del Hinojo	NE-SO	F. La Aurora F. Puelche F. Paraná		s/d		En explotación de las aguas subterráneas	En Bs. As., a 9 km de Trenque Lauquen.
Laguna Epecuén	NO-SE	F. La Aurora F. Cerro Azul F. Epecuén	2	14,1*	6,0 (50 cm)* 4,7 (100 cm)*	Inundada	Bs. As., en las proximidades de Carhué y Epecuén.
Laguna Chasilauquen		F. La Aurora F. Epecuén	1,5	0,8		En explotación	Bs. As., a 20 km de Rivera.
Laguna Guatraché	NE-SO	F. Epecuén F. Chasicó?				En explotación	La Pampa, a 10 km al sur de la localidad de Guatraché
Laguna San Marcos	NE-SO		1,5 - 2				La Pampa, a 12 km al norte de Quehué
El Pioner							La Pampa, a 4 km al norte de San Martín.

Observaciones: las sulfateras y lagunas sulfatadas de la región pampeana son cuerpos de agua en muchos casos sin un sustrato salino que oficie de reserva permanente (como en las salinas) pero sí con una capa de agua madre que contiene 50 a 60 gr/l de sulfato de sodio promedio. Referencia: (*) Cordini (1967).

Concentración de SO₄Na₂ en sulfateras de la región pampeana

Sulfatera	Salmuera SO ₄ Na ₂ (gr/l)	Aguas subterr. SO ₄ Na ₂ (gr/l)	Fangos del fondo SO ₄ Na ₂ (%)
Sulfatera del Hinojo	52,0	65,83 ^(a)	
Laguna Epecuén	70 - 60 ^(b) 20 ^(c)		12 (primeros 50cm) 2,2 (100 cm restantes)
Laguna Chasilauquen	51,3		
Laguna Guatraché	51,4 ^(d)		
Laguna San Marcos	67,2 ^(d)		
El Pioner	91,4 ^(d)		

Referencias: ^(a) Bernasconi y Cangioli (1988); ^(b) Cordini (1967); ^(c) Torrente y Bonorino (1988) y ^(d) Angelelli *et al.* (1976).

Mineralogía: los principales sulfatos son: **mirabilita** (formador de la costra salina) es el sulfato primario y se genera sobre los fangos del fondo en muchas de las sulfateras, **thenardita** (sulfato de sodio anhidro) dispuesto en delgadas capas sobre las zonas de playa distal. **Halita** aparece durante los meses de sequía conformando estructuras en rosetas o como eflorescencias.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

En la región son numerosas las depresiones; su evolución a salinas, salitrales, sulfateras o lagos salinos depende de factores climáticos, geológicos y geomorfológicos. El aporte salino que llega a las cubetas puede ser de origen marino y continental y en el caso de las sulfateras y lagos salinos es a través de aguas subterráneas y corrientes efímeras superficiales. Las aguas subterráneas atraviesan los sedimentos pampeanos compuestos por plagioclasas intermedias a básicas, vulcanitas, cuarzo, vidrio volcánico y arcillas que aportan gran cantidad de Na^+ , Cl^- y SO_4^{2-} y le dan al agua un carácter sulfatado-clorurado sódico.

DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN LA PUNA

Marco Geológico

La Puna, que comprende el sector occidental de las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca, es una unidad morfoestructural limitada al este por elevaciones tectónicas y al oeste por sistemas de estratovolcanes. Dicho ámbito geológico se encuentra internamente seccionado, producto de la tectónica andina, conformándose numerosas cubetas que representan los sectores más deprimidos de la planicie puneña. Según Igarzábal (1984, 1991) durante el Pleistoceno estos depocentros se presentaban como cuerpos de agua dulce, luego se sucedieron cambios climáticos y comenzó un período de salinización donde se produjo una constante transferencia de iones desde fuentes vinculadas al volcanismo concomitante. En el Holoceno la desecación de las depresiones fue total y se formaron los salares. Las principales reservas de sulfato de sodio se encuentran en el centro y oeste de la Puna austral.

Los salares presentan una estructura zonada. Las zonas se caracterizan por poseer depósitos evaporíticos diferentes y el paso, de una a otra, es totalmente transicional. La zona interna del salar posee *halita*, la zona que lo rodea presenta *sulfatos* (yeso, thenardita, mirabilita y glauberita) y la más externa (playa) está compuesta por sedimentos limo-arcillosos amarillentos, rojizos y verdosos con *depósitos calcáreos* diseminados o formando travertinos y *boratos*. Muchas de las salinas tienen sus capas superiores impregnadas por salmueras de una densidad de 300 a 400 mg/l portadoras de Cl^- , Na^+ , B^{+4} , Li^{++} y K^+ (Alonso, 1999).

Por otra parte, dentro de los tres subambientes mayores que presentan los salares puneños, clástico, clástico-evaporítico y evaporítico, en este último se aloja el sulfato de sodio junto con carbonato de sodio, cloruro de sodio y salmueras metálicas.

Según Argañaraz (1999) el origen del sulfato debe vincularse a dos fenómenos muy comunes en la región puneña, uno de ellos es la actividad volcánica póstuma de carácter solfatárica-fumarólica, que generó además los yacimientos de azufre, y la otra son las fuentes termales, que generalmente vierten aguas sulfatadas en las cuencas, hecho notable en algunos casos por el desprendimiento de SH_2 .

SALAR RÍO GRANDE

(Alonso, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta, a 3.630 m.s.n.m., próximo al límite internacional con Chile. Sus coordenadas son 25°03' L.S. y 68°12' L.O.

Acceso: salar de difícil acceso por encontrarse en el sector más inhóspito de la Puna salteña.

Producción: durante el período 1952-1991 se extrajeron 140.000 toneladas de sulfato de sodio.

Leyes y reservas de sulfato de sodio en el salar Río Grande (Sorentino y Galli, 2001)

	$\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (%)	Recursos (Mt)
Horizonte mineralizado	25	0,485 indicados
		13,7 inferidos
Aguas subterráneas	13	0,084 indicados
		2,4 inferidos

Geología del yacimiento

Descripción: el salar se encuentra rodeado por andesitas y dacitas terciarias y basaltos del Cuaternario. El depósito de sulfato de sodio cubre un área de 18.000 ha, se dispone en el centro de la depresión y conforma un manto de sulfato de sodio de 0,5 a 1,2 metros de potencia elongado en dirección norte-sur a lo largo de 7 km (Sureda *et al.*, 1986); está embebido por salmuera clorurada-sódica subsuperficial y gran parte del salar lo cubre una delgada capa de cloruro de sodio. En la playa occidental y hacia la zona interna hay thenardita y mirabilita dispuestas en bolsones rodeadas por una masa de halita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El aporte de sulfatos se produce desde el sector oriental del salar, donde tienen lugar una serie de manantiales conectados a líneas de escurrimiento provenientes de zonas con azufre (mina Julia, etc.) que producen el lixiviado de las mismas.

SALAR POCITOS
(Alonso, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta, a 3.660 m.s.n.m. Sus coordenadas son 24°37' L.S. y 67°03' L.O.

Yacimiento		SO ₄ ⁻ (%)
Salar Pocitos	Salmuera	1,5

Geología del yacimiento

Descripción: el salar Pocitos se encuentra limitado al oeste por asomos fluvio-evaporíticos del Terciario, al este está flanqueado por un cordón de rocas ordovícicas y al norte el cordón de estratovolcans Pocito-Del Medio-Tul Tul lo separa del salar Rincón. El sector mineralizado con sulfato de sodio (mirabilita) se ubica en la porción sudoeste del salar, con el siguiente arreglo estratigráfico: a los 6 a 8,3 metros de profundidad se encuentra una salmuera sobresaturada en sulfato de sodio, un manto de 5 a 6 metros de arcillita con cristales de mirabilita sirve de sello superior, por encima continúa una capa salina con

mirabilita de 0,5 a 1,2 metros de espesor, de estructura sólida y porosa, embebida por una salmuera saturada en sales solubles (ClNa y sulfato de calcio). Hacia arriba se dispone un manto areno-arcilloso de 0,35 a 0,70 metros de potencia sobre el que se apoya una capa salina de halita, yeso, anhidrita mezclada con material clástico fino de un espesor no superior a los 0,30 metros; una lámina de material eólico cubre los depósitos.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

SALAR CAUCHARI
(Alonso, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Jujuy, a 3.900 m.s.n.m. Sus coordenadas son 23°55' L.S. y 66°50' L.O. El yacimiento El Codo se encuentra a 500 metros del borde del salar en su extremo occidental y dista 30 km al norte de la localidad de Cauchari.

Acceso: al depósito El Codo se llega por la ruta provincial que une Cauchari con Susques.

Infraestructura minera: el mineral extraído del yacimiento era transportado (década de 1970) hasta la localidad de Baños de Pompeya (5 km al oeste de San Antonio de Los Cobres) donde se encontraba la planta de tratamiento; allí era disuelto en agua a 70° C y luego, por un proceso de cristalización fraccionada, se lograba separar la fracción insoluble y los cloruros del sulfato.

Yacimiento		SO ₄ ⁻ (%)	Reservas (t)
Salar Cauchari	Salmuera	1,5	170.000

Antecedentes

El depósito El Codo fue objeto de explotación desde fines de la década del 70 hasta principios de los 80.

Geología del yacimiento

Descripción: el salar Cauchari es un depósito evaporítico de 50 km de largo y de 3 a 5 km de ancho, elongado norte-sur. Es bien

Otros depósitos menores de sulfato de sodio en la Puna (Argañaraz, 1999)

Salar	Ubicación	Características
Laguna Vilama	Jujuy. Próxima al límite con Chile.	Mirabilita.
Salar de Jama	Jujuy. Próximo al límite con Chile y al Paso de Jama.	Capa de sulfato de sodio de 300mx200mx0,5m.
Salinas Grandes	Salta-Jujuy. Atraviesa el límite interprovincial; ámbito de la Puna	Capa de 1 m de espesor de material muy puro pero con 0,5 a 1 metro de material areno-arcilloso de destape.
Vega de Arizaro	Salta. 60 km al este del paso de Socompa.	Manto de 0,5 a 1 metro de espesor, de buen desarrollo areal y muy buena calidad. Reservas: 25.000 t.
Aguas Amargas	Salta, a 45 Km al sur de la estación Salar de Pocitos.	Banco masivo de un espesor no menor a 0,5 metros y amplia distribución areal. Destape de material arenoso con yeso y arcilla de 0,5 a 0,8 metros.

conocido por sus importantes depósitos de boratos, ubicados principalmente en su extremo occidental. Allí el salar es atravesado por una fractura, que sirvió como estructura favorable para la emanación de flujos termales. En el sector noroeste se han encontrado las mayores acumulaciones de mirabilita; un perfil columnar en la zona, a 1.750 m del borde del salar, muestra dos mantos de cristales de mirabilita masiva, el superior de 0,34 metros de espesor y el inferior de 0,14 metros aunque no se llegó a la base. Ambos están separados por un manto de arcilla roja de 0,44 metros de potencia con cristales de mirabilita; otro manto de arcillas rojas (0,60 metros), pero con nódulos de ulexita, sella la columna.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

LAGUNA SOCOMPA

Ubicación: en la provincia de Salta, a 10 km de la estación Socompa del F.C.G.B.

Acceso: por la ruta 51, a Chile.

Geología del yacimiento

Descripción: en la laguna Socompa, de 2 km de largo y 1,5 km de ancho, se han registrado depósitos de sulfato de sodio en el sector norte y este. El área mineralizada es de aproximadamente 80 ha, con una capa de 1 metro de espesor. Sureda *et al* (1986) calcularon 600.000 toneladas de reservas.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE SULFATO DE SODIO EN LA CORDILLERA FRONTAL**LAGUNA BRAVA**

(Marcos, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el noroeste de la provincia de La Rioja, a 60 km de la localidad de Jagüé en dirección oeste-noroeste.

Acceso: desde Jagüé por el camino de Pircas Negras a Chile.

Producción: durante la década de 1970 la Compañía Industrial Progreso S.A. extrajo sulfato de sodio de los depósitos superficiales y después de emparvarlo en la misma salina lo transportaba hasta Buenos Aires, donde era purificado y comercializado.

Yacimiento	Na ₂ SO ₄ (%)	Reservas medidas (t)	Referencia
Laguna Brava	60	9.574.000	Combina y Passarello (1980)

Sistema de explotación: cosecha de la capa superficial.

Geología del yacimiento

Descripción: Laguna Brava es una depresión de origen tectónico, elongada en dirección noreste-sudoeste, de 18 km de largo y 1,5 a 3 km de ancho. Se encuentra inmersa en un paisaje cordillerano, a 4.100 m.s.n.m., flanqueada al este por la sierra del Peñón, al sur por el extremo norte de la sierra de Valaderito que continúa hacia el límite oeste conformando el cordón Carnerito-Valaderito, y al norte aparecen los cerros Morado, Bonete y Valadero. Sólo el extremo norte de la cubeta se encuentra cubierto de agua, mientras que el resto de la superficie muestra una capa salina (12,8 km x 1,9 km). La laguna se alimenta del aporte de cursos temporarios que descienden de las sierras aledañas durante los meses de deshielo y principalmente de agua subterránea dulce y mayormente salobre que alcanza la superficie en los bordes de la depresión. En la zona seca de la cubeta se han realizado 73 pozos que según Combina y Passarello (1980) definen el siguiente arreglo estratigráfico: la base de la columna está integrada por arcilla bentonítica salina de más de 0,70 metros de espesor ("barro madre"), por encima siguen las mismas arcillas pero con cristales de sulfato de sodio (0,3 – 0,7 m), luego pasa a una capa de grandes cristales de sulfato de sodio de 0,05 a 0,3 metros de potencia cubierta en parte por una capa de halita (0-0,5 m) con poco contenido en sulfatos. Los autores mencionados calcularon las reservas del sector seco considerando 0,5 metros de espesor promedio de la capa productiva y una reducción de un 20% entre halita y arcillas superficiales.

Mineralogía: el mineral mas abundante en la laguna Brava es thenardita; le siguen en orden de importancia halita, mirabilita, illita, montmorillonita y aragonita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Las evaporitas presentes son de origen continental, formadas por precipitación a partir de aguas salobres, que deben su sobresaturación salina a las condiciones de extrema aridez del clima, al continuo aporte de sales disueltas en las aguas subterráneas que arrastran productos de lixiviación y al aporte del vulcanismo reciente.

DEPÓSITO DE SULFATO DE SODIO EN EL NORTE DE MENDOZA (Carpio, 1999)

SULFATERA GENERAL SAN MARTÍN

Generalidades

Ubicación: en el noreste de la provincia de Mendoza, en las proximidades del límite con San Juan y San Luis. La región de sulfateras abarca una superficie aproximada de 3.600 km², limitada al este por los bañados del río Desaguadero, al oeste por el cauce del río Mendoza y al norte por el río San Juan. El sector se ubica a 175 km de la ciudad de Mendoza y a 32 km al sud-sudeste de la localidad de El Encón.

Producción: la explotación del sulfato de sodio de la sulfatera General San Martín data del año 1942; desde entonces y hasta 1974, según datos de la Estadística Minera de la Rep. Arg., se extrajeron 3.141 toneladas. Se volvieron a realizar tareas extractivas durante los años 1992 y 1993, la producción fue de 440 y 400 toneladas, respectivamente.

Sistema de explotación: cosecha anual de la costra salina acumulada en piletas, la tarea se realizaba en forma manual.

Estratigrafía cenozoica de extremo nororiental de la provincia de Mendoza

Edad	Unidad	Observaciones
Cuaternario	Holoceno	Arenas eólicas que conforman médanos, arenas fluvio-eólicas con cenizas volcánicas en guadales.
	F. Zampal	Sedimentos limosos de origen fluvial localizados en el antiguo cauce del río Mendoza y las lagunas aledañas.
Pleistoceno	F. Arco de Desaguadero	Limo, arena fina y arcilla, con carbonatos, moluscos y materia orgánica. Aparecen en la laguna Guanacache y otras. Sedimentos de ambiente lacustre.
		Arenas y limos con estratificación horizontal, rojo ladrillo. Afloran en las barrancas del río Desaguadero. Son de ambiente continental
Terciario		

Leyes y reservas de sulfato de sodio de la Sulfatera General San Martín

Agua subterránea (SO ₄ Na ₂ en Kg/m ³)	Reserva (t)	Ley (% SO ₄ Na ₂)	Contenido fino (t)	Área (ha)	Profundidad (m)	Referencia
35,42	1.840.000	8	147.000	89	1,5	Cordini, 1948
	200.000	15	30.000	7		

Geología del yacimiento

Descripción: se reconocen una serie de sulfateras y salitrales entre médanos, bañados y cauces abandonados. La sulfatera Gral. San Martín es la mayor de ellas (2 km de largo y menos de 0,4 km de ancho), se orienta en dirección noroeste-sudeste y cubre un área de 89 ha aunque 7 ha son aprovechables económicamente. Cordini (1948) describió la sulfatera: a una profundidad de aproximadamente 2 metros existe un manto arenoso con cuarzo, feldespato, vidrio volcánico, muscovita y 2,3% de minerales pesados; siguen 0,45 metros de arcillas rojas (en ambos estratos no hay evidencias de sulfatos). Por encima de las arcillas hay 0,60 metros de material areno-arcilloso con un contenido mineralógico similar al de las arenas subyacentes pero con 0,2% de minerales pesados. La porción superior del estrato tiene un contenido menor de sulfatos que los 0,12 metros inferiores. Por encima aparecen 0,13 metros de arcillas con cristales de sulfato de sodio. Si bien en estas dos últimas unidades litológicas se encuentran los minerales de sulfato de sodio, la zona de mayor concentración son las arcillas. Sigue un manto arenoso, delgado de composición mineralógica

idéntica que las anteriores pero con 0,89% de minerales pesados; en el que se apoyan 0,37 metros de arena arcillosa compuesta principalmente por vidrio volcánico, además contiene cuarzo, feldespato y 0,4% de minerales pesados. Una delgada (0,02 metros) costra salina cubre a los depósitos.

Mineralogía: el sulfato de sodio mas importante de la sulfatera es thenardita; también se encuentra mirabilita, especie hidratada que se transforma en thenardita (anhidra) por pérdida de agua durante el verano. Otros minerales son: halita, carbonatos y bicarbonatos de sodio y magnesio.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El sulfato de sodio se encuentra en los depósitos arcillo-arenosos de subsuelo, en las aguas de la salina y posiblemente en depósitos de subsuelo de origen marino (Sepúlveda, 1999). El nivel freático se eleva en primavera y la evaporación produce luego la costra salina superficial.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SULFATO DE SODIO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salar de Jama	Jama	23° 15'	67° 01'	Sulfato de sodio	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior de la cuenca salina Bancos de mineral intercalados con niveles detríticos finos y salinos		9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Pocitos	Fernando I	24° 42'	67° 00'	Sulfato de sodio	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior de la laguna. Bancos de mineral intercalados con niveles detríticos finos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Vega de Arizaro	Vega de Arizaro, San Martín	24° 32'	67° 56'	Sulfato de sodio	Evaporítico		30.000 t	Pleistoceno Holoceno	Relleno superior de la cuenca. Costra superficial	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
Salar de Río Grande	Isabelita, Sulfá, Purita, Mónica, Dani, Venus, Fortuna, Diana, Júpiter (Dentro de la cuenca salina existen más de 130 pertenencias)	25° 04'	68° 10'	Sulfato de sodio	Evaporítico			Pleistoceno Holoceno	Relleno superior de la cuenca salina. Bancos de mineral intercalados con niveles detríticos finos y salinos	Depósitos Evaporíticos	9f	Pleistoceno Holoceno
San Miguel	General San Martín	32° 29'	67° 37'	Sulfato de Sodio	Evaporítico Costras	Na ₂ SO ₄ : 8 %	1,84 Mt	Cuaternario	Areniscas, limos, arcillas y cenizas volcánicas		9f	Pleistoceno Holoceno
	El Hinojo (Haydeé, María, Santa Anita)	35° 59'	62° 30'	Sulfato de sodio	Evaporítico	Na ₂ SO ₄ : 52 %		Cenozoico	Salina		9f	Cenozoico
	Lago Epecuén	37° 11'	62° 47'	Sulfato de sodio	Sulfatera	Na ₂ SO ₄ : 60 g/l	14.120.000 t	Cenozoico	Salina		9f	Cenozoico

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SULFATO DE SODIO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Laguna de Chasilauquen	37° 16'	63° 10'	Sulfato de sodio	Sulfatera	Na ₂ SO ₄ : 51,34 g/l	800.000 t	Cenozoico	Salina		9f	Cenozoico
Laguna Huatraché	Delia Alicia, El Molino, Esperanza, Jorgito, Laguna Grande, Laguna Huatraché, La Marta, La Susana, Las Tunas, Nahuel, Novik Insaisti	37° 45'	63° 33'	Sulfato de sodio	Evaporítico	Na ₂ SO ₄ : 97%	2 Mt de sulfato de sodio anhidro	Cuaternario	Salmuera	Depósitos Evaporíticos	9f	Cuaternario
El Pioner		37° 57'	63° 36'	Sulfato de sodio	Evaporítico	Na ₂ SO ₄ : 91,45%		Cuaternario	Salmuera	Depósitos Evaporíticos	9f	Cuaternario
	Laguna Brava	28° 16'	68° 50'	Sulfato de Sodio	Evaporítico		9,57 Mt (medidos)	Cuaternario	Evaporitas	Depósitos evaporíticos	9f	Cuaternario

SULFATOS DE ALUMINIO Y MAGNESIO

Dentro del grupo de sulfatos básicos e hidratados de Al y Mg se destacan los minerales alunógeno $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$, halotrichita $[FeAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O]$ y pickeringita $[MgAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O]$ como los más representativos de los depósitos de nuestro país. Las dos últimas especies minerales conforman una serie completa de solución sólida por sustitución de sus elementos divalentes (Fe^{+2} , Mg^{+2}).

Los tres minerales presentan cristales incoloros, blancos con tonalidades amarillentas, rosadas o verdosas y escasa dureza (1,5 a 2 en la escala de Mohs). El alunógeno generalmente ocurre en masas fibrosas o costras de brillo sedoso, mientras que las otras dos especies se presentan en cristales aciculares o como agregados radiales de brillo vítreo.

Usos: los minerales extraídos se procesan para la obtención de sulfato de aluminio y su posterior comercialización. El mismo fue muy utilizado, principalmente en nuestro país, como floculante en plantas potabilizadoras de agua, aunque dejó de utilizarse casi dos décadas atrás. También se emplea en la industria del papel como agente fijador de colores, carga y encolado. Otros usos menores son la elaboración de compuestos de Ba, Pb y Ca y la refinación de petróleo, en curtiembres, como catalizador y como decolorante.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE SULFATOS DE Al y Mg		
SEGEMAR	USGS	BCGS
13d		

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En el extenso territorio nacional sólo se encuentran depósitos de sulfatos de aluminio y magnesio de importancia en la provincia de San Juan, en los ámbitos de Precordillera y Cordillera Frontal.

Todos ellos se formaron a partir de los episodios ándicos. Los yacimientos del sector occidental de Precordillera (Calingasta y Rodeo) se relacionan a la exhumación de rocas que representan secuencias de talud del Ordovícico-Silúrico desarrolladas sobre el basamento grevilliano del terreno de Cuyania, que poseen sulfuros singenéticos (pirita) y mineralización tipo Chipre

(pirita+calcopirita+esfalerita) asociados con secuencias ofiolíticas. La posterior alteración meteórica del sulfuro de hierro produjo ácido sulfúrico; el ácido atacó a los minerales arcillosos de las lutitas ordovícicas, formando los sulfatos de aluminio y magnesio (modelo 13d), cuya concentración se produjo por lixiviación y posterior depositación.

En los yacimientos de Cordillera Frontal (La Alumbra y Valle del Cura) la presencia de pirita en las rocas terciarias se debe a la alteración hidrotermal de tipo sulfato-ácido que han sufrido, y que se vincula con la formación de depósitos auríferos de alta sulfuración. La pirita así formada fue también alterada por acción meteórica y el ácido sulfúrico producido atacó a los minerales aluminosos de las volcanitas produciendo los sulfatos de aluminio y magnesio, posteriormente lixiviados y concentrados en fracturas y discontinuidades.

El control de los depósitos está dado por la abundancia de pirita en las rocas asociadas, la exposición de las mismas a agentes meteóricos y un posterior enriquecimiento secundario.

DEPÓSITOS DE SULFATOS DE ALUMINIO Y MAGNESIO EN PRECORDILLERA

(Angelelli *et al.*, 1980; Cardinali, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el flanco occidental de la Precordillera sanjuanina se reconocen dos regiones principales con yacimientos de sulfatos de aluminio y magnesio. Una región norte, ubicada en la Cuesta del Viento, comprende el cerro Alumbre, distante 6 km al noreste de la localidad de Rodeo, al norte del río Jachal, y una región sur donde es posible definir una elongada faja mineralizada, entre coordenadas 31°10'-31°35' L.S. y 69°15'-69°30' L.O. En ésta se localizan los depósitos del km 114 y los de Calingasta, limitados por la sierra de Tontal al este, el río San Juan al norte y la ruta Nacional N°20 al oeste.

Producción: los yacimientos sanjuaninos de sulfato de aluminio y magnesio, tanto los que se describen aquí, de Precordillera, como los de Cordillera Frontal, registran tareas de explotación desde 1939. Desde entonces hasta el año 1976, según datos de la Estadística minera de la Rep. Arg., se extrajeron 203.730 toneladas de sulfato de aluminio y 85.133 toneladas de sulfato de magnesio. La producción de sulfato de aluminio

decaió desde el año 1979 (50.000 toneladas) hasta el año 1981 (4.000 t); a partir del año 1982 y durante el resto de la década de 1980 la producción nacional se incrementó progresivamente hasta llegar a producirse 71.000 toneladas en el año 1988 (Panorama Minero, 1992). En 1998 sólo se produjeron 750 toneladas de sulfato de magnesio, durante el año 2002 se estimó una producción de 4.751 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: el sulfato de aluminio se usa principalmente, junto al sulfato de hierro, en el proceso de potabilización del agua para consumo humano. Tienen la propiedad de neutralizar las cargas eléctricas de las arcillas, facilitando su floculación y precipitación, disminuyendo así el grado de turbidez. El contenido de contaminantes es crítico para este uso. Anteriormente el sulfato de aluminio era muy usado en la industria de curtiembres, en la actualidad ha sido reemplazado por compuestos de cromo. El sulfato de magnesio se utiliza en la industria farmacéutica y como fertilizante para mejorar suelos pobres en magnesio.

Sistema de explotación: a cielo abierto, en canteras cuyas mayores explotaciones alcanzan 200 x 100 x 10 metros. La roca mineralizada que

se extrae es llevada directamente a piletones de hormigón dispuestos en los mismos yacimientos donde se sumergen en agua por el lapso de 24 horas para que se disuelvan las sales de interés. Luego la solución es conducida a un tanque de decantación donde se eliminan los finos; posteriormente por medio de tuberías se conduce el líquido hasta la planta de tratamiento, donde se elimina el manganeso y se calienta la solución para lograr la evaporación del solvente y conseguir la concentración requerida o la cristalización de los sulfatos, que luego son molidos y embolsados.

Geología de los yacimientos

Descripción: en el sector de los yacimientos la Formación Alpacarrosa (unidad portadora de los depósitos) alcanza 2.000 metros de espesor, con gran cantidad de mantos volcánicos básicos (*pillow lavas*) intercalados. Los estratos limolíticos y lutíticos son de color verde, gris y negro y representan depósitos de talud y fondo oceánico en un ambiente netamente reductor con un significativo contenido de cristales de pirita.

Leyes de sulfatos de Al y Mg en el yacimiento Cerro Alumbre, provincia de San Juan

Yacimiento	Zona	Espesor (m)	Al ₂ (SO ₄) ₃ (%)	MgSO ₄ (%)	Referencia	
Rodeo	Sector norte (acumulación superficial)	Superficial	0,46	1,58	1,80	Angelelli y Trelles, 1938
		Enriquecimiento	0,25-0,40	0,66	6,0	
		Intermedia	0,50	1,05	2,74	
		Inferior	1,0	0,52	0,30	
	Sector sur (bolsones)	Superficial	0,10	3,03	0,92	
		Enriquecimiento	0,70	9,38	3,90	
		Intermedia	0,50	8,52	1,86	
		Inferior	0,40	4,75	1,80	

Cuadro estratigráfico de Precordillera en la zona de Calingasta y Rodeo.

Edad	Unidad estratigráfica	Características
Cuaternario		Sedimentitas de ambiente continental.
Terciario		
Triásico		
Carbonífero	F. del Ratón y F. Salto	
Devónico	F. Planchón	Limolitas y areniscas verdes.
Silúrico	F. Calingasta	Lutitas verdes y moradas con intercalaciones de mantos de areniscas.
Ordovícico	F. Alpacarrosa = F. Yerba Loca (al norte)	Sucesión de lutitas y limolitas negras y grises de 5 a 10 metros de espesor con potentes intercalaciones de rocas básicas (lavas almohadilladas) típicas de ambiente centro-oceánico. En conjunto alcanzan espesores de 1.300 a 2.000 metros y es la unidad rocosa que contiene los depósitos de sulfatos de aluminio y magnesio .

Morfología: los sulfatos conforman impregnaciones, rellenos de grietas y “bolsones” de muy variadas dimensiones.

Mineralogía: gran variedad de sulfatos de Al, Fe y Mg hidratados. *Alunógeno* ($[\text{SO}_4]_3\text{Al}_2 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$); *pickeringita* ($[\text{SO}_4]_3\text{Al}_2 \cdot \text{SO}_4\text{Mg} \cdot 22\text{H}_2\text{O}$); *halotrichita* ($\text{SO}_4\text{Fe} \cdot [\text{SO}_4]_3\text{Al}_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$) y *epsomita* ($\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), este último sólo en la zona de Calingasta.

Modelo genético

13d (Sulfatos de Al-Mg). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

Cardinali (1985) los definió como: sulfatos exógenos originados por la alteración de las rocas de las formaciones Alpacarrosa y Yerba Loca. Según el mismo autor la presencia de piritita en las rocas ordovícicas es el principal condicionante para la existencia de estos yacimientos, ya que bajo las condiciones climáticas de esta región (extremadamente árida), el agua meteórica oxidante altera la piritita transformándola en sulfuro de hierro y óxidos hidratados de hierro (limonitas) y libera ácido sulfúrico, que al atacar los minerales arcillosos de las lutitas forma **sulfatos de aluminio y magnesio**. La concentración económica de los sulfatos se produce por un proceso geológico semejante al que origina el enriquecimiento secundario en los yacimientos diseminados de cobre, una lixiviación de los minerales útiles en la parte superficial y su

precipitación en fisuras y diaclasas a mayor profundidad. La presencia de capas basálticas impermeables impiden la lixiviación y pérdida total de los sulfuros.

Según Quartino *et al.* (1971) en Furque y Caballé (1986) la formación de importantes conos aluviales a partir del Cuaternario actuaron como “esponjas humectantes” apoyadas sobre las sedimentitas portadoras de sulfuros favoreciendo en gran medida la generación de depósitos de sulfatos de aluminio y magnesio.

DEPÓSITOS DE SULFATOS DE ALUMINIO Y MAGNESIO EN LA CORDILLERA FRONTAL

(Angelelli *et al.*, 1980; Cardinali, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de San Juan se encuentran los yacimientos *La Alumbreira*, (coordenadas 31°23' L.S. y 69°50' L.O.), a 44 km al oeste de la localidad de Calingasta, y *Valle del Cura*, en el faldeo occidental del cerro Jagüelito, en la Cordillera de Colanguil, a 144 km de la localidad de Jáchal.

Producción: ver depósitos en *Precordillera*.

Usos: ver depósitos en *Precordillera*.

Sistema de explotación: ver depósitos en *Precordillera*.

Columna estratigráfica simplificada de un sector de la Cordillera Frontal (Furque y Caballé, 1986)

Edad	Unidad estratigráfica		Características	
	Grupo	Formación		
Cuaternario				
Terciario				
Triásico	Superior		Puntudo	
		Rincón		
		Sorocayense	Hilario	Areniscas y tobas.
	El Alcazar		Tobas y areniscas.	
	Agua de Los Pajaritos		Areniscas y conglomerados.	
	Inferior	Choiyoi	Arroyo de Las Chinchas	Piroclastitas.
Andesitas Las Vizcachas				
Pérmico	Superior		Los Hornitos	Piroclastitas.
			El Palque	Piroclastitas
	Inferior		Vega de Los Machos	Tobas, andesitas, calizas.
Andesita Quebrada Seca		Contiene yacimientos de sulfatos de aluminio y magnesio		
		Del Salto	Areniscas y conglomerados.	
Carbonífero			Depósitos marinos.	

Geología de los yacimientos

Descripción: los yacimientos de Cordillera Frontal son principalmente portadores de sulfato de aluminio. En las minas del yacimiento La Alumbreira los depósitos se encuentran circunscriptos a pórfiros andesíticos representante de la unidad pérmica Andesita Quebrada Seca. La roca en cuestión se encuentra alterada, es de color gris y preferentemente de textura porfírica. El yacimiento constituye una zona de oxidación en donde la roca ha sufrido diversos procesos de alteración hidrotermal, como silicificación y caolinización; el contenido de pirita disseminada es importante (aproximadamente un 15%). En las partes superiores se observa abundantes óxidos de hierro y por debajo se encuentra una roca fuertemente caolinizada, piritizada y silicificada, muy fracturada y con importante contenido de sulfatos formando “ojos” y “bolsones” pequeños.

Morfología: *ver depósitos en Precordillera.*

Mineralogía: en el yacimiento de La Alumbreira se ha encontrado *alunógeno* ($[\text{SO}_4]_3\text{Al}_2 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) y *halotrichita* ($\text{SO}_4\text{Fe} \cdot [\text{SO}_4]_3\text{Al}_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$), mientras que en el Valle del Cura se extrae *pickeringita* ($[\text{SO}_4]_3\text{Al}_2 \cdot \text{SO}_4\text{Mg} \cdot 22\text{H}_2\text{O}$).

Modelo genético

13d (Sulfatos de Al-Mg). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

De acuerdo con Cardinali (1999) los depósitos de sulfatos de aluminio y magnesio de Cordillera Frontal se vinculan genéticamente a alteración hidrotermal del tipo sulfato-ácido. En la parte superior del sistema se ha depositado alunita, producto típico de alteración hidrotermal en depósitos auríferos de alta sulfuración.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

SULFATO DE ALUMINIO Y MAGNESIO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Cerro El Alumbre	30° 12'	68° 59'	Sulfatos de aluminio y magnesio	Meteorización Acumulación superficial, bolsones			Ordovícico	Pelitas, grauvacas y lutitas alumbríferas	Formación Yerba Loca	13d	Plioceno-Pleistoceno
Km 114	El Abuelo Juan	31° 15'	69° 16'	Sulfatos de aluminio y magnesio	Meteorización Impregnación, venillas, costras			Ordovícico	Lutitas alumbríferas	Formación Alcaparrosa	13d	Plioceno-Pleistoceno
Km 114	Marimart (El Frisón, El Lunar, La Ilusión)	31° 17'	69° 17'	Sulfatos de aluminio y magnesio	Meteorización Impregnación, venillas, costras	Al ₂ O ₃ + MgO: 12%	830.000 t (inferidos)	Ordovícico	Lutitas alumbríferas	Formación Alcaparrosa	13d	Plioceno-Pleistoceno
Calingasta-La Isla-Colón	Cartelone	31° 19'	69° 24'	Sulfatos de aluminio y magnesio	Meteorización Impregnación, venillas, costras	Al ₂ O ₃ : 15%		Ordovícico	Lutitas, basaltos	Formación Alcaparrosa	13d	Plioceno-Pleistoceno
La Alumbreira	La Alumbreira de Abajo	31° 23'	69° 48'	Sulfatos de aluminio	Meteorización Impregnación, venillas, costras			Pérmico	Pórfidos andesíticos y andesitas efusivas	Andesitas Quebrada Seca	13d	

TALCO

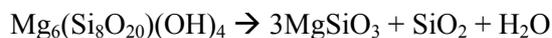
Es un filosilicato cuya composición química responde a la fórmula $Mg_6(Si_8O_{20})(OH)_4$. El mineral presenta similar estructura cristalográfica que la pirofilita, excepto que el ion de coordinación octaédrico es el magnesio en lugar del aluminio y ninguno está vacante; el talco es por lo tanto un mineral de capa trioctaédrica.

En la pirofilita y en el talco no se producen cambios en la composición debido a que no hay cationes de intercambio; rara vez escasa cantidad de Al o Ti substituyen al Si y poca cantidad de Mn o Al y Fe (Fe^{+2} , Fe^{+3}) pueden sustituir al Mg.

El talco ocurre principalmente en rocas metamórficas ultrabásicas, pero también por reemplazo de tremolita y olivino en dolomitas silíceas.

En el sistema $MgO-SiO_2-H_2O$ una serie de curvas de equilibrio muestran que a temperaturas menores a $800^\circ C$ el talco se forma de la mezcla de MgO y SiO_2 con una presión de vapor de agua entre 0,5 a 2 Kbar. La asociación de talco con forsterita es común y evidente, pero a altas temperaturas es reemplazada por esteatita (junto con serpentina a alta presión).

A $800^\circ C$ el talco se descompone y se forma esteatita y cristobalita :



Los importantes estudios de equilibrio que involucran Ca y CO_2 , como así también H_2O , muestran que la asociación talco + calcita tiene sólo un pequeño campo de estabilidad, por lo tanto el talco es menos común que la tremolita en dolomitas silíceas metamórficas de bajo grado.

La presencia de talco depende, principalmente, del contenido suficiente de magnesio en el sistema. Los tipos de yacimientos de talco más comunes son el que proviene del metamorfismo de bajo grado (y alteración hidrotermal) de rocas ultrabásicas y el formado por metamorfismo regional y de contacto de dolomías silíceas.

El talco es de origen secundario cuando se forma por la alteración de los silicatos de magnesio, tales como olivino (forsterita), piroxenos y anfíboles, pudiendo formar pseudomorfo de estos minerales.

Usos: el talco en polvo se utiliza en pinturas, cerámicas, carga en insecticidas, papel y en la industria de la goma. También se emplea para superficies de mesas, cuadros eléctricos y

artefactos sanitarios. Talcos especiales se destinan a farmacopea.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE TALCO		
SEGEMAR	USGS	BCGS
5j	8g-18m	M 07-E 08
10e	8g-18m	M 07-E 08

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Los depósitos de talco de la Argentina, como los del resto del mundo, están relacionados con metasedimentitas básicas o con intrusivos ultrabásicos.

La República Argentina está conformada por una serie de terrenos, acrecionados a lo largo de su historia geológica, limitados por suturas con obducción de ofiolitas y magmatismo básico asociado. Si bien este marco geológico es favorable para la formación de yacimientos de talco, en nuestro territorio ellos no son muy numerosos y se ubican principalmente en tres zonas: en la faja ultrabásica de la Sierra de Córdoba (Pampa de Olaen), en la faja de Sierra de Pie de Palo (San Juan) y en las fajas de Precordillera-Cordillera Frontal.

Los depósitos de talco de Pampa de Olaen se encuentran asociados a esquistos, gneises, mármoles y cuerpos anfibolíticos proterozoicos que se deformaron durante el episodio pampeano por la acreción de los terrenos Pampia y Río de La Plata (Precámbrico-Eocámbrico), los mismos responden al modelo 10e.

Los depósitos de la provincia de San Juan se encuentran en el flanco occidental de la sierra de Pie de Palo. Allí afloran fragmentos de rocas ofiolíticas obductadas entre metamorfitas de un basamento grenvilliano. Estas ofiolitas representan la sutura generada en el Ordovícico superior por la acreción de los terrenos de Precordillera y Pie de Palo. El talco se ha formado de la carbonatación de las rocas ultrabásicas metamorfizadas y serpentinizadas (modelo 5j).

En la provincia de Mendoza la sutura que se extiende a lo largo de la porción sur de la Precordillera y Cordillera Frontal alberga depósitos de talco formados en secuencias ofiolíticas obductadas por la acreción de Chilenia y Cuyania (Devónico superior), cuya colisión produjo la deformación (metamorfismo) y emplazamiento de dichas rocas (modelo 5j).

DEPÓSITOS DE TALCO EN LA
PROVINCIA DE MENDOZA
(Fallet y Zanoni, 1999)

Generalidades

Ubicación: los yacimientos y manifestaciones se alojan en una elongada faja de unos 55 km que comienza en el límite entre San Juan y Mendoza y continúa a lo largo de los cordones precordilleranos de Cortaderas y Uspallata hasta la Cordillera Frontal.

Infraestructura minera: en el Gran Mendoza existen 5 plantas de molienda para el tratamiento de talco.

Producción: a fines de la década del 70 se extraían 40.000 toneladas anuales. La producción provincial de talco en 1998 fue de 10.919 t; para el 2000 fue de 5.350 t y la producción del 2002 se estimó en 4.538 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Usos: el material extraído se utiliza principalmente como carga para insecticidas, en

importancia decreciente es utilizado en la industria de pinturas, papel, cerámica y farmacopea.

Sistema de explotación: en Mendoza existen 109 minas empadronadas y 46 manifestaciones, la gran mayoría de ellas se han explotado y explotan a cielo abierto. En algunas minas se han realizado labores subterráneas (piques, socavones y galerías) de escasa envergadura.

Geología de los yacimientos

Descripción: tanto la Precordillera como la Cordillera Frontal poseen un basamento cristalino representado por la Formación Cortadera, del Grupo Villavicencio (Devónico), aflorante en la sierra homónima y constituido por metagrauvascas, esquistos y filitas. Al sur, en la sierra de Uspallata, afloran filitas, esquistos tremolíticos, albiticos y clorítico-dolomítico, calizas y calizas cuarzosas de la Formación Bonilla, como así también filitas y ortoanfibolitas de la Formación Farallones.

Ubicación de los principales distritos con yacimientos de talco de la provincia de Mendoza

Ámbito	Distritos mineros	Depósitos	Sierra	Latitud	Longitud	Ubicación
Precordillera	La Cortaderita-Yalguaraz	Juan XIII Ma. Eugenia El Cacique	Cortaderas	32°12'- 32°22'	69°10'- 69°07'	30 km al noreste de la localidad de Uspallata.
	Villavicencio					
	Uspallata-Bonilla	La Mendocina Bonilla	Bonilla	32°32'- 32°43'	69°15'- 69°10'	20 km de Uspallata, por la quebrada de Santa Elena.
Cordillera Frontal	Salamanca-San Pablo	Juan José Doce Hermanos La Torre Portezuelo Ancho	Cuchilla de Guarguaraz	33°18'- 33°22'	69°25'- 69°34'	32 a 40 km al oeste de Tupungato.

Recursos y reservas de talco de los principales distritos mineros de Mendoza

Distritos mineros	Reservas indicadas e inferidas	Recursos hipotéticos	Recursos Inferidos	Referencia
Cortaderita-Yalguaraz	400.000 t	50.000 t		Fallet y Zanoni, 1999
Uspallata-Bonilla	280.000 t	50.000 t		
Salamanca-San Pablo	300.000 t	100.000 t		
			10 Mt (Portezuelo Ancho)	

Composición química de talco de los principales distritos mineros de Mendoza

Distritos mineros		Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	SiO ₂ (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)
Cortaderita-Yalguaraz		0,29	1,61	61,56	31,02		
Uspallata-Bonilla		0,66	1,32	59,12	32,88		
		4,16	0,16	53,49	28,08	4,45	
Salamanca-San Pablo	Portezuelo Ancho (n=10)	3,5 a 7		56	23 a 30		0,05 a 0,38

En el ámbito de la Cordillera Frontal se reconocen unidades metamórficas en facies de anfibolita equivalentes a las dos últimas formaciones además de metamorfitas de bajo grado (Ectinita Guarguaraz) con intercalaciones de anfibolitas. Inmersos en este basamento metamórfico y alineados conforme a una elongada faja, afloran una serie de cuerpos básicos y ultrabásicos, clasificados petrológicamente como peridotitas, wehrlitas, lherzolitas, dunitas cumulares y rocas gábricas serpentínicas, dispuestos subparalelamente y concordantes con la estructura metamórfica regional. Los cuerpos se emplazaron tectónicamente y han sido metamorfizados.

Morfología: conforman una serie de depósitos lenticulares separados por 200 o 300 metros. Su longitud varía entre 20 y 40 metros y su espesor de 1 a 6 metros. Muchos de los cuerpos están dispuestos horizontalmente, otros en cambio conforman vetas de talco de rumbo casi norte-sur e inclinación hasta 75° al este. La manifestación Portezuelo Ancho (Cuchilla de Guarguaraz), en el distrito Salamanca-San Pablo, consiste en un cuerpo de 800 metros de largo, 183 metros de ancho y 150 metros de potencia rodeado de manifestaciones menores de 5 a 25 metros de potencia media y 100 a 200 metros de largo.

Mineralogía: los cuerpos básicos y ultrabásicos han sido alterados a talco, actinolita y crisotilo. En los depósitos hay una importante mezcla en los contenidos de estos minerales como así también en las variedades de talco. Se denomina *asbestina* al material formado por una mezcla de talco y tremolita; *esteatita* al talco puro; *saponita* al talco con pátinas de hierro; *talcoesquistos*, talco con estructura esquistosa y carbonatos; *talco asbestiforme*, talco fibroso, duro y astilloso típico de los yacimientos de precordillera (mina Bonilla). Conforme a ello en la provincia de Mendoza se extraen talcos de diferente calidad, dada en función su blancura, que disminuye conforme aumenta el contenido de impurezas. El talco de mejor calidad (talco extra y de primera) es blanco o verde botella, untuoso al tacto, no posee minerales opacos, es de estructura masiva y compacta y brillo nacarado. En general sólo el 20% del material extraído es talco extra o de primera.

Modelo genético

5j (Crisotilo-Talco-Magnesita). Grupo: Depósitos metasomáticos.

El carácter amplio y regional de la serpentización y talquización de los cuerpos de

rocas magnesianas, y su asociación con lutitas metamorfizadas, sugieren la acción de un proceso metamórfico, con participación de agua termal, en la formación de los yacimientos, posiblemente llevada a cabo durante el Paleozoico (Lavandaio, 1993).

Según Fallet y Zanoni (1999) en las rocas ultrabásicas consideradas hubo tres estadios de alteración:

1^a- **Serpentinización**, formación de serpentinitas.

2^a- **Carbonatización**, produjo talco y carbonatos por la interacción entre las serpentinitas y fluidos con alto contenido en CO₂.

3^a- **Esteatización**, por el aporte de fluidos con SiO₂ y H₂O y la extracción de Fe, Al y Mg.

DEPÓSITOS DE TALCO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN (Angelelli *et al*, 1980)

MINA DON LEÓN

Generalidades

Ubicación: en la vertiente occidental de la sierra de Pie de Palo, 45 km al NNE de la ciudad de San Juan.

Sistema de explotación: en canteras a cielo abierto y a través de laboreos subterráneos.

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos de talco y asbesto se encuentran vinculados a un stock gábrico (dunita según Fernandez Lima, 1962) metamorfizado y serpentizado, inmerso en un complejo metamórfico constituido por rocas esquistosas (micacitas grises negruzcas a verdosas y cuarcitas gris claras). El cuerpo ultrabásico, de color verde claro a gris, es elongado con un eje mayor orientado noroeste-sureste de aproximadamente 300 metros de longitud y un ancho máximo de 180 metros. Los yacimientos de talco se alojan principalmente en la interfase entre la serpentinita y las metamorfitas de la caja, en el extremo occidental y septentrional del cuerpo ultrabásico; en las inmediaciones hay esquistos serpentínicos talcosos con antigorita, talco, olivino, magnetita e iddingsita.

Morfología: en general son lenticulares, estratificados y de un espesor que va de 0,1 metro a 1,3 metros. Se ubican en el límite entre la roca

ultrabásica y la roca de caja, su orientación es NNO-SSE e inclinan al noreste. El talco es de color verde a blanco.

Modelo genético

5j (Crisotilo-Talco-Magnesita). Grupo: Depósitos metasomáticos.

MINAS ARCADIA Y LAPRIDA

Generalidades

Ubicación: ambas minas están separadas aproximadamente 2 km a lo largo de la quebrada de la Petaca, en el faldeo occidental de la sierra de Pie de Palo, 54 km al noreste de la ciudad de San Juan.

Producción: desde el año 1949 hasta el año 1953 se extrajeron 2.100 toneladas de talco de las minas de la quebrada de la Petaca.

Sistema de explotación: laboreos subterráneos.

Composición química de talco de mina Arcadia en la Quebrada de la Petaca

Mina	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Autor
Arcadia	59,08	1,17	4,93	30,26	Torres y Tejeiro, 1954

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos de talco de las minas Arcadia y Laprida se encuentran asociados a la zona de contacto entre un cuerpo de serpentinitas y las metamórfitas características de la sierra de Pie de Palo que ofician de roca de caja. Un mismo yacimiento posee talco de diversas calidades, siendo factible encontrar *talco extra* en el contacto inmediato de las vetas de talco con la serpentinita. En la zona de contacto con la roca de caja se reconocen vetas de 0,3 a 0,6 metros de espesor de actinolita radial y crisotilo fibroso.

Morfología: vetas de hasta 400 metros de largo y potencia de 0,5 a 8 metros. La orientación de los cuerpos es de N90°-140°E/30°-40°NE.

Modelo genético

5j (Crisotilo-Talco-Magnesita). Grupo: Depósitos metasomáticos.

MINA CERRO ALTO

Generalidades

Ubicación: mina cerro Alto se encuentra seccionada por la quebrada de la Piedra Pintada, en el ámbito de la sierra de Pie de Palo, a 54 km al este de la ciudad de San Juan.

Producción: en el año 1976 se extrajeron 800 toneladas de talco.

Sistema de explotación: subterráneo.

Geología del yacimiento

Descripción: el depósito de talco se aloja en una anfibolita con débil esquistosidad cuya asociación mineral está dada por anfíboles tremolíticos, plagioclasas ácidas y cuarzo. En el depósito predomina la *asbestina*, pero se observa material esquistoso de tercera calidad en los bordes, talco gris claro de segunda hacia el centro y “talco extra” en el núcleo. Estudios microscópicos muestran al talco en agregados alargados, paralelos a la esquistosidad local y con textura lepidoblástica.

Estructura: es importante mencionar que el yacimiento se encuentra controlado por una falla orientada N35°E y fuertemente inclinada al NO.

Morfología: es un depósito lenticular de 1 metro de espesor con bolsones de hasta 8 metros de potencia. La mineralización aflora a lo largo de 100 metros y existen evidencias de su prolongación unos 100 metros mas.

Modelo genético

5j (Crisotilo-Talco-Magnesita). Grupo: Depósitos metasomáticos.

DEPÓSITOS DE TALCO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA (Angelelli *et al*, 1980)

MINA JUANCHO

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de las Sierras Pampeanas Orientales, en Pampa de Olaen, afloran una serie de depósitos y manifestaciones de talco cuyo principal exponente es la mina Juancho, localizada a 10 km al noroeste de la localidad de Cosquín. La mina La Cuarta se

encuentra a 2-3 km de la anterior por el camino que une Molinari con Villa de Soto. La mina La Rosita se ubica a 800 metros al sur de La Cuarta.

Infraestructura minera: en la localidad de La Perla, distante 52 km de la mina Juancho, existe una planta de molienda de minerales.

Usos: durante la década del 70, la esteatita de tercera calidad (asbestina) que se extraía era usada como carga en la industria de la pintura e insecticidas. También se utilizó como material para la construcción de revestimientos en hornos de cal.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: un cuerpo lenticular compuesto por una sucesión de capas de gneis, esteatita y vermiculita, concordante con las metamorfitas del entorno (foliación: N55°O/26°-

29°O). Tiene un largo de 260 metros y el frente de cantera alcanza 20 metros de alto. En él se reconocen dos capas de esteatita, de espesores variables (entre 1 y 1,5 metros en los bolsones), estructura masiva, grano fino y color pardo claro a pardo verdoso. La capa superior presenta esteatita mezclada con material anfibolítico y está surcada por venas de vermiculita. Los cuerpos mineralizados están separados por una anfibolita de grano fino y circundados por esquistos talcosos con anfibolitas en la base y anfibolitas con vermiculita en el techo.

Morfología: capas lenticulares con estructuras bolsoneas.

Mineralogía: esteatita y vermiculita.

Modelo genético

5j (Crisotilo-Talco-Magnesita). Grupo: Depósitos metasomáticos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

TALCO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Juancho	31° 10'	64° 31'	Esteatita				Precámbrico	Esquistos talcosos y anfibolitas	Gneis de Mataballos	10e	Cámbrico
	Don León	31° 27'	68° 11'	Talco-serpentina-asbestos	Lentiforme, vetiforme, stock de serpentina			Proterozoico medio	Esquistos anfibolíticos, stock gábrico	Complejo Pie de Palo	5j	Ordovícico superior
	Anita, Arcadia, Don Orlando	31° 28'	68° 10'	Talco-serpentina	Vetiforme			Proterozoico medio	Esquistos anfibolíticos, serpentinita	Complejo Pie de Palo	5j	Ordovícico superior
	Cerro Alto	31° 29'	68° 11'	Talco-serpentina	Vetiforme, bolsones			Proterozoico medio	Anfibolita	Complejo Pie de Palo	10e	Ordovícico superior
La Cortadeita-Yalguaraz	Juan XIII	32°17'	69° 08'	Talco- Actinolita- Grafito- Antigorita- Crisotilo- Serpentina	Bolsones, vetiforme. Cuerpos serpentínicos		2.500 t (indic.+inferid.)	Ordovícico superior	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Grupo Villavicencio	5j	Devónico superior
La Cortadeita-Yalguaraz	María Eugenia, El Cacique	32°18'	69° 08'	Talco- Actinolita- Grafito- Antigorita- Crisotilo- Serpentina	Bolsones, vetiforme. Cuerpos serpentínicos		Ma. Eugenia: 22.500 t (indic.+inferid.) El Cacique: 19.500 t (indic.+inferid.)	Ordovícico superior	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Grupo Villavicencio	5j	Devónico superior
Uspallata-Bonilla	La Mendocina	32° 33'	69°13'	Talco- Actinolita- Grafito- Antigorita- Crisotilo- Serpentina	Bolsones, vetiforme. Cuerpos serpentínicos		10.000 t (inferidos)	Eopaleozoico	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Ectinita Guarguaraz	5j	Devónico superior
Uspallata-Bonilla	Bonilla	32° 41'	69° 13'	Talco- Actinolita- Grafito- Antigorita- Crisotilo- Serpentina	Bolsones, vetiforme. Cuerpos serpentínicos		25.000 t (inferidos)	Eopaleozoico	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Ectinita Guarguaraz	5j	Devónico superior
Salamanca-San Pablo	Juan José	33°19'	69° 26'	Talco-actinolita	Irregular		8.424 t (indic.+inferid.)	Eopaleozoico	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Ectinita Guarguaraz	5j	Devónico superior

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

TALCO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salamanca-San Pablo	Doce Hermanos	33° 20'	69° 27'	Talco-actinolita	Irregular		26.000 t (indic.+infer.+ potenc.)	Eopaleozoico	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Ectinita Guarguaraz	5j	Devónico superior
Salamanca-San Pablo	Portezuelo Ancho	33° 20'	69° 29'	Talco	Irregular		10 Mt (Recurso inferido)	Eopaleozoico	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Ectinita Guarguaraz	5j	Devónico superior
Salamanca-San Pablo	La Torre	33° 22'	69° 28'	Talco-actinolita	Irregular		28.000 t (indic.+infer.+ potenc.)	Eopaleozoico	Metamórficas. Rocas ultrabásicas serpentinizadas y calizas	Ectinita Guarguaraz	5j	Devónico superior

TRAVERTINO

Es una roca sedimentaria de origen químico, calcárea, formada como depósito superficial a partir de un sistema geotermal, generalmente de temperatura menor a 100° C. Es común ver depósitos de travertino desarrollados a lo largo de fallas de alto ángulo y zonas de cizalla en cinturones orogénicos jóvenes.

El travertino se forma en regiones que contienen secuencias de rocas calcáreas donde las aguas freáticas con ácido carbónico disuelven una considerable cantidad de carbonato de calcio. Cuando el agua subterránea llega a la superficie se desprende parte del ácido carbónico y precipitan los carbonatos cálcicos.

Los depósitos presentan comúnmente textura bandeada, porosa o brechosa. Generalmente presentan una matriz carbonática de grano fino con numerosas cavidades irregulares de hasta 1 cm o más de diámetro. Las cavidades están generalmente orientadas en líneas paralelas dándole textura a la roca. Las variedades lacustres son más masivas.

Usos: roca decorativa, recubrimientos interiores y exteriores, pisos, tallados especiales, lápidas, material para la construcción, acondicionador de suelos, mármol ónix.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE TRAVERTINO		
SEGEMAR	USGS	BCGS
7h		H01

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En el Mioceno superior, durante los episodios Neógenos, se produjeron importantes depósitos de travertino en las Sierras Pampeanas Orientales (Córdoba y San Luis) y Occidentales (La Rioja). En el primero de los ámbitos geológicos las emanaciones termales (modelo 7h) están estrechamente vinculadas al magmatismo terciario-cuaternario que tuvo lugar en Córdoba y San Luis debido a la horizontalización de la placa de Nazca y la migración del magmatismo hacia el este. En la provincia de Córdoba, los yacimientos se ubican en el borde occidental de las sierras, sobre la falla regional meridiana que levantó las sierras Occidentales (Sierras de Guasapampa, Serrezuela y Altautina).

La actividad termal durante el Cuaternario generó travertinos tanto en las provincias del norte como en San Juan y Mendoza. La existencia de travertinos en la Puna se vincula con los mismos fenómenos geotermales que dieron origen a los boratos cuaternarios, por lo que muchos depósitos se encuentran en las proximidades de los salares. Asimismo, se registra actividad termal cuaternaria en el ámbito de Cordillera Oriental y Sierras Subandinas, en el sector comprendido entre las ciudades capitales de Jujuy y Salta, con depositación de travertinos producto de la circulación de aguas termales en calizas cretácicas. En San Juan y Mendoza el volcanismo cuaternario alentó la circulación de aguas termales a través de rocas calcáreas ordovícicas y su posterior emanación a partir de fracturas reactivadas durante la orogenia andina.

TRAVERTINO EN LA PROVINCIA DE JUJUY (Schalamuk *et al*, 1983)

CANTERA EL TOBA

Generalidades

Ubicación: en las inmediaciones de Puesto Viejo, 55 km al sudeste de San Salvador de Jujuy, en el ámbito de las Sierras Subandinas, en el extremo sur de la sierra de Puesto Viejo.

Acceso: desde la ciudad capital por ruta nacional 34 y luego por un camino secundario hasta la localidad de Puesto Viejo

Producción: como dato histórico, en 1980 se extraían 1.500 t/día.

Usos: en la industria de la cal, cemento y siderurgia.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Yacimiento	Reservas geológicas (Mt)	Referencia
El Toba	101 (travertino + depósitos calcáreos de la F. Yacoraite)	Antuña y Uñatez, 1959

Antecedentes

El yacimiento se asocia a aragonita y ónix, este último fue explotado desde la década del 20 hasta mediados de los años 50 para producir cal y como mármol.

Estratigrafía del extremo sur de la Sierra de Puesto Viejo, Sierras Subandinas

Edad		Unidad estratigráfica	Características
Cuaternario			Acarreo moderno
			Travertino con aragonita.
Terciario	Inferior	Subgrupo Santa Bárbara	Areniscas.
	Superior		
Cretácico		F. Yacoraite	Apoyada en discordancia, comienza con areniscas, seguida por areniscas calcáreas, calizas y margas.
Paleozoico	Inferior		Areniscas

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento está conformado por un paquete de 12 metros de potencia con bancos de travertino de 1 a 2 metros de espesor intercalados con niveles de aragonita de 0,01 a 0,25 metros. El travertino es de color amarillo a grisáceo; en los bancos inferiores es de textura masiva y está mezclado con material arcilloso y en los bancos superiores es de estructura porosa.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El travertino se formó a partir de aguas termales, bicarbonatadas al atravesar en su camino ascendente la Formación Yacoraite. Este fenómeno termal se observa actualmente en el paraje Aguas Calientes.

TRAVERTINO EN LA
PROVINCIA DE SALTA
(Schalamuk *et al.*, 1983)

MINA EL SAUCE

Generalidades

Ubicación: en el borde occidental del valle de Güemes, a 16 km al noroeste de la localidad de Campo Santo. El yacimiento se localiza en una amplia depresión entre la Cordillera Oriental, al oeste, y las Sierras Subandinas, al este.

Acceso: por ruta provincial 12 y 121.

Usos: fabricación de cemento portland.

Sistema de explotación: cielo abierto.

Antecedentes

Su intenso laboreo comenzó en 1937.

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento se localiza en un amplio anticlinal de eje meridional, afectado por una falla de rumbo noroeste-sudeste e inclinación al sudoeste. En el sector aflora la Formación Yacoraite, con un espesor de aproximadamente 12 metros; en su base aparecen conglomerados amarillo rojizos seguidos por areniscas calcáreas, intercalándose un manto de arcillitas rojas. Por encima continúan calizas oolíticas grises a pardas y verde amarillentas hacia el techo. Toda la Formación Yacoraite se encuentra interdigitada con lentes de areniscas calcáreas. Sobre la unidad cretácica se apoya la Formación El Sauce (Cuaternario) que comienza con margas y termina con un potente banco de travertino rosado a pardo claro de 4 a 6 metros.

Mineralogía: cristales de calcita prismáticos orientados paralelamente; en ocasiones conforman agregados fibrosos radiales.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

La formación de travertino se debió a la acción de aguas termales como las que aún se observan en los baños "El Sauce".

TRAVERTINO EN LA
PROVINCIA DE LA RIOJA

MINA SANTA BÁRBARA
(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en la ladera oriental del extremo norte de la sierra de Velasco, a 300 metros al oeste de la localidad de Santa Cruz.

Acceso: al poblado de Santa Cruz se llega por un camino secundario que recorre 16 km

desde el empalme con la ruta nacional 75 que une la ciudad de La Rioja con Aimogasta.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Quimismo y reservas de travertino de mina Santa Bárbara

CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Reservas (t)
89,7	2,5	475.000

Geología del yacimiento

Descripción: el travertino terciario se apoya discordantemente sobre un granito porfiroide (precámbrico). Son asomos calcáreos separados por aproximadamente 500 metros. El sector norte presenta cuerpos desmembrados y de escasa importancia, mientras que el travertino de la parte sur es un banco de 200 metros de largo, 130 metros de ancho y un espesor promedio de 8 metros (en algunos sectores alcanza 25 metros) cuya orientación es N0°-25°E/15°-40°E. Sobre un cuerpo conglomerádico con cemento calcáreo se apoya un paquete de bancos de travertino, de 0,5 a 1 metro de potencia y colores castaño a gris claros, entre niveles de aragonita y ónix de 5 a 20 centímetros de espesor y color blanco.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

AGUA SALADA-TRES CERRITOS (Schalamuk *et al*, 1983)

Generalidades

Ubicación: los principales depósitos de la región se localizan a 25 km al este de Villa Castelli, provincia de La Rioja.

Sistema de explotación: a cielo abierto. De las canteras se extrajeron bloques de hasta 1 m³.

Reservas de travertino en canteras de Agua Salada-Tres Cerritos

Cantera	Reservas (t)	Referencia
Providencia	100.000	Boiero y Castaño, 1969
El Milagro	200.000	

Geología del yacimiento

Descripción: sobre la Formación Guacachico (Ordovícico) se apoya en discordancia

angular un conglomerado seguido por un banco de 2 metros de potencia de travertino, luego una sucesión de capas de ónix y travertino de 2 metros de espesor cada una.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

CUCHILLA NEGRA-POTRERO GRANDE (Schalamuk *et al*, 1983)

Generalidades

Ubicación: 47 km al este de Villa Castelli, comprende el flanco oriental de la Cuchilla Negra, cordón montañoso paralelo a la sierra de Famatina.

Acceso: desde Villa Castelli por un camino minero que transita a lo largo de la quebrada del Río Potrero Grande.

Reservas de travertino en Cuchilla Negra-Potrero Grande

Cantera	Reservas (t)	Referencia
Anita I	800.000	Castaño y Ricci, 1974

Usos: revestimientos exteriores, pisos, industria de la construcción en general.

Sistema de explotación: a cielo abierto. De norte a sur las canteras son Anita II, Anita I y Anita III. De la cantera Anita I se extrajeron bloques de 2,3x1,25x0,9 m y 1,1x1,0x0,7 m.

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento se encuentra emplazado en el bloque hundido de una falla, aprovechada por el río Potrero Grande. Los asomos calcáreos se distribuyen a lo largo de 4 km y en conjunto conforman un paquete de hasta 2,5 metros de espesor que integra la formación cuaternaria Potrero Grande. La misma suprayace a sedimentos clásticos y volcánocásticos del Ordovícico y en algunos sectores se apoya sobre el granito ordovícico superior - devónico de la Formación Ñuñorco. La secuencia cuaternaria comienza con un conglomerado basal, seguido por un cuerpo de travertino rosado a blanco amarillento, de estructura compacta a medianamente cavernosa con intercalaciones de lentes de ónix de 0,6 a 0,8 metros de espesor y color verde pálido.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Las soluciones bicarbonatadas circularon a través de la zona de fractura en sentido norte-sur, precipitando carbonato de calcio.

TRAVERTINO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Generalidades

En el ámbito de Sierras Pampeanas de Córdoba son comunes las rocas carbonáticas, en especial los mármoles íntimamente relacionados con el metamorfismo regional. Los travertinos y calcretes conforman los pocos cuerpos calcáreos no metamórficos y se circunscriben al extremo noroeste de las serranías (Sfragulla *et al*, 1999). Siguiendo el criterio de D'Aloia (1959) se distribuyen en tres cordones principales de rumbo norte-sur, el Cordón Oriental (abarca ambos flancos de la sierra Chica), el Cordón Central (es el más ancho y abarca ambos flancos de la sierra Grande) y el Cordón Occidental (sierras de Guasapampa, Pocho y Altautina). Para las rocas calcáreas no metamórficas de Córdoba se reconocen dos orígenes (Sfragulla *et al*, 1999): 1) sedimentario químico relacionado con fenómenos subvolcánicos (travertinos), y 2) procesos químicos de origen freático (calcretes).

BOLSÓN DE LAS SALINAS Y DEAN FUNES (Sfragulla *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: noroeste de la provincia de Córdoba, en el extremo norte del Cordón Central, en los alrededores de Jaime Peter, Quilino, San José de las Salinas, San Pedro y Dean Funes.

Calidad y reservas de calcrete en el Bolsón de Las Salinas

Sector	Reservas (t)	%MgO	% Insolubles
San José	5.000.000	<1	13 - 37

Usos: fabricación de cal y extracción de bloques pequeños para producir planchas de mármol.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la región afloran gran cantidad de calcretes; los de mayor importancia son Jaime Peter, San José de las Salinas, El Camarón, Orcosuni, San Gregorio, El Galgo, La Rufinita y San Pedro Toyos. Son bancos de color variable (blanco, pardo, rosado, amarillo), textura densa o compacta, estratificados o porosos con clastos rodados, cuarzo o nódulos de calcedonia en su masa. En estancia San Gregorio se realizó un perfil que mostró la siguiente distribución vertical, similar a otros perfiles de la región: el primer horizonte se compone de 1,5 a 2 metros de material calcáreo amarillento con 30% de ópalo, el horizonte infrayacente es del mismo espesor y color más claro, de textura más compacta, y contiene menos de 10% de sílice, en tanto que el horizonte inferior es de 2 a 3 metros de potencia con niveles de yeso, textura compacta y color amarillo claro.

Morfología: bancos horizontales de cientos de metros de largo y otros tanto de ancho, estratificados, masivos o porosos, que yacen en discordancia erosiva sobre basamento o material sedimentario.

Modelo genético

Es un depósito de carbonatos por precipitación química a través de aguas freáticas.

CERRO AZUL (Sfragulla *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en el noroeste de la provincia de Córdoba, sobre el flanco occidental de la sierra de Serrezuela en el Antiguo Rodeo de Auti, hoy Cerro Azul.

Sector	Reservas (t)	%MgO	% Insolubles
C° Azul	150.000	3	3

Geología del yacimiento

Descripción: el travertino se presenta en un manto de un metro de espesor, de color blanco o incoloro, finamente estratificado. En la parte superior alterna con láminas rojizas y hacia la base material calcáreo aglomerado con oquedades y drusas.

Morfología: manto de un metro de potencia.

Mineralogía: aragonita.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El travertino se formó por sedimentación química relacionada con fenómenos subvolcánicos del Terciario.

LA PLAYA

(Sfragulla *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: noroeste de la provincia de Córdoba, al pie del flanco oeste de la sierra de Guasapampa, próximo a la localidad de La Playa.

Producción: como dato histórico, durante el año 1975 se extrajeron 400 toneladas de travertino en bloques (Shalamuk *et al*, 1983). En la actualidad está inactiva.

Reservas de travertino en canteras del yacimiento La Playa

Sector	Reservas (t)	%MgO	% Insol.
La Playa (general)		Trazas	3 – 10
San Antonio	328.000		
	408.000		
	96.000		
La Playa	360.000		
La Lina 2	25.000		
La Lina 3 y 4	300.000		

Usos: se extrajeron bloques de uso ornamental y material para la fabricación de cal para refinado de azúcar y granulados.

Geología del yacimiento

Descripción: numerosos afloramientos que se extienden a lo largo de una faja de 5 km de largo por 250 metros de ancho. Los cuerpos del norte son de menor espesor que los del sur, en general se encuentran apoyados sobre basamento cristalino y cubiertos por delgadas capas de suelo. Su perfil vertical muestra tres horizontes de travertino, el inferior es muy poroso, con sílice como relleno, el horizonte intermedio presenta una menor porosidad y un espesor de 1,5 metros;

suprayace una capa de arena de 1 metro de potencia y luego aparece el horizonte superior con travertino compacto y espesores no mayores de 1 metro.

Morfología: los cuerpos tienen forma tabular; los ubicados al norte de la faja son de 0,5 a 1 metro de potencia mientras que en los sectores más australes alcanzan hasta 6 metros de potencia. Inclinan levemente al este.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El travertino se formó por sedimentación química relacionada con fenómenos subvolcánicos.

MESA LA ARGENTINA

(Sfragulla *et al*, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Córdoba, en el departamento Minas, 4 km al sudoeste de la localidad de La Argentina. Sus coordenadas son 31° 15' S - 65° 23' O.

Geología del yacimiento

Descripción: la masa travertínica se apoya sobre las anatexitas del Macizo San Carlos. El horizonte inferior presenta en su base vetas y nódulos de manganeso, es de textura compacta y color crema con tonalidades rosadas blanco grisáceas. Por encima se apoya el nivel superior, de textura relativamente porosa; es un conglomerado de travertino tobáceo. En ambos horizontes hay rodados de basamento y andesitas.

Morfología: constituye una mesada de forma irregular de 3.500 metros de largo y 1.300 metros de ancho que sobresale del terreno. Su espesor es variable entre 2 y 5 metros.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

El travertino se formó por sedimentación química relacionada con fenómenos subvolcánicos.

TRAVERTINO EN LA
PROVINCIA DE SAN JUAN
(Angelelli *et al*, 1980)

LA LAJA-EL SALADO

Generalidades

Ubicación: los depósitos de La Laja y El Salado se encuentran a 21 y 26 km al norte de la ciudad de San Juan, respectivamente, ambos en el departamento Albardón. En la región son conocidos sus baños termales homónimos.

Producción: en el año 1956 se extrajeron 7.000 toneladas de bloques y en el período 1970-1974 superó las 2.000 toneladas. En el año 1976 en La Laja se extraían 850 – 900 toneladas mensuales y en El Salado 150 – 200 toneladas por mes. Según datos de la Estadística Minera de la Rep. Arg. la provincia de San Juan produjo en 1998 un total de 4.900 toneladas de bloques y 9.900 toneladas de escallas de travertino y en el año 2000 la producción provincial de bloques fue de 2.112 toneladas

**Composición química y reservas de travertino de
La Laja-El Salado**

Mina	Composición	Reservas (t)	Referencias
La Laja	96% CaCO ₃ y 2,9 a 0,9% MgCO ₃ (Re, 1950)	350.000	Pontoriero, 1993
El Salado		206.000 positivas	Conte-Gant, 1989
		117.000 probables	

Usos: bloques de travertino para revestimiento y escallas en bruto o pulverizada para la industria de la construcción, mosaicos, frentes, etc.

Sistema de explotación: a cielo abierto, con extracción de bloques de 1 a 2 m³ y abundante escalla.

Antecedentes

La extracción de bloques y escallas de travertino comenzó en la década de 1910.

Geología del yacimiento

Descripción: en la región se encuentran dos fajas paralelas, de orientación noreste-sudoeste, separadas de 3 a 4 km. Estos asomos calcáreos cubren un total de 15 km² y consisten en un

paquete de travertino de 6 a 18 metros de espesor, de color blanco, roble y tonos oscuros, con textura porosa y desarrollo de grandes oquedades tapizadas por óxidos de hierro. El material calcáreo se apoya, en discordancia angular, sobre areniscas y limo-areniscas rojizas del Plioceno (Calchaquense). El cuerpo calcáreo tienen una orientación N-S a NNE-SSO/15°-30° E y SE.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Los travertinos se originaron por la precipitación de carbonato de calcio a partir de aguas termales bicarbonatadas. Las aguas termales disolvieron calizas ordovícicas infrayacentes. Al llegar a la superficie sucede la pérdida de CO₂ y su posterior precipitación en un ambiente lagunar del pleistoceno.

TRAVERTINO EN LA
PROVINCIA DE MENDOZA
(Angelelli *et al*, 1980)

DISTRITO MINERO N° 12, VILLA 25 DE MAYO-
SAN RAFAEL

Generalidades

Ubicación: 40 km al noroeste de San Rafael y 15 km de la localidad de Villa 25 de Mayo. Los Reyunos dista entre 5 y 20 km al sudoeste de la villa mencionada.

Acceso: por la ruta que une la ciudad de San Rafael con la localidad de Agua del Toro.

Infraestructura minera: planta de trituración y aserradero en Villa 25 de Mayo. Canteras La Delfina, La Cortadera y La Calera.

Producción: en el año 1980 se producían 1.500 toneladas por mes de escallas de travertino y ónix y entre 30 y 40 toneladas de bloques de mármol ónix. Luego comenzó a ser más esporádica y de mucho menor volumen.

Usos: los bloques de ónix, de 1,5 x 0,8 x 0,5 m, se utilizaron para recubrimientos y mesadas. Las variedades comerciales que se obtienen son: "Chapeano": escallas de ónix y travertino de colores claros. "San Martín": escallas de travertino color pardo oscuro. "Popelín": escallas de travertino veteadas blancas y castaño.

Sistema de explotación: a cielo abierto. Apertura de canteras y extracción mecanizada.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos calcáreos cuaternarios se apoyan sobre volcanitas del permo-triásico (Grupo Choiyoi). Estos depósitos conforman paquetes de hasta 7 metros de espesor constituidos por niveles de travertino, aragonita y ónix intercalados con lentes de conglomerados brechosos (de 0,9 a 2,5 metros de potencia) cementados por material calcareo. Los niveles de travertino tienen un espesor de 0,6 hasta 2,2 metros, estructura masiva y compacta y colores que varían entre el pardo oscuro, blanco, castaño y gris parduzco. Los niveles de ónix tiene un espesor de 0,4 hasta 2 metros, en general se presentan con huecos y su color es principalmente blanco a blanco amarillento o verdoso.

Morfología: lenticulares de 6 a 7 metros de espesor y depósitos mantiformes de límites irregulares.

Modelo genético

7h (Termal). Grupo: Depósitos epitermales y de transición.

Durante los eventos póstumos de algunas de las diferentes fases del volcanismo cuaternario se produjeron emanaciones de aguas termales bicarbonatadas que dieron lugar a la acumulación de los calcáreos descritos.

Según Carpio *et al* (2001) estos manantiales de aguas termales son producto de la actividad póstuma del magmatismo del Plioceno-Pleistoceno, y la secuencia ónix-aragonita-travertino se debería a una mayor temperatura de las soluciones que precipitaron ónix y paulatinamente menor temperatura de aquellas que generaron travertino. Los mismos autores resaltan la existencia de otra hipótesis para la génesis de esta secuencia, vinculada a las variaciones de pH de las aguas termales durante el proceso de precipitación.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

TRAVERTINO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	El Toba	24° 28'	64° 45'	Travertino	Estratiforme		101Mt (travertino + dep. calc. de la F. Yacoraite)	Cretácico sup.- Terciario inf.	Arenisca	Subgrupo Santa Bárbara	7h	Cuaternario
	Anita I y otras	29° 00'	68° 06'	Travertino	Estratiforme		800.000 t	Cuaternario	Conglomerado, arenisca	F. Potrero Grande	7h	Cuaternario
	La Playa	31° 00'	65° 30'	Travertino	Estratiforme		360.000 t				7h	Plioceno
	La Laja-El Salado	31° 12'	68° 30'	Travertino	Estratiforme		3.142.862 m3	Plioceno	Arenisca, limoarcillita		7h	Pleistoceno
Campos de la Laja	El Angelito, El Rincón, Santa Bárbara	31° 21'	68° 29'	Travertino	Estratiforme		350.000 t (indicados + inferidos)	Cuaternario	Travertino	Formación Torrecillas	7h	Pleistoceno
	Mesa La Argentina	31° 15'	65° 23'	Travertino	Estratiforme			Plioceno	Travertino		7h	Plioceno
	La Delfina, La Cortadera, Los Reynos	34° 33'	68° 42'	Travertino	Estratiforme			Permico-Triásico	Volcanitas	G. Choiyoi	7h	Cuaternario

VERMICULITA

Es un filosilicato cuya composición química responde a la fórmula $(\text{Mg}, \text{Ca})_{0,6-0,9}(\text{Mg}, \text{Fe}^{+3}, \text{Al})_6[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}](\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. La vermiculita tiene similitudes con las micas trioctaédricas y esmectitas pero por sus características especiales se describe como un mineral separado.

El nombre del mineral deriva de la palabra latina *vermiculus*, que significa “gusanos”, en alusión a la peculiar exfoliación exhibida cuando la vermiculita es calentada rápidamente por encima de los 870° C. La celda unidad de la vermiculita contiene una capa de agua que al eliminarse por calor fuerza la separación de las capas de manera perpendicular al clivaje, provocando expansión tipo “acordeón”. Teóricamente la vermiculita pura puede expandirse 30 y hasta 40 veces en su volumen original, sin embargo el mineral extraído del yacimiento generalmente expande entre 8 y 12 veces su volumen original. Este fenómeno le otorga al mineral baja densidad (pasa de 0,640 g/cm³ a 0,056 g/cm³) con excelentes propiedades térmicas y acústicas.

Como en la flogopita, la estructura de la vermiculita consiste de una hoja o lámina de brucita en la cual dos de tres iones OH⁻, sobre cada lado de ésta, es reemplazado por un oxígeno de un tetraedro de sílice. El reemplazo de Si por Al causa una carga negativa, la cual es parcialmente compensada por Al, Fe⁺³ y Mg en la capa central; finalmente la carga negativa neta es balanceada por cationes de intercambio (en la vermiculita es principalmente Mg y en la flogopita es K).

La vermiculita se forma como producto de alteración de biotita, por meteorización o por acción hidrotermal. También es común en zonas de contacto entre un intrusivo ácido y rocas básicas o ultrabásicas. En tales casos, el mineral se encuentra asociado con corindón, apatito, serpentina, clorita o talco. La vermiculita también puede asociarse con carbonatitas y calizas metamorfizadas.

Usos: al tener baja densidad, buenas propiedades de aislación térmica y acústica, ser químicamente inerte y algo refractario, es un material muy utilizado en la construcción. Con vermiculita se preparan agregados livianos en lugar del uso de áridos; cuando se utiliza en la fabricación de concretos reduce su carga, le otorga protección contra el fuego y aislación, aumenta su resistencia a la humedad y permite que absorba los esfuerzos

locales. Por su propiedad de alta resistencia al calor es usada para la fabricación de ladrillos refractarios.

La vermiculita puede absorber grandes volúmenes de líquidos tales como fertilizantes, herbicidas e insecticidas, encontrando un importante campo de aplicación en la industria agrícola.

MODELO DE DEPÓSITOS DE VERMICULITA		
SEGEMAR	USGS	BCGS
13b		M 08

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

En la Argentina los depósitos de vermiculita se circunscriben a dos ámbitos geológicos: Precordillera y Sierras Pampeanas.

En el ámbito precordillerano, más precisamente en las proximidades de la ciudad de Mendoza, la vermiculita ocurre en vetas de hasta 8,5 metros de ancho (modelo 13b) asociadas con cuerpos de lamprófiro; estos intrusivos son concordantes con las estructuras de las metamorfitas donde se encajan (Grupo Villavicencio, Devónico superior). Los lamprófiro forman parte de los cuerpos ultrabásicos intruidos a lo largo de la sutura de Cuyania-Chilenia durante el Carbonífero-Pérmico. En el ámbito de Sierras Pampeanas los yacimientos de vermiculita se reconocen en el flanco oriental de la sierra de Usno (San Juan), en la sierra de Comechingones (Córdoba y San Luis) y en el faldeo occidental de la Sierra Chica (Córdoba). En todo los casos la formación de los depósitos se asocia al contacto entre rocas graníticas y pegmatíticas con las metamorfitas de la caja, con excepción del yacimiento Los Guanacos, en el faldeo oriental de la sierra de Comechingones de Córdoba, donde se encuentran asociados al contacto de un intrusivo básico (serpentinita) con los gneises, anfibolitas y mármoles de la caja; dicho intrusivo está relacionado con las secuencias ofiolíticas obductadas por la acreción entre los terrenos Pampia y Río de la Plata. En el resto de los casos las rocas metamórficas de la caja poseen importantes contenidos de biotita y al ser intruidas por rocas ácidas se produjeron zonas de mayor susceptibilidad para la acción de los agentes de meteorización química (modelo 13b).

DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE MENDOZA (Fusari, 1999a)

MINA DON ALBERTO

Generalidades

Ubicación: en el ámbito de Precordillera, en las proximidades de Pampa Casa de Piedra, 45 km al noroeste de la ciudad de Mendoza.

Acceso: por ruta provincial 13 desde la ciudad de Mendoza.

Antecedentes

El yacimiento fue descubierto en 1962 por la empresa Atersonite S.R.L. La mina no se ha explotado pero cuenta con labores de exploración con la apertura de 43 destapes, muestreos, análisis químicos y físicos.

Geología del yacimiento

Descripción: la mineralización se encuentra en filones capas de lamprófiros ultramáficos (*ouachitita* según Fusari, 1999) que intruyen rocas del Grupo Villavicencio. Estos cuerpos subvolcánicos se encuentran en una faja de

aproximadamente 2.100 metros de largo y 300 metros de ancho, orientados subparalelamente siguiendo la estructura regional (eje de los pliegues: N30°-45°E) y subhorizontales con inclinación al sudeste o sudoeste. En la zona existen varias vetas pero se reconocen a 5 de ellas como las más importantes, en general tienen 200 metros de largo, están desplazadas por fallas transversales, y pueden alcanzar 8,5 metros de ancho.

Mineralogía: Fusari (1999) determinó la composición mineralógica de los lamprófiros, en donde identificó porfiroblastos de flogopita, clinopiroxenos y olivino inmersos en una pasta de nefelina, flogopita, carbonatos, magnetita y menor cantidad de ilmenita y apatita. En el depósito Lavandaio (1993) determinó, en superficie, un contenido de fenocristales de vermiculita de alrededor de 50%.

Modelo genético

13b (Vermiculita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

Algunos investigadores postulan que los filones capa de lamprófiros ultramáficos son apófisis aflorantes de un supuesto intrusivo ultrabásico infrayacente, emplazado después del Devónico y antes del Pérmico.

Composición química y reservas de vermiculita de mina Don Alberto

Mina	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Álcalis (%)	Pérdida por calc. (%)	Reservas (t)	Ley de vermiculita (%)
Don Alberto	31,68	7,72	15,08	5,18	20,29	1,01	11,01	126.000	50

Cuadro estratigráfico simplificado de la precordillera mendocina

Edad	Unidad estratigráfica	Características
Terciario		Al noreste de la mina aflora un importante paquete de andesita gris clara con textura porfirica y en algunos sectores con estructuras del tipo disyunción columnar.
Triásico inferior		Apoyado sobre rocas carboníferas mediante una discordancia, aparece una sucesión epi y piroclástica con conglomerados en la base, areniscas limolíticas, limos, calizas limosas y tobas.
Permo-triásico	Serie Porfírica	Aflorante al este del yacimiento. La componen riolitas y andesitas rojizas, además de aglomerados andesíticos y tobas amarillo blanquecinas.
Carbonífero superior		En contacto tectónico con las metamorfitas devónicas (por falla) aparece un conglomerado seguido por areniscas y esquistos bituminosos.
Devónico superior	Gr. Villavicencio	Metamorfitas de bajo grado. Es una sucesión de metapsamitas, esquistos y pizarras, plegadas y falladas. Rocas de color verde a amarillo sometidas a metamorfismo dinámico.
Cámbrico superior	F. Santa Cruz	Calizas intensamente plegadas con evidencias de recristalización de calcita.

La vermiculita es un producto de alteración de la biotita original de la roca básica, pero no se ha determinado si esa alteración continúa en profundidad (Lavandaio, 1993).

DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

(Angelelli *et al*, 1980)

ZONA DE LOS GUANACOS

Generalidades

Ubicación: al pie de la ladera oriental de la sierra de Comechingones, a 35-40 km al sudoeste de la villa Santa Rosa de Calamuchita y entre 12 y 15 km al sur de Yacanto, se encuentran las minas de vermiculita “Los Guanacos”, “Árbol Seco” y “25 de Mayo” antiguamente explotadas por cromita.

Acceso: desde Santa Rosa de Calamuchita.

Usos: como material aislante, antisonoro, también es empleado en la construcción y como acondicionador de suelos.

Sistema de explotación: en canteras a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: basamento cristalino conformado por gneises, anfibolitas y mármoles, con foliación NO-SE/30°-40°E, intruido por diques y filones pegmatíticos y por un cuerpo serpentinitico que conforma el cerro Los Guanacos, área donde ocurren los depósitos de vermiculita. El intrusivo ultrabásico es concordante con las estructuras de las metamorfitas de la caja y tiene aproximadamente 1.300 metros de largo y 450 metros de ancho. La mineralización se concentra en cuerpos ubicados

en el contacto de la serpentinita con las metamorfitas y pegmatitas cubriendo un área de algunos centenares de metros de longitud y 10 metros de ancho.

Morfología: bolsones, lentes y nidos de decímetros de espesor.

Mineralogía: la vermiculita tiene un hábito laminar escamoso, en individuos de 0,5 a 2 cm. El material de interés es de color verde oscuro, pardo y pardo amarillento. Está asociado a material caolínico (producto de la alteración de los feldespatos), asbesto, esteatita (talco) y biotita desferrizada.

Modelo genético

13b (Vermiculita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

ZONA DE SAN ROQUE-AMBOY

Generalidades

Ubicación: 30 km de Santa Rosa de Calamuchita se encuentran las minas “Trinidad” y “San Antonio”, separadas unos 500 metros.

Usos: como material aislante, antisonoro, también es empleado en la construcción y como acondicionador de suelos.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: basamento cristalino compuesto por gneises con bandas de biotita y migmatitas, intruidos por filones capa de cuarzo y diques pegmatíticos. En ambos yacimientos la vermiculita se concentra en los contactos entre la caja metamórfica y los filones y diques.

Composición química de vermiculita de mina Los Guanacos, provincia de Córdoba

Mina	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Álcalis (%)	Pérdida por calc. (%)
Los Guanacos	38,4	16,0	27,9	1,3	10,8	0,5	4,5

Composición química de vermiculita en San Roque-Amboy, provincia de Córdoba

Mina	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Álcalis (%)	Pérdida por calc. (%)
Trinidad	51,5	17,2	11,6	1,5	9,5	3,6	3

Morfología: en la mina “Trinidad” los agregados de vermiculita se presentan en lentes y “pequeñas vetas” de un espesor que varía entre centímetros y 1,2 metros y un largo de 3 o 4 metros, mientras que en la mina “San Antonio” hay bolsones de hasta 10 metros de largo y 0,1 a 0,5 metros de potencia.

Mineralogía: en “Trinidad” la vermiculita se presenta en agregados hojosos, es de color negro verdoso y pardo amarillento y las láminas son menores a 1 centímetro. En la mina “San Antonio” el material es puro, en agregados hojosos, con láminas de vermiculita de hasta 2 centímetros de largo y de color verde oscuro a negra; se asocia a un material blanco producto de alteración de feldspatos.

Modelo genético

13b (Vermiculita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

ZONA DE POTRERO DE LOZA

Generalidades

Ubicación: paraje situado a 20 km al sud-sudeste de la localidad de La Falda, en el valle de Punilla, próximo a la vertiente occidental de la Sierra Chica. Se reconocen las minas “San Luis”, “Evelina”, “La Saltona” e “Ing. Anibal Monte”.

Usos: como material aislante, antisonoro, también es empleado en la construcción y como acondicionador de suelos.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: las metamorfitas del basamento (esquistos micaceos inyectados) están surcadas por filones capa y diques aplítico-pegmatíticos. En una faja meridional de aproximadamente 4 km de largo se disponen todos los depósitos y manifestaciones. En la mina “San Luis” existen 3 cuerpos mineralizados, separados 2-3 metros, con orientación N-S/30°-70°O y espesor entre 0,2 (“bolsones”) y 0,6 metros (“nidos”). Inmersos en la masa de vermiculita se encuentran pequeños lentes de anfíbolitas, esteatita y “jaboncillo” de falla.

Morfología: en el yacimiento “San Luis” los cuerpos son irregulares, de tipo bolsones, con desarrollo de nidos de mayor espesor. En los extremos se comienzan a ramificar hasta

desaparecer. Los tres cuerpos están orientados subparalelamente en dirección norte-sur y se extienden 60 metros.

Mineralogía: la vermiculita se presenta en masas escamosas de color verde oscuro o pardo amarillento. Está asociada a biotita y a hidróxidos de hierro. Las escamas son pequeñas (3 a 5 mm).

Modelo genético

13b (Vermiculita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN (Angelelli *et al*, 1980)

YACIMIENTO LOMAS BLANCAS

Generalidades

Ubicación: a 36 km de San Agustín del Valle Fértil, en el faldeo oriental de la sierra de Usno, se encuentran las minas “San Guillermo” y Santa Amalia”.

Sistema de explotación: a cielo abierto en cortes y trincheras.

Geología del yacimiento

Descripción: los depósitos de vermiculita se encuentran asociados a pegmatitas alojadas en un cuerpo granítico rosado. La roca plutónica, a su vez, tiene como roca de caja a un esquisto cristalino. En el sector de los depósitos existen numerosos cuerpos pegmatíticos mineralizados y estériles, con cuarzo lechoso, feldespato y vermiculita, pero se destacan dos de ellos, orientados norte-sur y N10°E, miden 60 y 80 metros de largo y su potencia es de 35 y 40 metros respectivamente. La mineralización se presenta en paquetes de 0,5 metros de diámetro y 0,2 metros de espesor ubicados preferentemente en el contacto entre las pegmatitas y el granito.

Mineralogía: la vermiculita es de color pardo oscuro, se entremezcla con micas negro mate y finas venillas de cuarzo y feldespato.

Modelo genético

13b (Vermiculita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

DEPÓSITOS DE VERMICULITA EN LA
PROVINCIA DE SAN LUIS
(Angelelli *et al*, 1980)

MINAS “DIANITA” Y “DOS HERMANOS”

Generalidades

Ubicación: 67 km al sur de la ciudad de San Luis y 2 km al sudeste de la estación Zanjitas.

Acceso: por ruta provincial 3 desde San Luis.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología del yacimiento

Descripción: basamento pampeano compuesto por esquistos micáceos intruidos por rocas graníticas y cuerpos pegmatíticos. La mineralización se encuentra en algunos sectores

de la metamorfita y en los contactos de esta con las rocas ígneas. Los paquetes con vermiculita están orientados siguiendo las estructuras de la metamorfita (NE-SO/50°SE).

Morfología: pequeños lentes de 0,1 a 0,6 metros de espesor formados en los esquistos o en las zonas de contacto con las rocas ígneas.

Mineralogía: el material de mena, observado al microscopio, muestra 80% de vermiculita con biotita y 20 % de hornblenda, calcita y epidotos.

Modelo genético

13b (Vermiculita). Grupo: Depósitos residuales y de alteración.

Angelelli *et al.* (1980) postulan que la vermiculita de este depósito pudo originarse a partir de la alteración meteórica de la biotita.

Composición química de vermiculita de las minas Dianita y Dos Hermanos, provincia de San Luis

Mina	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Álcalis (%)	Pérdida por calc. (%)
“Dianita” y “Dos Hermanos”	43,35	13,40	6,60	11,40	11,10	4,35	8,78

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

VERMICULITA

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Valle Fértil	Loma Blanca (Grupo Sol de Mayo)	30° 32'	67° 38'	Vermiculita- cuarzo-feldespató	Estratiforme		5.000 t	Proterozoico medio-Paleozoico	Esquiato, pegmatita, granito	Complejo Valle Fértil	13b	Devónico superior Carbonífero
	La Saltona	31° 01'	64° 26'	Vermiculita	Vetiforme			Precámbrico- Eocámbrico	Gneis	Basamento metamórfico	13b	Devónico superior Carbonífero
	Evelina	31° 07'	64° 26'	Vermiculita- amianto- esteatita	Lenticular			Precámbrico- Eocámbrico	Metamorfitas	Basamento metamórfico	13b	Devónico superior Carbonífero
	Ingeniero Aníbal Montes	31° 09'	64° 26'	Vermiculita- esteatita	Lenticular			Precámbrico- Eocámbrico	Gneis, micacitas gnéisicas	Basamento metamórfico	13b	Devónico superior Carbonífero

YESO

El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral con muy pocas variaciones en su composición química; los productos de su deshidratación son de principal interés. Las fases principales que ocurren en el sistema $\text{CaSO}_4\text{-}2\text{H}_2\text{O}$ son : a) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso); b) $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ (basanita); y c) CaSO_4 (anhidrita). Otra forma ($\gamma\text{-CaSO}_4$) podría ser considerada como basanita deshidratada. El yeso se convierte lentamente en basanita a una temperatura del aire de 70°C o menos, y se convierte rápidamente a 90°C y más. Si se calienta yeso a más de 200°C se produce anhidrita y su cambio es monotrópico.

De las cuatro fases principales en el sistema $\text{CaSO}_4\text{-}2\text{H}_2\text{O}$, la basanita y $\gamma\text{-CaSO}_4$ existen sólo en condiciones metaestables.

Así, bajo condiciones de equilibrio, la reacción: yeso \rightarrow anhidrita + agua se produce sin la formación de compuestos intermedios. La temperatura de transición del yeso a anhidrita en agua pura es 44°C , pero el yeso puede persistir en forma metaestable por encima de esta temperatura. Esta temperatura de transición desciende considerablemente por la presencia de NaCl y también se reduce al incrementarse la presión; la presencia de sulfatos de sodio, magnesio y potasio también la afecta.

La composición isotópica del agua presente en la estructura del yeso es una herramienta diagnóstica muy sensible para determinar el modo de formación del mineral (por evaporación de salmueras, por hidratación de anhidrita o por oxidación de azufre).

Según el aspecto que presente, el yeso se denomina “espato satinado” -tiene hábito fibroso y brillo sedoso-, “alabastro” -variedad en masas de grano fino- y “selenita” -variedad que produce hojas de exfoliación incoloras y transparentes-.

El yeso es un mineral corriente, presenta exfoliación en tres direcciones, su dureza es de 2 en la escala de Mohs y generalmente es de brillo vítreo, también perlado o sedoso. Sus cristales son incoloros, blancos, grises y por la presencia de impurezas adquiere diversas tonalidades. Su solubilidad en ácido y la presencia de gran cantidad de agua le distinguen de la anhidrita.

El yeso ocurre con frecuencia intercalado en calizas y lutitas y generalmente aparece en capas bajo los depósitos de sal, por haber sido depositado como uno de los primeros minerales que cristalizaron por la evaporación de aguas salinas.

Usos: en la industria de la construcción encuentra su uso principal y masivo. Se usa yeso calcinado (a $190^\circ\text{-}200^\circ\text{C}$) para la producción de escayola; el yeso calcinado, al mezclarse con agua, la absorbe lentamente y cristaliza, endureciendo o fraguando. En la industria de la construcción se emplea para el enyesado de paredes, molduras y vaciados de todas clases. Mezclado con arcilla se usa como fertilizante.

El yeso sin calcinar se emplea como retardador en el cemento portland.

El espato satinado y el alabastro se tallan y pulen con diversos fines ornamentales.

MODELOS DE DEPÓSITOS DE YESO		
SEGEMAR	USGS	BCGS
9f	35b.4	F 09
9g	35a.5	F 02

YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

El país cuenta con cuantiosas reservas de yeso, aunque su grado de explotación se ve afectado por su calidad y ubicación geográfica. Los más importantes son los yacimientos de origen marino ubicados en la Cuenca Neuquina, pero sin duda alguna los depósitos situados en cuencas intermontanas de los sectores extraandinos son los más explotados por su cercanía a los centros de consumo.

Las rocas mesozoicas de origen marino del oeste argentino se encuentran muy bien representadas en el ámbito de la Cuenca Neuquina. La formación de la cuenca intracratónica, bajo un régimen extensional, permitió que durante el Jurásico se depositaran importantes secuencias sedimentarias marinas, algunas de ellas de ambiente supratidal, que favorecieron la formación de yacimientos de yeso (modelo 9g, Formación Auquilco, provincia de Mendoza). Durante el Jurásico-Cretácico la cuenca, por subsidencia de retroarco, siguió recibiendo aportes sedimentarios de origen marino, pero también con participación de sedimentos continentales, generándose depósitos estratoligados de ambos orígenes, entre los que se encuentran los yacimientos de yeso de la Formación Huitrín en Mendoza y Neuquén (modelo 9g) y los yacimientos de la Formación Allen (Cretácico superior) en la provincia de Río Negro (modelo 9g).

En el territorio nacional existe una amplia distribución de los depósitos de yeso terciarios,

agrupados principalmente en el sector extraandino, formando parte de los depósitos sedimentarios terciarios de las cuencas de retroarco generadas a partir de los episodios ándicos neógenos, entre 24° y 33° de latitud sur. Estos depósitos responden al modelo 9f, se encuentran en las provincias de San Luis, San Juan, La Rioja, Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero y Salta. Separados de este primer gran grupo existen depósitos de yeso de edad terciaria asociados con secuencias de margen pasivo (Formación Salamanca) en la provincia del Chubut (modelo 9g, cerro Tacho).

En las provincias de Entre Ríos, Buenos Aires y La Pampa ocurren yacimientos de yeso de edad cuaternaria. En la provincia mesopotámica hay concentración de nódulos de yeso en niveles de arcillitas de la Formación Hernandarias depositada en un ambiente palustre-lacustre durante el Pleistoceno. En Buenos Aires y La Pampa los yacimientos están circunscriptos a los depósitos fluvio-palustres-lacustres (modelo 9f) de importantes ríos, como el Quequén Salado y Salado (provincia de Buenos Aires) y el Salado (provincia de La Pampa).

DEPÓSITOS DE YESO DEL MESOZOICO. CUENCA NEUQUINA (Etcheverry, 1999; Angelelli *et al.*, 1976; 1980)

PROVINCIA DE MENDOZA

Generalidades

Ubicación: los yacimientos mendocinos de yeso se localizan en el departamento Malargüe, donde se reconocen dos regiones yesíferas: *Cañada Ancha* (cantera Puente del Inca, Las Torrecillas), a 40 km al noroeste de la localidad de Malargüe y *Campo de los Militares* (cantera La Negra, Cerro Alto, Pequenco), distante entre 10 y 15 km al oeste de la misma ciudad.

Acceso: a Cañada Ancha se llega desde Malargüe por ruta nacional 40 hasta el cruce con la ruta 222, siguiendo este último camino se recorren 13 km antes de llegar al yacimiento.

Producción: la provincia de Mendoza produjo 62.600 toneladas de yeso en 1998; 79.780 t en el año 2000 y 55.882 t (estimadas) en el 2002 (Estadística Minera de la República Argentina).

Infraestructura minera: la empresa Knauf cuenta con una planta de procesamiento ubicada en el Parque Industrial de Lujan de Cuyo,

inaugurada en 2001 y en donde se trabaja el material extraído de la cantera Puente del Inca; su capacidad de producción anual es de 8 a 9 millones de metros cuadrados de placas de yeso. En la ciudad de Malargüe existen dos plantas industriales propiedad de Durlock S. A. en donde se procesan el yeso de las canteras Las Torrecillas, Cerro Alto, Pequenco y La Negra (ex Yemaco).

Usos: el yeso producido se comercializa calcinado o crudo para su uso en la industria de la construcción.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en la zona de Cañada Ancha los depósitos de yeso forman parte de la **F. Auquileo** (Jurásico superior); representan evaporitas de un ambiente litoral durante un ciclo regresivo y se encuentran interdigitados, especialmente en los sectores basales del depósito, con lentes de anhidrita gris azulada. El yeso es de textura sacaroides, color blanco con vetas grisáceas; en la zona de cantera Puente del Inca los mantos de yeso alcanzan los 200 metros de espesor, mientras que las canteras Las Torrecillas ocupan un área yesífera de 6 km por 200 metros con un encape menor de 1 metro compuesto de arena y yeso alterado. En Campo de los Militares los lentes de yeso forman parte de la **F. Huitrín** (Cretácico medio), los depósitos suprayacen a las lutitas, margas y calizas del Grupo Mendoza y se encuentran cubiertos por material calcáreo del techo de la misma formación. En el yacimiento cantera La Negra el yeso se distribuye en una corrida de 5 km de largo, constituyendo mantos lenticulares de hasta 30 metros de espesor, con rumbo norte-sur e inclinación 30°-50° al oeste; yeso de textura sacaroides y color gris blancuzco mezclado con material limoso. La cantera Pequenco presenta un desarrollo longitudinal de más de 2.000 metros con mantos de yeso de hasta 30 metros, si bien lo más común son espesores variables entre 1 y 15 metros donde se intercalan niveles de arcillas. La cantera Cerro Alto tiene sus niveles de yeso en la Formación Auquileo, un material de muy buena calidad tanto química como colorimétrica (> 98,5% CaSO₄.2H₂O y color blanco).

Modelo genético

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Cuadro estratigráfico simplificado de la Cuenca Neuquina (Legarreta y Gulisano, 1989)

Edad		Unidad Litoestratigráfica	Ambiente y Litología	Mesosecuencia
Terciario	Neógeno	F. Palaoco		
	Paleógeno	F. Collón Curá		
		F. Pircala		
Cretácico	Superior	F. Roca	Ambiente marino-continental.	Malargüe
		F. Loncocha y F. Allen		
		F. Río Colorado		
		F. Río Neuquén	Ambiente continental.	Neuquén
		F. Río Limay		
		F. Rayoso	Ambiente continental oxidante. Muestra una intercalación de areniscas y arcilitas rojas con fangolitas en el techo.	Rayoso
	Medio	F. Huitrín	Ambiente supratidal en la base y continental restringido en el techo. Yeso en la base, halita y arcilitas en el techo.	Huitrín
	Inferior	F. Agrio	Ambiente subtidal e intertidal en el techo. Arcilitas verdes intercaladas con areniscas en la base y calizas y areniscas en el techo.	Mendoza
		F. Mulichinco y Chaochao	Ambiente intertidal. Areniscas gruesas.	
		F. Bajada Colorada, F. Limay		
F. Quintuco, F. Picun Leufú		Ambiente subtidal. Arcilitas y calcareos.		
Jurásico	Superior	F. Vaca Muerta	Ambiente subtidal. Lutitas negras.	Lotena
		F. Tordillo	Ambiente continental. Areniscas gruesas.	
		F. Auquilco	Ambiente supratidal. Yeso.	
		F. La Manga	Ambiente subtidal en la base e intertidal en el techo. Calcareos oolíticos y lumachélicos por debajo de evaporitas.	
		F. Lotena	Ambiente continental. Areniscas.	

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Generalidades

Ubicación: en la provincia del Neuquén se destacan tres regiones: *zona de Auquilco*, entre Chos Malal y Buta Ranquil; *Tromen*, al este del volcán homónimo y *Sierra de Vaca Muerta*, en el anticlinal de Vaca Muerta a 50 km al noroeste de Zapala.

Producción: la provincia del Neuquén no es un productor importante de yeso en el ámbito nacional. Según datos de la Estadística Minera de la República Argentina en el año 1998 registró una producción de 6.131 toneladas; en el año 2000 la producción fue de 7.596 t y la producción estimada del 2002 fue de 4.771 t.

Usos: el yeso se utiliza en la elaboración de tabiques y en la construcción en general.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de yeso considerados forman parte de la **Formación Huitrín** (Cretácico medio); en el sector de Vaca Muerta están representados por un banco de yeso compacto, de 7 metros de espesor, color blanco algo grisáceo, de grano fino a medio y cubierto por 0,8 a 1 metro de yeso lajoso en parte pulverulento.

Morfología: en la región de Auquilco el depósito de yeso se extiende a lo largo de 1,7 km y tiene una potencia variable que alcanza 100 metros; en Tromen el yacimiento abarca un área de 16 km de largo y 6 km de ancho con sectores de hasta 300 metros de potencia. La zona de sierra de Vaca Muerta posee depósitos de yeso a lo largo de 2 km con potencias que llegan a 100 metros.

Modelo genético

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Calidad y reservas de yeso en yacimientos de la provincia del Neuquén

Yacimiento		CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)	Recursos potenciales (t)	Recursos identificados (t)	Reservas inferidas (t)	Referencia
Anticlinal de Vaca Muerta		80-98		60.000.000		Angelelli <i>et al.</i> , 1976
	Cantera C° Nevado	95	667.000	100.000	1.610.000	Bruna, 1999
Auquilco		90-98	200.000.000			Angelelli <i>et al.</i> , 1976

PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Generalidades

Ubicación: los yacimientos rionegrinos se localizan en el Valle del Río Negro, en las proximidades de las localidades y estaciones del ex F.C.G.R.: General Roca, Allen, Stefanelli, Gómez y Cinco Saltos. Cabe mencionar la cantera Dan-Vic y Transallen S. A., ubicadas a 15 km al norte de la localidad de Allen, y las canteras Corral y Lucía pocos kilómetros al norte de General Roca.

Producción: según la Estadística Minera de la República Argentina la provincia de Río Negro en el año 1998 produjo 108.739 t; en el año 2000 la producción fue de 173.736 t y la del 2002 se estimó en 87.201 t.

Usos: en la industria cementera, la construcción, placas premoldeadas y uso agrícola.

Sistema de explotación: a cielo abierto

Geología de los yacimientos

Descripción: los extensos depósitos de yeso del Valle de Río Negro forman parte de las formaciones Allen y Roca (Cretácico superior). En general los bancos de yeso son subhorizontales, de color blanco a gris, compactos y también estratificados, presentan entre las capas de yeso intercalaciones de niveles arcillosos y margosos. En la cantera Corral se ha descrito el siguiente arreglo estratal: la base es un manto de 2 metros de espesor de material homogéneo, grano fino y color blanco verdoso a grisáceo, le sigue una capa con láminas de yeso fibroso entre limo-arcillitas (0,15 metros), continua un banco de yeso de 2 metros de potencia, bandeado, con ondulaciones e intercalaciones de arcillas y margas. La columna culmina con un metro de yeso pulverulento, amarillento, con rosetas diseminadas entre material fino. La cantera Dan-Vic presenta un yeso de alta calidad, translúcido, de grano muy fino, masivo y homogéneo y yeso

blanco, de textura sacaroide (pureza de 95% CaSO₄·2H₂O); los bancos yesíferos son continuos y con una potencia que puede superar los 6 metros. La cantera Lucía expone un potente banco de yeso de 15 metros de espesor, sin sobrecarga, perteneciente a la Formación Roca; el material provee a la industria cementera.

Modelo genético

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE YESO DEL CRETÁCICO Y TERCIARIO

PROVINCIA DEL CHUBUT

Generalidades

Ubicación: el yacimiento *Cerro Tacho* se ubica a 400 metros al este del cerro homónimo, 115 km al nor-noroeste de Comodoro Rivadavia y el yacimiento *Ramos* se halla a 45 km al este de la localidad de Sarmiento, próximo a la margen sur del lago Cohué Huapi.

Producción: en 1998 la provincia del Chubut produjo 18.485 toneladas de yeso; en el año 2000 se extrajeron 18.000 t y en el año 2002 la producción estimada fue de 12.885 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Calidad química del yeso en yacimientos de la provincia del Chubut

Yacimiento	CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)	Referencia
Cerro Tacho	87,9	
Ramos	92,88	Bassi, 1948

Usos: fabricación de cemento.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en ambos yacimientos los bancos de yeso se formaron en el Terciario inferior durante la transgresión que depositó la **F. Salamanca**. En Cerro Tacho el banco de yeso tiene un espesor de 2,5 a 3 metros, presenta estructura laminada con capas de yeso superpuestas de color gris oscura a negras y textura sacaroide; también en delgadas guías de hábito fibroso. El depósito está cubierto por limo-arcillitas verdes. En el yacimiento Ramos el cuerpo mineralizado cubre una superficie de 10 ha, tiene un espesor de 0,3 a 0,6 metros, está compuesta por una serie de láminas superpuestas algo onduladas, con una cubierta de sílice amorfa de 2 a 3 cm.

Modelo genético

9g (Evaporitas marinas). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE SAN LUIS
(Angelelli *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de San Luis se destacan dos áreas con depósitos de yeso. El *área norte* está ubicada en el partido de Gigante, en el borde suroriental de la sierra El Gigante, a 50-70 km al noroeste de la ciudad de San Luis. El *área sur* se encuentra en el partido de Chosme, al oeste de la salina del Bebedero, entre las localidades de Alto Pencoso, al norte, y Masmota, al sur.

Producción: la provincia de San Luis produjo 18.678 toneladas de yeso durante el año 1998; 22.970 t en el año 2000 y 14.775 t (estimadas) en el año 2002 (Estadística Minera de la República Argentina).

Usos: el yeso extraído se destina a la fabricación de cemento y de premoldeados.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Calidad química de yeso en yacimientos de las dos zonas productoras de la provincia de San Luis

Yacimiento		CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)
Área norte	Cantera Recomar	93
	Cantera Suc. Albelo	93
Área sur	Cantera Banco sup.	98,47
	El Lucho Banco inf.	83,42

Geología de los yacimientos

Descripción: en el área norte se encuentran, entre otras, las canteras Recomar y Suc. Albelo. Según Agelelli y Schalamuk (1981) los depósitos de yeso pertenecen a la F. Lagarcito (Cretácico superior); en Recomar el material explotable presenta una extensión de 1.000 metros y 200 metros de ancho, se orienta norte-sur y buza 3° a 4° al noroeste. Dicho depósito consta de dos bancos de 0,7 a 1 metro de espesor separados por una capa de arcillita (0,1 a 0,2 metros); el banco inferior es de yeso de color blanco y rojizo con tintes grises a blanco pardusco, mientras que el banco superior está formado por “bochas” de 30 cm de diámetro de yeso granular con inclusiones de cristales de cuarzo y revestidas e inmersas en material arcilloso rojo. El yacimiento está cubierto por una delgada capa arcillosa-arenosa-psefítica. En la cantera Suc. Albelo hay un único manto subhorizontal, apoyado sobre areniscas arcillosas blanco grisáceas y cubierto por un metro de material no consolidado. Los primeros 1,2 metros del banco mineralizado están formados por capas de 0,3 a 0,4 metros de espesor de yeso compacto, de grano grueso y de color blanco grisáceo intrercaladas con láminas de arcillas. Los 0,6 metros restantes están compuestos por láminas de yeso de grano fino y arcillitas intercaladas. En el área sur, siguiendo a los autores arriba citados, los depósitos de yeso pertenecen a la F. Las Mulitas (Terciario superior); en la cantera El Lucho, una pertenencia minera del área, el depósito está compuesto por dos capas de yeso superpuestas, el espesor total es de 1,2 a 1,5 metros y está cubierto por material moderno no consolidado. La capa inferior (0,6 metros) es de yeso blanco con tonalidades verdes, de estructura compacta y grano medio. La capa superior (0,7 metros) es producto de recristalización, con “bochas” de yeso granular que alcanzan 30 cm de diámetro, recubiertas por material arcilloso; en la parte inferior de dicha capa hay láminas de yeso de hábito fibroso de 5 a 10 cm de espesor entre láminas de selenita (yeso traslúcido) inmersos en una matriz arcillosa.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Arreglo estratigráfico de las cuencas triásicas de la provincia de San Luis (modificado de Flores, 1979).

Edad		Unidad estratigráfica		Características
Cuaternario				Sedimentos aterrazados y depósitos recientes.
Terciario	Neógeno	Estrato de Los Llanos	F. Las Mulitas	Su espesor es de 150 metros y comienza con depósitos evaporíticos de yeso seguidos por material piroclástico (lapilli y bombas) además de tobas amarillentas, con rodados de arcillita roja.
			F. San Roque	
Cretácico	Superior		F. Lagarcito	Apoyada sobre una discordancia. Unidad de 250 metros de espesor, su base está compuesta por bancos de yeso y/o anhidrita intercalados con niveles clásticos con clastos de la F. La Cruz. Le siguen material limoso y limoarcilloso de color pardo rojizo y gris pardusco. La unidad culmina con areniscas rojo oscuras de grano grueso con rodados de basaltos derivados de la formación infrayacente.
	Inferior	Grupo del Gigante	F. La Cruz	Unidad con conglomerados de base y un manto basáltico en el techo.
			F. El Toscal	
			F. La Cantera	
			F. El Jume	
		Conglomerado Los Riscos		
Triásico	Superior	Grupo Cerro Cocodrilo	F. Barrancas	Los depósitos triásicos de las subcuencas de San Luis alcanzan un espesor máximo de 815 metros y se diferencian de los del sector mendocino por la presencia de bancos calcáreos, seguramente de ambiente lagunar, que alternan con los depósitos clásticos de la F. Las Cabras. Además en el ámbito puntano las formaciones Río Mendoza y Barrancas están ausentes.
			F. Río Blanco	
			F. Cacheuta	
			F. Potrerillo	
	Medio	Grupo Río Blanco	F. Las Cabras	
			F. Río Mendoza	
Inferior		F. Cerro Varela	Rocas de la "Serie porfirica".	
Paleozoico	Superior		F. Bajo de Velis	Se apoya en discordancia.
	Inferior			Metamorfitas y calizas del basamento.
Precámbrico				Gneises del cerro Varela.

Observaciones: la provincia de San Luis posee tres subcuencas principales, de edad triásica y carácter extensional, ellas son: Beazley, Las Salinas y Mercedes. Las mismas son de forma elongada, se orientan en sentido noroeste-sureste y albergan una columna sedimentaria de 3.500 a 4.000 metros de espesor (Kokogian *et al.*, 1999).

PROVINCIA DE SAN JUAN
(Angelelli *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: el yacimiento Las Aguaditas dista 167 km al sudeste de la ciudad capital de la provincia, en el sector austral de la pampa del Gigantillo.

Usos: fabricación de cemento.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Marco Geológico
(Ramos, 1999)

Durante el Terciario se depositaron, en la región andina, importantes secuencias sedimentarias sinorogénicas. Tradicionalmente se

las ha dividido en tres grupos separados por discontinuidades regionales, ellos son de base a techo: "Calchaquense" (facies de areniscas fluviales interpuestas con fangolitas de grano medio a fino, estrato grano creciente), "Araucanense" (conglomerados de facies de ríos anastomosados con importante participación de material piroclástico o lávico) y "Estratos Jujeños" (fanglomerados o conglomerados fluviales proximales). Esta división suponía una relativa sincroneidad de las fases de deformación que los produjeron, aunque estudios magnetoestratigráficos posteriores mostraron que el levantamiento andino tiene un carácter intermitente y diacrónico y por lo cual estos grupos litológicos carecen de significado cronoestratigráfico. Por lo tanto estos depósitos sólo representan facies sinorogénicas distintas

producidas a lo largo del levantamiento andino y sus diferencias litológicas están dadas por su mayor o menor proximidad con el frente de corrimientos.

Al sudeste de la ciudad de San Juan se ha definido, sísmicamente, una importante depresión pedemontana llamada *Cuenca de Jacolí*; es una cuenca de antepaís activa que comenzó su relleno aproximadamente hace 15 Ma debido al inicio del levantamiento de la Cordillera Frontal.

Geología del yacimiento

Descripción: en el yacimiento aflora un paquete sedimentario asignable al Calchaquense que tiene rumbo norte-sur e inclina 30° a 35° al este. Está formado por una secuencia rítmica de arcillitas, limolitas y areniscas finas que contienen un banco mineralizado de yeso de 3 metros de potencia. Presenta una superposición de láminas de yeso de color gris a rosado, de 2 a 6 cm de espesor y arcillitas verdes a castañas, además “bochas” de yeso de hasta 0,5 metros de diámetro y escasas láminas de yeso fibroso.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Los depósitos mineralizados representan facies lacustres donde las láminas de yeso corresponden a períodos de evaporación y los de material clástico a períodos de lluvia.

PROVINCIA DE LA RIOJA

(Marcos, 1999)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de La Rioja los depósitos de yeso se sitúan en dos grandes cuencas, ubicadas al oeste y este de la sierra de Los Llanos. La cuenca occidental se ubica unos 50

km al sur de la localidad de Patquía y en ella se reconocen tres zonas: *Patquía Viejo* (en el extremo norte), *Paganzo* (en el centro) y *Los Coloraditos* (en el extremo austral). La cuenca oriental ocupa una elongada faja desde el flanco occidental de la sierra Brava hasta más al sur de la ciudad de Chamental donde tienen lugar dos zonas: *Pozo Blanco* (en el extremo septentrional) y *Pozo del Bordo* (hacia el sur, con las canteras La Salvadora, Paz y Progreso).

Acceso: a los yacimientos de la cubeta oriental se llega desde la ciudad de La Rioja por la ruta provincial 6 hasta Pozo La Yegua y desde allí a Pozo Blanco por un camino de 9 km. En los yacimientos del sur, la ruta nacional 38, que une Patquía con Córdoba, atraviesa los depósitos a una distancia de 11 y 13 km al sudeste de Chamental. Los yacimientos de la cuenca occidental están próximos a la ruta provincial 27 que une Patquía con la localidad de Chepes.

Producción: históricamente la provincia de La Rioja produjo en el período 1945-1979 un total de 170.000 toneladas de yeso a un ritmo promedio de 4.877 toneladas anuales (datos de la Estadística Minera de la República Argentina).

Usos: industria cementera de Córdoba.

Sistema de explotación: en canteras a cielo abierto.

Marco Geológico

En la provincia de La Rioja existe un gran número de cuencas intermontanas que han recibido un importante aporte de material clástico por el levantamiento de los Andes. La cuenca de Los Llanos es una de ellas y los depósitos terciarios sinorogénicos que posee presentan mantos de yeso formados en un ambiente lagunar. Tradicionalmente a estos depósitos se los ha denominado “Estratos de los Llanos”, división que carece de significado cronoestratigráfico aunque identifica una característica litológica dada por la proximidad del depocentro al corrimiento.

Calidad y reservas de yeso en yacimientos de la provincia de La Rioja

Yacimiento	CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)	Reservas (t)	Referencias
Pozo Blanco		77.000	
Pozo del Bordo	Yac. La Salvadora	93,9-99,5	Aspilcueta, 1969
	Yac. Paz y Progreso	94,6-95,4	
Patquía Viejo	Cantera Patquía Viejo I	95	Hernández, 1979
	Cantera Patquía Viejo III		
Paganzo		55.000	Combina y Passarello, 1983
Los Coloraditos	Yeso I, II, III		Combina y Marquez, 1974
		91,97	Hernández, 1979
Provincia de La Rioja		80-90	7.500.000

Geología de los yacimientos

Descripción: los yacimientos de yeso de ambas cubetas se encuentran circunscriptos a las rocas del Terciario superior, denominadas Estratos de Los Llanos. En general estos depósitos se encuentran coronando lomadas suaves que sobresalen de la planicie de acumulación de materiales cuaternarios. En el sector oriental, más precisamente en Pozo Blanco, el banco de yeso alcanza 2,5 metros de espesor y presenta una estructura laminar formada por láminas de yeso del orden del milímetro, de aspecto cristalino y transparente (selenita), además de presentar “bochas” de yeso terroso inmersas en material clástico fino. En el yacimiento La Salvadora (Pozo del Bordo) el banco de yeso mide entre 0,4 y 1,1 metros de espesor y está inmerso en una arenisca arcillosa rojiza; el yeso aparece formando “bochas” de hasta 60 cm de diámetro, de color blanca azuladas (alabastro), además de un manto de yeso masivo de color blanco con tonalidades verde amarillentas y textura sacaroides. En la cuenca occidental los bancos de yeso presentan niveles de yeso fibroso, granular mediano, en “bochas” (alabastro) y delgadas guías (selenita) entre láminas de arcilitas, tobas y niveles bentoníticos.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE CATAMARCA
(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: los depósitos de yeso se localizan en la base del flanco oriental de la sierra de Ancasti, en el paraje El Jumeal, entre las localidades de Albigasta al norte y Ramblones y Portillo Grande al sur, en el extremo austral de la provincia de Catamarca. El principal yacimiento, la cantera Rossana, se ubica 18 km al norte de la localidad de La Guardia y 34 km al oeste-sudoeste de Esquiú.

Producción: la provincia de Catamarca en el año 1998 registró una producción de 114.050 toneladas de yeso; en el año 2000 se extrajeron 67.991 t y la producción estimada del año 2002 fue de 21.325 t (Estadística Minera de la Rep. Arg.).

Yacimiento		CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)	Referencia
Cantera Rossana	Material seleccionado	98,70	Schalamuk <i>et al.</i> , 1983
	Material no seleccionado	90,12	

Usos: industria del cemento.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de yeso forman parte de los sedimentos terciarios englobados bajo el nombre de Estratos de Los Llanos, en particular la **F. Portillo**. La misma está constituida por una sucesión de areniscas y limolitas cubiertas por un suelo limo-arenoso. El banco de yeso tiene un espesor de 0,5 a 0,8 metros, y de 1,5 metros en el sector norte. Está formado por “bochas” de 30 a 50 cm de diámetro, de yeso color blanco nieve, con algunas manchas de óxidos, textura sacaroides en algunos casos con cristales bien formados. Las “bochas” se encuentran inmersas en una matriz limo-arcillosa pardo rojiza.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El yeso es producto de procesos evaporíticos que tuvieron lugar en lagos y lagunas de climas áridos.

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO
(Angelelli *et al.*, 1980)

Generalidades

Ubicación: los depósitos santiagueños se encuentran en el oeste y este de la sierra de Guasayán. Se destacan las canteras occidentales El Tableado (5,5 km al norte de Villa Guasayán) y Tres Pocitos (al oeste de Sol de Mayo) y las orientales El Jumial (55 km al oeste de Santiago del Estero), La Melita (58 km al sudoeste de la ciudad capital) y El Galpón (1,8 km al norte de la anterior).

Producción: en el año 1998 la provincia de Santiago del Estero registró una producción de 35.000 t; en el 2000 se extrajeron 31.000 t y en el año 2002 la producción estimada fue de 17.901 t (Estadística Minera de la República Argentina).

Usos: industria del cemento.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Reservas y leyes de yeso de los yacimientos de la provincia de Santiago del Estero

	Leyes (% de CaSO ₄ ·2H ₂ O)	Reservas	Referencias
Área yesífera santiagueña (26 yacimientos = 17,2 Km ²)	80 - 98	20,7 Mt (probadas + probables)	Dirección Provincial de Minería, 1973

Geología de los yacimientos

Descripción: los depósitos de yeso de la “cuenca yesífera santiagueña” (Angelelli *et al.*, 1980) se alojan en capas de rocas miocenas muchas veces apoyadas directamente sobre el basamento cristalino pampeano y en otras ocasiones sobre areniscas rojas triásicas. La estratigrafía terciaria de la región está representada por areniscas, limolitas y arcillitas del Eoceno u Oligoceno, seguidas por capas de yeso intercaladas en arcillitas verdes del Mioceno. En discordancia se apoyan sedimentos arcillosos y limosos del Plioceno. En general los depósitos contienen tres niveles de yeso de 0,15 a 0,80 metros de potencia, son de color blanco con diversas tonalidades a gris oscuro, están separados por capas de arcillitas verdes y cubiertos por un encape de pocos centímetros hasta 3 metros. El yeso presenta estructura masiva, es compacto, en algunos casos se observa escamoso o terroso y también con estructura bandeada. De los 2.500 km² que abarca la cuenca, según la Dirección de Minería de esa provincia, 250 km² están cubiertos por yeso.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

PROVINCIA DE TUCUMÁN
(Gamundi y Martensen, 1999)

Generalidades

Ubicación: los principales yacimientos de yeso de la provincia de Tucumán se localizan en la *Cuenca Vipos-Tapia* y en *Taruca Pampa*. Los primeros están ubicados 25 km al norte de la ciudad de Tucumán, en el faldeo oriental de las Cumbres Calchaquíes, mientras que Taruca Pampa se encuentra algo más al noreste, sobre el faldeo oriental de la sierra de La Ramada y la sierra del Campo.

Acceso: a los yacimientos de la región de Vipos-Tapia se llega, desde Tucumán, por la ruta nacional 9 y la provincial 341. A los depósitos de Taruca Pampa se accede por las rutas provinciales 304 y 310.

Producción: la provincia de Tucumán produjo 40.522 toneladas de yeso durante el año 1998 (Estadística Minera de la República Argentina). En el año 2001 se produjeron 2.480 m³ (Viruel *et al.*, 2002) y se estima que la producción en el año 2002 fue de 30.087 t (Estadística Minera de la República Argentina).

Leyes y reservas de yeso en Tucumán

Área	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Reservas	Referencia
Vipos-Tapia	74 - 94%	304.000 t (medidas)	Mon, 1978
El Cajón (Taruca Pampa)	90%	1,4 Mt (estimadas)	Suayter y Urdaneta, 1974

Usos: en la región el yeso se embolsa diferenciándose en común y especial; se distribuye en el mercado local y en algunas provincias del NOA; además se comercializa para su uso en la fabricación de moldaduras, placas, rosetones y frisos. El yeso crudo es vendido a las fábricas de cemento portland (en Jujuy). Según Mon (1978) el yeso extraído de Vipos-Tapia posee un quimismo y características técnicas que lo hacen apto para el uso en la industria del cemento y como yeso cocido.

Sistema de explotación: la extracción se realiza en canteras, por medio de explosivos de bajo poder expansivo, cargadoras frontales, topadoras y martillos neumáticos, luego se parten los bloques mayores en forma manual y se cargan en camiones para ser trasladados hasta los hornos donde se quema, luego se tritura, muele y embolsa. En otros casos el material se comercializa en forma cruda.

Marco Geológico

Los depósitos de yeso de Vipos-Tapia se ubican en el extremo austral de la provincia geológica Sierras Subandinas. Dicha cuenca limita al oeste con las Cumbres Calchaquíes, cuyas metamorfitas de bajo y medio grado han cabalgado, a través de una falla inversa nornoreste-sursudoeste, sobre los sedimentos terciarios. Al este limita con las metamorfitas de bajo grado de la sierra de Medina. Esta cuenca sufrió una importante deformación durante el Terciario superior y Cuaternario inferior, representada por pliegues y reactivación de fallas regionales de dirección NNE-SSO que limitaron bloques norte-sur.

Columna estratigráfica del extremo sur de Sierras Subandinas

Edad		Unidad estratigráfica		Características
Cuaternario			F. Tucumán	Limos loésicos, arenas y conglomerados.
Terciario	Plioceno	Grupo Choromoro	F. Acequiones	
			F. Chulca	
	Mioceno		F. India Muerta	Limolitas pardas y areniscas grises.
			F. Río Salí	Limolitas y arcillitas de color verde y rojas con depósitos de yeso y areniscas grises.
Eoceno	Gr. Salta	Subgrupo Santa Bárbara	F. Río Nío	Areniscas rosadas y blancas y lutitas verde amarillas con algo de yeso.
Paleoceno			F. Río Loro	Areniscas gruesas y medianas de color blanco, verde, pardo rojiza y gris rojiza, además de arcillitas
Cretácico			Superior	Subgrupo Balbuena
	Inferior	Subgrupo Pírgua	Complejo Alto las Salinas	Traquitas, riolitas y basaltos.
Ordovícico			Granitoides	Granitos
Cámbrico	Superior		F. Candelaria F. Medina	Ortocuarcitas rosadas consolidadas. Pizarra y filitas.
	Medio			
Precámbrico	Superior			

Geología de los yacimientos

Descripción: en ambos yacimientos los depósitos de yeso forman parte de la Formación Río Salí (Mioceno), de gran distribución superficial, compuesta esencialmente por limolitas arcillo-arenosas con intercalaciones de bancos de yeso. En el caso de los depósitos en Vipos-Tapia el banco yesífero alcanza 2 metros de espesor y está compuesto por una serie de capas de gypsita separadas por delgadas láminas de arcillitas verdes, además de arcillitas con láminas de yeso fibroso y capas de yeso macizo gris y verde claro. Los depósitos están cubiertos por sedimentos indiferenciados del Cuaternario. Su potencial económico se ve disminuido por el espesor relativamente pequeño de los bancos y, además, porque la cuenca ha sido afectada por un importante fallamiento, que produjo el hundimiento de algunos sectores permitiendo la formación de un encape de gran espesor (límite económico 2 metros) que imposibilita la extracción rentable del mineral. En el yacimiento de Taruca Pampa el yeso es de 0,6 metros y se intercala entre capas más potentes de limolitas y arcillitas verdes a rojas y margas grises, verdes y amarillentas.

Mineralogía: se encuentra yeso en las variedades: gypsita, alabastro, sacaroide, fibroso y selenita.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La Formación Río Salí se depositó en un ambiente continental de clima árido, con depositación de evaporitas de tipo playa, de acumulación en cuencas cerradas.

PROVINCIA DE SALTA
(Schalamuk *et al.*, 1983)

Generalidades

Ubicación: en la provincia de Salta se reconocen depósitos de yeso en *Puente Plata*, 4 km al este de la localidad homónima y 40 km de la ciudad de Rosario de la Frontera y en *Punta Negra*, al noroeste del salar Pocitos, sito a 1 km al noroeste del paraje Pozo Cavado.

Yacimiento	CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)	Referencias
Puente Plata	83,57	Schalamuk <i>et al.</i> , 1983

Usos: industria cementera.

Sistema de explotación: a cielo abierto.

Geología de los yacimientos

Descripción: en ambos yacimientos los depósitos se formaron durante el Terciario. Punta Plata se encuentra cubierto por arcillas y limos además de suelo (0,2 a 1,3 metros de espesor), posee una potencia de 0,8 metros y está compuesto por 0,3 metros de yeso blanco, friable (gypsita?), por debajo aparecen 0,35 metros de “bochas” de yeso muy blanco, de grano fino y 5 a 20 cm de diámetro, inmersas en una matriz limo-arcillosa verde. La base del cuerpo mineralizado está compuesta por una serie de capas de yeso (de 3 a 10 cm) muy puro, de grano medio a fino y color gris claro a verdoso, intercaladas entre láminas de yeso impuro de color pardo; en conjunto alcanzan 0,9 metros de potencia. En el yacimiento Punta Negra se obtienen bloques de alabastro (yeso de textura sacaroide, de grano fino y color blanco grisáceo) de hasta 0,4 m³. El manto extraíble se ubica entre estratos de areniscas y limolitas pardos.

Morfología: en Puente Plata el cuerpo es de forma tabular y se extiende 400 metros con un ancho de 40 a 60 metros y un espesor promedio de 0,8 metros. Su orientación es N-S/0-5°O. En Punta Negra la capa mineralizada tiene 150 metros de largo y un espesor de 0,6 metros; su orientación es N-S/18°O.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

DEPÓSITOS DE YESO DEL CUATERNARIO

PROVINCIA DE ENTRE RÍOS
(Schalamuk *et al.*, 1999)

Generalidades

Ubicación: los principales depósitos de yeso se localizan en una elongada faja que se extiende desde aproximadamente la localidad de Piedras Blancas en el extremo norte hasta prácticamente la ciudad de Paraná, a lo largo de 80 km sobre la margen oriental del río Paraná. Las

canteras Tuyango, Aebi y Cabrol constituyen los yacimientos más reconocidos; las dos últimas continúan en explotación. Trabajos recientes (Herrmann, 2003) reconocieron reservas en otros sitios, cercanos a Piedras Blancas (Distrito Alcaraz 2°).

Producción: alrededor de 100.000 toneladas por año; en 1998 fue de 104.745 toneladas; en el año 2000 se extrajeron 77.616 t y la producción estimada del año 2002 fue de 116.396 t (Estadística Minera de la República Argentina).

Usos: la mayor parte de lo producido se calcina y destina al mercado local de la construcción, mientras que una proporción se exporta a Paraguay, como yeso crudo, para la alimentación de industrias cementeras.

Sistema de explotación: una vez realizado el destape de la mina se efectúan labores a cielo abierto con la apertura de canteras circulares a semicirculares que no superan las 3 o 4 ha de superficie. La cubierta de suelo y arcilla oscila entre 2 y 8 metros de espesor. La separación del material limo arcilloso y el yeso se efectúa en la cantera.

Geología de los yacimientos

Descripción: el yeso se encuentra como nódulos de 10 a 15 cm de diámetro (excepcionalmente 30 cm) en material limo arcilloso de color verde oliva, perteneciente a la sección basal de la Formación Hernandarias. Por encima se apoyan sedimentos limo arcillosos, castaño rojizos, con concreciones de carbonatos de calcio y rosetas de yeso, constituyendo la sección superior de dicha unidad. Las variaciones que presentan ambas secciones se deben a cambios en el ambiente de depositación, pasando de cuencas palustres-lacustres de ambiente reductor a condiciones más oxidantes y mayor aporte eólico. Los nódulos del yeso son de origen singenético mientras que las rosetas son de origen secundario, habiendo actuado en ellas condiciones diagenéticas de disolución y recristalización de mayor intensidad. Generalmente el horizonte yesífero se encuentra cubierto por una capa estéril de 4 a 8 metros de potencia, compuesta por un horizonte húmico más limo al que sigue un horizonte de arcillas.

Contenido y calidad química de los nódulos de yeso del yacimiento Piedras Blancas

Depósitos	% de nódulos y concreciones de yeso en la matriz limo arcillosa	% CaSO ₄ ·2H ₂ O en nódulos	% CaSO ₄ ·2H ₂ O en rosetas
Piedras Blancas	10 - 12	95,8	94,9

Estratigrafía del extremo occidental de la provincia de Entre Ríos

Edad		Fomación	Características	
Cuaternario	Holoceno	La Picada	Cobertura aluvional constituida por conglomerados, arena y arcillas.	
	Pleistoceno	superior	Córdoba	Loess. Niveles de loess de color marrón claro.
		Medio	Hernandarias	Arcillas con niveles de yeso. En la base presenta sedimentos arcillosos de color verde con nódulos yesíferos. En su sección tipo presenta un espesor medio de 20 metros con un máximo de 70 metros.
				Yupoi
		Inferior	Ituzaingó	Arena cuarzosa color ocre con estratificación entrecruzada planar, (ambiente fluvial).
Terciario	Plioceno			
	Mioceno	Superior	Paraná	Arcilla gris verdosa oscura con lentes de <i>Ostrea parasítica</i> y <i>Lumachella</i> sp., (ambiente costero).
Cretácico	Inferior		Curuzú-Cuatía	Basalto tholeítico.

Morfología: el horizonte arcilloso con nódulos de yeso (nivel “productivo”) presenta espesores que varían entre 3 y 8 metros.

Mineralogía: los nódulos presentan textura porfiroblástica con grandes cristales de yeso idiomorfos, tabulares y orientados en una matriz de yeso aliotromorfo y de grano fino. Tanto matriz como cristales presentan impurezas de arcillas y óxidos de hierro y manganeso.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Se considera que las concentraciones evaporíticas se deben a la lixiviación de la Formación Paraná (Miembro inferior) y posterior evaporación en cuencas de gran extensión areal y escasa profundidad. Romero y Schalamuk (1992) determinaron un contenido isotópico Sr^{87}/Sr^{86} de 0,7089 para los nódulos de yeso que corresponden a los valores de relación isotópica del agua del mar durante el Mioceno superior.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Río Quequén Salado
(Angelelli *et al.*, 1976)

Generalidades

Ubicación: el yacimiento de yeso del río Quequén Salado se ubica en el límite entre los partidos de Coronel Dorrego y Tres Arroyos, 8 km al este de la localidad de Oriente y 65 km al este de la ciudad de Coronel Dorrego.

Acceso: el depósito del río Quequén Salado se dispone entre la ruta 3 y el cruce de la ruta 72, sobre el río homónimo.

Producción: la provincia de Buenos Aires, según datos de la Estadística Minera de la República Argentina, produjo 78.163 t de yeso durante el año 1998; 80.500 t en el 2000 y 65.595 t (estimadas) en el año 2002.

Usos: Terraza *et al* (1974) estimaron que el yacimiento puede proveer material con 75 % de sulfato de calcio, apto para albañilería, entre otras posibles aplicaciones.

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento del río Quequén Salado tiene una extensión de 15 a 16 km y se emplaza en el valle del río, flanqueado por las terrazas del mismo. El banco de yeso está intercalado con sedimentos del Postpampiano (Cuaternario). La base de la columna cuaternaria está dada por limos compactos pardo rojizos con concreciones calcáreas pertenecientes al Pampiano, sobre ellos se apoyan los sedimentos del Postpampiano. Estas comienzan con limos grises con algo de material arenoso fino y clastos calcáreos del Lujanense, por encima continúan los sedimentos del Platense con 0,4 metros de limos gris oscuros que infrayacen un banco de yeso de 2,5 a 3 metros de espesor, que lateralmente pasa a depósitos de cenizas volcánicas con gran participación de carbonato de calcio; lo cubren limos-arenosos y una capa de suelo húmico. La capa mineralizada es de yeso pulverulento, de color blanco amarillento a gris; en algunos sectores se presenta masivo, compacto, con un espesor de hasta 4 metros, con cristales y rosetas de yeso.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

Composición química de yeso del yacimiento Río Quequén Salado

Yacimiento	CaSO ₄ ·2H ₂ O (%)	CaCO ₃ (%)	MgCO ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (%)	Referencias
Río Quequén Salado	46,7 - 90,2	0,8 - 33,7	1,0 - 4,9	0,7 - 4,7	Terraza <i>et al.</i> , 1974

Depósitos cuaternarios de la provincia de Buenos Aires (Fidalgo, 1999)

Edad		Unidad			Características		
Reciente					Limos grises amarillentos a amarillos castaños, con presencia de carbonatos y material arenoso y arcilloso. Agrupa entre otros al Platense de Frenguelli (1934)	Arcillas limosas y limos arenosos de colores claros. Agrupa entre otros al Lujanense de Frenguelli (1950)	Arenas y limos arcillosos de color gris oscuro a negro. Contienen conchillas. Agrupa entre otros al Platense de Frenguelli (1950).
Cuaternario	Holoceno	Loess	Depósitos aluviales	Depósitos Litorales			
Terciario	Pleistoceno	Limos loessoides con niveles calcáreos					Limos compactos castaño rojizos, de origen fluvial, con escaso contenido de carbonatos y espesor de centímetros hasta 2 metros. Agrupa varias unidades estratigráficas, entre ellas la F. Pampiano (Fidalgo, <i>et al.</i> , 1973)
	Med						
	Inf.						
Plioceno	Mioceno	Sup.					
		Med					
		Inf.					

Arroyo El Siasgo
(Dangavs y Blasi, 2002)

Generalidades

Ubicación: el área de interés por su contenido de yeso se ubica en una gran depresión ubicada al noreste de la provincia de Buenos Aires, en los partidos de Monte y General Paz, inmediatamente al norte del río Salado (35° 40'S – 58° 30'O). Dicha depresión es recorrida por el arroyo El Siasgo, tributario del río Salado.

Acceso: desde el este se accede por ruta provincial 29 y desde el oeste por ruta provincial 41. Ambas llegan a la localidad de General Belgrano que dista 6 km de la laguna del Siasgo.

Producción: este depósito no ha sido explotado.

Usos: son yesos apenas alcalinos aptos para su utilización sin inconvenientes en la industria cementera.

Marco Geológico

La región está dominada por una gran depresión que constituye el valle encajonado del curso inferior del arroyo El Siasgo. Se forma una laguna temporaria de ciclo aleatorio con profundidades de hasta 6 metros en épocas de crecidas y completamente desagotada durante el periodo de estiaje. Dangavs y Blasi (2002) reconocen dos subambientes: 1) subambiente del Siasgo, ubicado en el sector sur de la depresión, se dispone en sentido N-S y ocupa 2.135 ha y 2) subambiente La Cañada, ocupa el sector norte, se dispone en sentido E-O y comprende 615 ha. Ambos subambientes están separados por una estrecha depresión de 2 km de largo y 0,7 km de ancho. El relleno de la cubeta son sedimentos del Pleistoceno alto y Holoceno. La depresión presenta en casi todo su perímetro costas altas y barrancosas, siendo las más elevadas (8 a 10 m) las lomadas ubicadas a lo largo del borde oriental de la laguna del Siasgo (sector sur de la depresión).

Leyes y tonelajes en el yacimiento de yeso arroyo El Siasgo

Subambiente	Área (ha)	Espesor medio	Vol. de sed. con yeso	Ley media (% CaSO ₄ ·2H ₂ O)	Merma (impurezas en los cristales de yeso)	Yeso contenido
Del Siasgo	2.080	2,15 m	43.203.000 m ³	69,7%	4,76%	51 Mt
La Cañada	553	1,5 m	5.020.000 m ³	20,1%	41,87%*	1,3 Mt

*casi en su totalidad es residuo insoluble

Estratigrafía de la depresión El Siasgo - La Cañada

Edad	Unidad estratigráfica	Características	Ambiente	Área de ocurrencia
Presente	Aluvio	Ocupan todo el lecho lacustre; depósitos clásticos y bioclásticos gris – castaño claros.	Lacustre	Lecho lacustre
Holoceno tardío	F. La Postrera III	Sedimentos loésicos de color castaño oscuro.	Eólico	Lecho lacustre (SE) y barrancas
Holoceno medio	F. Lujan (Mb. Río Salado)	Ocupa todo el lecho de la cubeta; son fangos calcáreos margoso y limos arenosos con lentes de cenizas volcánicas. En parte contiene yeso epigenético.	Lacustre	Lecho lacustre
Holoceno temprano	F. La Postrera II	Loess típico sin tosca que conforma depósitos mantiformes y montículos de 5 a 6 metros de potencia.	Eólico	Barrancas
Pleistoceno tardío	F. Buenos Aires	Sedimento loessico castaño amarillento. Se apoyan sobre una discordancia erosiva que los separa de la F. Ensenada.	Eólico	Barrancas
Pleistoceno tardío	F. Lobos	Limolitas y fangolitas grises claras oliváceas y yeso intrasedimentario.		Lecho lacustre
Pleistoceno tardío	F. La Postrera I	Depósito intracuecal formado por pellets de arcilla amarillo verdosos y yeso, floculados en partículas de tamaño arena y limo.	Eólico	Lecho lacustre
Pleistoceno tardío	F. Luján (Mb. Guerrero)	Depósitos arenosos a limo arenosos rojizos; pasan a sedimentos pelíticos negros hacia la parte central de la depresión. Nivel yesífero.	Palustre	Lecho lacustre
Pleistoceno medio	F. Ensenada	Limolitas arenosas y limos loessoides rojizos oscuros.	Terrestre	Lecho lacustre y barrancas

Geología del yacimiento

Descripción: el yeso se encuentra en cuatro unidades de la sucesión sedimentaria que ha rellenado la depresión; ellas son el Miembro Guerrero (Formación Luján), Formación La Postrera I, Formación Lobos y parcialmente en el Miembro Río Salado (Formación Luján). Constituye un depósito de yeso intrasedimentario donde cristales individuales o agregados aislados de yeso tamaño arena se dispersan aleatoriamente en la masa del sedimento. Los niveles de interés presentan un encape de 1 metro de potencia de fácil movilidad durante los periodos de seca a través de palas mecánicas.

La ley del mineral en el subambiente La Cañada (20,1%) está por debajo de lo requerido para su beneficio (35%) lo que minimiza sus posibilidades de aprovechamiento económico. Por el contrario, en el subambiente del Siasgo, como puede deducirse de los valores de leyes y tonelajes, las posibilidades de explotación son elevadas.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

La interacción de las aguas superficiales y subterráneas reciclaron y transfirieron sales entre la superficie y los niveles de aguas subterráneas de carácter esquizohalinos, determinando la precipitación intrasedimentaria y diagenética del yeso en la zona no saturada, durante los ciclos de aridez.

Arroyo Poronguito
(Dangavs, 2001)

Generalidades

Ubicación: el área de interés se encuentra en el partido de General Belgrano, región centro-nordeste de la provincia de Buenos Aires. Ocupa una antigua cubeta lacustre atravesada por el curso inferior del arroyo Poronguito, a 2 km de la desembocadura en el río Salado.

Estratigrafía de la paleocubeta del arroyo Poronguito

Edad	Unidad estratigráfica	Características
Presente	Suelo	Mezcla de material de origen aluvial y eólico (0,3 m).
Holoceno medio	F. Luján (Mb. Río Salado)	Son 0,5 metros de depósitos limo arenosos y fangosos grisáceos.
Pleistoceno tardío	F. Lobos	Sobre una discordancia erosiva se apoyan 2 metros de sedimentos pelíticos amarillo pálidos con yeso epigenético.
Pleistoceno tardío	F. Luján (Mb. Guerrero)	Depósitos limo arenosos a limo limosos gris castaño claro a gris claro apoyados en discordancia erosiva. Contiene yeso en rosetas del tamaño de un puño.
Pleistoceno tardío	F. Buenos Aires	Sedimento loessico castaño amarillento. Se apoyan sobre una discordancia erosiva que los separa de la F. Ensenada.
Pleistoceno medio	F. Ensenada	Limolitas arenosas y limos loessoides rojizos oscuros.

Acceso: por ruta provincial 41.

Producción: este depósito no ha sido explotado. Su ley media mineral y el volumen de yeso posibilitarían el aprovechamiento económico.

Ley y tonelaje en el yacimiento arroyo Poronguito

Yacimiento	Ley media	Yeso contenido
Arroyo Poronguito	54,8 (% CaSO ₄ .sH ₂ O)	6,1 Mt

Geología del yacimiento

Descripción: el sector de interés ocupa un área de 246,8 ha dentro de la antigua cubeta; se localiza a una profundidad de 0,8 metros, tiene una potencia máxima de 3,2 metros y un espesor medio de 1,94 metros. El yacimiento consiste en depósitos sedimentarios clásticos (Miembro Guerrero y Formación Lobos) con importante contenido de cristales y agregados de yeso de tamaño arena y grava (gipsarenita y gipsrudita o selnita). También se presenta una capa continua o pseudo veta de yeso de 0,25 metros de espesor situada entre los niveles de 1,25 metros y 1,5 metros, formada por cristales de gipsita (<0,062 mm) fusionados por recristalización.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

El yeso es producto de la interacción de los regímenes de aguas superficiales y subterráneas en una sabkha continental (según determinaciones isotópicas ³⁴S en yeso de esta cuenca) durante las oscilaciones climáticas del Cuaternario superior. Se trata de precipitaciones de yeso intrasedimentarias.

PROVINCIA DE LA PAMPA
(Angelelli *et al.*, 1976)

Generalidades

Ubicación: los principales yacimientos se encuentran en el sudoeste de la provincia, en las inmediaciones de la sierra de Lihuel Calel y la localidad de Puelches.

Producción: según datos de la Estadística Minera de la República Argentina, en el año 1998 la provincia de La Pampa produjo 63.243 toneladas de yeso; en el año 2000 la producción fue de 88 t y en el 2002 (estimada) fue de 18.643t.

Yacimiento		CaSO ₄ .2H ₂ O (%)	Reservas (t)
Puelches	Horizonte A	80 - 90	40.000.000
	Horizonte B	70 - 80	
	Horizonte C	50 - 70	

Usos: estudios realizados por la Dirección de Minería de la provincia de La Pampa determinaron que el yeso de Puelches cumple los requisitos para ser utilizado como materia prima para la fabricación de bloques prefabricados.

Geología del yacimiento

Descripción: el yacimiento de Puelches se desarrolla principalmente al sur de la localidad homónima y a ambos lados del río Salado, en un área de 4.000 ha. Los depósitos de yeso afloran en los flancos de suaves lomadas o bien en los sectores cuspidales de las mismas. Las sierras próximas al yacimiento están formadas por volcanitas permo-triásicas y sobre este basamento

se apoyan depósitos aluviales (Cuaternario), circunscriptos al valle del río Salado. Estos son areniscas fluviales con intercalaciones de lentes de limos y arcillas de ambiente fluvio-palustre-lacustre, a los cuales se asocian los bancos de yeso. En sectores aledaños a los valles fluviales se apoyan, en discordancia sobre el basamento, depósitos eólicos limo-arenosos y limosos de espesores variables. Los depósitos de yeso se componen de tres horizontes, un horizonte basal C compuesto por yeso blanco a rojizo, duro y con impurezas de toscas, limos y rodados, de 1,2

metros de espesor. El horizonte intermedio B (0,25 a 0,35 metros) está formado por yeso blanco grisáceo a rosado de estructura compacta, y el horizonte A, de hasta 0,7 metros de espesor, es de yeso color blanco a blanco grisáceo y pulverulento microcristalino.

Modelo genético

9f (Evaporitas lacustres). Grupo: Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos.

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

YESO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
Salar de Pocitos	Punta Negra	24° 15'	67° 06'	Yeso	Estratiforme			Mioceno-Plioceno	Areniscas, pelitas, fangolitas y evaporitas	Formación Pozuelos	9f	Mioceno-Plioceno
Rosario de la Frontera	Puente de Plata	25° 57'	64° 44'	Yeso	Estratiforme			Mioceno	Areniscas y pelitas con intercalaciones evaporíticas	Formación Anta	9f	Mioceno
Vipos-Tapia	Vipos	26° 27'	65° 23'	Yeso	Mantiforme	CaSO ₄ . 2H ₂ O: 74-94 %	304.186 t (Vipos-Tapia)	Mioceno medio	Limolitas arcillo-arenosas	Formación Río Salí	9f	Mioceno medio
Sierra La Ramada	El Mollar	21° 31'	64° 53'	Yeso	Mantiforme			Mioceno medio	Limolitas arcillo-arenosas	Formación Río Salí	9f	Mioceno medio
Vipos-Tapia	Tapia	26° 34'	65° 20'	Yeso	Mantiforme	CaSO ₄ . 2H ₂ O: 74-94 %	304.186 t (Vipos-Tapia)	Mioceno medio	Limolitas arcillo-arenosas	Formación Río Salí	9f	Mioceno medio
Taruca Pampa	Compañía Minera del Norte S.R.L	26° 36'	64° 42'	Yeso	Mantiforme	CaSO ₄ . 2H ₂ O: 75-90 %		Mioceno medio	Areniscas, limolitas	Formación Río Salí	9f	Mioceno medio
	El Tableado	27° 45'	64° 53'	Yeso	Bancos lenticulares			Plioceno	Arcilitas	Formación Las Cañas	9f	Plioceno
	El Jumial	27° 50'	64° 45'	Yeso	Bancos lenticulares			Mioceno	Arcilitas, yeso y areniscas	Formación Río Salí	9f	Mioceno
	La Melita	27° 52'	64° 45'	Yeso	Bancos lenticulares			Mioceno	Arcilitas, yeso y areniscas	Formación Río Salí	9f	Mioceno
	El Galpón	27° 56'	64° 50'	Yeso	Bancos lenticulares			Mioceno	Arcilitas, yeso y areniscas	Formación Río Salí	9f	Mioceno
	Tres Pocitos	28° 30'	65° 02'	Yeso	Bancos lenticulares			Plioceno	Arcilitas	Formación Las Cañas	9f	Plioceno
	Rossana	29° 30'	65° 29'	Yeso	Bancos lenticulares			Plioceno	Areniscas, limolitas, conglomerados	Formación Portillo	9f	Plioceno
Patquía Viejo	Patquía Viejo I y II	30° 09'	66° 59'	Yeso	Estratiforme		297.000 t (medidos)	Terciario	Areniscas, conglomerados	Formación Los Llanos	9f	Terciario
	La Salvadora, Paz, Progreso	30° 20'	66° 11'	Yeso	Estratiforme nodular			Terciario	Areniscas	Formación Los Llanos	9f	Terciario
	Los Coloraditos, Yeso 1, 2 y 3, La Reforma-Cielito	30° 39'	66° 50'	Yeso	Estratiforme nodular			Terciario	Areniscas, limolitas arcillosas	Formación Los Llanos	9f	Terciario
	Tuyango, Cabrol, Aebi	31° 15'	59° 58'	Yeso	Mantiforme, nódulos, rosetas			Pleistoceno medio superior	Limo, arcilitas	Formación Hernandarias	9f	Pleistoceno medio superior

INVENTARIO DE YACIMIENTOS Y MANIFESTACIONES DE MINERALES INDUSTRIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

YESO

DISTRITO	DEPOSITO	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	TIPO/ MORFOLOGÍA	LEYES	RECURSOS	ROCA DE CAJA / HOSPEDANTE			MODELO	EDAD MINERALIZ.
								EDAD	LITOLOGIA	UNIDAD		
	Las Aguaditas	31° 40'	67° 52'	Yeso	Estratiforme			Terciario	Arcillitas, limolitas y areniscas finas	Estratos Calchaquenses	9f	Terciario
	Canteras Recomar	32° 54'	66° 39'	Yeso	Estratiforme	CaSO4 . 2H2O: 93%		Cretácico superior	Arcillas	Fm. Lagarcito	9f	Cretácico superior
	Cantera Lucho	33° 31'	66° 52'	Yeso	Estratiforme	CaSO4 . 2H2O: 83-98 %		Terciario superior	Arcillas	Fm. Las Mulitas	9f	Terciario superior
	Cañada Ancha	35° 05'	69° 50'	Yeso	Estratoligado			Jurásico superior		Formación Auquilco	9g	Jurásico superior
	Campo de Los Militares	35° 32'	69° 50'	Yeso	Estratoligado			Cretácico medio		Formación Huitrín	9g	Cretácico medio
	Auquilco	37° 13'	69° 50'	Yeso	Estratoligado	CaSO4 . 2H2O: 90-98 %	200 Mt (potenciales)	Cretácico medio		Formación Huitrín	9g	Cretácico medio
	Cuenca del Río Quequén-Salado	38° 10'	59° 19'	Yeso	Evaporítico, lenticular, masivo		8.000.000 t (indicados)	Holoceno medio	Horizontes intercaldos entre limos y arenas	Depósitos Pospampianos	9f	Holoceno medio
Puelches		38° 11'	65° 54'	Yeso	Mantiforme	CaSO4 . 2H2O: 70 - 90%	40 Mt	Cuaternario	Areniscas fluviales, limos y arcillas		9f	Cuaternario
	Sierra de Vaca Muerta	38° 35'	70° 13'	Yeso	Estratoligado	CaSO4 . 2H2O: 80,0-90,0 %	60 Mt (identificadas)	Cretácico medio		Formación Huitrín	9g	Cretácico medio
Alto Valle		38° 41' 38° 54'	67° 44' 67° 54'	Yeso	Estratiforme, nodular, oolítico y lenticular			Cretácico superior	Fangolitas con niveles piroclásticos; areniscas	Formación Allen (Grupo Malargüe)	9g	Cretácico superior
	Lucía	38° 46'	67° 43'	Yeso	Mantiforme		8 Mt (medidas)	Cretácico superior	Calcáreos organogénicos; yeso	Formación Roca (Grupo Malargüe)	9g	Cretácico superior
	Cerro Tacho	44° 50'	67° 32'	Yeso	Estratiforme	CaSO4 . 2H2O: 87,9%		Terciario inferior	Limo arcillitas	F. Salamanca	9g	Terciario inferior
	Mina Ramos	45° 40'	68° 50'	Yeso	Mantiforme	CaSO4 . 2H2O: 92,8%		Terciario inferior		F. Salamanca	9g	Terciario inferior

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. G. y Aceñolaza, G. F., 1999. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias (Córdoba)*, Anales 64: 209-233.
- Aceñolaza, F. G., Buatois, L. A., Gabriela Mángano, M., Esteban, S. B., Franco Tortello, M y Aceñolaza, G. F., 1999. Cámbrico y Ordovícico del noroeste argentino. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (7): 169-187, Buenos Aires.
- Aceñolaza, F. G., 2000. La Formación Paraná (Mioceno medio): estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes. En: Aceñolaza F. G. y Herbst, R (eds), *El Neógeno de Argentina. Correlación Geológica* 14: 9-27.
- Acosta, G. H., H. Jurado Marrón, S. E. Fuentes, S. G. Watkins y A. I. Ovejero de Filippin, 1988. Estudio Geoeconómico de pegmatitas. Gobierno de la provincia de Catamarca, Convenio Dirección de Minas-Consejo Federal de Inversiones, inédito, 160pp. Catamarca.
- Aliotta, G., 1983. Estudio genético, röntgenográfico y geoquímico de yacimientos de fluorita de Río Negro y Chubut. Universidad Nacional del Sur. Tesis doctoral.
- Aliotta, G., 1985. Estudio genético de yacimientos de fluorita de Río Negro y Chubut. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 40 (1-2): 69-82.
- Aliotta, G., 1986a. Estudio röntgenográfico de fluoritas. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 41 (1-2): 40-50.
- Aliotta, G., 1986b. Estudio geoquímico de yacimientos de fluorita de Río Negro y Chubut. *AMPS*, 17 (1-4): 27-37.
- Aliotta, G., 1989. Contribución de estudio geoquímico de fluoritas naturales. 2º Congreso Iberoamericano de Química Inorgánica, Actas, 143-146.
- Aliotta, G., 1999. Yacimientos de fluorita de Río Negro y Chubut. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1239-1247, Buenos Aires.
- Alonso, R. N., 1986. Ocurrencia, posición estratigráfica y génesis de los depósitos de boratos de la Puna Argentina. Universidad Nacional de Salta, tesis doctoral, 196p. Salta.
- Alonso, R. N., 1999a. Boratos terciarios de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1779-1826, Buenos Aires.
- Alonso, R. N., 1999b. Los salares de la Puna y sus recursos evaporíticos, Jujuy, Salta y Catamarca. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1907-1021, Buenos Aires.
- Alonso, R. N., 1999c. On the origin of La Puna Borates. *Acta Geológica Hispana*, V. 34; n° 2-3, p. 141-166.
- Alonso, R. N., Gutierrez, R. y Viramonte, J., 1984a. Megacuerpos salinos cenozoicos de la Puna argentina. 9º Congreso Geológico Argentino (Bariloche), Actas, 1: 25-42. Bs. As.
- Alonso, R. N., Viramonte, J., Gutierrez, R., 1984b. Puna Austral. Bases para el subprovincialismo geológico de la Puna Argentina. 9º Congreso Geológico Argentino (Bariloche), Actas, 1: 43-63. Bs. As.
- Alonso, R. N. y Viramonte, J., 1993. La cuestión genética de los boratos de la Puna. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas, 5: 187-194.
- Allmendinger, R., 1986. Tectonic development, southeastern border of the Puna Plateau, northwestern Argentine Andes. *Geological Society of America, Bulletin*, 97: 1070-1082.
- Ambrosetti, J. B., 1900. Viaje a la Puna de Atacama. Instituto Geográfico Militar, Boletín, 21: 87 – 116, Buenos Aires.
- Andreis, R. R. y Zalba, P. E., 2001. Na-bentonites and K-bentonites from Argentina: composition, origin and age. 12 ICC; Bahía Blanca, Argentina.
- Angelelli, V., 1939. Los yacimientos de azufre del volcán Tromen y del cerro Huale, Neuquén. Servicio Nacional Minero-Geológico, inédito.
- Angelelli, V., 1975. Yacimientos minerales y rocas de aplicación. *Geología de la provincia de Buenos Aires*, VI Congreso Geológico Argentino; Relatorio: 195-217.
- Angelelli, V., I. Schalamuk y Arrospide, A., 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. Secretaría de Estado de Minería, Anales 17.

- Angelelli, V., I. Schalamuk y Fernandez, R., 1980. Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región centro-cuyo. Ministerio de Economía, Subsecretaría de Minería. Anales XIX, Buenos Aires.
- Angelelli, V. y Schalamuk, I. B., 1981. Yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación. Geología de la provincia de San Luis, VIII Congreso Geológico Argentino; Relatorio: 265-286.
- Archangelsky, S., 1967. Estudio de la Formación Baqueró, Cretácico inferior de Santa Cruz, Argentina. Revista Museo La Plata (n.s) Paleontología 5: 63-171.
- Archangelsky, S., Baldoni, A., Gamero, J. C. y Seiler, J., 1984. Palinología estratigráfica del Cretácico de la Argentina austral. III Distribución de las especies y conclusiones. Revista Asociación Paleontológica Argentina 21 (21): 15-33.
- Ardolino, A., 1980. Descripción geológica de la Hoja 47g, Garayalde, provincia de Chubut. Servicio geológico nacional. Inédito, Buenos Aires.
- Ardolino, A., Panza, J. L. y Yllanes, E., 1998. Hoja Geológica 4566-I, Garayalde, provincia del Chubut. Servicio Geológico-Minero Argentino. Boletín 264.
- Ardolino, A., Franchi, M., Remesal, M. y Salani, F., 1999. El volcanismo en la Patagonia extraandina. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (17): 579-612, Buenos Aires.
- Argañaraz, R. A., 1999. Depósitos de sulfato de sodio de Jujuy, Salta y Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1923-1925, Buenos Aires.
- Aristarain, L. F. y Hurlbut, C., 1968. Teruggite, $4\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{As}_8\text{O}_5 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ a new mineral from Jujuy, Argentina. American Mineralogist., 53: 1815-1827.
- Armella, C., 1989. Microfacies trombolíticas de un biociclo ideal de la Formación La Flecha, Precordillera Oriental, San Juan. Serie Correlación Geológica 5: 45-52.
- Arrospide, M., 1999. Arenas silíceas de Diamante, Entre Ríos. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1893-1895, Buenos Aires.
- Arrospide, M., 1999. Arenas silíceas de Ibicuy, Entre Ríos. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1897-1898, Buenos Aires.
- Astini, R., 1992. Tectofacies ordovícicas y evolución de la cuenca eopaleozoica de la Precordillera Argentina. Estudios Geológicos 48: 315-327. Madrid.
- Ave Lallemand, G., 1875. Apuntes sobre la Geognosia de la Sierra de San Luis. Academia Nacional de Ciencias, Anales, 1: 103-140. Córdoba.
- Ávila, J. J., J. E. Lazarte, M. Gianfrancisco y Fogliata, A. S., 1999. Yacimientos de caliza sedimentaria y calcita hidrotermal, Tucumán. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1757-1759, Buenos Aires.
- Ávila, J. J., J. E. Lazarte, M. Gianfrancisco y Fogliata, A. S., 1999. Yacimiento de calizas Peñas Azules, Tucumán. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 317-318, Buenos Aires.
- Azcuy, C. L., Carrizo, H. A. y Caminos R., 1999. Carbonífero y Pérmico de las Sierras Pampeanas, Famatina, Precordillera, Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (12): 261-318, Buenos Aires.
- Azcuy, C. L. y Morelli, J. R., 1970. Geología de la Comarca Paganzo-Amaná. El Grupo Paganzo. Formaciones que lo componen y sus relaciones. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 25 (4): 405-429.
- Baldo, E. G., Saavedra, J. Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., Casquet, C. y Galindo, C., 1999. Síntesis geocronológica de la evolución paleozoica inferior del borde sur occidental de Gondwana en las Sierras Pampeanas, Argentina. Acta Geológica Hispana. Vol. 32 (1-2) pp. 17-28.
- Balod, M., Cámpora, A. y Colomé, J., 2000. Proyecto Potasio Río Colorado. Asociación Argentina de Geólogos Economistas. Revista N°12: 5-11.
- Barron, J. A., 1987. Diatoms. In: Fossil prokaryotes and protists (Ed. J. M. Lipps).
- Battaglia, A. A. C., 1950. Las arenas de Paso Paracao, departamento Diamante, provincia de Entre Ríos: su utilización en la industria del

- vidrio. Dirección Nacional de Minería (inédito) p.28.
- Battaglia, R. R., Sánchez, M. C., Esteban, J. y Salfity, J. A., 2001. Las facies evaporíticas en el salar de Pocito, Puna de Salta. VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 61-66.
- Becerra, A. A., 1887. Excursión hecha desde la cuesta de Acay a las cordilleras al poniente de Salta, con datos y detalles relativos a las instrucciones sobre borateras. Publicación Oficial. Imprenta El Nacional. 48p. Salta.
- Beninato, M. A., 1999. Salina del Bebedero, San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1939-1942, Buenos Aires.
- Beninato, M. A., 1999. Yacimientos de calizas de San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 297-302, Buenos Aires.
- Beninato, M. A., 1999. Yacimiento de arena silíceas, San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1873-1874, Buenos Aires.
- Bermúdez, S. L., 1963. Exploración de Mina Julia 4 en el Cerro Estrella, cumbre austral del Cordón de Cori, departamento Los Andes, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares, 50 p. Buenos Aires.
- Bertolini, J. C., 1995. Mapa Geológico de la provincia de Entre Ríos, República Argentina (1:500.000). Dirección Nacional del Servicio Geológico, Secretaría de Minería.
- Blasco, G. y Zappettini, E. O., 1996. Hoja Geológica 2566 – I San Antonio de Los Cobres. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Boletín N° 217, Buenos Aires.
- Bodenbender, G., 1903. Comunicaciones mineras y mineralógicas. Onix mármol de las provincias de San Luis y Mendoza. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 17: 359. Córdoba.
- Bonalumi, A., Sfragulla, J. y Jerez, D., 1999. Fluorita de las Sierras pampeanas de Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1015-1020, Buenos Aires.
- Bonalumi, A., Sfragulla, J. y Cortona, O., 1999. Manifestaciones albiticas de Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 551-556, Buenos Aires.
- Bonalumi, A., Sfragulla, J., Perez, D., Rubio, M., Guerreschi, A., Lopez, A. y Gozalvez, M., 2001a. Cuarzo en la provincia de Córdoba. Su calidad química, VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 89-95.
- Bonalumi, A., Sfragulla, J., Perez, D., Rubio, M., Guerreschi, A., Lopez, A. y Gozalvez, M., 2001b. Feldespato en la provincia de Córdoba. Su calidad química, VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 97-102.
- Bonalumi, A., Sfragulla, J., Perez, D., Rubio, M., Guerreschi, A., Lopez, A. y Gozalvez, M., 2001c. Potencial industrial de granitoides con alto contenido alcalino en la provincia de Córdoba, VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 103-109.
- Bonhomme, M. y Cingolani, C., 1980. Mineralogía y geocronología Rb-Sr y K-Ar de fracciones finas de la Formación La Tinta, Prov. de Buenos Aires. Revista Asociación Geológica Argentina, 35 (4): 519-530.
- Bordonaro, O., Beresi, M y Keller, M., 1993. Reinterpretación estratigráfica del Cámbrico del área de San Isidro, Precordillera de Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, Actas 2: 12-19.
- Bordonaro, O., 1999. Cámbrico y Ordovícico de la Precordillera y Bloque de San Rafael. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (8): 189-204, Buenos Aires.
- Bortolotti, P., 1999. Yacimiento de salmuera de El Timbó, Tucumán. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1927-1931, Buenos Aires.
- Bossi, G., 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del Valle de Choromoro. Acta Geológica Lilloana, 10 (2): 17-64.
- Breese, R. O. Y. and J. M. Barker, 1994. "Perlite". In: Industrial Mineral and Rock. 6th Edition Donald D. Carr Senior Editor. AIME, 735-741 pp.
- Brodtkorb, M. K. de, Ramos, V. y Ametrano, S., 1975. Los yacimientos estratoligados de celestina – baritina de la Formación Huitrín y su origen evaporítico. Provincia del Neuquen.

- Argentina. II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Actas II: 143-165, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M. K. de, Schalamuk, I., Barbieri, M., Ametrano, S., Fernández, R., Echeverry, R. y Aragón, E., 1985. Los yacimientos de baritina y celestina del Mesozoico de Mendoza y Neuquen, Argentina. 6° Congreso Geológico Chileno, Actas, 3: 156-183.
- Brodtkorb, M. K. de, Danieli, J. C., De Barrio, R. E., Del Blanco, M., Echeverry, R. O. y Schalamuk, I. B., 1994. Características geológicas y perspectivas económicas de los depósitos de baritina y celestina de la Cuenca Neuquina. Encuentro Internacional de Minería. Actas (I): 100-105, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M. K. de, De Barrio, R. E., Del Blanco, M. y Echeverry, R. O., 1999. Geología de los depósitos de baritina, celestina, yeso y halita de la Cuenca Neuquina, Neuquén y Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1041-1046, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M. K. de y Danieli, J. C., 1999. El depósito de baritina Arroyo Nuevo, Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1047-1049, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M. K. de, Danieli, J. C. y Casé, A. M., 1999. Depósitos de baritina y celestina vinculados a la formación Tábanos, Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1051-1055, Buenos Aires.
- Brodtkorb, A. y Brodtkorb, M. K. de, 1999. Distrito La Helvecia (plomo, cinc y bario), La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 691-696, Buenos Aires.
- Brodtkorb, A., 1999. La salina El Gualicho, Río Negro. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1963-1970, Buenos Aires.
- Bruna, M. A., 1991. Recursos calcáreos del Departamento Zapala. Calizas y Piedra Laja. Panorama Minero N° 160: 34-38.
- Bruna, M. A., 1999. Fichas de yacimientos de yeso de la provincia del Neuquen. Dirección Provincial de Minería del Neuquen. Inédito.
- Bulacio, Y., 1975. Estudio Geológico Canteras de Mármol ónix (cálculo de reservas). Partido de Rosario, departamento Pringles, provincia de San Luis. Dirección General de Minería. Carpeta, 450, inédito. San Luis.
- Busteros, A., Giacosa, R. y Lema, H., 1998. Hoja Geológica 4166-IV Sierra Grande, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 241, Buenos Aires.
- Caba, R. A. y Dalponte, M. R., 1999. Diatomitas del distrito de Ingeniero Jacobacci, Río Negro. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1391-1403, Buenos Aires.
- Caminos, R., 1983. Descripción Geológica de las Hojas 39g, Cerro Tapiluke y 39h, Chipauquil, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional. 41 pág. Buenos Aires, (inédito).
- Caminos, R., 1999. Hoja Geológica 4166-I Valcheta, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, Proyecto Minero Río Negro. Buenos Aires.
- Cangioli, G. H., 1971. Manifestaciones saliníferas de la provincia de La Pampa (Salinas Grandes). 1° Simposio Nacional de Geología Económica, Actas, 1:195-204.
- Cangioli, G. H., 1971. Manifestaciones saliníferas de la provincia de La Pampa. Salitral Negro – Salitral Colorado. 1° Simposio Nacional de Geología Económica, Actas, 1:205-212.
- Cardinali, A. L., 1999. Sulfatos de aluminio, magnesio y hierro, San Juan. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 733-735, Buenos Aires.
- Cardó, R. y G. Ayub, 1997. Exploración Geológica del Yacimiento de Ónix Santa Isabel, San Luis. Canteras Córdoba y Santa Isabel. SEGEMAR, delegación San Juan, setiembre de 1997.
- Carpio, F. W., 1999. Sulfatera General San Martín. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1943-1946, Buenos Aires.
- Carpio, F., Mallimacci, H., Rubinstein, N., Salvarredi, J., Fusari, C., Sepúlveda, E., Centeno, R., Rosas, M. y Vargas, D., 2001. Metalogenia del Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza, Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Buenos Aires, inédito.

- Carotti, M. A., 1999. Depósitos de azufre biogénico Los Petisos, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1127 - 1130, Buenos Aires.
- Carrizo, R. y Donnari, E. 2003. Potencial económico de zeolitas en el distrito Paganzo, La Rioja. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Informe inédito. Buenos Aires.
- Castillo, A. L., 1992. Depósitos de baritina en la región NOA, provincia de Salta y Jujuy, República Argentina. IV° Congreso Argentino de Geología Económica y I° Congreso Latinoamericano. Actas: 262-271. Córdoba.
- Castillo, A., Battaglia, R. y Argañaraz, P., 1994. Mineralizaciones en el Paleozoico inferior del sector nororiental de Cordillera Oriental, Rep. Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno, 5 (2): 761-765. Concepción.
- Castillo, A., Battaglia, R. y Moya, C., 1996. Depósitos minerales en los distritos Santa Victoria, Zenta e Iruya (Precámbrico-Paleozoico Inferior), Salta, Argentina. 7° Congreso Geológico de Bolivia, 3: 1241-1252.
- Castillo, A. L., 1999. Depósitos de baritina de la Cordillera Oriental, Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 499-503, Buenos Aires.
- Catalano, L., 1926. Geología de los yacimientos de boratos y materiales de las cuencas. Salar de Cauchari. Puna de Atacama. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación, 23, 110p. Buenos Aires.
- Catalano, L., 1964a. Cuenca de Diablillos. Secretaría de Minería, Serie Argentina, 2: 1-70, 28 láminas. Buenos Aires.
- Catalano, L., 1964b. Estudio geológico-económico del salar del Hombre Muerto. Secretaría de Minería, Serie Argentina, a: 1-133. Buenos Aires.
- Celeda, A y Mari, E., 1994. Arenas para la industria del vidrio. Características y procesos de purificación. Publicación técnica del Intemin, N° 1.
- C.F.I., 1981. Aprovechamiento minero de la provincia de La Pampa; Informe Final. Consejo Federal de Inversiones. Vol. (4): pp 378.
- Coira, B. L., 1979. Descripción Geológica de la Hoja 40d, Ingeniero Jacobacci. Escala 1:200.000. Secretaría de Estado de Minería. Servicio Geológico Nacional. Buenos Aires.
- Coira, B., 1985. Vulcanismo terciario al oeste de Somuncurá y su relación con el arco magmático de la Cordillera Nordpatagónica, Argentina. 4° Congreso Geológico Chileno.
- Coira, B. L., 1999. Potencialidad minera de sistemas megacaldéricos miocenos en Puna Norte. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1557-1567, Buenos Aires.
- Coniglio, E., 1992. Los yacimientos de fluorita en el batolito Cerro Áspero-Alpa Corral. Sierra de Comechingones, Córdoba, Argentina. 4° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas, 281-283.
- Coniglio, J., Perez Xavier, R, Pinotti, L. y D'Eramo, F., 1999. Evolución hidrotermal del yacimiento de fluorita Los Cerros Negros, Córdoba, Argentina: evidencias de inclusiones fluidas y elementos tierras raras. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas I: 115. Salta.
- Conte Grand, A., 1989. Estudio geológico económico de las canteras de travertino de El Salado. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de San Juan, 91p. (inédito), San Juan.
- Cordini, I. R., 1949. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. Dirección General de Industria Minera, Anales II (87). Buenos Aires.
- Cordini, I. R., 1965. Los depósitos diatomíferos de Argentina. Instituto Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires.
- Cordini, I. R., 1967. Reservas Salinas de Argentina. Secretaría de Estado de Energía y Minería, Anales, 13, 106 páginas.
- Costa, C. H., 1992. Neotectónica del Sur de la Sierra de San Luis. Universidad Nacional de San Luis, tesis doctoral, inédito.
- Costa, C., Gardini, C., Ortiz Suárez, A., Chiesa, J., Ojeda, G., Rivarola, D., Strasser, E., Morla, P., Ulacco, J., Tognelli, G., Carugno Durán, A., Vinciguerra, H. y Sales, D., 2002. Hoja Geológica 3166-I San Francisco del Monte de Oro. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Buenos Aires.
- Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., 1986, Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, 379 p.
- Cuchi, R., 1998. Hoja Geológica 4169-I, Piedra del Águila. Provincias del Neuquén y Río Negro. Instituto de Geología y Recursos

- Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 242, 74 p. Buenos Aires.
- Cuchi, R., Busteros, A. y Lema, H., 2001. Hoja Geológica 4169-II, Los Menucos. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 265, 67 p. Buenos Aires.
- Cuerda, A. J., 1963. La mina de baritina Don Manuel. *Revista Minería*, 7: 27-29.
- Cuerda, A., Cingolani, C., Lavandaio, E., Arrondo, O. y Morel, E., 1988. Investigaciones estratigráficas en el Grupo Villavicencio, Canota, provincia de Mendoza. *Revista Asociación Geológica Argentina* 43(3): 356-365.
- Cuomo, J. R., 1949. Exploración Mina Julia (2^{da} Campaña). Industrias Químicas Nacionales S. M., departamento Los Andes, provincia de Salta. 42 pag. Salta.
- Cravero, M. F. y Domínguez, E., 1992. Origin of kaolin deposits. Baqueró Formation (Lower Cretaceous). Santa Cruz Province, Patagonia. Argentina. *Journal of South American Earth Science*, 6 (4): 223-235.
- Criado Roque, P., Mombro, C. A. y Moreno, J., 1981. Sedimentitas mesozoicas. VIII^o Congreso Geológico Argentino. En: *Geología y Recursos Minerales de San Luis*, Relatorio: 79-96.
- Czerný, P., 1991. Rare-Element Granitic Pegmatites. Part II: Regional to Global Environments and Petrogenesis. *Geoscience Canada*, 18 (2): 49-67.
- Dalponte, M., Espejo, P. y Sotorres, S., 2002. Carta de Minerales Industriales, Rocas y Gemas 3766-III, La Reforma, provincia de La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 1 Serie Cartas de Minerales Industriales Rocas y Gemas. Buenos Aires.
- D'Aloia, M., 1959. Las calizas y calcáreos de Córdoba. Dirección Provincial de Minería, Córdoba.
- Dangavs, N. V., 2001. El depósito de yeso del arroyo Poronguitos, General Belgrano, Buenos Aires. VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 73-77.
- Dangavs, N. V. y Blasi, A. M., 2002. Los depósitos de yeso intrasedimentarios del arroyo El Siasgo, partidos de Monte y General Paz, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57 (3): 315-327.
- Danieli, J. C., 1997. Recursos Minerales. En *Geología y Recursos Minerales del Departamento Zapala*, Escala 1:200.000, boletín N° 2, Secretaría de Estado de Producción y Turismo – Provincia de Neuquen.
- Deer, W. A., R. A. Howie and J. Zussman, 1996. An introduction to the rock-forming minerals (2nd Ed.). Longman, England.
- De Barrio, R. E., 1999. Los depósitos de celestina (baritina) relacionado a la Formación Huitrín, Neuquén y Mendoza. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1095-1102, Buenos Aires.
- De Barrio, R. E., Panza, J. L. y Nullo, F. E., 1999. Jurásico y Cretácico del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (17): 511-527, Buenos Aires.
- De La Mota, C. R., 1963. Mina de fluorita Liana. Consideraciones geológicas sobre génesis y estructura. Dirección General de Minería de Mendoza, inédito.
- Del Blanco, M. A. y Schalamuk, I. B., 1992. Características geoquímicas y económicas de las salinas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. IV^o Congreso Argentino de Geología Económica y I^o Congreso Latinoamericano. Actas: 293-304. Córdoba.
- Del Blanco, M. A. y M. Barbieri, 1999. Depósitos de baritina y celestina, relacionados a las formaciones La Manga y Auquilco, Mendoza y Neuquén. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1057-1069, Buenos Aires.
- Del Río, C. J., 2000. Malacofauna de las Formaciones Paraná y Puerto Madryn (Mioceno marino, Argentina): su origen, composición y significado bioestratigráfico. En: Aceñolaza F. G. y Herbst, R (eds), *El Neógeno de Argentina*. *Correlación Geológica* 14: 77-101.
- Di Marco, A., 2003. Metalogénesis de los depósitos de cobre-hierro y otros elementos metálicos asociados en anfibolitas de las fajas central y oriental del centro sur de las sierras de Córdoba. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 214 p. (Inédito).
- Digregorio, J. H., 1972. Neuquén. I Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. 439-505. Córdoba.

- Dirección General de Minería de Mendoza, 1972. Estudio general de materias primas de la provincia de Mendoza para la instalación de una planta de carbonato de sodio. Informe inédito, 1-200 p.
- Dirección Nacional de Economía Minera y Desarrollo. 1997. Algunos minerales no metalíferos de rendimiento económico de la República Argentina. Dirección Nacional de Minería (inédito), Buenos Aires.
- Domínguez, E. y Maiza, P., 1984. Yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación. En Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, IX Congreso Geológico Argentino – Relatorio III (3): 611-627.
- Domínguez, E. y Cravero, F., 1999. Los recursos de caolín en Chubut y Santa Cruz. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1265-1272, Buenos Aires.
- Domínguez, E. y Schalamuk, I. B., 1999. Recursos minerales de las Sierras Septentrionales, Buenos Aires. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 183-190, Buenos Aires.
- Domínguez, E. y Silletta, A., 2002. Los elementos traza, las tierras raras e isótopos en la determinación de la génesis de caolinita: el caso del yacimiento Loma del Piojo, provincia de Buenos Aires, Argentina. XI Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas: 127-134. Buenos Aires.
- Dristas, J. A. y Frisciale, M. C., 1984. Estudio de los yacimientos de arcilla del Cerro Reconquista, San Manuel, Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. IX Congreso Geológico Argentino, Actas (V): 507-521. Bariloche.
- Ericksen, G. E., 1993. Upper Tertiary and Quaternary continental saline deposits in the central Andean region, in Kirkham, R. V., Sinclair, W. D., Thorpe, R. I. and Duke, J. M., eds, Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada, Special Paper 40, p. 89-102.
- Escayola, M. P., 1997. Evolución metamórfica de la secuencia ofiolítica de la faja ultramáfica occidental de las Sierras Pampeanas de Córdoba entre los 31° 50' y 32° 30' de latitud sur, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52 (3): 322-332.
- Espejo, P., 1999. Calizas y dolomías del departamento Valcheta, Río Negro. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1407-1419, Buenos Aires.
- Estévez, N., 1988. Artículo periodístico “Estévez informó sobre la compra de yacimientos de mármol ónix”. El Puntal, San Luis, 26 de febrero, pág. 2.
- Etcheverry, R. O., 1999. Depósitos de yeso y halita jurásico-cretácicos, Mendoza y Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1091-1093, Buenos Aires.
- Etcheverry, R. O. y Brodtkorb, M. K. de, 1999. El distrito barítico de Canota, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 729-732, Buenos Aires.
- Fallet, J. A. y Zanoni, E., 1999. Yacimientos de talco de Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 715-720, Buenos Aires.
- Fernández Lima, J. C., 1962. Informe sobre la mina de talco de la quebrada Aguada del Gato. Depto. Angaco – San Juan. Dir. Nac. Geol. y Min. Inf. Téc. N°14, Buenos Aires.
- Fidalgo, F., 1999. Cuaternario de la provincia de Buenos Aires. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (23): 700-702, Buenos Aires.
- Fidalgo, F., Tonni, E., Porro, N. y Laza, H., 1987. Geología de la Laguna Chasicó (P. de Villarino, Bs. As.) y aspectos bioestratigráficos relacionados. Asociación Geológica Argentina, Revista, 42 (3-4): 407-416.
- Flores, M. A., 1979. Cuenca de San Luis. En: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina (Ed: J. C. Turner), Academia Nacional de Ciencias, Córdoba; p. 745-761.
- Frenguelli, J., 1920. Contribución al conocimiento de la Geología de Entre Ríos. Academia Nacional de ciencias (Córdoba), Boletín 24, Entregas 1 y 2.
- Frigerio, M., Giusano, A. y Herrmann, C. J., 2003. Potasio en Neuquén. Evaluación del recurso en el Área de Exclusividad Provincial. Subsecretaría de Energía y Minería de la

- provincia de Neuquén – SEGEMAR, inédito (p. 45). Neuquén.
- Furqué, G y Caballé, M., 1986. Descripción geológica de la Hoja 20b – Calingasta, provincia de San Juan. Biblioteca SEGEMAR, inédito. Buenos Aires.
- Furqué, G., González, P. y Caballé, M., 1999. Hoja Geológica 3169-II, San José de Jachal. Provincia de San Juan. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 259. Buenos Aires.
- Fusari, C., 1983. Programa Rocas Ultrabásicas, Sector Tupungato Norte, provincia de Mendoza. CEM, SSM, inédito, Mendoza.
- Fusari, C., 1985. Magnesita de Tupungato, Cuerpo N°1 y N°7. CEM, SSM, inédito, Mendoza.
- Fusari, C., 1999a. Vermiculita de mina Don Alberto, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 839-841, Buenos Aires.
- Fusari, C., 1999b. Magnesita de Cordillera Frontal, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 173-179, Buenos Aires.
- Gabriele, N. A., 1992. Sales de potasio de la formación Huitrín (Cretácico inferior), provincias de Mendoza y Neuquén. Asociación Geológica Argentina, Revista, 47 (3): 305-316.
- Gabriele, N. A., 1999. Manifestaciones de azufre biogénico en Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1131 – 1133, Buenos Aires.
- Gabriele, N. A., 1999. Cuenca potásica Huitriniana, Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1083 – 1089, Buenos Aires.
- Galindo, C., Baldo, E., Pankhurst, R., Casquet, C., Rapela, C. y Saavedra, J., 1996. Edad y origen de la fluorita del yacimiento de La Nueva (Cabalango, Córdoba, Argentina) en base a geoquímica de isótopos radiogénicos (Nd y Sr). Geogaceta, 19: 67-69. España.
- Galindo, C., Pankhurst, R. J., Casquet, C., Coniglio, J., Baldo, E. y Rapela C. W., 1996. Two fluorite lodes located in the Achala Batholith and the Cerro Asoero Batholith (Sierras Pampeanas, Córdoba, Argentina) based on Nd- and Sr- isotope gechemistry. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Aeyas V: 331.
- Gallagher, M. J. y Jutorán, A., 1971. Geología de las pegmatitas El Criollo y El Gaucho, departamento de Punilla, provincia de Córdoba. 1° Simposio Nacional de Geología Económica, Actas, 1:213-226.
- Galliski, M. A., 1994a. La Provincia Pegmatítica Pampeana. I: Tipología y distribución de sus distritos económicos. Asociación Geológica Argentina, Revista, 49 (1-2): 99-112.
- Galliski, M. A., 1994b. La Provincia Pegmatítica Pampeana. II: Metalogénesis de sus distritos económicos. Asociación Geológica Argentina, Revista, 49 (1-2): 113-122.
- Galliski, M. A., Perino, E., Gásquez, J., Márquez Zabalía, M. F. y Olsina, R., 1997. Geoquímica de feldespatos potásicos y muscovitas como guía de exploración de pegmatitas graníticas de las Sierras Pampeanas. Asociación Geológica Argentina, Revista, 52 (1): 24-32.
- Galliski, M y Linares, E., 1999. New K-Ar muscovite ages from granitic pegmatites of the Pampean Pegmatite Province. 2° Simposio Sudamericano de Geología Isotópica. SEGEMAR, Anales 34: 63-68.
- Galliski, M., 1999a. Distrito pegmatítico El Quemado, Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 347-350, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999b. Distrito pegmatítico Sierra Brava, La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 351-352, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999c. Distrito pegmatítico Valle Fértil, San Juan. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 353-355, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999d. Mina Las Tapias y otras pegmatitas del distrito Altautina, Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 357-360, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999e. Distrito pegmatítico Comechingones, Córdoba. En: Recursos

- Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 361-364, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999f. Distrito pegmatítico Alta Gracia, Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 401-403, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999g. Distrito pegmatítico Punilla, Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 547-550, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999h. Distrito pegmatítico Conlara, San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 365-368, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999i. Distrito pegmatítico La Estanzuela, San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 405-409, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999j. Distrito pegmatítico Totoral, San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 411-414, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999k. Distritos pegmatíticos Ambato y Quilmes, Catamarca y Tucumán. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 389-392, Buenos Aires.
- Galliski, M., 1999m. Distritos pegmatíticos Ancasti, Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 393-396, Buenos Aires.
- G.A.M.A. (Grupo Asesor Minero Alemán), 1972. Establecimiento azufrero de Salta. Argentina. Dirección General de Fabricaciones Militares. Tomo 1 a Tomo 10. Buenos Aires.
- Gamundi, C. E. y Martensen, J. C., 1999. Yacimientos de yeso de Tucumán. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1761-1767, Buenos Aires.
- García, H., 1965. Informe sobre las minas Santa Cruz (manganeso), Liana, Elsiren y Potosí, La Esperanza, Magdalena, Irma y Mirú. Servicio Minero, Instituto Nacional de Geología y Minería, Carpeta 034, inédito.
- Gay, H. y Hillar, N., 1972. Howlita del cerro Codo de Agua, Jujuy. Asociación Geológica de Córdoba, Boletín. 1: 130-132. Córdoba.
- Gillot, J. E., 1968. Clay in engineering geology. Elsevier Publishing Company, New York (p. 296).
- Godeas, M., Cardó, R., Carrizo, R., Cruz Zulueta, G., González (h), R., Korzeniewski, L., López, H., Mallimacci, H., Martínez, L., Ramallo, E., Valladares, H. y Zubia, M., 1999. Inventario de yacimientos y manifestaciones de minerales metalíferos e industriales de la República Argentina. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1979-2172, Buenos Aires.
- González, O. E., Viruel, M. E., Mon, R. y Tchilinguirian, P., 2000. Hoja Geológica 2766-II, San Miguel de Tucumán. Provincias de Tucumán. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 245, 124 p. Buenos Aires
- González Chiozza, S. y Mutti, D., 2002. Depósitos mesotermales y zonación del Distrito Minero Cerro Áspero, Sierras Pampeanas de Córdoba. XV Congreso Geológico Argentino, Actas. Calafate.
- González Díaz, E. F., 1972. Descripción Geológica de la hoja 30e Agua Escondida (provincia de Mendoza y La Pampa). Servicio Nacional de Minería y Geología, 135. Buenos Aires.
- Guerrero, M. A., Lavandaio, E. y Marcos, O. 1993. Mapa Geológico de la provincia de La Rioja (1:500.000). Dirección Nacional del Servicio Geológico, Secretaría de Minería.
- Guida, N. G. y González, M. A., 1984. Evidencias paleoestuarías en el sudeste de Entre Ríos, su evolución con niveles marinos relativamente elevados del Pleistoceno superior y Holoceno. . 9º Congreso Geológico Argentino, Actas, 3:577-594.
- Haller, M. J. y Ramos V. A., 1993. Las ofiolitas y otras rocas afines. XIIº Congreso Geológico Argentino y IIº Congreso de Exploración de Hidrocarburos. En: Geología y Recursos

- Minerales de Mendoza (Ed: V. A. Ramos), Relatorio I (4): 31-39.
- Hayase, K. y col., 1970a. Informe sobre las minas de caolín del área sudeste de Los Menucos, provincia de Río Negro. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geología.
- Hayase, K. y col., 1970b. Informe acerca del estudio de las minas de caolín en el área sudoeste de Los Menucos (minas "Adelita", "Fortuna" y otras), provincia de Río Negro. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geología.
- Hayase, K. y col., 1971. Informe sobre las minas de caolín del área Aguada de Guerra, provincia de Río Negro. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geología.
- Hayase, K. y Manera, T., 1973. A statistical analysis of experimental data on filling temperatures of fluid inclusions in fluorite from fluorite edeposits of Patagonia, Argentina. *Mining Geology*, 23: 1-12, Japan.
- Helmut, K., 1980. Mineralogía aplicada. Ed. Universitaria de Buenos Aires, Argentina (p. 284).
- Herrera, A., 1958. Estructura interna de las pegmatitas micacíferas de Valle Fértil, San Juan. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, *Contribución Científica*, 2 (1):5-29.
- Herrera, A., 1961. Estructura interna de las pegmatitas micacíferas de Alta Gracia. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 26 (1-2): 15-34.
- Herrero, J. C. y Donnari, E., 1997. Recursos minerales, Hoja Geológica 3969 – III Picún Leufú. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, *Boletín* N° 218: 101-106, Buenos Aires.
- Herrmann, C. J. y Menoyo, E., 1999. Yacimientos de calizas y dolomías de la Precordillera, San Juan y Mendoza. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, *Anales* 35: 697-712, Buenos Aires.
- Herrmann, C. J., 2003. Sitios aptos para la extracción de yeso en Piedras Blancas, Entre Ríos. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, informe Inédito. Buenos Aires.
- Hodgson, J. C., 1987. Uses (and abuses) of ore deposit models in mineral exploration. *Geoscience Canada Reprint Series* 6.
- Hulburt, C. S., 1980. Manual de mineralogía de Dana (2ª ed.). Ed. Reverté S.A.. Barcelona, España (p)653.
- Hurlburt, C.Jr y Klein, C., 1991. Manual de mineralogía de Dana (3ª ed.). Ed. Reverté S.A. Barcelona, España (p)564.
- Igarzábal, A., 1984. Origen y evolución morfológica de las cuencas evaporíticas cuaternarias de la Puna argentina. *Actas 9º Congreso Geológico Argentino*, 3: 595-607.
- Igarzábal, A., 1999. Cuaternario de la Puna. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR. *Anales* 29 (23): 683-687, Buenos Aires.
- Impiccini, A. y Vallés, J. M., 2002. Los depósitos de bentonita de Barda Negra y cerro Bandera, departamento Zapala, provincia del Neuquén, Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 57 (3): 305-314.
- Informe Provincia de Neuquén, 2001. Potasio. Recopilación, Neuquén, Argentina. Dirección provincial de Minería, inédito. Neuquén.
- Ingeniería Consultora S. A., 1974. Consejo Federal de Inversiones, planta regional de tratamiento y beneficio de minerales, provincia de Mendoza. Dirección General de Minería de Mendoza.
- INTEMIN, 2001. Talco y diatomitas; IV Jornadas de Minerales Industriales, Buenos Aires.
- Iñiguez, A. M., 1999. La cobertura sedimentaria de Tandilia. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, *Anales* 29 (4): 101-106, Buenos Aires.
- Iriondo, M., 1980. Esquema evolutivo del delta del río Paraná durante el Holoceno. *Simp. Prob. Geol. Litoral Atlántico Bonaerense*. CIC, Mar del Plata.
- Iriondo, M., H., 1999. El Cuaternario del Chaco y Litoral. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, *Anales* 29 (23): 696-699, Buenos Aires.
- Isacks, B., 1988. Uplift of the Central Andean plateau and bending of the Bolivian orocline. *J. Geophys. Res.*, 93: 3211-3231.
- Jordan, T. y Alonso, R. N., 1987a. Cenozoic stratigraphy and Basin Tectonics of the Andes Mountain, 20-28 South Latitude. *American Association of Petroleum Geologist*, 71 (1): 49-64. Tulsa

- Jordan, T. E. y Alonso, R. N., 1987b. Geología de los Andes Centrales. Comunicación, Sept./Oct., 16-32. YPF. Buenos Aires.
- Jurado Marrón, H., 1978. Canteras "Inca", "Mónica" y "Laurita" de mármol ónix, pcia. de Catamarca. Dir. Prov. de Geol. y Min. de Catamarca. Informe inédito.
- Jurado Marrón, I., 1980. Informe tercero del plan de estudio geológico-minero de yacimientos de mica. Dirección Provincial de Minería de Catamarca. Informe inédito.
- Jutorán, A., 1970. Preliminary report of fluorite in the zone of Co. Chus-Chus, departament Gral. Sarmiento, province of La Rioja, Argentina. Estimation of additional fluorite reserves in the Co. Chus-Chus. Informe privado, inédito.
- Keller, M. y Bordonaro, O., 1993. Arrecifes de estromatopóridos en el Ordovícico inferior del Oeste argentino y sus implicaciones paleogeográficas. Revista Española de Paleontología 8 (2): 165-169.
- Kittl, E., 1932. El Yacimiento de Mármol Verde de la Cantera Santa Isabel, (provincia de San Luis). Museo Nacional de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Anales, 37 (12): 171-192.
- Kittl, E., 1936. Estudio Geológico de la Provincia de San Luis, especialmente sobre los volcanes Terciarios. Museo Nacional de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Anales, 38 (27): 349-404.
- Klockmann, F. y Ramdohr, P., 1947. Tratado de mineralogía. 12^a ed. Editorial Gustavo Gili S. A., Barcelona, España.
- Knepper, D. H. (Jr.), Langer, W. H. and Miller, S. H., 1994. Remote sensing and airborne geophysics in the assessment of natural aggregate resources. U. S. Geological Survey, Open-file report 94-158, 69p.
- Kokogian D. A., Spalletti L., Morel E., Artabe A., Martínez R. N., Alcober O. A., Milana J. P., Zavattieri A. M. y Papú O. H., 1999. Los depósitos continentales triásicos. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (15): 377-398, Buenos Aires.
- Kraemer, P., Escayola, M. P. y Martino, R., 1995. Hipótesis sobre la evolución tectónica Neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 50 (1-4): 47-59.
- Lacreu, H. L., 1981. Cantera Santa Isabel. En: M. K. Brodtkorb y A. Brodtkorb (Eds) Guía de viaje precongreso. 8° Congreso Geológico Argentino.
- Lacreu, H. L., 1982. Descubrimiento de nuevas reservas de ónix en la cantera Santa Isabel. Panorama Minero, 61: 18-23.
- Lacreu, H. L., 1989. Geología de los yacimientos de ónice calcáreo en la región austral del salar de Arizaro, Puna argentina. AMPS 20 (1/4): 21-32.
- Lacreu, H. L., 1992. El ónice calcáreo de la cantera Brach, departamento Los Andes, provincia de Salta. IV° Congreso Argentino de Geología Económica y I° Congreso Latinoamericano. Actas: 428-437. Córdoba.
- Lacreu, H. L., 1993. Génesis de los carbonatos del yacimiento Santa Isabel, departamento Coronel Pringles, provincia de San Luis. Universidad Nacional del Sur, tesis doctoral, inédito.
- Lacreu, H. L., 1996. Analogías Geológicas y Geoquímicas entre Yacimientos de Onices Calcáreos Argentinos. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas, 3: 375-386.
- Lacreu, H. L., 1997. Litogenia Carbonática Plioholocénica Argentina. Actas 8° Congreso Geológico Chileno. Vol 2 (5): 1028-1032.
- Lacreu, H. L., 1999. Los yacimientos de ónice calcáreos (ónix) de San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1695-1703, Buenos Aires.
- Lavandaio, E., 1993. Minerales no metalíferos y rocas de aplicación. XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. En: Geología y Recursos Minerales de Mendoza (Ed. V. A. Ramos), Relatorio IV (2): 505-515.
- Leanza, H. and Zeiss, A., 1990. Upper Jurassic lithographic limestones from Argentina (Neuquén basin): stratigraphy and fossils. Facies 22: 169-186. Erlagen-Baviera, Alemania Federal.
- Leanza, H. A. y C. A. Hugo, 1997. Hoja Geológica 3969 – III Picún Leufú. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Boletín N° 218, Buenos Aires.
- Legarreta, L. y Gulisano, C., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). En: G. Chebli y L. Spalletti (Eds). Cuencas Sedimentarias Argentinas, pp. 221-243.
- Legarreta, L. y Uliana, M. A., 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y La Cuenca Neuquina. Facies sedimentarias. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales

- SEGEMAR, Anales 29 (16): 399-432, Buenos Aires.
- Linares, E. y C. Latorre, 1969. Edades potasio-argón y plomo-alfa de rocas graníticas de la provincia de Córdoba y San Luis. 4° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas, 2:195-204.
- Linares, E., Llambías, E. y Latorre, C., 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 35 (1): 87-146.
- Lira, R., 1985. Tipología y evolución de rocas graníticas en su relación con el hem ciclo endógeno de la geoquímica del uranio. Aspectos metalogenéticos. Sector septentrional del Batolito de Achala. Provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, inédita.
- Lira, R., Gómez, G. M., Ripley, E. M. y Johnson, T. W., 1999. Regional occurrence of meteoric water alteration-mineralization systems in Devonian-Carboniferous granitoids of the eastern Sierras Pampeanas of Central Argentina, 2° Simposio Latinoamericano de Geología Isotópica: Carlos Paz, Actas, p. 474-480.
- Llambías, E. J., 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior – Triásico. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (14): 349-376, Buenos Aires.
- Llambías, E. J., Caminos, R. y Rapela, C. W., 1984. Las plutonitas y volcanitas del Ciclo eruptivo Gondwánico. In Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, IX Congreso Geológico Argentino – Relatorio I (4): 85-117.
- Llambías, E. J., Kleiman, L. E. y Salvarredi, J. A., 1993. El magmatismo gondwánico. XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. En: Geología y Recursos Minerales de Mendoza (Ed: V. A. Ramos), Relatorio I: 53-64.
- Lombardero, M., 1999. II Curso de caracterización de rocas industriales y ornamentales en la cartografía geológica. Proyecto Pasma, asistencia técnica para el desarrollo del sector minero argentino.
- López Gamundí, O., 1994. Facies distribution in an asymmetric half graben: the northern Cuyo Basin (Triassic), Western Argentina. 14th International Sedimentological Congress, Abstracts S1: 6-7. Recife.
- Lurgo Mayón, C. S., 1999. Azufre vulcanogénico de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1613-1625, Buenos Aires.
- Lurgo Mayón, C. S., 1999b. Manifestaciones de azufre del cerro Jagüelito, San Juan. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1685, Buenos Aires.
- Lurgo Mayón, C. S., 1999c. Manifestaciones de azufre de la Cordillera Principal, Mendoza y Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1835-1837, Buenos Aires.
- Madrid, J., 1988. Evaluación de las reservas de los principales yacimientos de fluorita de la provincia de Mendoza. Dirección General de Minería de Mendoza, inédito.
- Maiza, P. J. y Hayase, K., 1975. Los yacimientos de caolín de la Patagonia, República Argentina. II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Actas II: 365-381, Buenos Aires.
- Maiza, P. J. y Grecco, L. E., 1984. Presencia de magnesita en el área de Mina Salamanca, provincia de Mendoza. Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, revista 15 (1-2): 3-8. Buenos Aires
- Maldonado Baumann, F., 1953. Informe relativo a la visita hecha a la mina y planta de azufre "La Betty", S.R.L. en el departamento de Susques, Provincia de Jujuy. Servicio Nacional Minero Geológico, Subsecretaría de Minería, informe inédito. Buenos Aires.
- Mallinacci, H. S., 1999. Yacimientos de fluorita del Bloque de San Rafael, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 881-892, Buenos Aires.
- Malvicini, L. y Llambías, E., 1974. Geología y génesis del depósito de manganeso Arroyo Verde, provincia del Chubut. Actas V Congreso Geológico Argentino, (2): 185-202, Buenos Aires.
- Malvicini, L. y Vallés, J. M., 1984. Metalogénesis. In Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, IX Congreso Geológico Argentino – Relatorio III (5): 649-662.

- Malvicini, L. y Delpino, D., 1989. Metalogénesis de los complejos riolíticos de la provincia geológica sanrafaelino pampeana y la comarca Nordpatagónica Argentina. *Correlación Geológica* 3: 68-82.
- Marcos, O. R., 1999. Depósitos salinos de La Rioja. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1933-1937, Buenos Aires.
- Marcos, O. R., 1999. Yacimientos de yeso de La Rioja. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1769-1771, Buenos Aires.
- Marengo, H. G., 2000. Rasgos micropaleontológicos de los depósitos de la transgresión Enterriense-Paranense en la cuenca Chaco-Paranense y Noroeste Argentino. En: Aceñolaza F. G. y Herbst, R (eds), *El Neógeno de Argentina*. *Correlación Geológica* 14: 29-45.
- Martínez, H., Nández, C., Lizuain, A., Dalmolín, C. y Turel, A., 2001. Hoja Geológica 4166-II, San Antonio Oeste. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 254, 32 p. Buenos Aires.
- Mas, G. R., Bengochea, A. L. y Maiza, P.J., 1981. Análisis termométrico-estadístico de los yacimientos de baritina-fluorita Tacurú y Bari, Los Menucos, provincia de Río Negro. 7º Congreso Geológico Argentino (San Luis), Actas, 4: 273-284.
- Méndez, V., Zanettini, J. C. y Zappettini, E. O., 1995. Geología y metalogénesis del Orogeno Andino Central. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales, 3.
- Méndez, V. y Reinoso, M., 2001. Acerca del concepto de metalotecto. VII Congreso Argentino de Geología Económica (Salta), Actas, 1: 3-7.
- Menoyo, E. A. y Brodtkorb, A., 1975. Fluorita y siderurgia en Argentina. II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, 3: 235-258.
- Mon, R. y Urdaneta, A., 1972. Estudio geológico de las Sierras del Campo y La Ramada, provincia de Tucumán. *Acta Geológica Lilloana*, 11 (15): 291-306.
- Mutti, D. I., 1997. La secuencia ofiolítica basal desmembrada de las sierras de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52 (3): 275-285.
- Navarro, H., 1983. Geología estructural y económica de Mina Achalay Norte – departamento Picunches – provincia de Neuquen. IIº Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 285-300.
- Nullo, F. E., Sepúlveda, G. y Uliana, M. A., 1984. Las sedimentitas terciarias. IXº Congreso Geológico Argentino (S. C. de Bariloche), Relatorio: 215-266. Buenos Aires.
- Olivieri, J. C., Juárez, M. y Zakalik, B., 1964. Estudio geológico-económico preliminar de yacimientos de fluorita de la provincia de San Juan, Mendoza, San Luis y Córdoba. Departamento Minería, Universidad Nacional de Cuyo, San Juan.
- Page, R., Ardolino, A., De Barrio, R. E., Franchi, M., Lizuain, A., Page, S. y Silva Nieto, D., 1999. Estratigrafía del Jurásico y Cretácico del Macizo de Somún Curá, provincia de Río Negro y Chubut. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (17): 460-488, Buenos Aires.
- Panorama Minero, 1992. Geografía de los Minerales Industriales de la República Argentina. Edición especial.
- Panorama Minero, 2000. Compendio de las industrias de base mineral y de la minería argentina. Edición especial: 202-220.
- Panza, J. L., Zubia, M., Genini, A. y Jones, M., 1994. Hoja geológica 4969-II – Tres Cerros, provincia de Santa Cruz. Secretaria de Minería de la Nación, *Boletín* 211. Buenos Aires.
- Paredes, E., 1991. Control estructural de las mineralizaciones de fluorita en el sector Centro Oriental del batolito de Achala. *Jorn. Cient. FCEFQN. UNRC. G-P84. Río Cuarto*.
- Pasquín, C. L., 1962. *Carpeta Técnica 1093 : Minas Pirucha, Don Manuel, Ramoncito y María Isabel*. Banco Nacional de Desarrollo. Informe Inédito.
- Pérsio de Souza Santos, 2001. Industrial clays of Brazil: a review. 12th International Clay Conference, Bahía Blanca, Argentina.
- Perucca, J. C., 1999. Arcillas terciarias de San Juan. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1379-1383, Buenos Aires.
- Perucca, J. C., 1999. El yacimiento de arcilla Talacasto, San Juan. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 727-728, Buenos Aires.

- Perucca, J. y Asociados SRL. (ingenieros consultores), 1972. Las micas de Valle Fértil. Factibilidad de su explotación. Departamento Provincial de Minería de San Juan. Inédito.
- Petrelli, H. A., 1998. Estudio de mercado: feldespato de las provincias de Córdoba y San Luis. Dirección de Evaluación Minera, SEGEMAR (inédito) pp 36.
- Pettinari, G., Giusano, A. y Ludueña, D., 1999. Arcillas rojas del Grupo Neuquén, Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1103-1112, Buenos Aires.
- Pontoriero, S., 1993. Estudio geológico económico de las canteras de travertino San José y María Elena, La Laja, Albardón-San Juan. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de San Juan, 106 p. (inédito), San Juan.
- Porto, J. C. y Danieli, C., 1974. Geología del sector noroeste de Trancas (provincia de Tucumán). Acta Geológica Lilloana, 12 (12): 189-230.
- Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, 1999. Normativa para la Cartografía de Minerales Industriales, Rocas y Gemas. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino
- Prozzi, C. y J. Kröger, 1973. Informe sobre las manifestaciones diatomíferas de Ingeniero Jacobacci, provincia de Río Negro. Primera etapa. Universidad Nacional del sur. Bahía Blanca.
- Quartino, B., Zardini, R. y Llorente, R., 1971. Estudio geológico económico de los yacimientos de perlita Taurus y Anfitrite, Salar de Pocitos, Provincia de Salta. 1^{er} Simposio Nacional de Geología Económica, Actas, 2:337-350.
- Ragona, D., Anselmi, G., González, P. y Vujovich, G., 1995. Mapa Geológico de la provincia de San Juan (1:500.000). Dirección Nacional del Servicio Geológico, Secretaría de Minería.
- Ramallo, E., 1999. Los depósitos de perlititas de Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1747-1748, Buenos Aires.
- Ramos, V. A. y Cortés, J. M., 1984. Estructura e interpretación tectónica. In Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, IX Congreso Geológico Argentino – Relatorio I (12): 317-346.
- Ramos, V. A., Munizaga, F. y Kay, S. M., 1991. El magmatismo Cenozoico a los 33°S de latitud: geocronología y relaciones tectónicas. 6° Congreso Geológico Chileno, Resúmenes expandidos: 892-896.
- Ramos, V., 1995. Evolución tectónica del segmento de subducción horizontal de los Andes Centrales (27°-34° S) y su control en las manifestaciones auríferas epitermales, en Actas 5^{to} Congreso Nacional de Geología Económica: 82-94, San Juan.
- Ramos, V. A., 1999. Los depósitos sinorogénicos terciarios de la región andina. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (22): 651-682, Buenos Aires.
- Ramos, V. A., 1999. Evolución tectónica de la Argentina. En: Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (24): 715-759, Buenos Aires.
- Ramos, V. A., 1999. Ciclos orogénicos y evolución tectónica. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 29-49, Buenos Aires.
- Rapela, C. W., Heaman, L. M. y Mc Nutt, R. H., 1982. Rb-Sr geochronology of granitoid rocks from the Pampean Ranges, Argentine. Journal of Geology, 90: 574-582.
- Rapela, C. W., Tosselli, A. J., Heaman, L. y Saavedra, J., 1990. Granite plutonism of the Sierras Pampeanas: An inner Cordilleran Paleozoic arc in the southern Andes. En: Kay, S. M. y Rapela, C. W. (Eds): Plutonism from Antarctica to Alaska, pp. 77-90. Geological Society of America Special Paper 241, Boulder, Colorado.
- Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J., Galindo, C. y Fanning, C. M., 1998. The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. In: Pankhurst, R. J. & Rapela, C. W. (eds) The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geological Society, London, Special Publications, 142, 181-217.
- Rapela, C. W., Coira, B., Tosselli, A. J. y Llambías, E. J., 1999. Sistema famatiniano de las Sierras Pampeanas y magmatismo eopaleozoico de las Sierras Pampeanas, de la Cordillera Oriental y Puna. En: Geología

- Argentina (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (6): 145-158, Buenos Aires.
- Reverberi, O., 1968. Estudio geo-económico Salinas Grandes, dpto. Tumbaya. Jujuy. Inst. Nac. de Geol. y Min. Informe n° 296. Inédito. Buenos Aires.
- Romero, A. J. B., Domínguez, E. y Whewell, R., 1975. Génesis de los yacimientos de caolín del Río Chubut inferior. II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Actas V: 419-439, Buenos Aires.
- Romero, S. F. y Schalamuk, I. B., 1992. Estudio geo-económico de los depósitos yesíferos de Piedras Blancas. Departamento de La Paz. Provincia de Entre Ríos. IV° Congreso Argentino de Geología Económica y I° Congreso Latinoamericano. Actas: 317-326. Córdoba.
- Romero, S. F. y Schalamuk, I. B., 1998. Geología del cuerpo evaporítico de salinas Chicas, partido de Villarino, provincia de Buenos Aires. A Recursos y rasgos naturales en la evaluación ambiental. CIC, 7 (31). Buenos Aires.
- Ruckmick, J. C., Wimberly, B. H. y Edwards, A. F., 1979. Classification and Genesis of biogenic sulfur deposits. *Economic Geology*. Vol. 74, pp. 469-474.
- Ruiz Huidobro, O., 1960. El horizonte Calcáreo Dolomítico en la provincia de Tucumán. *Acta Geológica Lilloana*, 3: 147-171.
- Salfity, J. A. y Marquillas, R. A., 1999. La cuenca cretácico – terciaria del norte argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Geología Argentina*. Anales 29 (19): 613 – 626, Buenos Aires.
- Sacchetto, E. G. y Coniglio, J. E., 1992. Yacimiento de cuarzo Cerro Blanco, provincia de San Luis. Aspectos geológico-económicos. IV° Congreso Argentino de Geología Económica y I° Congreso Latinoamericano. Actas: 327-333. Córdoba.
- Sardi, F., 1991. Relevamiento geológico minero de la Estancia Paz Hnos. y alrededores, localidad de Puerta Quemada, Departamento Burruyacú, provincia de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales (inédito), 78p. Tucumán.
- Scasso, R. A. y C. O. Limarino, 1997. Petrología y diagénesis de rocas clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología. Publicación Especial N° 1. 258p.
- Schalamuk, I., Fernandez, R. y Etcheverry, R., 1983. Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región NOA. Ministerio de Economía, Subsecretaría de Minería, Anales, 20, 196 p. Buenos Aires.
- Schalamuk, I., Etcheverry, R., Garrido, L. y Fernandez, R., 1992. Geología y características tecnológicas de los depósitos de arcillas de los partidos de Azul y Lobería, provincia de Buenos Aires. IV° Congreso Argentino de Geología Económica y I° Congreso Latinoamericano. Actas: 477-488. Córdoba.
- Schalamuk, I., Del Blanco, M., Marchioni, D., Romero, S. y Cábana, M. C., 1999. Salinas y sulfateras de la región pampeana, Buenos Aires y La Pampa. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1947-1962, Buenos Aires.
- Schalamuk, I., y Cábana, M. C., 1999. Arcillas refractarias del distrito Patquía-Amaná, La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 915-919, Buenos Aires.
- Schalamuk, I. B. y Cábana, M. C., 1999. Bentonitas de la región precordillerana de San Juan y Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 921-927, Buenos Aires.
- Schalamuk, I. B. y Ramis, A., 1999. Pegmatitas andalucíticas de Mazán, La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 397-400, Buenos Aires.
- Schalamuk, I. B., Romero, S. y Moreira, P., 1999. Depósitos de yeso de Piedras Blancas, Entre Ríos. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 1887-1891, Buenos Aires.
- Schwab, K., 1973. Die Stratigraphie in der Umgebung des Salar de Cauchari (NW – Argentinien). Ein Beitrag zur erdgeschichtlichen Entwicklung der Puna. *Geotekt. Forsch.*, Stuttgart, 43 (1 – 2): 1 – 168.
- Schwab, K. y Lippolt, H., 1974. K-Ar mineral age and late Cenozoic history of the salar Cauchari area (Argentine Puna). *International Association Volcanism Chemical Earth, Proceedings*, 698-714. Santiago.
- SEGEMAR, 1997. Mapa Geológico de la República Argentina 1:2.500.000. Secretaria

- de Industria, Comercio y Minería, Subsecretaría de Minería, Buenos Aires.
- SEGEMAR, 2003. Oferta Minera de la República Argentina. Web.site: www.SEGEMAR.gov.ar.
- SEGEMAR-UNSAM, 1999a. Magnesio. Seminario de estudios sobre el ciclo Minerales-Materiales. Publicación técnica N° 3, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- SEGEMAR-UNSAM, 1999b. Cuarzo. Seminario de estudios sobre el ciclo Minerales-Materiales. Publicación técnica N° 4, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- SEGEMAR-UNSAM, 2000. Feldespato y mica. Seminario de estudios sobre el ciclo Minerales-Materiales. Publicación técnica N° 5, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- Sellés Martínez, J., 1987. La lineación Ultracán-Vallimanca, provincia de La Pampa y Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 42 (1-2): 213-217.
- Sfragulla, J., Jerez, D. y Bonalumi, A., 1999. Mármoles y otras rocas carbonáticas de Córdoba. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 271-295, Buenos Aires.
- Sorentino, C. M. R. y Galli, D. E., 2001. Methodology to calculate reserves of sodium sulphate in the salar del Río Grande, Salta. VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 55-59.
- Stappenbeck, R., 1926. [Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. Dirección Nacional de minería y Geología, Traducción del original, 1943 (Buenos Aires), inédito].
- Stipanovic, P. N., 1979. El Triásico del valle del Río de Los Patos (provincia de San Juan). En: *Geología Regional Argentina* (Ed. Turner, J. C. M.). Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 1: 695-744.
- Suayter, L. y Urdaneta, A., 1974. Estudio y evaluación de los depósitos de calcáreos y yeso de la Sierra de La Ramada y zonas adyacentes. Dirección Provincial de Minas. Boletín 1, 6p. Tucumán.
- Suayter, L. y Urdaneta, A., 1979. Peñas Azules. Estudio geológico económico del yacimiento. Dirección Provincial de Minas (inédito), 104p., Tucumán.
- Suayter, L., Moyano Paz, R. y Farías, E., 1987. Las calizas cristalinas del Cerro Alto de la Mina, Cumbres Calchaqués, Tucumán. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 57-59. Tucumán.
- Sureda, R., J. y Galliski, M., A., 1987. La metalogenia del norte argentino: criterios para la elaboración del mapa metalogénico de Salta y Jujuy. X° Congreso Geológico Argentino. Actas (3): 51-55. San Miguel de Tucumán.
- Sureda, R. J., 1988. La provincia metalogénica Quiaqueña: reseña de sus depósitos minerales en el Ordovícico de los Andes Centrales. 1° Simposio Nac. Peru. Yac. Min. Petr. y fuentes de Energía Res., Actas, (1): 73. Arequipa.
- Sureda, R., J., 1999. Los yacimientos sedex de plomo y zinc en la sierra de Aguilar, Jujuy. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 459-485, Buenos Aires.
- Tapia Viedma, S. A. y Gorustovich, S. A., 2001. Estudio geológico y cubicación de las calizas negras (Formación Las Tienditas) de El Coro, Salta. VII Congreso Argentino de Geología Económica; Salta, Actas 2, p. 111-116.
- Torres, H. y Tejeiro, R., 1954. Las minas de talco "Arcadia", "Laprida" y "María Fernanda" de la Sierra de Pie de Palo, San Juan. *Dir. Nac. Geol. y Min.*, Buenos Aires.
- Toubes Spinelli, R. O., 1983. Edades potasio-argón de algunas rocas de la Sierra de Valle Fértil, provincia de San Juan. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 38 (3-4): 405-411.
- Tronelli, R., 1981. Situación de la minería en la provincia de Río Negro (a septiembre de 1979). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Minería. Dirección General de Minería e Hidrogeología, Río Negro (pág. 1-121, Anexo 1 a 3).
- Turner, J. C., 1960. Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste (Salta). *Acta Geológica Lilloana*, 3:191-226. Tucumán.
- Turner, J. C., 1964. Descripción geológica de la Hoja 7c Nevado de Cachi (Provincia de Salta). Dirección General de Geología y Minería, Boletín, 99. Buenos Aires.
- Turner, J. C. y Méndez, V., 1979. Puna. II Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. Vol (1) 13 – 56. Córdoba.
- Turner, J. C. y Mon, R., 1979. Cordillera Oriental. II Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. Vol (1) 57 – 94. Córdoba.
- Uliana, M. A. y Biddle, K. T., 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic

- evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociencias*, 18 (2): 172-190.
- Uliana, M. A. y Legarreta, L., 1999. Jurásico y Cretácico de la cuenca del Golfo de San Jorge. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (17): 496-510, Buenos Aires.
- Urdaneta, A., Gamundi, C. y Rigazio, G., 1994. Caracterización geotecnológica de limo-arcillas del Departamento Trancas, provincia de Tucumán, República Argentina. *Actas del Encuentro Internacional de Minería*, I: 175-177.
- Valles, J. M. y A. Impiccini, 1999. Bentonitas de la Cuenca Neuquina, Río Negro, Neuquén y La Pampa. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 1113-1125, Buenos Aires.
- Viramonte, J. G., Galliski, M. A., Araña Saavedra, V., Aparicio, A., García Cacho, L. y Martín Escorza, C., 1984. El finivulcanismo básico de la depresión de Arizaro, provincia de Salta, República Argentina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 234-253.
- Viruel, M. y Lombardero, M., 1998. Los minerales industriales y las rocas de aplicación en la Quebrada de Humahuaca. Estudio Geológico Integrado de la Quebrada de Humahuaca. Anales XXX (Anexo I). SEGEMAR, Buenos Aires.
- Viruel, M. E., Fernandez, D. y Plano, J., 2002. Inventario de la actividad minera industrial en la provincia de Tucumán y sur de Salta, entre 26° y 27° de latitud sur. Serie de Contribuciones Técnicas. SEGEMAR. N°23, Buenos Aires.
- Wetten, C., 1975. Estudio geológico-económico de un yacimiento de diatomitas y análisis de mercado. II° Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Tomo 5: 513-529, Buenos Aires.
- Wetten, F. y Baraldo, J. A., 1983. Geología de los yacimientos de bentonita existentes entre las localidades de Colón y Quebrada Carrizalito – departamento de Calingasta – San Juan. II° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 2: 731-746
- Yrigoyen, M. R., 1999. Situación de la Argentina en el marco geológico de América del Sur. En: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (2): 35-39, Buenos Aires.
- Zalba, P. E. y Garrido, L., 1984. Yacimientos de arcillas del Ferrugo y Constante 10, provincia de Buenos Aires. IX Congreso Geológico Argentino, Actas (V): 575-588. Bariloche.
- Zanettini, J. C. M. y G. R. Santamaría, 1999. Los depósitos de plomo-cinc de los cerros de Las Minas y Puchenque, Mendoza. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1723-1729, Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., 1999a. Clasificación de depósitos minerales de Argentina. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 75-103, Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., 1999b. Evolución geotectónica y metalogénesis de Argentina. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini). Instituto de Geología y Recursos minerales SEGEMAR, Anales 35: 51-73, Buenos Aires.
- Zuleta, M., Lardone, O., Castro, C. E., Grasso, A. y Guerrero, E., 1995. Manifestaciones de diatomitas en los departamentos de Calingasta e Iglesia, provincia de San Juan. V° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas: 322-337.