

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA

CENTRO DE EXPLORACIÓN CÓRDOBA

INFORME TÉCNICO
EXPLORACIÓN DE LA MINA RARA FORTUNA.
CÓRDOBA, ARGENTINA

Autores: CANDIANI, J.C.

MIRÓ, R. C.

SEGAL, S.

AÑO 1988

ABSTRACT

Exploration of the Rara Fortuna mine, province of Córdoba, Argentina; by Juan C. Candiani, Roberto C. Miró & Susana J. Segal.

The Rara Fortuna mine is in El Guaico district, placed between 65°14' W (long) and 39°59' S (lat).

It is a veinformed deposit situated in parallel systems of tensional subvertical fractures, with predominant orientation N30°E located discordantly on a metamorphic pre-cambrian basement; belonging to the Sierras Pampeanas. Microscopic studies revealed the presence of minerals such as lead, silver and zinc in a quartz gangue. It has been calculated a proven reserve of about 15.000 tn together with geological reserves of 85.000 tn. of ore, with an average grade of silver 280 gr/tn, lead 1,7% and zinc 2,6%. The geological and structural evidences and the mineralogical and textural variations allow us consider this deposit a polymetallic one of mesothermal type.

RESUMEN

La mina Rara Fortuna está ubicada en el distrito minero El Guaico, situado a los 65°14' de longitud oeste y 39°59' de latitud sur.

Se trata de un yacimiento vetiforme alojado en sistemas paralelos de fracturas tensionales subverticales, con orientación predominante N30°E, emplazado en forma discordante en el basamento metamórfico precámbrico perteneciente a las Sierras Pampeanas. Los estudios microscópicos revelaron la presencia de minerales de plomo, plata y zinc en una ganga de cuarzo. Se han podido comprobar reservas del orden de las 15.000 tn e inferir reservas geológicas de 85.000 tn. La ley media del total de reservas es: plata 280 gr/tn, plomo 1,7 % y zinc 2,6 %.

Los criterios geológicos y estructurales, junto con las variaciones mineralógicas y texturales, permiten interpretar al yacimiento como del tipo "polimetálico mesotermal".

INTRODUCCION

Al noroeste de la provincia de Córdoba, en las proximidades de la localidad de Villa de Soto, se encuentra un distrito de minas plumbo-argentíferas emplazadas en sistemas de fracturas del

basamento metamórfico de las Sierras Pampeanas.

Los yacimientos del distrito, conocido con el nombre de El Guai-
co- Dos Pozos, consisten en estructuras subverticales con mi-
neralización de cuarzo, acompañada por sulfuros de zinc, hie-
rro, plata, plomo, cobre y vanadio. Las denuncias mineras su-
man en total 59. Dentro de ellas se encuentran las minas Rara
Fortuna y Bella Tapada I objeto del presente estudio.

Los trabajos realizados por el Centro de Exploración Córdoba
tendientes a determinar la factibilidad económica de las mi-
nas (C.E. Cba., 1988) consistieron en levantamientos topográ-
ficos y geológicos de detalle así como del muestreo sistemáti-
co de las vetas y cajas a lo largo de la estructura visible.

Los estudios se efectuaron durante los meses de agosto y sep-
tiembre de 1987 y fueron precedidos por una etapa previa de
saneamiento de las minas, en la que se procedió al desagote y
mejoramiento de la accesibilidad de los diferentes niveles.

La mina Rara Fortuna se conoce desde épocas coloniales, exis-
tiendo referencias de una explotación realizada alrededor de
1880. Los primitivos trabajos estaban orientados a la extrac-
ción de plata metálica, desechándose el plomo y zinc. A prin-
cipios de siglo y hasta el año 1930 la explotación fue reali-
zada en forma interrumpida y a pequeña escala. En 1941 la mi-
na fue inscripta en la Dirección de Minería por plomo y vana-
dio. Posteriormente se registran tres períodos de reactivación:
en 1951, sin datos de producción; en 1960, con niveles cerca-
nos a las 200 tn/mes de concentrados de plomo y plata y; en
1976, donde se operaron los niveles inferiores del yacimiento.
Se ha estimado en 9000 tn el total de mineral en bruto extraí-
do de la mina Rara Fortuna.

y 200
20000

GEOLOGIA DEL DISTRITO

En la región aflora el basamento metamórfico precámbrico de las Sierras Pampeanas constituido principalmente por migmatitas, esquistos biotíticos y esquistos inyectados, intruido por pequeños plutones graníticos epizonales del Paleozoico Inferior y Medio (Cingolani y Varela, 1975; Lucero y Olsacher, 1981).

Las metamorfitas corresponden a una pila sedimentaria del geosinclinal precámbrico plegado y sobreelevado. La estratificación sedimentaria original es generalmente subparalela a la esquistosidad actual que tiene un rumbo regional $N40^{\circ}W$ con inclinaciones fuertes al SW ó NE.

Los sistemas de fracturación regionales muestran orientaciones N-S, NW y NE que pueden atribuirse a los ciclos orogénicos del Precámbrico y Paleozoico Inferior. Algunos de estos sistemas han sido reactivados en el Cenozoico y tienen su expresión morfológica en las Sierras de Guasapampa y La Higuera (fig.1), se reconocen además meso a micropliegues y lineamientos divergentes que corresponden a otras fases deformativas.

En el área de estudio (fig. 2) la roca dominante es el gneis macizo migmatítico tonalítico, formado principalmente por cuarzo, plagioclasa y biotita, con cantidades subordinadas de microclino y muscovita. Texturalmente es una roca granoblástica mediana a gruesa, con esquistosidad poco marcada. Hacia el norte el gneis tiene un aspecto lajoso y textura cataclástica indicando la presencia de una zona de deformación paralela a la faja de cizalla "Dos Pozos" que cruza el distrito con rumbo NW (Sureda, 1978). Es característico en el gneis la presencia de enclaves de esquistos biotíticos de forma ahusada que se orientan paralelamente a la foliación indicando condiciones de alta plasticidad y movilidad durante la etapa de deformación y

recristalización metamórfica (Camino y Cucchi, 1987).

CONTROL ESTRUCTURAL Y GENESIS DE LA MINERALIZACION

El examen de la imagen satelitaria y del fotomosaico del distrito revela la presencia de dos lineamientos principales de rumbo NW y NE acompañados por un tercero, menos "penetrativo", de orientación E-W, junto a los cuales se observan estructuras anulares de alrededor de 5 km de diámetro (fig.1). Evidencias de campo permiten definir al sistema NW como antiguas fallas de desgarre originadas en épocas precámbricas que habrían tenido períodos de reactivación posteriores.

Las estructuras circulares pueden relacionarse con la intrusión de domos plutónicos no aflorantes, emplazados en estas zonas de debilidad que serían los generadores de la mineralización.

Los depósitos vetiformes de plomo-plata y zinc están alojados preferentemente a lo largo de lineamientos de rumbo NE que muestran evidencias de desplazamientos subhorizontales manifestados por espejos de falla y estructuras de arrastre.

La mineralización se ha localizado en las zonas receptoras o permeables, producto de esfuerzos tensionales. Se encuentra en una estructura tabular de 32° de rumbo promedio, buzante 65° - 70° al oeste, con un ancho medio de 0,82m. La veta ocupa distintas posiciones dentro de la estructura ya sea como un cuerpo único o con ramificaciones que se anastomosan, con un ancho máximo de 0,70m. (lám.1). El relleno principal de la estructura está formado por una cataclastita gris verdosa silicificada (microbrecha) en la que se ha comprobado la presencia de sulfuros diseminados (lám. 1 y 2). Dentro de la veta cuarcifera los sulfuros constituyen agregados masivos o granulares dispersos que se distribuyen en forma heterogénea, concentrándose en "clavos"

con una elongación vertical que abarca todos los niveles y horizontal de 10 a 40 metros.

Las minas Rara Fortuna y Bella Tapada I son estructuras independientes en "echelon" con corridas aflorantes de 650 y 400 m. respectivamente. Ambas se cierran en sus extremos sin vinculación con estructuras posteriores (fig. 2).

CARACTERISTICAS DE LA MINERALIZACION

La asociación mineralógica presente en la roca de caja de la mina Rara Fortuna se constituye de los siguientes minerales en orden de abundancia relativa: pirita alotriomorfa y subidiomorfa, con un tamaño de grano variable entre 200 micrones y 2 mm., marcasita como producto de alteración de pirita y, finalmente, en proporciones equivalentes: arsenopirita, galena y blenda.

Los minerales de mena de las vetas son: galena, blenda, calcopirita, arsenopirita, marcasita, argentita, sulfoantimoniuros, sulfoarseniuros, plata nativa, enargita, calcosina, covelina y productos de oxidación.

La galena se encuentra generalmente asociada con blenda en granos alotriomorfos y, en algunas secciones, en forma de venillas reemplazándola, siendo un mineral tardío portador de numerosas sulfosales de Pb, Ag, Sb y As.

La blenda se presenta en granos subidiomorfos y alotriomorfos con un tamaño variable entre 300 micrones y 1 mm. Los granos muestran diferentes colores según su composición. Algunas blendas poseen bordes de tonos amarillentos que se corresponden con un enriquecimiento en cadmio y una disminución en la temperatura de cristalización; otras presentan tonalidades rojizas a partes oscuras lo que se relaciona con el enriquecimiento en hierro. En las blendas claras, pobres en hierro y de baja temperatura

(Rändohr, 1980), se presentan gotas exueltas de calcopirita (lám. 3).

La arsenopirita aparece con bordes de contornos rómbicos, idiomorfos, señalando su orden primordial en la secuencia de depositación de los minerales primarios (lám. 4).

La marcasita se observa como incrustaciones en pirita, indicando que ésta última la ha reemplazado. En general muestra la forma de agragados radiales rodeados por pirita.

La argentita es escasa y de pequeño tamaño, encontrándose diseminada en la ganga o formando bordes de reemplazo en galena. Corresponde a una fase primaria tardía o a la zona de enriquecimiento de sulfuros.

Dentro de los sulfoarseniuros y sulfoantimoniuros se observó la presencia de proustita, jamesonita, tetraedrita, bournonita y enargita (lám. 5) todos en granos de tamaño variable entre 10 y 50 micrones.

De manera fortuita se determinó la existencia de chispas de plata nativa, con diámetros de 5 a 12 micrones, diseminadas en cerusita y otros minerales de cementación.

Como minerales supergénicos se reconocieron granos de covelina y calcosina, además de cerusita, limonita y óxidos de manganeso (Sureda, 1978).

Las texturas observadas, en coincidencia con la estructura, son bandeadas y/o masivas, intercaladas con venillas intercrecidas con texturas coliformes, crustificadas y drúsicas de cuarzo (lám. 6). Estas últimas se encuentran preferentemente en las partes oxidadas del yacimiento y serían posteriores a la depositación de la mena.

La mineralización y texturas descritas, junto con las características del emplazamiento del depósito, permiten clasificar al mismo como hidrotermal de temperatura intermedia: 200 a 300°C (Park y Mac Diarmic, 1975) relacionado con fenómenos de reemplazo.

Un distrito similar al de Rara Fortuna se encuentra a 40 km al suroeste, en el mismo ámbito geológico. En este caso, el distrito La Argentina muestra mayor relación Au:Ag (C.E. Cba., 1987 a). Depósitos similares de relleno de fracturas tardías han sido descriptos en diferentes países como por ejemplo los del distrito Slocan de la Columbia Británica (Canadá) (Cox y Singer, 1987).

GEOQUIMICA

Con el propósito de conocer el comportamiento geoquímico del yacimiento se realizó un muestreo sistemático cortando canaletas transversales a la estructura cada 5 metros. En las canaletas se recolectaron por separado los materiales que la constituyen: veta de cuarzo, microbrecha y una muestra de control sobre la caja gneísica.

Cada tipo litológico fue analizado por plata, plomo y zinc, y por oro en las muestras de veta. Los análisis se efectuaron por espectrofotometría de absorción atómica.

A modo de síntesis se construye la siguiente tabla que indica las leyes y anchos medios de los materiales muestreados. La ley media de la estructura (veta y microbrecha) fue ponderada según los anchos de cada material.

Leyes medias	veta	microbrecha	gneis	estructura
<u>Ag</u> (gr/tn)	178	50	29	114
<u>Pb</u> (%)	1.1	0.4	0.17	0.73
<u>Zn</u> (%)	1.1	0.66	0.38	0.86
<u>Au</u> (gr/tn)	0.24	- -	- -	- -
Anchos medios	0.36	0.46	- -	0.82

Total de muestras = 169

Longitud de estructura muestreada = 1.100 m.

En el cálculo económico se ha trabajado con las leyes de estructura porque estos valores indican la explotabilidad del yacimiento en función del ancho mínimo rajable.

Los histogramas de frecuencia de la figura 3 representan la distribución de los tenores de los cationes Ag, Pb y Zn. En base a estos se dibujaron las curvas de isotenores que reflejan la distribución de la mineralización y que resultan de gran importancia para determinar la dirección correcta de la exploración y explotación del depósito.

El sector de estudio constituye aproximadamente el 30 % del total de la estructura mineralizada y corresponde a la zona de mayor explotación lo que ha permitido acceder hasta los 70 m. de profundidad.

Para proyectar los valores geoquímicos se confeccionó un corte esquemático de la mina donde se representaron el pique principal y las labores de los niveles -36, -50 y -70 m. además de las zonas explotadas (fig. 4,5 y 6).

Los tenores de plomo, al ser este un catión de escasa movilidad relativa, muestran tres sectores de alta ley o "clavos" distanciados 60 metros entre ellos. La plata y el zinc acompañan al plomo en su comportamiento pero con halcos más expandidos. Esta distribución marca una zona de mayor mineralización entre los niveles -10 y -50 m. que parece enraizarse a la altura del pique principal.

EVALUACION ECONOMICA

Las reservas geológicas del distrito minero El Guaico han sido estimadas en 1,06 millones de toneladas (C.E. Cba., 1987 c) correspondiendo a las minas Rara Fortuna y Bella Tapada I el 10% de las mismas.

De acuerdo con los muestreos sistemáticos y orientativos efectuados por el Centro de Exploración Córdoba se han podido estimar reservas según el cuadro siguiente:

Reservas (tn)	Estructura			Ley media		
	Largo	Prof.	Ancho	Ag	Pb	Zn
Probadas (medidas)	15.052	160	35	0.96	248	1.68 1.74
Probables (inferidas)	29.030	180	60	0.96	280	1.7 2.6
Geológicas (hipotéticas)	56.448	350	60	0.96		
Reservas totales	100.530					

Ag = gr/tn , Pb y Zn = %

Las reservas probadas corresponden al sector de mayor labores de la mina Rara Fortuna. Es evidente que la ley media producto del muestreo sistemático está influenciada por el hecho de que la veta expuesta coincide con los bordes de zonas ya explotadas. El espesor considerado (35m.) no corresponde con similar profundidad ya que se ha desechado la zona superior lixiviada. En las restantes reservas se ha tenido en cuenta una profundidad máxima de 60m. debido a que los valores de Ag, Pb y Zn registrados a mayor profundidad son irregulares y con tendencia declinante. En este caso las leyes medias surgen de muestreos orientativos y reflejan las características geológicas del yacimiento. En todos los casos el peso específico es 2,8 gr/cm³.

Con el objeto de delimitar el sector de veta que podría ser extraído en forma económica se calculó el valor de mena en los diferentes puntos de muestreo. Los precios considerados en esta evaluación son: Ag= U\$ 240/kg., Zn= U\$ 0,76/kg., Pb= 0,64/kg. Calculando un costo medio para la explotación subterránea y tratamiento de U\$ 37/tn de mena (C.E.Cba., 1987 b) se puede observar (fig.7) que existe una amplia zona dentro del sector mina-

do en la que la diferencia (valor residual) entre el valor de mena y el costo operativo es mayor que cero. Este sector contiene la mayor parte de las reservas probadas, estimadas en 15.000 toneladas.

El valor promedio de la mena, considerando la dilución por explotación, se ha calculado, para Pb, Ag, Zn, en U\$ 64/tn. La razón de mineralización asumida es el 60%.

Con estos valores se puede afirmar que la explotación de la mina Rara Fortuna resulta rentable, con un nivel de extracción mínima de 60 tn/día. En el cálculo económico debe preverse la elevada inversión que significa la instalación de una planta de tratamiento; por tal motivo se ha aconsejado que la explotación se realice en forma conjunta con otros yacimientos del distrito.

CONSIDERACIONES FINALES

- Los productos más abundantes de este depósito son plomo, zinc y plata y los minerales característicos: galena, blenda, sulfosales de Ag, Sb, As y plata nativa.
- La mineralización está controlada por planos de fracturas y zonas de alta permeabilidad; se distribuye en forma de vetas con espesores irregulares, texturas de crustificación, coloriformes, bandeadas rítmicas, paralelas a la elongación del depósito, correspondiendo a una génesis de fases múltiples.
- El yacimiento Rara Fortuna es mesotermal, formado a moderada temperatura y presión, mostrando fenómenos de reemplazo con la caja metamórfica. La alteración hidrotermal más importante es la propilítica.
- Dentro de la veta cuarcífera la mineralización se distribuye en forma heterogénea constituyendo "clavos" con una frecuencia de repetición de 50 metros.

- Si se consideran los depósitos propuestos por Cox y Singer (1987) se lo podría incluir en el tipo de "vetas polimetálicas" (22-c), como ejemplo de yacimientos similares citan los del distrito Slocan (Colum. Británica) y el distrito Marysville (Montana, EEUU).
- En esta fase de la evaluación geológico-económica del yacimiento se puede afirmar que la explotación de la mina Rara Fortuna es rentable, recomendándose efectuarla conjuntamente con otros yacimientos del distrito para repartir la elevada inversión de la planta de tratamiento.

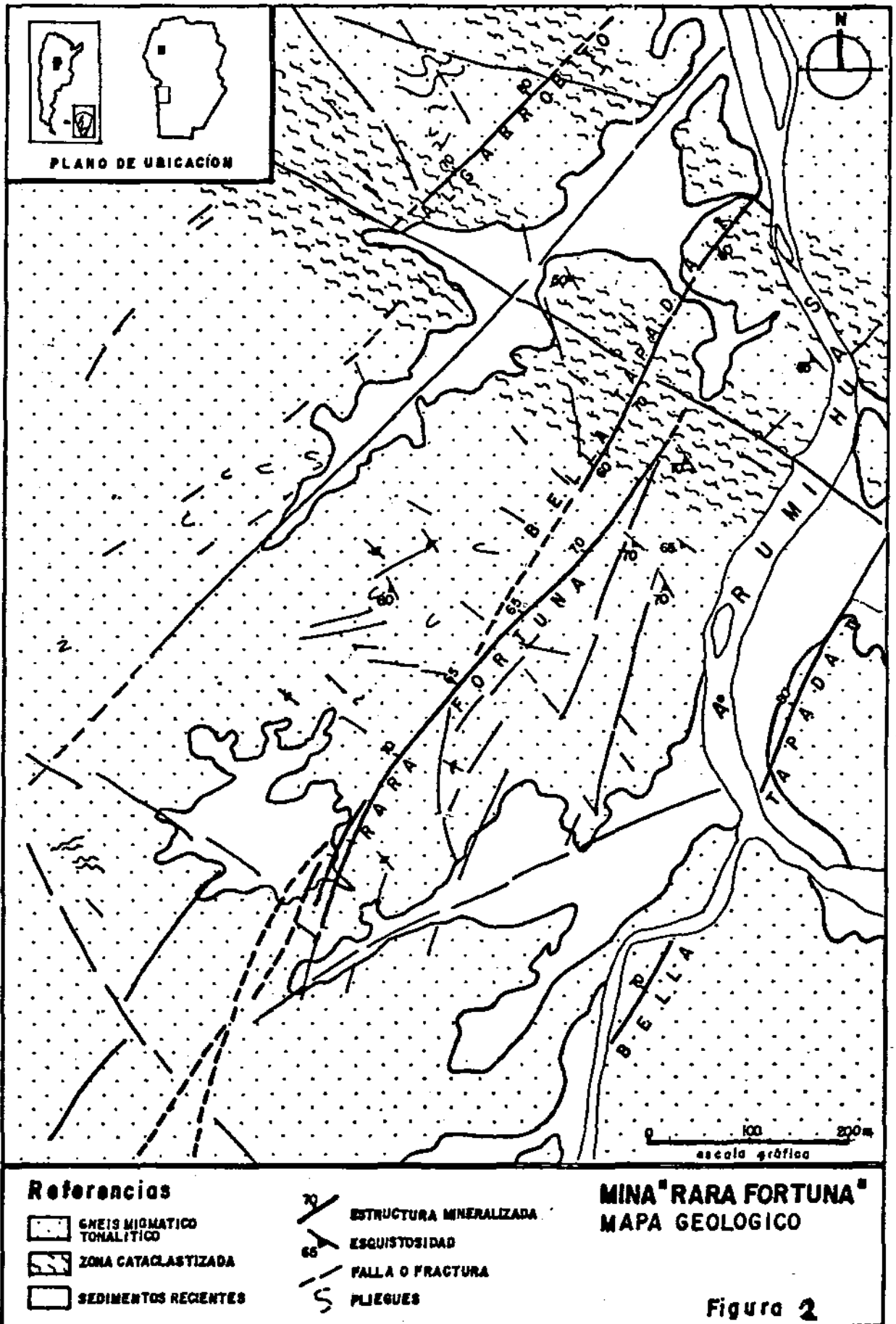
AGRADECIMIENTOS

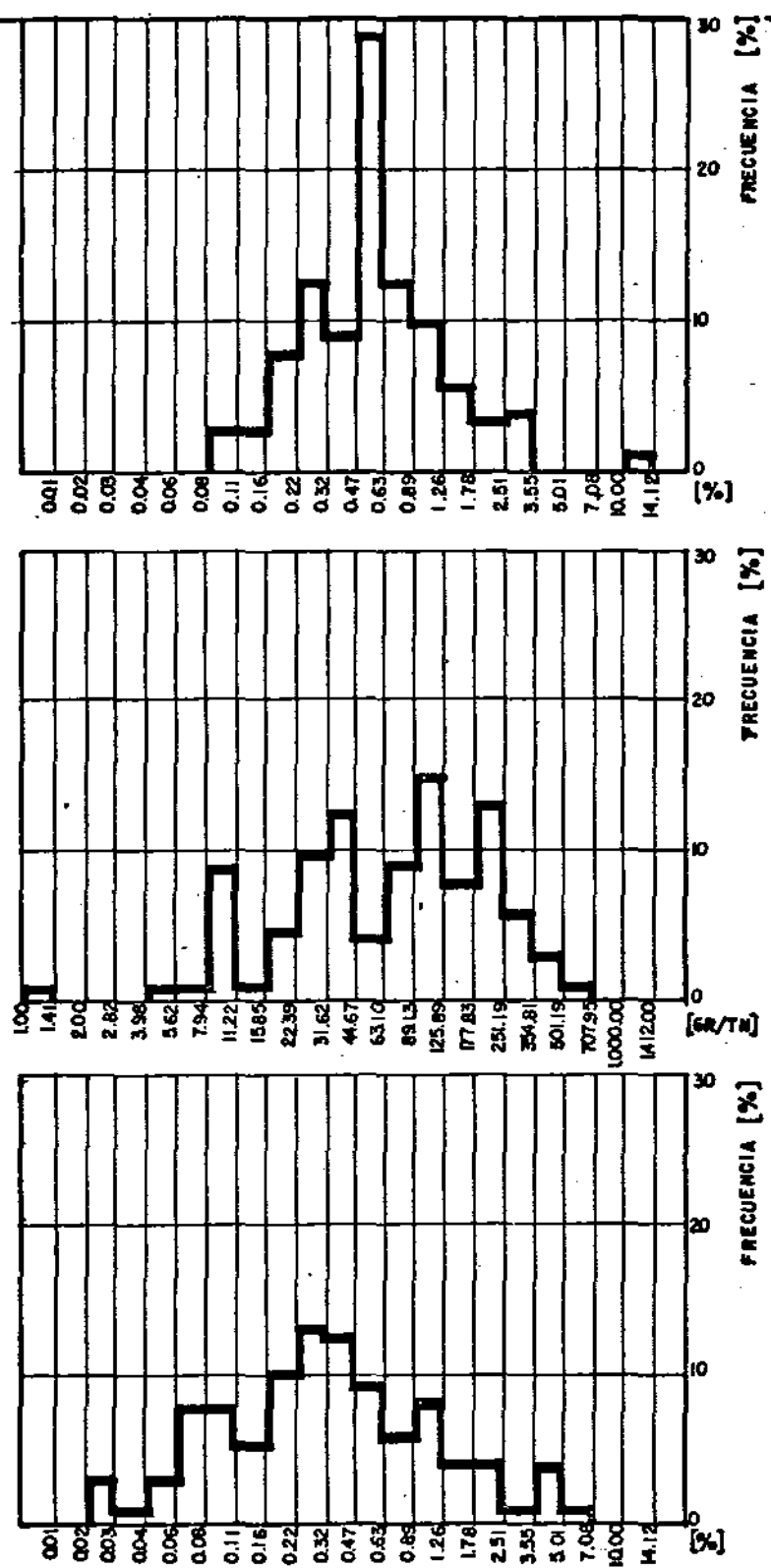
Los autores agradecen a los colegas y técnicos del Centro de Exploración Córdoba su colaboración en las diferentes etapas de la evaluación de la mina Rara Fortuna y a la Dirección Nacional de Minería y Geología su autorización para la presentación del trabajo.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Caminos, R. y R. Cucchi, 1987. Geología del distrito Candelaria. Centro Exp. Cba., inf. inédito.
- Centro de Exp. Cba., 1987 a. Formulación del Proyecto mina La Argentina. DNMG, inf. inédito.
- Centro de Exp. Cba., 1987 b. Mina Rara Fortuna, ficha GTZ. DNMG, inf. inédito.
- Centro de Exp. Cba., 1987 c. Distrito minero El Guaico, evaluación previa. DNMG, inf. inédito.
- Centro de Exp. Cba., 1988. Perfil del Proyecto Rara Fortuna. DNMG, inf. inédito.

- Cingolani, C.A, y R. Varela, 1975. Geocronología Rb-Sr de las rocas ígneas y metamórficas de las sierras Chica y Grande de Córdoba, Rep. Argentina. II Con. Ibero-Am. Geol. Econ., (I): 9-35, Bs. As.
- Cox, D.P. and D.A. Singer, 1987. Mineral Deposit Models. U. S. Geol. Survey. Bull. 1693.
- Lucero, H.N. y J. Olsacher, 1981. Descripción de la Hoja 19h Cruz del Eje. Serv.Geol.Nac., Bol.Nº179, Bs.As.
- Park, C.F. y Roy A. Mac Diarmid, 1975. Ore Deposits. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
- Ramdohr, P., 1980. The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press.
- Sureda, R. J., 1978. Las vetas de plomo, plata y zinc del distrito minero "El Guaico", en la pcia. de Córdoba, Rep. Argentina. Asoc. Geol. Arg. , Rev. XXXIII(4):299-324.





ZINC

PLATA

PLOMO

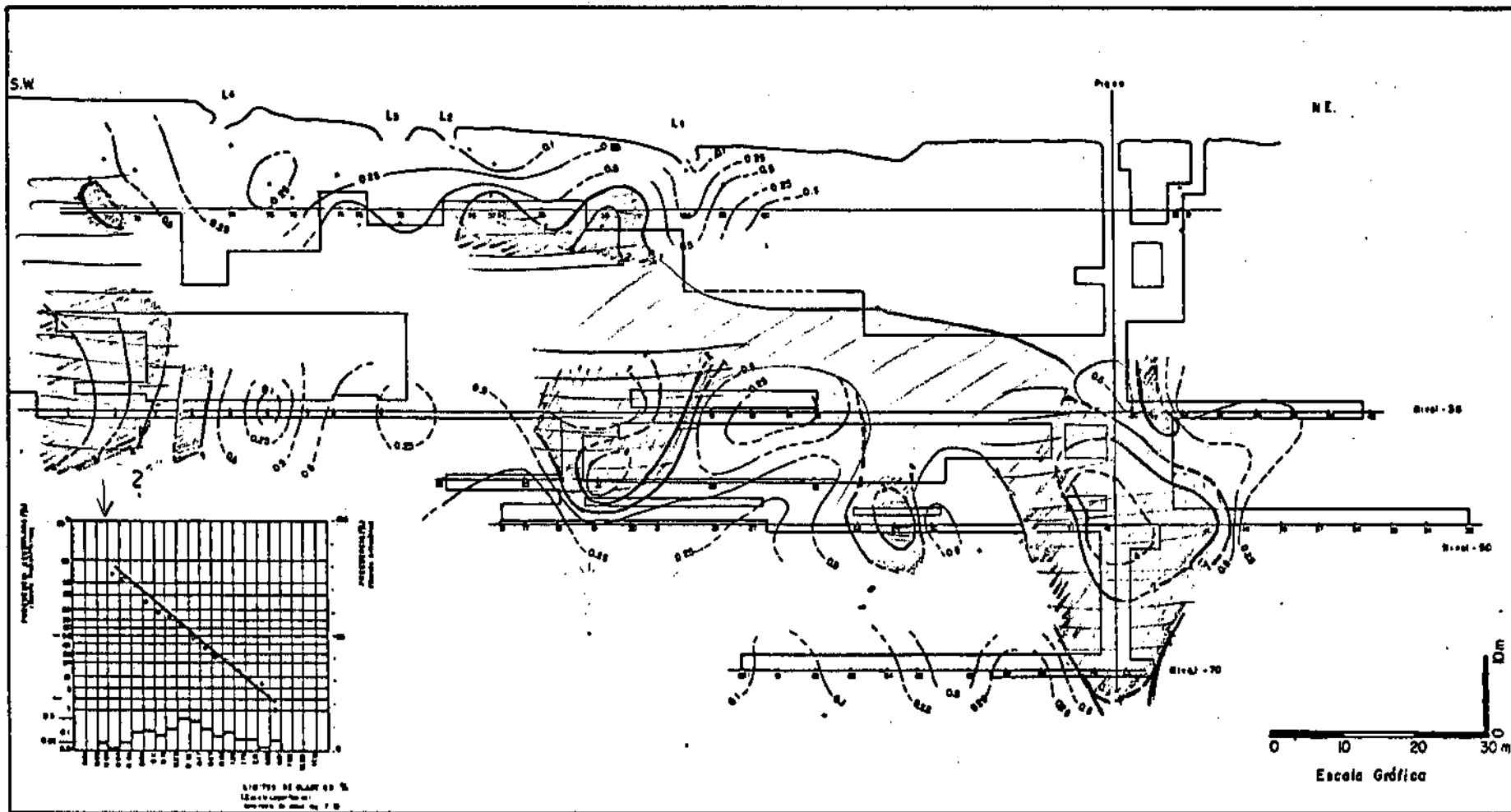
Número de muestras: 78

MINA "RARA FORTUNA"

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA (Lays ponderadas para el ancho de estructura)

Tenores en escala logarítmica
Intervalo de clase log 0.15

Figura 3

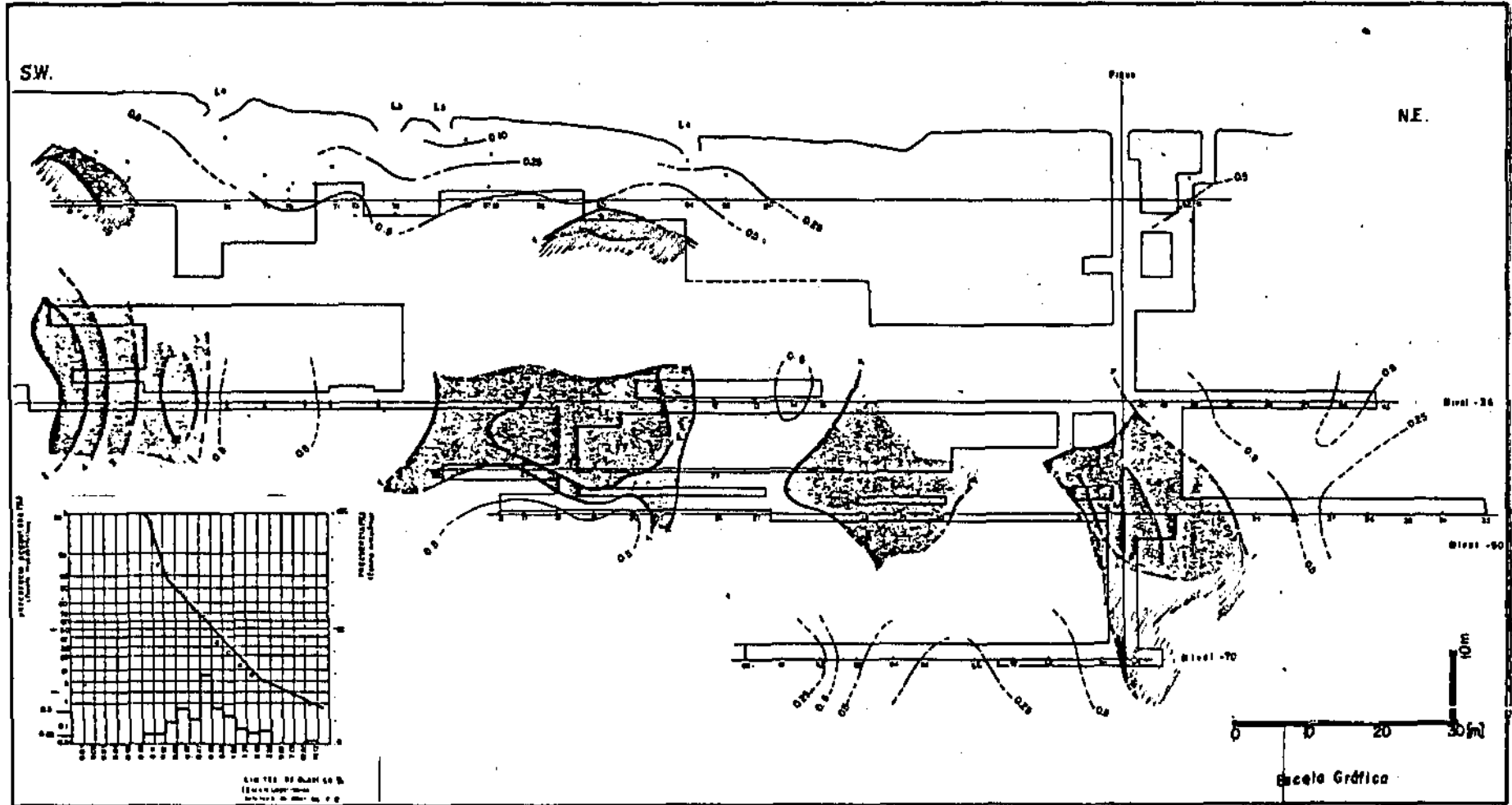


Referencias

-  Curva de isotenos en ‰
-  Zona de alta ley

MINA "RARA FORTUNA"
CURVA DE ISOTENORES-PLOMO-

Figura 4



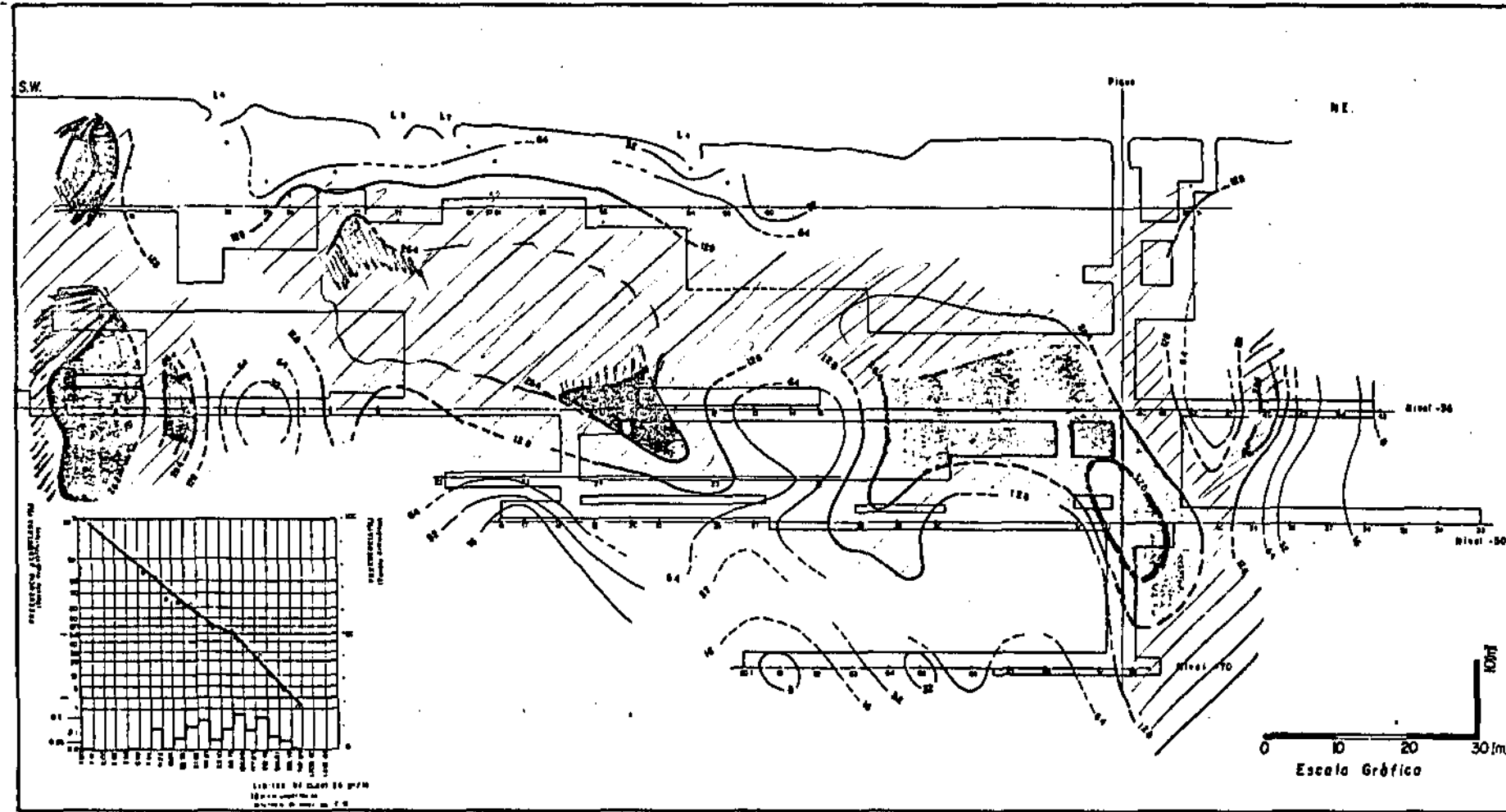
Referencias

— Curva de isotenor en %

 Zona de alta ley

MINA " RARA FORTUNA "
CURVAS DE ISOTENORES -ZINC-

Figura 5

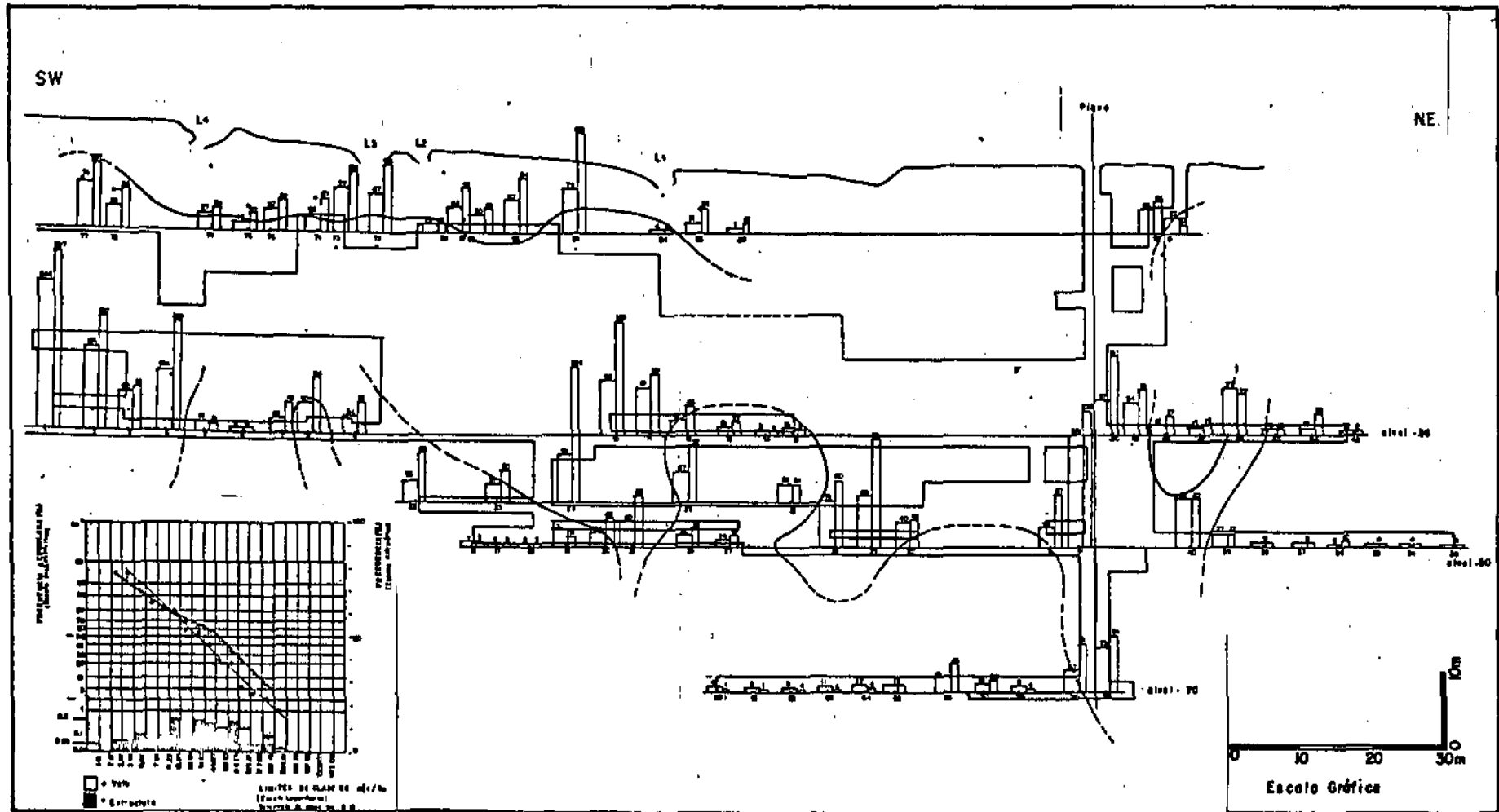


Referencias

- Curva de isotenor en gr/tn
- Zona de alta ley

**MINA ° RARA FORTUNA °
CURVAS DE ISOTENORES-PLATA-**

Figura 6



Referencias

$\frac{40}{70}$
 Valor mena
 en atracción

$\frac{50}{23}$ Valor mena
 en veta
 n.º de muestra

Curva de valor residual caro

MINA "RARA FORTUNA"
VALOR DE MENA IN SITU

Figura 7