

## *Geología estructural de los sistemas vetiformes del cerro Las Minas*

*Distrito Minero Andacollo, Cordillera del Viento,  
Provincia del Neuquén*

Raúl Giacosa



Cerro Las Minas. Distrito Minero Andacollo.



***Geología estructural de los sistemas vetiformes  
del cerro Las Minas***

*Distrito Minero Andacollo, Cordillera del Viento,  
Provincia del Neuquén*

Raúl Giacosa

2011

## **SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO**

---

Presidente Ing. Jorge Mayoral  
Secretario Ejecutivo Lic. Pedro Alcántara

### **INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

---

Director Lic. Roberto F. N. Page

### **DIRECCIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICO MINEROS**

---

Director Dr. Eduardo O. Zappettini

#### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

*Esta publicación debe citarse como:*

Giacosa, R., 2011. Geología estructural de los sistemas vetiformes del cerro Las Minas. Distrito Minero Andacollo, Cordillera del Viento, Provincia del Neuquén. Contribuciones Técnicas N° 33. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, 23p. Buenos Aires.

ISSN 0328-2325

ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES – SEGEMAR  
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



Av. Julio A. Roca 651 - 3° piso - 1322 Buenos Aires  
República Argentina

BUENOS AIRES - 2011



## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Alcances del estudio .....	1
1.2. Ubicación del área .....	1
1.3. Antecedentes .....	2
<b>2. LA CORDILLERA DEL VIENTO</b> .....	2
2.1. Marco regional .....	2
2.2. Estructura .....	2
2.3. Edad del Levantamiento .....	
<b>3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LAS VETAS DEL CERRO LAS MINAS</b> .....	5
3.1. Geología de las vetas .....	5
3.2. Sistema vetiforme .....	5
Roca de caja .....	8
Estructura de la roca de caja .....	8
Vetas en estructuras preexistentes .....	10
Vetas de Neoformación .....	12
Coexistencia de vetas .....	12
Origen de las Fallas Normales Mineralizadas .....	12
Edad de las vetas .....	12
Tectónica y Mineralización .....	17
<b>4. SÍNTESIS</b> .....	19
<b>LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO</b> .....	22



## GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LOS SISTEMAS VETIFORMES DEL CERRO LAS MINAS. DISTRITO MINERO ANDACOLLO, CORDILLERA DEL VIENTO, NEUQUÉN

Raúl Giacosa

### RESUMEN

El Distrito Minero de Andacollo ubicado en el norte de la provincia de Neuquén en el sector austral de la cordillera del Viento, concentra los mayores recursos metalíferos de la provincia. Está integrado por los sistemas vetiformes de Andacollo y La Primavera, varios aluviones auríferos y por la zona de alteración Los Maitenes-El Salvaje. Los aluviones y las vetas de Andacollo han sido a partir del año 1900, el sector de mayor exploración y extracción aurífera. Actualmente la actividad minera esta concentrada en la explotación de Ag-Au de algunas vetas en Andacollo y una importante exploración en las vetas de La Primavera.

El principal objetivo fue caracterizar la geología estructural de las vetas y los sistemas vetiformes de Au-Ag del Distrito Minero Andacollo en el área del cerro Las Minas e intentar compatibilizar su desarrollo con la compleja y rica evolución tectónica de la región.

El análisis estructural indica que son vetas de cizalla desarrolladas durante una fase compresional, y que la mayor parte de la mineralización ocupa el espacio en fallas normales preexistentes en las rocas paleozoicas y en menor medida se concentro, a manera de mantos mineralizados y pequeñas vetillas extensionales, en las estructuras formadas durante esta fase. Ambos tipos de vetas son compatibles geométrica, cinemática y dinámicamente con un acortamiento regional de dirección aproximada O-E.

El análisis tectónico sugiere que esta fase compresional es de edad pre-Eoceno y habría sido sincrónica con alguna de las fases que contribuyeron al alzamiento de la cordillera del Viento a partir del Cretácico superior. El magmatismo del Cretácico superior hasta Paleoceno constituiría una potencial fuente de calor para el hidrotermalismo.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Alcances del estudio

Esta memoria detalla los datos y conclusiones obtenidos del estudio realizado en el extremo sur de la cordillera del Viento, durante los años 2009 y 2010. El principal objetivo fue caracterizar la geología estructural de las vetas y los sistemas vetiformes de Au-Ag del Distrito Minero Andacollo en el área del cerro Las Minas e intentar compatibilizar su desarrollo con la evolución tectónica de la región.

Se trata de un estudio preliminar realizado en breve tiempo y basado únicamente en datos de superficie. Algunas de las conclusiones obtenidas, sugieren futuras líneas de investigación centradas en el área del cerro Las Minas: a) compatibilizar en un marco tectónico común las mineralizaciones agrupadas como Grupo Sofía-Torreón con las del Grupo Buena Vista, y b) estudiar las rocas magmáticas del área y su vinculación con la actividad hidrotermal.

Se agradece la colaboración durante las campañas de los Lics. Rafael González y Juan C. Danieli y del Sr. Eduardo Devia.

A Minera Andacollo Gold S.A., empresa concesionaria de los yacimientos, se agradece su colaboración durante el desarrollo del proyecto y el intercambio de opiniones con los geólogos Néstor Romero y Leonardo Strazzere.

### 1.2. Ubicación del área

El área estudiada de una superficie cercana a los 15 km<sup>2</sup>, se encuentra ubicada en el extremo sur de la cordillera del Viento, en inmediaciones de la localidad de Andacollo. Las coordenadas limítrofes son los paralelos 37°10'10'' y 37°12'10'' S y los meridianos de 70°36'57'' y 70°39'44'' O. Diferencias altimétricas de unos 500 m se registran entre la cota del río Neuquén a 1010 m.snm y el cerro Las Minas a 1506 m.snm. Los dos arroyos principales, del Torreón y Huaraco, desaguan en el río Neuquén un poco al norte de Andacollo.

### 1.3. Antecedentes

Para los aspectos geológicos regionales de la cordillera del Viento y adyacencias, véase Zollner y Amos (1973), Zanettini (2001) y Rovere et al. (2004). Antecedentes sobre la cordillera del Viento y su rol en la evolución tectónica de los Andes y cuenca Neuquina se encuentran en Vergani et al. (1995), Chauveau et al. (1996), Koslowski et al. (1996), Cobbold et al. (1999), Cobbold y Rossello (2003), Ramos y Folguera (2005), Ramos y Kay (2006), Zapata y Folguera (2005) y Kay et al. (2006), entre otros. Los antecedentes mineros más recientes sobre el Distrito Minero Andacollo en su conjunto datan de Danieli et al. (1999), en tanto que el estudio geológico minero más importante, centrado en las vetas del cerro Las Minas, continúa siendo el de Stoll (1957). Mineralogía y alteraciones están tratados por Casé y Danieli (1975) y Domínguez y Gómez (1988). La evolución tectomagmática de la parte sur de la cordillera del Viento, previa al desarrollo de la cuenca Neuquina fue tratada recientemente por Llambías et al. (2007). Antecedentes sobre la edad de las alteraciones e intrusiones asociadas a las mineralizaciones de Andacollo y La Primavera, se encuentran en Vilas y Valencio (1978), Domínguez y Garrido (1982), Domínguez et al. (1984) y Suárez y Echart (2008). Estudios de referencia sobre mineralizaciones y alteraciones asociadas al magmatismo del Cretácico superior-Paleoceno de la región corresponden a Franchini et al. (2003) y Casé et al. (2008).

## 2. CORDILLERA DEL VIENTO

La cordillera del Viento es un cordón montañoso muy notable ubicado en el norte del Neuquén, a unos 40 km al este de la cordillera Neuquina (Fig. 1A). Su longitud es de unos 85 km y en su zona más ancha tiene unos 25 km (Fig. 1B). Su relieve es mayoritariamente de origen estructural más el aporte de construcciones volcánicas neógenas, que, en el caso del

volcán Domuyo, mayor altura de la Patagonia Argentina, alcanza los 4709 m.snm. La altura máxima del cordón, exceptuando la zona del volcán es de unos 2950 m.snm., en el cerro La Corona (Fig. 1B).

### 2.1. Marco regional

La cordillera del Viento conforma el límite oeste de la faja plegada y corrida de Chos Malal, la que a su vez es la continuación norte de la faja plegada y corrida del Agrio (Figs. 1A y C). Como se observa en las figuras, la cordillera del Viento destaca nítidamente del resto de la geología del norte neuquino por constituir un alto estructural con rocas del basamento pre-Jurásico de la cuenca Neuquina.

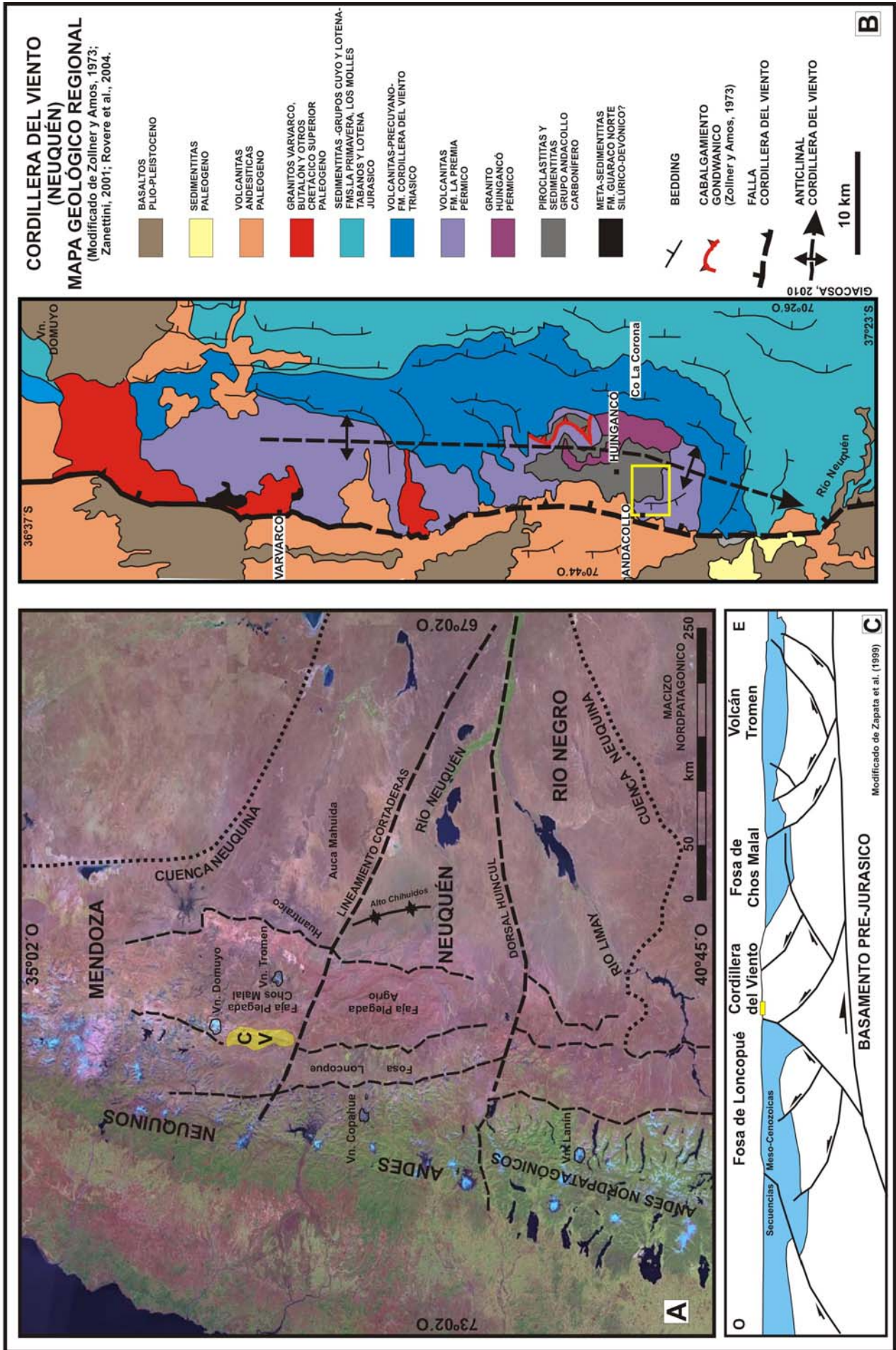
En su geología se reconoce una importante participación de rocas paleozoicas ubicadas mayormente en su sector oeste y de rocas mesozoicas que constituyen tanto el basamento como el relleno de la cuenca Neuquina, en su faldeo oriental. Las principales características de las unidades estratigráficas cartografiadas en la Fig. 1B están resumidas en el Cuadro 1.

### 2.2. Estructura

El conocimiento de la estructura y evolución tectónica de la cordillera del Viento es fundamental para el entendimiento de la naturaleza estructural de los depósitos vetiformes de Andacollo. Nuestras conclusiones sugieren que el emplazamiento (al menos de gran parte) de las vetas mineralizadas, estuvo posiblemente asociado al alzamiento de la cordillera, ocurrido con anterioridad a la depositación de las volcanitas paleocenas de la Formación Cayanya. La posibilidad de que las mineralizaciones fueran anteriores a las volcanitas paleógenas, ya fue sugerida por Stoll (1957). Por lo tanto describiremos con algún detalle los aspectos geológicos y estructurales de la cordillera del Viento y su rol como parte de la evolución del sector subandino del Neuquén. Baste señalar que algunos autores sugieren que esta cordillera, como parte del sistema de fallas Andacollo /

FIG. 1. A. Ubicación tectónica de la cordillera del Viento, en cuyo extremo sur como parte del Distrito Minero Andacollo, se ubica el área estudiada. La cordillera del Viento se sitúa inmediatamente al norte del Lineamiento Cortaderas y conforma el borde oeste (sector interno) de la Faja Plegada y Corrida de Chos Malal. Constituye un alto estructural de rumbo N-S, donde afloran rocas del basamento de la cuenca Neuquina. B. Mapa Geológico y Estructural simplificado de la Cordillera del Viento (basado en Zollner y Amos, 1973; Zanettini, 2001; Rovere et al., 2004) y cuya ubicación esta recuadrada en la Fig. 1A. Se observan dos de sus principales estructuras, la Falla Cordillera del Viento (inferida) y el Anticlinal (asimétrico) de la Cordillera del Viento. En rojo se ha señalado un cabalgamiento pre-Andino, de acuerdo a la interpretación de Zollner y Amos (1973). El área de estudio ubicada en el Distrito Minero Andacollo y recuadrada en amarillo, está en cercanías del cierre periclinal del anticlinal de la Cordillera del Viento. C. Sección estructural general de orientación O-E, que muestra la ubicación de las rocas del basamento pre-Jurásico de la Cordillera del Viento y, aledaña a ella, las fosas de Loncopué y Chos Malal con espesos depósitos de rocas meso-cenozoicas (Modificado de Zapata et al., 1999). En amarillo se ha señalado la ubicación aproximada del área estudiada.





CUADRO 1. CUADRO RESUMEN DE LAS PRINCIPALES UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS CARTOGRAFIADAS EN LA CORDILLERA DEL VIENTO (FIG. 1B).

			BASALTOS	
TERCIARIO	Paleógeno		SEDIMENTITAS	
			FM. CAYANTA: Volcanitas andesíticas	
CRETÁCICO	Superior		TONALITA BUTALÓN	
			GRANITO VARVARCO: 69.09±0.13 Ma <sup>4</sup>	
JURÁSICO	Dogger	GRUPO LOTENA	FM. LOTENA: Sedimentitas marinas FM. TABANOS: Sedimentitas marinas y volcanitas	
		Lias	GRUPO CUYO	FM. LOS MOLLES: Sedimentitas marinas FM. LA PRIMAVERA: Sedimentitas marinas y volcanitas
	<i>Discordancia Rioatuélica</i> <sup>3</sup>			
TRIÁSICO		CICLO PRECUYANO	FM. CORDILLERA DEL VIENTO <sup>3</sup> : Ignimbritas silíceas, flujos andesitas.	
	<i>Discordancia Huápica</i> <sup>3</sup>			
	Inferior	COMPLEJO HUINGANCÓ <sup>3</sup>	FM. LA PREMIA: Ignimbritas silíceas	
PÉRMICO			GRANITO HUINGANCÓ: Granodioritas y monzogranitos	
<i>Discordancia Sanrafaélica</i> <sup>3</sup>				
CARBONÍFERO	Superior	GRUPO ANDACOLLO	FM. HUARACO: Sedimentitas marinas	
	Inferior		DOMO HUARACO: 327,9±2 Ma <sup>2</sup> FM. ARROYO DEL TORREÓN: Piroclastitas ácidas	
DEVÓNICO (?) SILURICO			FM. GUARACO NORTE <sup>1</sup> : Metasedimentitas arenosas	

<sup>1</sup> Zappettini et al. (1987); <sup>2</sup> Suárez et al. (2008); <sup>3</sup> Llambías et al. (2007); <sup>4</sup> Kay et al. (2006).

Loncopué, es la más importante estructura post-Albiana de la cuenca Neuquina (Cobbold y Rosello, 2003).

Stoll (1957), Zollner y Amos (1973) y Koslowski et al. (1996) hacen referencia específica a su estructura, en tanto que otros trabajos que analizaremos a continuación, aluden a su conformación como parte de la evolución de la cuenca Neuquina y acontecimientos tectónicos más jóvenes.

En la mayoría de los estudios, hay consenso en interpretar la disposición estructural de las rocas de la cordillera del Viento, como parte de un anticlinal o braquianticlinal de rumbo meridional, denominado anticlinal de la cordillera del Viento (Zollner y Amos, 1973). Por otro lado todos los trabajos coinciden en que la acumulación de las volcanitas paleógenas de la Formación Cayanta, tuvo lugar con posterioridad a su levantamiento más importante.

La mejor definición del anticlinal de la cordillera del Viento está en su extremo sur, en la zona del cierre periclinal, lugar donde se ubica el sistema vetiforme del cerro Las Minas. Sobre ambas vertientes de la cordillera no hay afloramientos de fallas de importancia regional que permitan modelar su relación con el anticlinal, por lo que existen diferencias en la interpretación de las fallas que se infieren en el subsuelo y en la presencia de fallas ubicadas sobre la vertiente occidental que pudieran haber controlado el alzamiento de la cordillera.

Chauveau et al. (1996) sugieren que la cordillera del Viento es un anticlinal sobre la rampa de un cabalgamiento ciego vergente al este, que evoluciona a

una estructura *pop-up*. Koslowski et al. (1996) la definen como un braquianticlinal de 90 km de longitud que integra la parte occidental la Faja Plegada de Chos Malal. En base a una línea sísmica ubicada sobre su flanco oriental (LS 15011) interpretan al anticlinal como un pliegue por flexión de falla de grandes dimensiones asociado a un corrimiento basal con geometría de plano-rampa, cuya zona de despegue estaría a unos 12 km de profundidad en el basamento Paleozoico. Un nivel de despegue superior a 4 km de profundidad estaría en la base de la Formación Vaca Muerta y permitiría relacionar la cordillera del Viento con el sector occidental de la Faja Plegada de Chos Malal. La discordancia entre la Formación Cayanta y la secuencia paleozoica-mesozoica requeriría de 7000 m de erosión de rocas, lo que implicaría un acortamiento de 14 km con un ángulo de corte de la rampa de 30° (Koslowski et al., 1996). La sección interpretada por Cobbold et al. (1999), es similar a la de Koslowski et al. (1996) en el sentido de que la parte oriental de la cordillera, es el flanco este de un anticlinal de rampa de un cabalgamiento ciego. Estas interpretaciones no involucran fallas de importancia, sobre el flanco occidental de la CV.

Vergani et al. (1995) postulan que durante la etapa de *rift* del Triásico tardío-Jurásico temprano y hasta el relleno del Grupo Cuyo en el Jurásico inferior, los depocentros más occidentales estuvieron controlados por el sistema de fallas normales de rumbo N-S, denominado Tres Chorros-Cordillera del Viento (Tres Chorros *extensional system*), este último ubicado al oeste de la cordillera del Viento, casi so-

bre el río Neuquén. Mas recientemente, estas fallas invertidas durante el Cretácico superior como fallas inversas habrían formado amplios anticlinales por inversión de hemigraben mesozoicos (Zapata y Folguera, 2005).

En el mapa de la Hoja Andacollo (Rovere et al., 2004), se mapea sobre el flanco oeste de la cordillera inmediatamente al oeste del río Neuquén, una falla inferida de rumbo N-S e inclinación al este, por debajo de las volcánicas de la Formación Cayanta. En su sección estructural AA' que pasa por el borde austral, se la interpreta como una falla normal (con una importante acumulación de rocas mesozoicas en su bloque superior) con inversión tectónica.

De manera similar (aunque con distintos nombres), para Cobbold y Rosello (2003) la cordillera del Viento estaría asociada a la falla Andacollo, que es la parte norte de su sistema de falla Andacollo-Loncopué (SFAL) del cual no existe consenso en cuanto a su origen y estilo tectónico. Situada en la vertiente occidental de la cordillera, los autores estiman que se trata de una falla que inclina al este, que funcionó como falla normal entre el Jurásico y el Cretácico Inferior y que fuera reactivada como falla inversa u oblicua en el Cretácico superior y Terciario. Cobbold y Rosello (2003) infieren el siguiente estado de *stress* para la deformación del Cretácico tardío:  $\sigma_1$ : O-E horizontal y  $\sigma_3$ , vertical. Tal estado de *stress* sería el responsable de gran parte del engrosamiento cortical que se acumuló en los *foothills*, y el origen de la sedimentación del grupo Neuquén en el marco de una cuenca de *foreland*.

Estructuralmente el límite sur de la cordillera del Viento sería el Lineamiento Cortaderas (Fig. 1A), estructura regional que tiene numerosas connotaciones (véase Ramos y Kay (2006), Kay et al. (2006), Zamora Valcarce et al. (2006), entre otros). De acuerdo a Cobbold y Rosello (2003), la Falla Cortaderas de orientación NO fue activa entre el Paleoceno y el Mioceno temprano, como una falla inversa (vergente al NE) por lo que infieren una componente transcurrente dextral.

En un contexto mas regional, la cordillera del Viento puede observarse en una sección estructural cortical de los Andes a los 37° S (Folguera et al., 2006).

En este trabajo denominamos Falla Cordillera del Viento (Fig. 1B) a la estructura que controla el depocentro más occidental de la cuenca Neuquina en el Mesozoico y que mediante inversión produjo el levantamiento de la cordillera del Viento. En cuanto a su denominación, es equivalente a la parte norte del Tres Chorros *extensional system* (Vergani et al., 1995) y al sistema de falla Andacollo-Loncopué

(Cobbold y Rosello, 2003). Al igual que estos autores le atribuimos un rumbo general N-S e inclinación al este (Fig. 3). Su posición en la Fig. 1B fue inferida por la ubicación de los afloramientos de las rocas mas antiguas de la región, las metamorfitas paleozoicas de la Formación Arroyo Huaraco Norte y por la presencia de afloramientos de los granitoides Varvarco y Butalón.

### 2.3. Edad del Levantamiento

A partir de Stoll (1957), todos los trabajos mencionados coinciden en que la acumulación de las volcánicas paleógenas de la Formación Cayanta, tuvo lugar con posterioridad al levantamiento principal de la cordillera del Viento. Por lo tanto, el inicio del levantamiento sería anterior a la depositación de esta Serie Andesítica infraterciaria (Koslowski et al., 1996). Para el resto de la Faja Plegada de Chos Malal la deformación más importante habría concluido antes de los 12 Ma (depositación de la Fm. Tristeza).

Como parte interna de la Faja Plegada de Chos Malal, el comienzo de la deformación andina habría ocurrido en el Cretácico tardío, tal como parece surgir de los datos de una edad Ar/Ar en una biotita de la Granodiorita Varvarco ( $69.09 \pm 0.13$  Ma) ubicada en el flanco oeste de la cordillera, la que es interpretada como edad de enfriamiento, y que revelaría unos 3000 m de alzamiento en la cordillera del Viento (Kay et al., 2006). Estas edades de enfriamiento sugieren que las rocas en el bloque de techo de la falla cordillera del Viento, fueron exhumadas durante el Cretácico superior (Fase Peruana; Steimann, 1929) y que la subsecuente erosión habría sido la fuente de los sedimentos para el relleno de la cuenca de antepaís del Grupo Neuquén, desarrollada al este (Fig. 1A).

## 3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LAS VETAS DEL CERRO LAS MINAS

### 3.1. Geología de las vetas

Los antecedentes disponibles sobre las características estructurales internas, morfológicas, mineralógicas y la alteración en las vetas están sintetizados en el Cuadro 2.

### 3.2. Sistema vetiforme

Basado en sus rasgos estructurales, orientación, roca de caja, morfología y preexistencia de estructu-

**CUADRO 2:** CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES INTERNAS, MORFOLÓGICAS, MINERALÓGICAS Y ALTERACIÓN EN LAS VETAS DEL ÁREA DEL CERRO LAS MINAS Y ADYACENCIAS.

<b>ESTRUCTURA</b>	Mesoscópica: cintas y drusas (Erika <sup>1</sup> ); mineralización dispuesta en clavos de alta ley (Erika <sup>2</sup> ). Venas cuarzo aurífero con sulfuros; mineralización dispuesta en clavos de alta ley (Sofía <sup>3</sup> ); espesor 75 cm (Sofía <sup>4</sup> ) Espesor de 20-40 cm (Manto Fortuna <sup>3</sup> ) Vetas de cuarzo de (Buena Vista), 2.50 m (San Pedro N), 1.30 m (San Pedro), 4 m (Don Fernando).
<b>MINERALES</b>	Cuarzo, pirrotina, arsenopirita, galena, galena argentífera, argentita, pirita, calcopirita, oro, calcita, covelina, digenita (Erika <sup>2</sup> ). Zona oxidación de 20 a 40 m (Erika <sup>3</sup> ). Pirita, galena, calcopirita, esfarelita aurífera, 60% oro asociado sulfuros y 40% libre en cuarzo (Sofía <sup>3</sup> ) Cuarzo, pirita, calcopirita con oro (Manto Fortuna <sup>3</sup> ) Cuarzo, pirita, argentina, oro (Buena Vista <sup>5</sup> )
<b>ALTERACIÓN HIDROTHERMAL</b>	Sericitización, cloritización y carbonatación (Erika <sup>1</sup> ) Silicificación y sericitización (Sofía <sup>3</sup> )
<b>TEMPERATURA</b>	Temperatura depositación cuarzo, calcita, oro y sulfuros a 270°-290°C (Erika <sup>1</sup> )
<b>SISTEMA HIDROTHERMAL</b>	Desarrollado a 720-800 m de profundidad y de posible ubicación periférica con sistema cobre porfírico (Erika <sup>1</sup> )
<b>TIPOLOGÍA</b>	Mesotermal (Erika <sup>2</sup> , Sofía <sup>3</sup> )
<b>REFERENCIAS</b>	<sup>1</sup> Domínguez y Gómez (1988); <sup>2</sup> Casé y Danieli (1975); <sup>3</sup> Danieli et al. (1999); <sup>4</sup> Stoll (1957); <sup>5</sup> Rovere et al. (2004).

ras de basamento entre otros, pueden diferenciarse dos grupos de vetas (Figs. 2 y 3; Cuadro 3). El **grupo Sofía-Torreón**, que tiene características que permiten una caracterización estructural y tectónica, en tanto que la información sobre el **grupo Buena Vista** no permite hasta el momento una buena definición estructural y por ende una comparación con el primero, de manera tal de formular un marco estructural y tectónico común. Esta falta de información, no implica la presencia en el distrito de dos fases de mineralización separadas.

En el cuadro 4 se indican los principales rasgos geométricos y estructurales de las vetas del Cerro Las Minas.

Con excepción de los mantos mineralizados y algunas vetillas extensionales y de cizalla asociadas, que fueron estructuras desarrolladas durante la fase de mineralización de cuarzo aurífero, la gran mayoría de las vetas fueron emplazadas en estructuras preexistentes. Tanto las estructuras de neoformación como las recizalladas son estructuras compatibles con un régimen general compresivo de orientación general

**CUADRO 3.** PRINCIPALES RASGOS GEOMÉTRICOS Y ESTRUCTURALES DE LAS VETAS DEL CERRO LAS MINAS Y ALREDEDORES (DISTRITO MINERO ANDACOLLO).

<b>GRUPO</b>	<b>SOFÍA / TORREÓN</b>	<b>BUENA VISTA</b>
Vetas	Vetas Erika <sup>(fuera área estudio)</sup> , Julia, Sofía, Valencia, Fortuna, Rosario. Mantos Fortuna, Santa Elena. Vetas Torreón (varias vetas)	Vetas Buena Vista, San Pedro, San Pedro N, Don Fernando.
Morfología	Vetas angostas con estrias subhorizontales sobre cuarzo de veta. Diseños anastomosados y en flor, tanto en planta como en corte	Vetas de cuarzo de mayor potencia.
Roca caja	Sedimentitas Fm. Huaraco (Carbonífero superior) Piroclastitas Fm. La Premio (Pérmico)	Piroclastitas Fm. Arroyo Torreón (Carbonífero inferior)
Rumbos (R)	Vetas Erika, Julia, Sofía, Valencia: R.N80°-N100°, I.60°-65°, 70°-80°.	Vetas Buena Vista: R.N30°, I.50°60°; San Pedro: R.N40°, I.70°;
Inclinaciones (I)	Vetas El Torreón: R.N35°-N55°, I.70°-80°; R. N95°, I. 70° Manto Fortuna: R.N120°, I.30°;	San Pedro Norte: R.N40°, I.90°; Don Fernando: R.N170°, I.90°
<i>Rake</i> Estrias s/vetas	Vetas 0-25°; Mantos 80-90°	80-90° (BV); ausentes en el resto.
Tipología Estructural	Vetas de cizalla transcurrentes sobre fallas normales; vetas cizalla neoformación s/cabalgamientos y <i>duplex</i> ; vetillas extensionales rotadas sobre laminas <i>duplex</i> .	San Pedro N y Don Fernando, tienen rasgos de vetas extensionales (verticales?)
Estructuras Preexistentes	Fallas normales con diseños en dominó	No se observan
Régimen Tectónico durante mineralización	Transpresión sobre estructuras preexistentes y compresión en estructuras de neoformación	No pudo determinarse
Observaciones	Se denominan Vetas a las estructuras de relleno de cuarzo que inclinan entre 60° y 90° y son discordantes con la estratificación (en el distrito son principalmente fallas normales reactivadas como transcurrentes). Mantos se refieren a vetas sobre el plano de fallas de bajo ángulo (<30°) concordantes con la estratificación (corrimientos, <i>duplex</i> , <i>shortcut-thrust</i> ).	

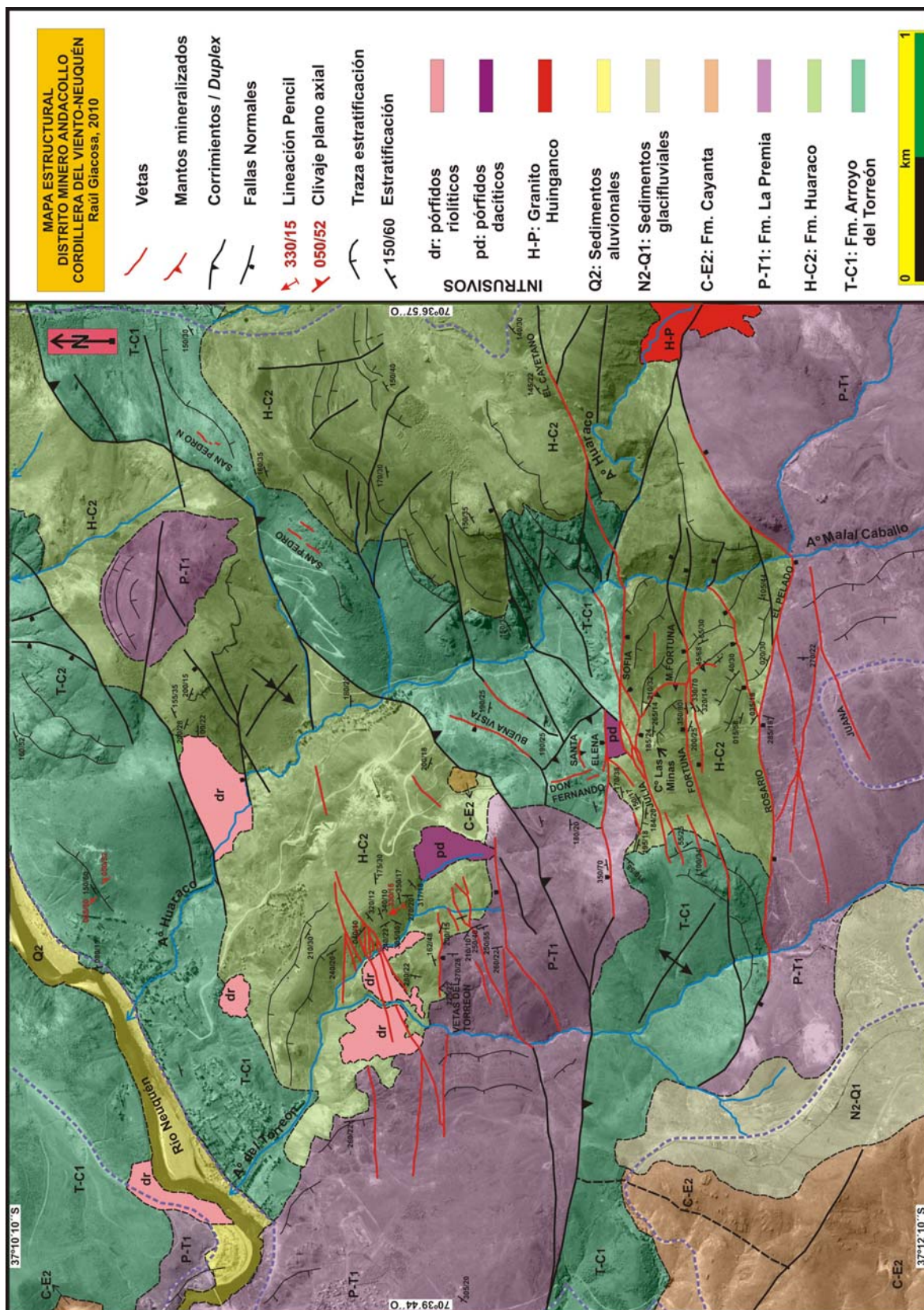


FIG. 2. Mapa Geológico-Estructural cartografiado en el presente estudio, en parte utilizando como base el mapa de Stoll (1957). Este sector reúne los principales depósitos vetiformes del Distrito Minero de Andacollo. Obsérvese: a) como las vetas del Grupo Sofía tienen un rumbo dominante O-E y que alguna de ellas rellenan fallas que cuando ponen en contacto distintas unidades litoestratigráficas, indican una cinemática normal (fallas/vetas Sofía y Rosario); b) las vetas del Grupo Buena Vista de rumbo NE y NNO en un caso, se encuentran en las piroclásticas de la Formación Arroyo del Torreón, y en ningún caso rellenan fallas de importancia tecto-estratigráfica; c) las vetas del Grupo Torreón están en las sedimentitas carbóníferas y en las piroclásticas del Choiyoi, con rumbos dominantes O-E a ENE; d) al NE de la desembocadura del arroyo Huaraco en el río Neuquén, afloran piroclásticas carboníferas con foliación de plano axial, atribuida a la orogenia Gondwánica; e) la traza de la estratificación regional, permite observar que el sistema vetiforme está ubicado en el cierre periclinal del anticlinal de la Cordillera del Viento.

**CUADRO 4.** ESTILOS ESTRUCTURALES DE ALGUNAS DE LAS MINERALIZACIONES VETIFORMES EN EL ÁREA DEL CERRO LAS MINAS Y ALREDEDORES (DISTRITO MINERO ANDACOLLO). COMPARAR CON FIGURA 4.

<b>VETAS DE NEOFORMACIÓN</b>	
Vetas de Cizalla en -el plano de- Cabalgamientos y <i>Duplex</i>	Manto Fortuna
Vetas de Cizalla en Cabalgamientos asociados a estructuras transpresivas (estructuras en flor positiva)	Manto Santa Elena
Vetas de Cizalla en <i>Duplex</i> Transcurrentes	Sistema Julia, Sofía, Valencia
Vetas Extensionales Subhorizontales	
Vetas de Cizalla en -la zona daño- de Cabalgamientos	
<b>VETAS DE RELLENO DE ESTRUCTURAS PREEXISTENTES</b>	
Vetas de Cizalla como relleno de fallas normales	Sofía, Rosario, Fortuna

O-E (orientación aproximada del esfuerzo principal máximo), que al actuar sobre fallas normales preexistentes de rumbo O-E (Fig. 5A) desarrolla un régimen transpresivo. Por lo que no existen inconsistencias cinemáticas y dinámicas para explicar el origen conjunto entre las vetas de relleno de fallas normales y los mantos mineralizados ubicados en las fallas de bajo ángulo y cinemática compresiva.

Las vetas del grupo Sofía-Torreón, ocuparon durante la fase compresiva que acompañó el levantamiento de la cordillera del Viento, el espacio en fallas normales con geometrías en dominó (planar y lítrica) que presentan un importante desplazamiento estratigráfico en las sedimentitas carboníferas de la Formación Huaraco y en las volcanitas pérmicas de la Formación La Premia, y que en ocasiones ponen en contacto ambas unidades (Fig. 5). Algunas evidencias recogidas hasta el momento sugieren que el sistema de fallas normales habría sido sincinemático con el volcanismo de la Formación La Premia (Fig. 5G). Esta deformación es posterior a la fase San Rafael cuya deformación compresiva durante el Pérmico Temprano afectó al Carbonífero y podría asociarse a la subsiguiente extensión durante la fase Huárpica, que acompañó el colapso orogénico gondwánico (Llambías et al., 2007). No se descarta que la etapa de *rifting* que acompañó al volcanismo triásico de la Formación Cordillera del Viento (Ciclo Precuyano) pudiera haber originado o acentuado estas estructuras.

**Roca de caja.** Las vetas del cerro Las Minas están emplazadas en rocas paleozoicas, siendo la Formación La Premia la más joven de ellas con una edad que, en el área, podría alcanzar el Triásico (Llambías et al., 2007). Como se observa en el Cuadro 2, existen diferencias, entre las vetas del Grupo Buena Vista ubicadas en las piroclastitas de la Formación Arroyo del Torreón (Carbonífero inferior) y las del Grupo Sofía-Torreón cuyas rocas de caja pertenecen a las sedimentitas de la Formación Huaraco (Carbonífero superior) y a las piroclastitas de la

Formación La Premia (Pérmico). Al norte, fuera del área estudiada hay vetas emplazadas en el Granito Huingancó.

**Estructura de la roca de caja.** Las estructuras más antiguas de la región se reconocen en las rocas del Grupo Andacollo y se observan en un sector restringido ubicado al NE del área estudiada, sobre ambos márgenes del arroyo Huraco antes de su desembocadura en el río Neuquén (Fig. 2). Se trata de estructuras dúctiles, como foliación de plano axial en las piroclastitas de la Formación Arroyo del Torreón y lineación pencil en las sedimentitas de la Formación Huaraco y posiblemente vetas extensionales y de cizalla de cuarzo asociadas a fallas mesoscópicas transcurrentes en la cuarcita Huaraco. Poseen un desarrollo muy limitado y geoméricamente resultan compatibles con un acortamiento regional de rumbo NE ( $Z=N35^{\circ}/40^{\circ}E$ ) y, en coincidencia con Stoll (1957) las atribuimos a la deformación más antigua del área, posiblemente originadas durante la Fase Orogénica San Rafael.

Como fue señalado, las rocas en el Distrito Minero Andacollo están condicionadas estructuralmente por su ubicación en el sector austral del anticlinal de la cordillera del Viento, donde se ubica su cierre periclinal. La disposición estructural actual de las rocas del área consiste en fajas de rocas paleozoicas con rumbo general O-E, separadas entre sí por fallas, que en muchos casos están mineralizadas (vetas Sofía, Rosario-El Pelado). En el sector NE la Formación La Premia se apoyaría en discordancia angular sobre las rocas del Grupo Andacollo (Fig. 2).

En el sector sur (Fig. 2) el contacto entre las Formaciones Huaraco y La Premia es por una falla normal de rumbo O-E (veta Rosario), aunque la disposición de la estratificación entre ambas unidades indicaría una discordancia angular previa al fallamiento. Por otro lado evidencias litológicas en el bloque inferior de la falla, como la presencia de conglomerados, sugiere que esta falla fue activa en tiempos de la sedimentación y el volcanismo de la Formación

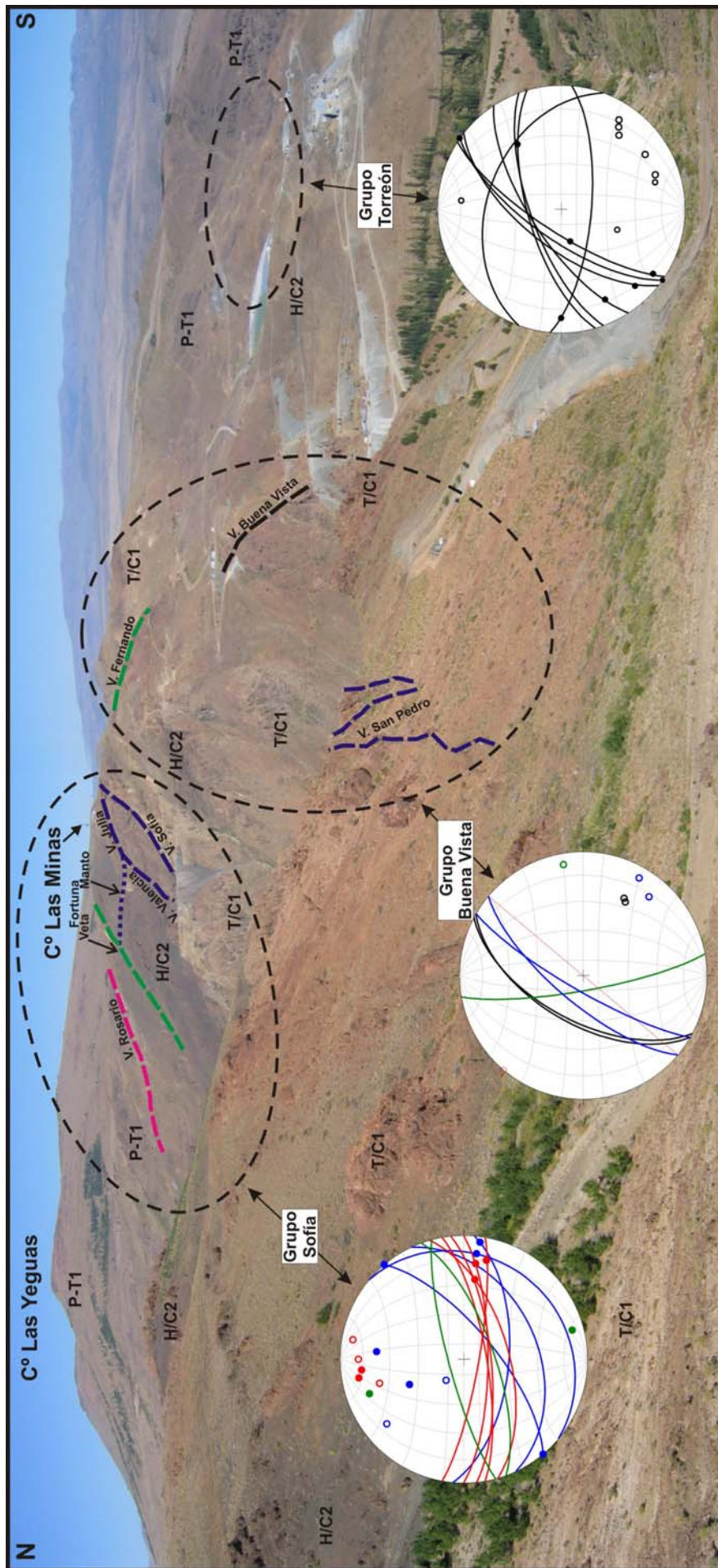


FIG. 3. Vista general de las principales vetas del Distrito Minero Andacollo, las que fueron separadas en tres grupos. En el caso de las vetas del Grupo Sofía, la baja inclinación que se observa corresponde a la inclinación aparente.

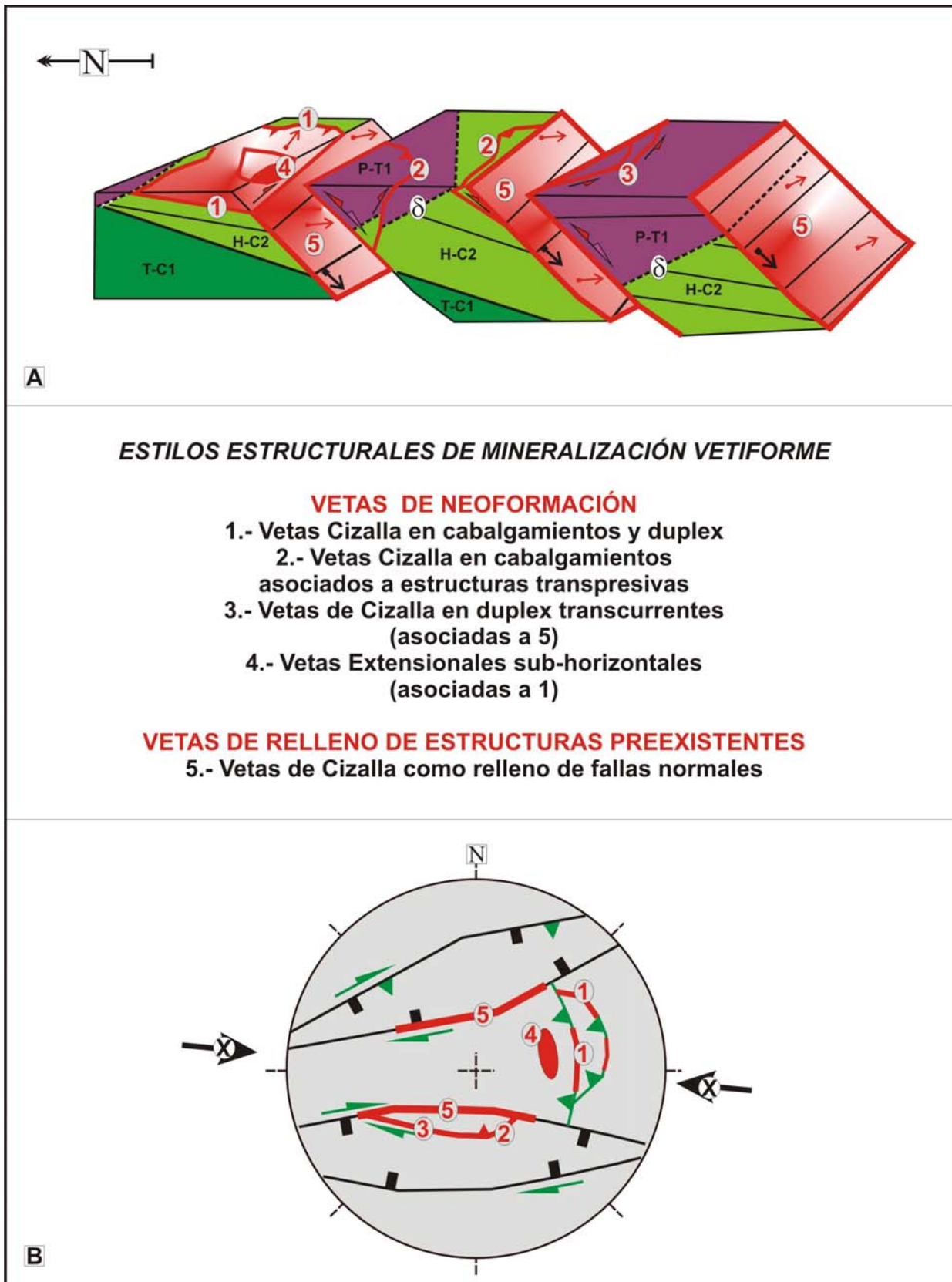


FIG. 4. Estilos estructurales de las mineralizaciones vetiformes del Distrito Minero Andacollo. A. Bosquejo en tres dimensiones. B. Estereograma de algunas mineralizaciones y su relación con las direcciones de acortamiento durante la etapa de mineralización.

La Premia. Esta unidad muestra en el área un rumbo muy constante, con inclinaciones de unos 20 a 30° al O.

**Vetas en estructuras preexistentes.** La mayoría de las vetas agrupadas en el Grupo Sofía-Torreón, tales como las Vetas Erika (al norte del área



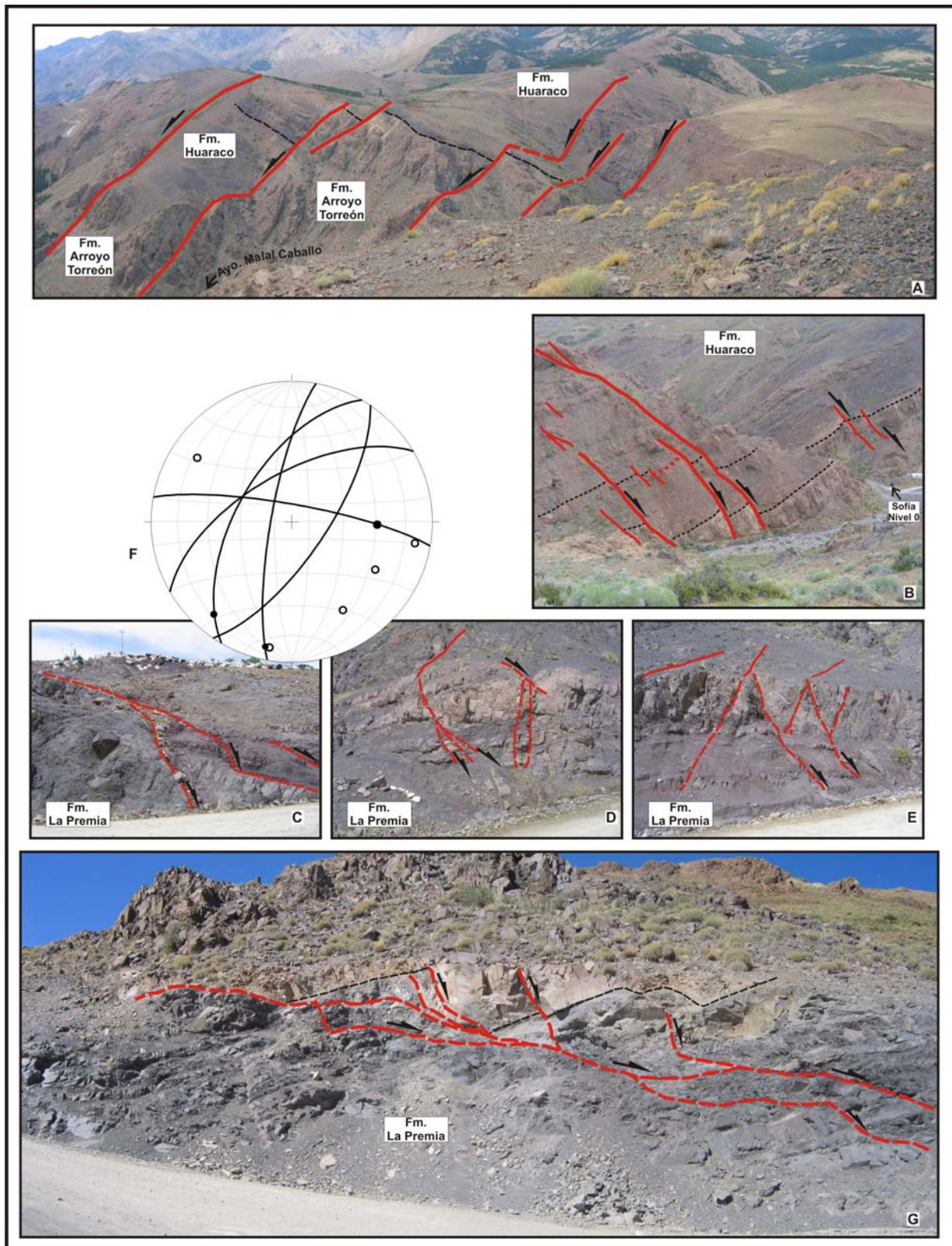


FIG. 5. Evidencias de fallas normales en el Distrito Minero Andacollo. A. Fallas normales de geometría planar y arreglo en dominó de rumbos O-E y vergencia N, que producen rotación horaria en las rocas del Grupo Andacollo ubicadas sobre la margen derecha del arroyo Malal Caballo. Algunas de ellas están representadas en el mapa de la Fig. 2 y representan la continuidad hacia el oeste de las vetas Fortuna y una ramificación de la veta Rosario. B. Fallas normales de geometría planar y arreglo en dominó de rumbos O-E y vergencia S, en afloramientos del Grupo Andacollo en inmediaciones del Nivel 0 de la mina Sofia. C a F. Fallas normales mesoscópicas de rumbos NE y O-E, con componente de rumbo, en las piroclásticas de la Formación La Premio ubicadas sobre el camino que une Andacollo con Huinganco. Obsérvese que alguna de las fallas de rumbo NE, tienen una marcada componente de rumbo. G. Fallas normales mesoscópicas en las piroclásticas de la Formación La Premio ubicadas dentro del área de faena de Magsa. Se observa la geometría de las fallas caracterizada por fallas planares que enraízan en despegues de bajo ángulo. En F y en los sucesivos estereogramas, las líneas representan planos de fallas o de vetas, los círculos polos de fallas o de vetas y los círculos rellenos estrías de fallas o de vetas.

estudiada), Julia, Sofía, Valencia, Fortuna, Rosario y sus continuaciones son vetas desarrolladas sobre estructuras preexistentes. En la mayoría de los casos se trata de fallas mineralizadas de alto ángulo con evidencias estratigráficas de cinemática normal (Figs. 3 y 6).

En sectores, como el denominado Vetas Del Torreón, se observa que las vetas están dispuestas en fallas normales mineralizadas con una geometría en dominó y como estas fallas controlan las relaciones tectónicas entre las Formaciones Huaraco y La Premia (Fig. 6).

Todas estas vetas se caracterizan por el desarrollo de estrías subhorizontales sobre cuarzo mineralizado (Fig. 7).

En las vetas Buena Vista, San Pedro, San Pedro N y Don Fernando, pertenecientes al Grupo Buena Vista, no fueron observadas evidencias de un control estructural previo sobre la estructura de la veta (Fig. 8), aunque la inclinación de la veta Buena Vista sugiere que podría ser el relleno de una falla normal. Las vetas de este grupo no se encuentran en los límites entre unidades estratigráficas.

**Vetas de Neoformación.** Los cabalgamientos son estructuras contraccionales muy frecuentes en el área del cerro Las Minas (Figs. 9A a G). Las mineralizaciones denominadas mantos (Stoll, 1957) como Fortuna y Santa Elena y otros innominados de menores dimensiones son delgadas mineralizaciones sobre planos de cabalgamientos o bien de *duplex* (Figs. 10A, D y G). Las estrías de falla sobre cuarzo son de inclinación y paralelas al movimiento del manto, lo que sugiere que la mineralización fue coetánea con el desarrollo de los cabalgamientos o duplexes (Figs. 10B, C y H). En cercanías del Manto Fortuna se observaron vetas horizontales extensionales de morfología sigmoidal (rotadas en sentido horario, Figs. 10H e I) formadas por compresión durante el desarrollo de los cabalgamientos.

**Coexistencia de vetas.** Dentro del Grupo Sofía coexisten y guardan compatibilidad geométrica y cinemática, vetas como relleno de estructuras previas con vetas de neoformación, lo que sugiere que ambas mineralizaciones fueron sincrónicas. Algunas geometrías en secciones normales a las vetas muestran diseños en estructura en flor positiva (Figs. 11A a E). Todos los mantos mineralizados tienen su enraizamiento en vetas de relleno de fallas normales con estrías subhorizontales en los hastiales.

**Origen de las Fallas Normales Mineralizadas.** Como fue señalado por Stoll (1957), resulta

evidente que fallas normales fueron canales privilegiados de la mineralización dentro de las rocas carboníferas y en la Formación La Premia.

Las observaciones de campo sugieren que no se trata de fallas aisladas o relacionadas a la formación del anticlinal de la Cordillera del Viento (véase Stoll, 1957, pg. 24). Por el contrario, su agrupamiento y geometría es típica de un sistema extensional, donde las fallas se agrupan en sistemas de fallas normales de geometría planar con rotación de bloques (Figs. 5A y B), lo que indicaría la presencia de un despegue basal (Fig. 5G).

Otras evidencias sugieren que fallas similares habrían controlado el volcanismo de la Formación La Premia (Figs. 5G y 6A). Similar interpretación puede atribuirse a los conglomerados y lavas basales de esta unidad, que forman el hastial superior de la falla normal mineralizada como veta Rosario-El Pelado (Fig. 2).

Por lo tanto su posible sincronismo con el volcanismo y la sedimentación de la Formación La Premia, así como su extenso desarrollo en el basamento carbonífero, sugieren vincular las fallas normales con la fase extensional asociada al volcanismo Choiyoi, posiblemente durante la extensión regional en niveles corticales superiores que acompañó el magmatismo posorogénico del Choiyoi (véase Llambías et al., 2007).

La mayoritaria disposición O-E de las fallas normales, indicaría una dirección de extensión N-S, en este sector de la cordillera del Viento.

Con respecto a la deformación asociada con la fase extensional que acompañó a los depocentros del grupo pre-Cuyo, labrados en las rocas del basamento de la cuenca Neuquina, no ha podido evaluarse aún su participación concreta en el desarrollo del sistema vetiforme. Se trata de depocentros asociados a geometrías de syn-rift de diseño lístrico, de tres orientaciones principales N-S, W-E y NE-SW (Vergani et al., 1995; Mosquera y Ramos, 2006).

**Edad de las vetas.** Entre los antecedentes referidos a la edad y la estructura de las vetas mineralizadas, así como su inserción en la tectónica regional, se encuentra principalmente Stoll (1957), quién basado en argumentos geológicos, entre los que se incluye la edad oligocena que entonces se le atribuía a las volcanitas terciarias que cubren las vetas («serie andesítica infraterciaria»), ubica la edad de la mineralización en el intervalo post-Dogger – pre-Oligoceno. Se inclina por una edad Cretácica o Eoceno, asignándole al Eoceno una mayor probabilidad,

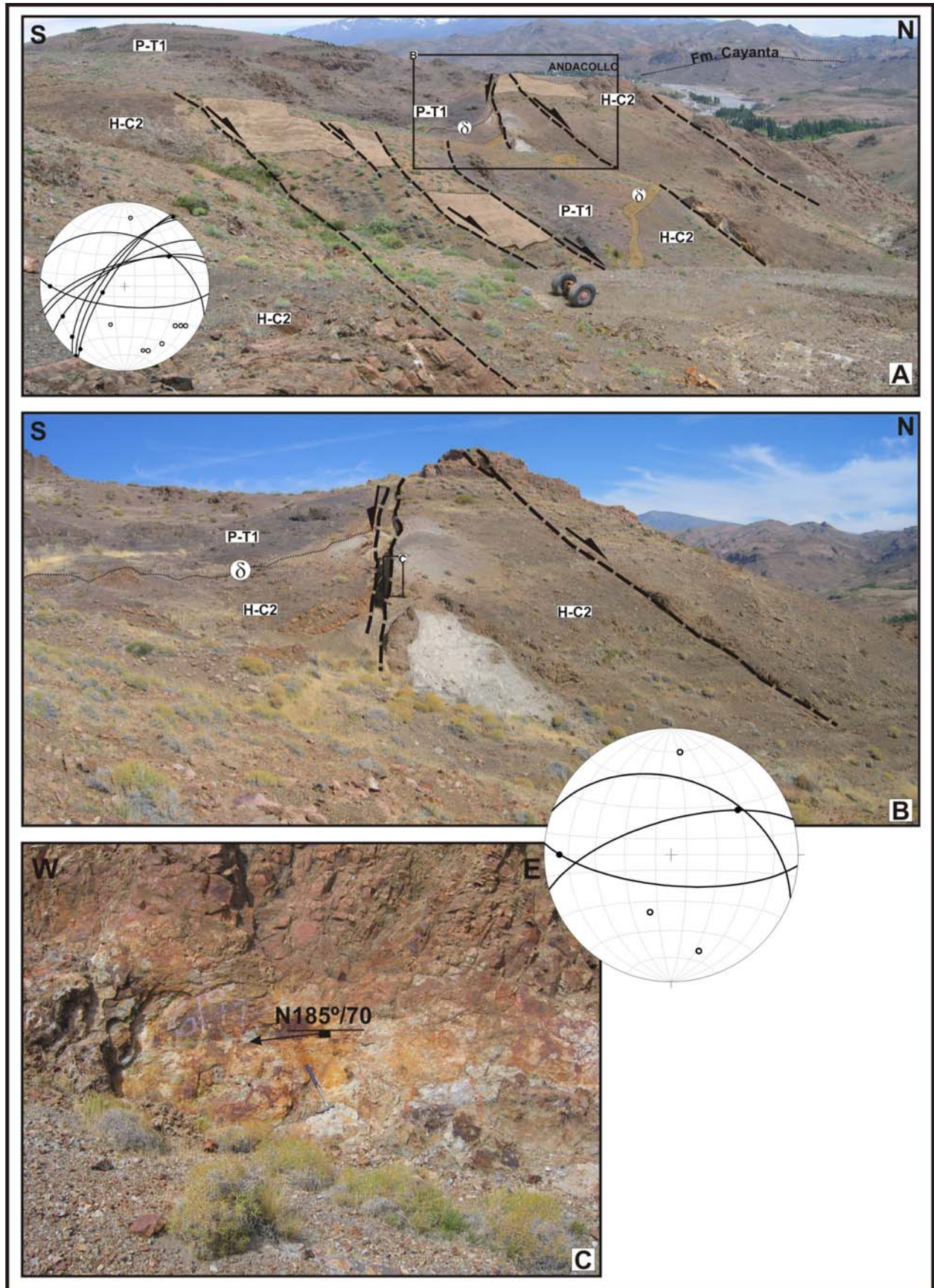


FIG. 6. A. Vista general de las vetas del Grupo Torreón, caracterizadas por el relleno de fallas normales de diseño planar en dominó y vergencia N. B: Una de las vetas corresponde al relleno de una falla normal de rumbo O-E y vergencia S, que controló la depositación de las piroclásticas del Choiyoi (P-T1), sobre las epiclastitas carboníferas de la Formación Huaraco (H-C2). Obsérvese que si bien la falla tiene un marcado rechazo estratigráfico de cinemática normal, los hastiales de la veta tienen estrías subhorizontales (C).

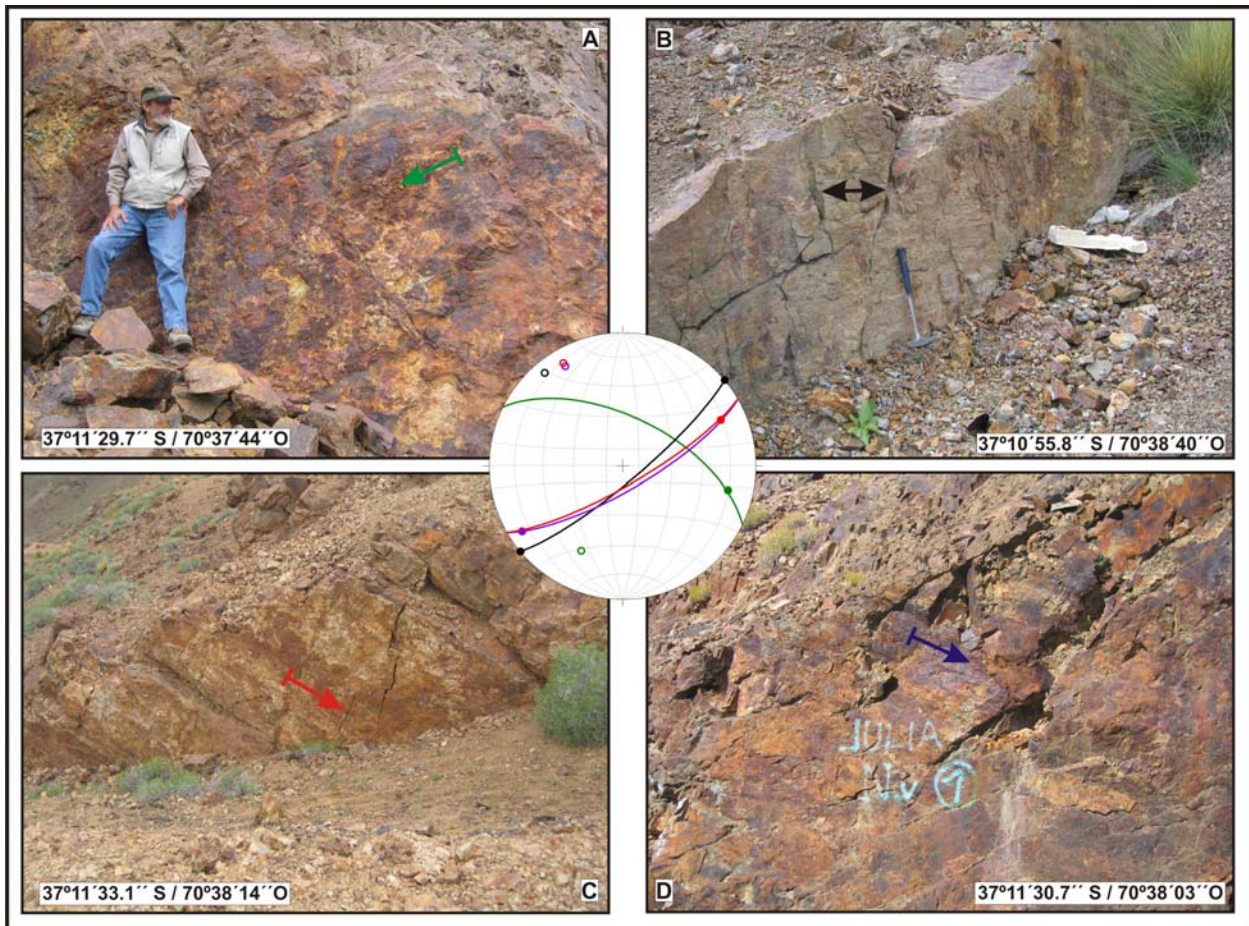


FIG. 7. Hastiales de algunas vetas de los Grupos Sofía y Torreón. Obsérvese las estrías subhorizontales en el cuarzo de los hastiales que señalan movimientos laterales y de inclinación durante la mineralización de cuarzo ocurrida bajo un régimen de transpresión.

debido a su coincidencia con la «primera fase tectónica andina de Groeber». Considera que las vetas auríferas son contemporáneas de estos movimientos tectónicos de principios del Eoceno, a los que designa como parte de la orogénesis «Laramide».

Con respecto a las vetas de La Primavera y por comparación a vetas similares del cerro Mayal, menciona la posibilidad de que estén asociadas a intrusivos Oligocenos, decantándose por una probable edad en el Eoceno u Oligoceno.

Vilas y Valencio (1978), realizaron estudios paleomagnéticos e isotópicos en las Tobas Inferiores del Carbonífero (Formación Arroyo del Torreón) que presentan alteraciones hidrotermales del tipo propilitización y silicificación y, en menor medida, argilitización y sericitización. Las edades isotópicas corresponden a tres determinaciones K-Ar sobre roca total que brindan una edad promedio de  $69 \pm 4$  Ma. En cuanto a los datos paleomagnéticos, la posición del polo Andacollo es cercana al polo paleomagnético del Cretácico para América del sur, por lo que sugieren una edad cretácica para la remanencia estable de las rocas de Andacollo. Los portadores de esta remanencia pueden ser los mine-

rales magnéticos originales de las rocas de Andacollo, o bien minerales magnéticos formados durante el período de alteración hidrotermal. En el primer caso una magnetización termal remanente secundaria podría haber sido adquirida durante el enfriamiento de minerales en presencia del campo geomagnético Cretácico. En cuanto a los datos de remanencia estable corresponderían a magnetización remanente secundaria de origen químico, adquirida durante el período de alteración hidrotermal durante el Cretácico tardío.

Más al sur en La Primavera, Suárez y Echart (2008) reportan 4 edades K/Ar en una zona de extensa alteración epitermal desarrollada en ignimbritas silíceas del Pérmico y el Jurásico, intruidas por una granodiorita. Las edades en las volcanitas están en el rango de 67 a 73 Ma, en tanto que el intrusivo de granodiorita al cual se asociaría la alteración, es de 71 Ma. El intrusivo aflora en el cerro Colo que es parte del sistema hidrotermal Los Maitenes-El Salvaje donde se reportó una edad de  $67 \pm 3$  Ma sobre roca total en un stock tonalítico, relacionado a la mineralización-alteración tipo cobre porfírico (Domínguez et al., 1984).

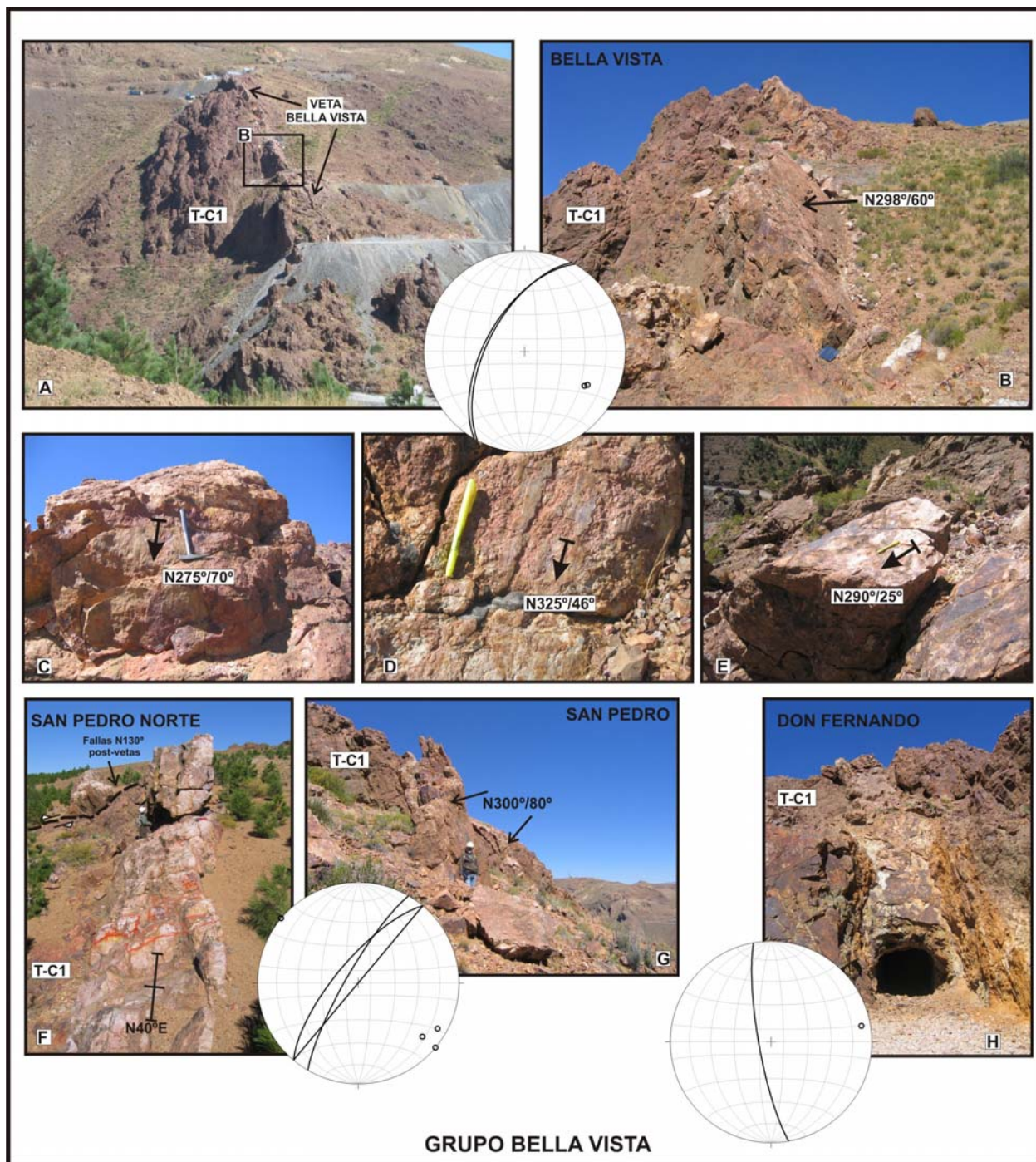


FIG. 8. Características de las vetas del Grupo Buena Vista.

Sobre el flanco oeste de la cordillera del Viento, en cercanías de Varvarco (Fig. 1B) aflora la Granodiorita Varvarco cuya edad es de  $69.09 \pm 0.13$  Ma (Kay et al., 2006). Hacia el sur alrededor de los  $37^\circ$ S, afloran plutonitas asignadas a la Tonalita Butalón del Paleoceno-Eoceno (?), a las que se atribuyen episodios de alteración y mineralización tipo *hornfels-skarn* y brechas magmáticas-hidrotermales (Casé et al., 2008).

Los datos isotópicos previos permiten reunir las mineralizaciones y alteraciones en la cordillera del

Viento en el intervalo Cretácico Superior-Paleoceno, datos que se ajustan a las relaciones estratigráficas, donde una edad pre-Eoceno (edad de la Formación Cayanta) se asigna a las volcanitas que cubren a las vetas y se asientan en discordancia sobre las rocas paleozoicas y mesozoicas en el extremo sur de la cordillera.

El emplazamiento del magmatismo del Cretácico Superior-Paleoceno en la cordillera del Viento, habría sido controlado por la falla Cordillera del Viento (Fig. 1B). Esta falla fue parte del Tres Chorros *ex-*

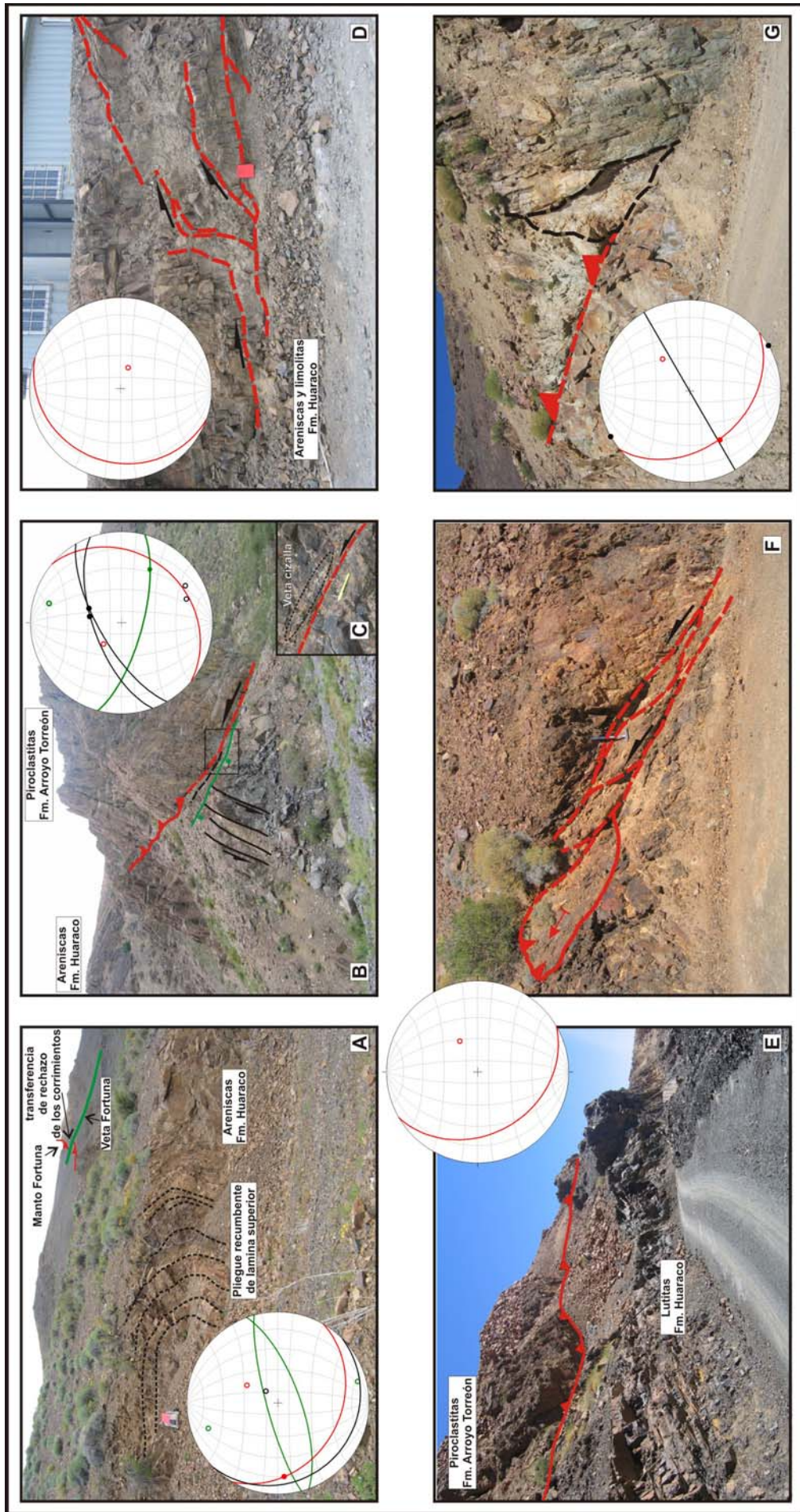


FIG. 9. Evidencias de cabalgamientos y *duplexes* en las rocas carboníferas del Distrito Minero Andacollo. A. Plegue recumbente sobre la lámina superior de un cabalgamiento ciego que es continuación de un cabalgamiento mineralizado (Manto Fortuna). B. Cabalgamiento de vergencia SE que posdata fallas normales de rumbo NE y ESE. C. Veta de cuarzo subhorizontal inmediatamente por encima del cabalgamiento. D. Abanico de cabalgamientos de vergencia W en las epiclastitas carboníferas de la Formación Huaraco (en inmediaciones de la oficina de medio ambiente de Magasa). E. Cabalgamiento de vergencia O que sobrepone las piroclásticas de la Formación Arroyo del Torreón sobre las epiclastitas carboníferas de la Formación Huaraco. F. Geometría en *duplex* del plano del cabalgamiento anterior. G. Cabalgamiento de vergencia OSO que despega de una falla transcurrente de rumbo NE (estructura en flor positiva).

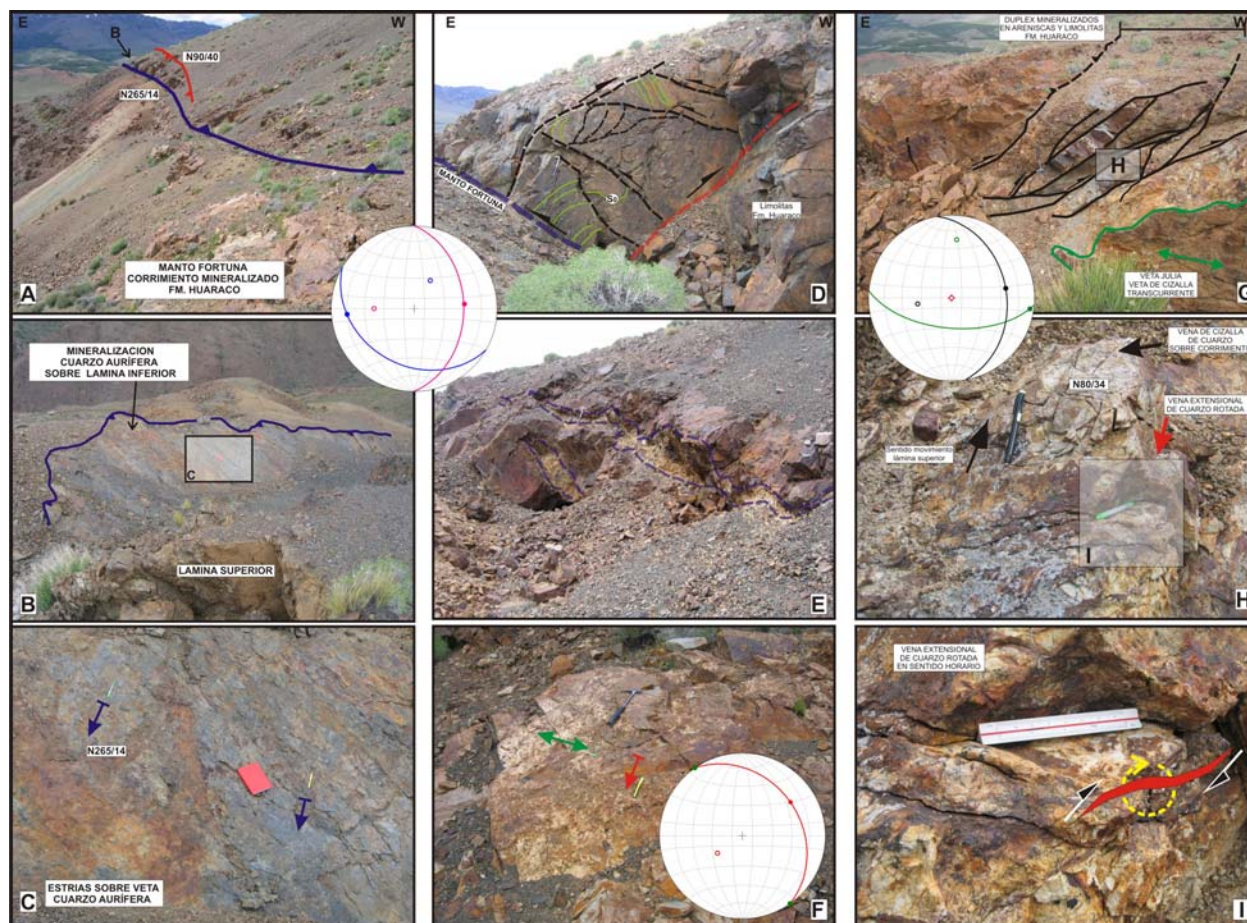


FIG. 10. Mantos mineralizados: evidencias de mineralización en estructuras contraccionales (cabalgamientos, retrocabalgamientos y *duplexes*). A. Vista general del manto Fortuna y un retrocabalgamiento asociado (en rojo); ambos señalan un acortamiento general O-E. B y C. Detalle del plano mineralizado con cuarzo. D. Deformación en las sedimentitas ubicadas entre el cabalgamiento del Manto Fortuna y su retrocabalgamiento. E. Zona de alteración sobre el plano de cabalgamiento. F. Estrías en dos direcciones sobre el plano mineralizado. G. Duplex mineralizado asociado a una falla transcurrente (veta Julia). H e I. Veta extensional rotada en sentido horario ubicada en una de las láminas del *duplex*.

*tensional system* (Vergani et al., 1995), que controla los depocentros con geometrías de *synrift* del grupo pre-Cuyo, labrados en las rocas del basamento.

**Tectónica y Mineralización.** En relación a la estructura de las vetas, Stoll (1957) y luego Zollner y Amos (1973), señalan que con excepción de los mantos Fortuna y Santa Elena que ocupan planos de fallas de bajo ángulo (cabalgamientos), la mayoría de las vetas del área del cerro Las Minas y alrededores, están ubicadas en fallas gravitacionales de alto ángulo. Si bien relacionan la mineralización con una tectónica compresiva, atribuyen el origen de las fallas normales a una etapa de relajación post-compresiva. En cuanto a los mantos, sugieren que podrían haberse formado durante la orogénesis pérmica y posteriormente haber sido reactivados y mineralizados en el Terciario.

Recientemente Suárez (2007), señala que una parte de las vetas auríferas, principalmente las vetas Julia, Sofía y Valencia se emplazaron en una

fase transtensional dextral y que probablemente los sistemas San Pedro y Buena Vista integran este sistema.

Las observaciones realizadas en este estudio, permiten considerar los siguientes aspectos en relación a la vinculación entre tectónica y mineralización:

- a) Las vetas de cuarzo en los planos de cabalgamiento (mantos) son muy delgadas y en ningún momento se apartan del plano de falla, en tanto que las estrías están labradas sobre el cuarzo del manto mineralizado. Adicionalmente hay pequeñas vetas extensionales subhorizontales (a veces rotadas) dentro de *horses* de un sistema *duplex* (Figs. 10G a I), y en un caso una veta de cizalla paralela al plano del cabalgamiento (Fig. 9C), lo que sugiere que estas vetas son sincrónicas con las fallas. Aquí es necesario aclarar que las vetas subhorizontales (por lo menos las observadas)

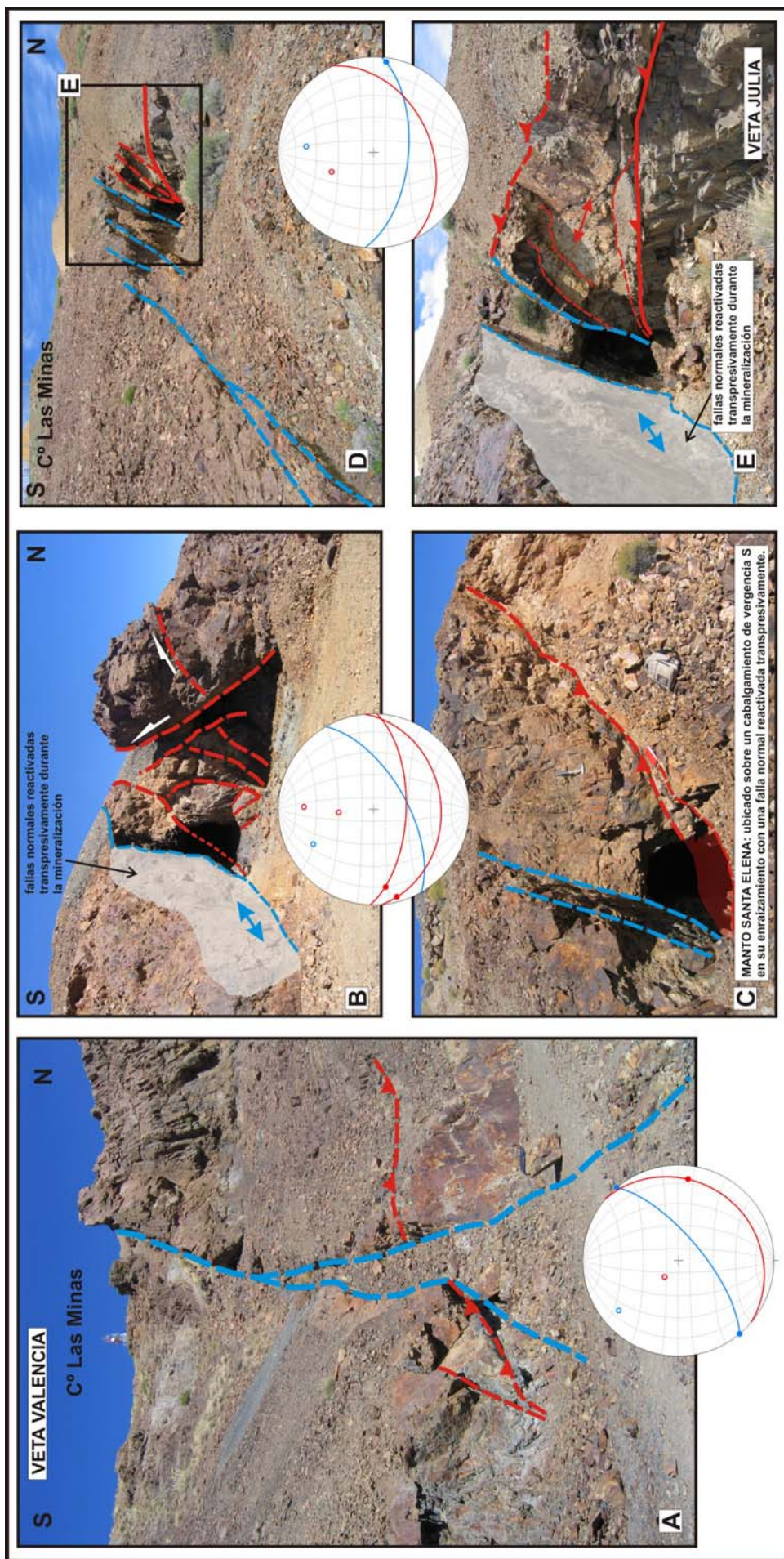


FIG.11. Evidencias de zonas mineralizadas bajo transpresión: estructuras en flor positiva. Líneas celestes son fallas normales reactivadas lateralmente y en rojo cabalgamientos enraizados.



carecen de importancia económica ya que son muy pequeñas, en tanto que su utilidad radica en su uso para la interpretación tectónica.

- b) Las vetas del Grupo Sofía-Torreón rellenaron fallas con cinemática normal (Figs. 3 y 6), sin embargo en todos los casos las vetas de cuarzo tienen estrías subhorizontales (Fig. 7). El rechazo estratigráfico en las fallas normales es importante y no guarda relación con las estrías subhorizontales observadas, lo que sugiere que la mineralización adscribe a un régimen predominantemente transcurrente y posterior al fallamiento normal.
- c) Suárez (2007), señala que una parte de las vetas auríferas distrito, se emplazaron en una fase transtensional dextral. Sin embargo un régimen transtensivo no explica la coexistencia de estas vetas con los mantos mineralizados de los cabalgamientos y las vetas extensionales subhorizontales, características de regímenes tectónicos compresionales (contraccionales). Una posibilidad de explicar esta aparente contradicción, es considerar la mineralización asociada a un régimen tectónico compresivo de orientación general O-E, en tiempos del pre-Eoceno y cuyo resultado fuera un estilo estructural de cabalgamientos y fallas inversas. Tal régimen podría ser el aquel asociado al levantamiento de la cordillera del Viento a fines del Cretácico superior.

#### 4. SÍNTESIS

La gran mayoría de las vetas pertenecientes al Grupo Sofía-Torreón fueron emplazadas en estructuras preexistentes (recizallado y mineralización de fallas normales). Durante la fase de mineralización, además del relleno de estas estructuras fueron formadas nuevas estructuras mineralizadas (cizallado  $\pm$  fracturación extensional y mineralización) bajo la forma de mantos mineralizados y vetillas extensionales.

Tanto las estructuras de neoformación como las recizalladas son estructuras compatibles con un régimen compresivo-transpresivo de orientación generalizada O-E, por lo que no existen inconsistencias cinemáticas y dinámicas para explicar el origen conjunto entre las vetas de relleno de fallas normales y los mantos en las fallas de bajo ángulo y cinemática compresiva.

Con respecto a las fallas normales que fueron mineralizadas durante la etapa compresiva que acompañó el levantamiento de la cordillera del Viento, algunas evidencias recogidas hasta el momento sugieren que el sistema de fallas normales habría sido sincinemático con el volcanismo de la Formación La Premio. Esta deformación es posterior a la fase San Rafael cuya deformación compresiva durante el Pérmico Temprano afectó al Carbonífero y podría asociarse a la subsiguiente extensión que durante la fase Huárpica, acompañó el colapso orogénico gondwánico (Llambías et al., 2007).

Con respecto al grupo Buena Vista, las observaciones realizadas hasta el momento, no permiten una buena definición estructural y por ende una comparación con el Grupo Sofía-Torreón, de manera tal de formular un marco estructural y tectónico común. Esta falta de información, no implica la presencia en el distrito de dos fases de mineralización separadas. Podemos señalar que sus vetas se encuentran en una posición estructural más baja que el grupo Sofía. Las condiciones de mayor competencia y bajo contraste reológico entre los diferentes mantos piroclásticos que integran la Formación Arroyo del Torreón posiblemente ejercieran un control diferente sobre la geometría de las vetas, en relación al grupo Sofía-Torreón, ubicado en un nivel estructural más alto.

La determinación del marco estructural y tectónico de las mineralizaciones vetiformes del Distrito Minero de Andacollo en el área del cerro Las Minas, permite ubicar su formación en relación a otros eventos trascendentales en este sector de los Andes (Fig. 12). Entre ellos podemos mencionar: a) el magmatismo de Cretácico superior a Paleoceno (?) como posible fuente térmica de las mineralizaciones; b) su posible emplazamiento a lo largo de fallas de rumbo N-S, heredadas de la etapa de *rifting* que acompañó al volcanismo triásico de la Formación Cordillera del Viento (Ciclo pre-Cuyano); c) la inversión contraccional de estas fallas durante el Cretácico superior para producir el alzamiento de la cordillera del Viento, y d) la consiguiente formación de la cuenca de antepases del Grupo Neuquén.

Los factores de mayor incidencia directa o indirecta sobre las mineralizaciones, están resumidos en la Fig. 13.

La interpretación de las escasas estructuras atribuidas a la Fase Orográfica San Rafael, en las Piroclastitas carboníferas de la Formación Arroyo Torreón, no permite establecer un posible control sobre las mineralizaciones.

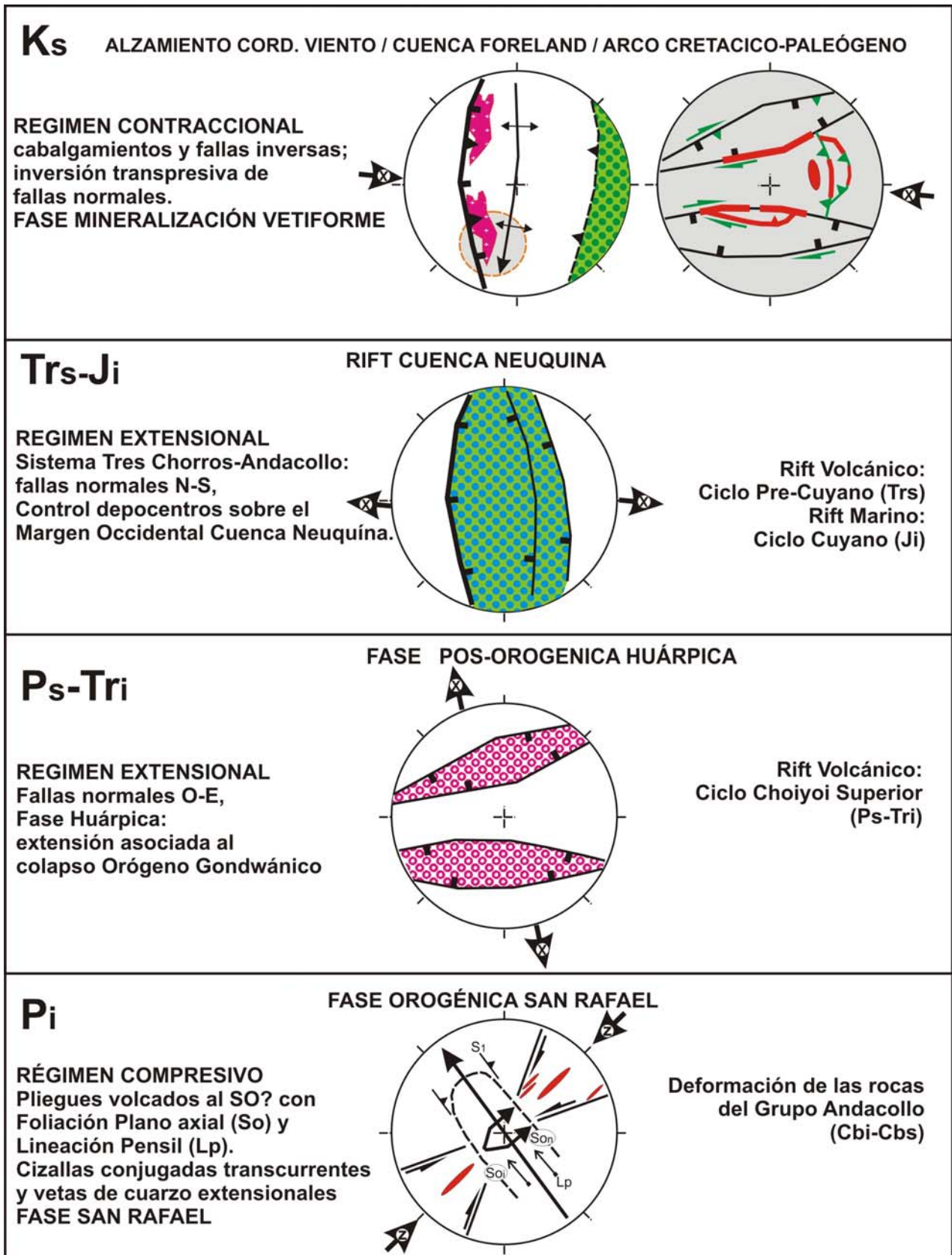


FIG. 12. Eventos tectónicos mayores en la región de la Cordillera del Viento, sus posibles regímenes tectónicos y la vinculación de la mineralización vetiforme del Distrito Minero Andacollo. Z: Dirección estimada del acortamiento regional, X: Dirección estimada de la extensión regional.

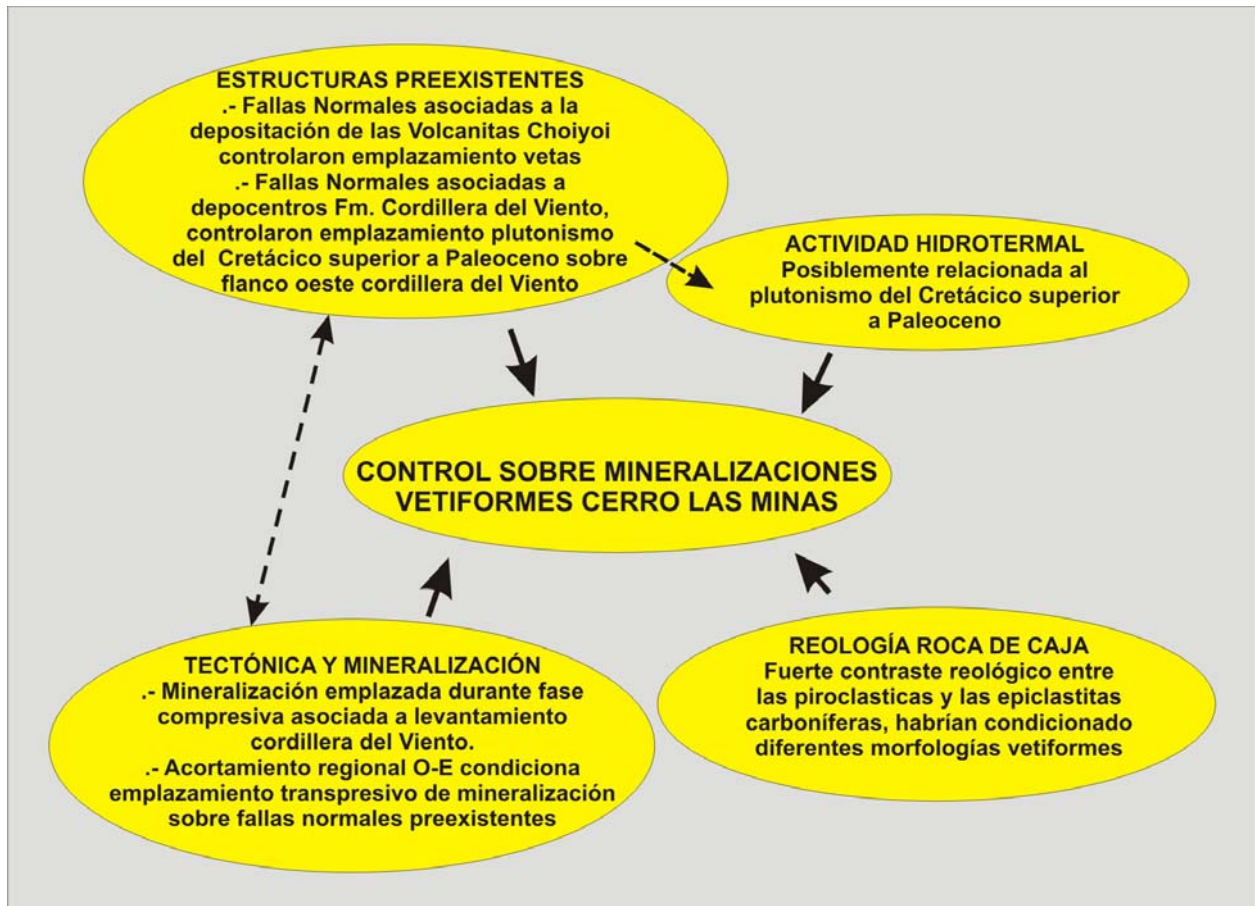


FIG. 13. Cuadro sintético con los factores estructurales y tectónicos que se estima tuvieron mayor influencia sobre el desarrollo de las mineralizaciones vetiformes.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Casé, A., Danieli, J., 1975. Importancia económica de los recursos auríferos del distrito de Andacollo. Departamento Minas. Provincia del Neuquén. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 2, 169-182.
- Casé, A., López-Escobar, L., Danieli, J.C., Schalamuk, A., 2008. Butalón igneous rocks, Neuquén, Argentina: Age, stratigraphic relationships and geochemical features. *Journal of South American Earth Sciences* 26, 188–203.
- Cobbold, P., Rossello, E., 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 20 (5): 429-443.
- Cobbold, P., Diraison, M., Rossello, E., 1999. Bitumen veins and Eocene transpression, Neuquén Basin, Argentina. *Tectonophysics*, 314, 423-442.
- Chauveau, V., Niviere, B., Cobbold, P., Rossello, E., Ballard, J., Eichenseer, H., 1996. Structure of the andean foothills, Chos Malal region, Neuquén Basin, Argentina. *Third Int. Symp. Andean Geodyn.*, St. Malo, Ed. OSTROM, 315-318.
- Danieli, J.C., Case, A.M., Deza, M.A., 1999. El Distrito Minero de Andacollo, Neuquén. En Zappettini, E. (Ed.) *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino Anales 35, II: 1349-1364, Buenos Aires.
- Domínguez, E., Alliota, G., Garrido, M., Danieli, J., Ronconi, N., Casé, A., Palacios, M., 1984. Los Maitenes-El Salvaje. Un sistema hidrotermal de tipo porfírico. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 7: 443-458, S.C. Bariloche.
- Domínguez, E., Garrido, M., 1982. La variación vertical de la mineralización plumbo-zincífera subvolcánica en La Primavera, Andacollo, Provincia del Neuquén. 5º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 2: 679-697.
- Domínguez, E., Gómez, M., 1988. El régimen hidrotermal de la veta de cuarzo aurífero Erika, Andacollo, Provincia del Neuquén. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 43 (1): 24-42.
- Franchini, M., López-Escobar, L., Schalamuk, I., Meinert, L., 2003. Magmatic characteristics of the Paleocene Cerro Nevazón region and other Late Cretaceous to Early Tertiary calc-alkaline subvolcanic to plutonic units in the Neuquén Andes. Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 16, 399–421.
- Folguera, A., Zapata, T., Ramos, V., 2006. Late Cenozoic extensión and the evolution of the Neuquén Andes. En Kay, S., Ramos, V., (Eds.): *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*. Geological Society of America Special Paper 407: 267-285, Boulder, Colorado.
- Kay, S., Burns, M., Copeland, P., Mancilla, O., 2006. Upper Cretaceous to Holocene magmatism and evidence for transient Miocene shallowing of the Andean subduction zone under the northern Neuquén Basin. En Kay, S., Ramos, V., (Eds.): *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*. Geological Society of America Special Paper 407: 19-60, Boulder, Colorado.
- Koslowski, E., Cruz, C., Sylwan, C., 1996. Geología estructural de la zona de Chos Malal, Cuenca Neuquina. 13 Congreso Geológico Argentino y 3º Exploración Hidrocarburos, Actas 1, 15-26.
- Llambías, E., Leanza, H., Carbone, O. 2007. Evolución tectono-magmática durante el Pérmico al Jurásico temprano en la Cordillera del Viento (37° 05' S – 37° 15' S): nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la cuenca Neuquina. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 62 (2): 217-235.
- Mosquera, A., Ramos, V., 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Embayment. En Kay, S., Ramos, V., (Eds.): *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*. Geological Society of America Special Paper 407: 97-123, Boulder, Colorado.
- Ramos, V., Folguera, A., 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J., Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin, Argentina. A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. Geological Society, Special Publications, 252: 15-35.
- Ramos, V., Kay, S., 2006. Overview of the tectonic evolution of the southern Central Andes of Mendoza and Neuquén (35°-39°S latitude). En Kay, S., Ramos, V., (Eds.): *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*. Geological Society of America Special Paper 407: 1-17, Boulder, Colorado.
- Rovere, E., Caselli, A., Tourn, S., Leanza, H., Hugo, C., Folguera, A., Escosteguy, L., Geuna, S., González, R., Colombino, J., Danieli, J., 2004. Hoja Geológica 3772-IV, Andacollo, provincia del Neuquén. Instituto Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 298, 104 p. Buenos Aires.
- Steinmann, G., 1929. *Geologie von Peru*. Heidelberg. Kart Winter, 448 pg.

- Stoll, W., 1957. Geología y depósitos minerales de Andacollo, provincia de Neuquén. Dirección Nacional de Minería, Anales 6, 35 pg., Buenos Aires.
- Suárez, M., 2007. Geología del área Andacollo –parte sur-, Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina. MAGSA, inédito 50 p, Andacollo.
- Suárez, M., de la Cruz, R., Fanning, M., Etchart, H., 2008. Carboniferous, Permian and Toarcian magmatism in Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina: first U-Pb shrimp dates and tectonic implications. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas, 906-907, S.S. Jujuy.
- Suarez, M., Echart, H., 2008. Magmatismo y alteración hidrotermal del Cretácico tardío en Andacollo, provincia del Neuquén: Edades K-Ar. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas, 908-909, S.S. Jujuy.
- Vergani, G., Tankard, A., Belotti, H., Welsink, H., 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En Tankard, A., Suárez, S., Welsink, H. (Eds). Petroleum basins of South America, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62, 383-402.
- Vilas, J.F., Valencio, D., 1978. Paleomagnetism and K Ar dating of the Carboniferous Andacollo Series and the age of its hydrothermal overprinting Earth and Planetary Science Letters v 40 p. 101-106.
- Zollner, W., Amos, A., 1973. Descripción Geológica de la Hoja 32b, Chos Malal (Provincia del Neuquén). Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 143, 91 p. Buenos Aires.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., del Pino, D., Ansa, A., 2006. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio Fol.-and-thrust belt. En Kay, S., Ramos, V., (Eds.): Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat). Geological Society of America Special Paper 407: 125-145, Boulder, Colorado.
- Zanettini J., 2001. Hoja Geológica 3772-II, Las Ovejas, provincia del Neuquén. Instituto Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 263, 61 p. Buenos Aires.
- Zappettini, E., Méndez, V., Zanettini, J.C., 1987. Metasedimentitas mesopaleozoicas en el noroeste de la Provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 42 (1-2): 206-207, Buenos Aires.
- Zapata, T., Brissón, I., Dzelalija, F., 1999. La estructura de la faja plegada y corrida andina en relación con el control del basamento de la Cuenca Neuquina. Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera época, 16 (60):112-121
- Zapata, T., Folguera, A., 2005. Tectonics evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J., Schwarz, E. (Eds.): The Neuquén Basin, Argentina. A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics. Geological Society, Special Publications, 252: 37-56.

