



**SUBSECRETARIA  
DE MINERIA  
DE LA NACION**



**INSTITUTO DE  
GEOLOGIA Y  
RECURSOS  
MINERALES**

**SEGEMAR**  
SERVICIO GEOLOGICO  
MINERO ARGENTINO

# **METALLOGENIC MAP OF THE REPUBLIC OF ARGENTINA**

Editor:

Eduardo O. Zappettini

Buenos Aires, Argentina

1998

---

The current CD-ROM forms the preliminary document of the 1.0 version of the Metallogenic Map of the Argentine Republic at 1:2,500,000 that will be printed during 1999 together with the Book of Mineral Resources of the Republic of Argentina.

## TABLE OF CONTENTS

• Introduction	1	
• Comments and Suggestions	2	
• Participants	3	
• Previous work	5	
• Deposit models	6	
• Classification of deposits	8	
• Descriptive synthesis of deposit models		
• 1. Deposits associated with mafic and ultramafic rocks	11	
• 2. Carbonatite bodies and associated veins	14	
• 3. Pegmatites	15	
• 4. Porphyry type deposits	17	
• 5. Metasomatic deposits	21	
• 6. Veins associated with granitic rocks	27	
• 7. Epithermal and transitional deposits	31	
• 8. Exhalative and submarine volcanogenic deposits	38	
• 9. Sediment hosted deposits	43	
• 10. Metamorphic deposits	49	
• 11. Deposits associated with subaerial volcanism	50	
• 12. Placer deposits	53	
• 13. Alteration and residual deposits	56	
• 14. Veins and breccias (of various genetic types)	57	
• Geotectonic evolution and metallogeny	65	
• General concepts	65	
• Accretional history of geologic terranes of Argentina	65	
• Generalities	65	
• Terranes	65	
• Metallogenic synthesis	68	
• 1. Pampean and pre-Pampean events	69	
• 2. Famatina events	71	
• 3. Gondwana events	74	
• 4. Mesozoic events	77	
• 5. Andean events	79	
• Metallogenic belts	84	
• Provinces and metallic domains	90	
• Lineaments and structural control of mineralization	91	
• Bibliography	92	
• Appendix 1: Coding of mineral deposits of the Metallogenic Map		Not included in this translation

## FIGURES

1. Map of accretionary terranes of southern region of South America	67
2. Pampean events and associated deposits	70
3. Famatinian events (1: Cambrian-Lower Ordovician) and associated deposits	72
4. Famatinian events (2: Upper Ordovician-Carboniferous) and associated deposits	73
5. Gondwana events (1: Upper Carboniferous-Permian) and associated deposits	75
6. Gondwana events (2: Upper Permian-Triassic) and associated deposits	76
7. Mesozoic events and associated deposits	78
8. Cenozoic events and associated deposits	80
9. Pre-Pampean, Pampean and Famatinian metallogenic belts	86
10. Gondwana and Mesozoic metallogenic belts	87
11. Cenozoic metallogenic belts	88

## TABLES

1. Classification of mineral deposits for the Republic of Argentina	8
2. Metallogenic belts and models of associated deposits	85
3. Structural elements and controls on mineralization	91

## INTRODUCTION

This CD-ROM has as its objective the synthesis and systematization of the essential characteristics of the principal mineral deposits and occurrences of the Republic of Argentina (metallic deposits and genetically related industrial minerals) and to provide new elements for the interpretation of events of mineralization and associated geological processes. This synthesis reflects the present knowledge of the various significant deposits and matches them to deposit models widely used.

The Metallogenic Map of the Republic of Argentina provides a geotectonic synthesis of terranes, mineral deposit databases, metallogenic belts and metallic domains in a GIS format (Geographic Information System) which together permit an interactive analysis to generate derivative thematic products. The original maps and the location of deposits was produced at 1:2,500,000.

As a framework for the interpretation of the metallogenic map, the main characteristics of the deposit models are summarized in this treatise. A succinct description of the geotectonic environment and its relation with the associated deposit models and the regional metallogenic evolution is included. Emphasis is placed on deposit models known in Argentina and their relation with the geotectonic evolution of the territory. All of the individual deposits for which there is knowledge are not included but sufficient representatives to characterize the presence of a model, associated with a geologic, geographic, and specific geotectonic environment are included.

The various chapters of this text synthesize the methodology utilized in preparation of the metallogenic map—in selection of deposit models, in definition of metallogenic belts and in geotectonic environment of deposition.

This CD and this text are preliminary documents, and are being released before the final printing of the 1:2,500,000 scale metallogenic map planned for 1999. The purpose is to publish the methodology used and the results, available to date, in order to elicit public comment and thereby improve the final product.

The CD-ROM is a spatial database which allows for the preparation and plotting of a variety of thematic maps. The information is provided in several formats, including ARC/INFO files and MAP/INFO files. The free software GIS ARC/Explorer, developed by ESRI Inc., which allows the data to be displayed, is also provided.

Basically, the data can be read on any type of computer, either Intel or UNIX, which has the ARC/INFO software installed. To be able to use the GIS display program which is included, the computer must have an Intel x86 or compatible processor, a CD-ROM drive (4x or higher), Windows 95, 98 or Windows NT with a minimum of 8 Mb of RAM.

## **COMMENTS AND SUGGESTIONS**

This preliminary CD-ROM is circulated for public opinion so that suggestions and contributions may be made to enrich the final version.

Anyone wishing to express concerns or comments regarding the CD-ROM should please address correspondence to:

**Eduardo O. Zappettini**  
**Director de Recursos Geológico-Mineros**  
**Instituto de Geología y Recursos Minerales**  
**SERVICIO GEOLOGICO MINERO ARGENTINO**

**Teléfono:** (54-1) 349-3131  
**Fax:** (54-1) 349-3171  
**Email:** ezappe@secind.mecon.ar

## PARTICIPANTS

The new metallogenic map of Argentina was prepared in 1997 and 1998 as part of the C.I.b. Program of Geophysical and Mineral Resources Mapping, of the Subcomponent C.I. Geological Infrastructure, carried out within the program entitled Proyecto de Apoyo al Sector Minero Argentino (PASMA) (Support Project for the Argentine Mining Sector).

This work was accomplished by the Dirección de Recursos Geológico-Mineros del Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), directed and prepared by Eduardo Zappettini, with the participation, through the different stages of its production, of Marta Godeas and Susana Segal, with data compiled by Ramón Carrizo, Osvaldo Cravero, Georgina Ferro, Inés Korzeniewski, Héctor López, Carlos Lurgo, Hugo Mallimacci, Marcelo Márquez, Liliana Martínez, Mano Zubiá y Eulogio Ramallo. The Argentine personnel were assisted by consultants from the Geological Survey of Canada (GSC) and Watts, Briffis and McOuat, Ltd. (WGM). The primary selection of deposits to consider in preparation of the map came from the data contained in the Mineral Resource Data System (MRDS) prepared by the United States Geological Survey (USGS) which, in part, consisted of information provided by SEGEMAR.

The conceptual basis for its implementation was defined in early 1997, when it was decided that a map of tectonostratigraphic terranes supported by metallogenic information would be used and which was prepared by Víctor Ramos and Graciela Vujovich, from the Laboratorio de Tectónica Andina of the Departamento de Ciencias Geológicas of the Facultad de Ciencias Exactas y Naturales of the Universidad de Buenos Aires.

A Working Group with Donald Sangster, Norman Page, David Frishman, Kenneth Dawson, and Eduardo Zappettini was formed in 1997, to develop the concepts and principles for preparing the map. It was decided to utilize the mineral deposit models for the classifications of deposits in Argentina, leaving aside the use of purely morphological or genetic systems.

In January, 1998, a preliminary list of deposits in Argentina was prepared, and it was corrected, expanded and completed, until reaching a total of about 500 deposits that characterize diverse deposit typologies as well as their representation on a map with an adequate amount of information.

In early 1998, it was decided to produce the map in digital format, as well as a paper map. The geotectonic base was digitalized by Cinda Graubard, George Smith and Eric Johnson, from Geomax Information.

The Working Group revised the production of the map in July, 1998. At the same time, the geotectonic base was reviewed and simplified according to the objectives of the map, the model deposit groups were permanently set, and the main metallogenic belts were established which were digitized later. The stages in editing the final preliminary version of the map were completed in October, 1998.

The Instituto de Geología y Recursos Minerales of SEGEMAR thanks the consultants which worked in the different stages of the preparation of the map, particularly the external members of the Working Group, especially Dr. Donald Sangster and Dr. Norman Page, whose knowledge, experience and dedication to the project provided the intellectual foundation for the map.

While working on the project, Alan Sangster, Coordinator of the Metallogeny component of Program C.I.b. PASMA), and Andrej Panteleyev contributed to the work. During different stages, Milka K. de Brodtkorb (Universidad de Buenos Aires and CONICET); Isidoro Schalamuk (Universidad Nacional de La Plata and CONICET), and Ricardo Sureda (Universidad Nacional de Salta and CONICET), who are part of the consulting editorial committee of the Book on Mineral Resources of Argentina, gave their valuable opinions. That book is in the process of being published, and will accompany the printed version of the current metallogenic map, scale 1:2,500,000.

Gregory Fernetto, from WGM, significantly contributed to the publication of this version, effectively coordinating the activities of the foreign consultants. Cinda Graubard, George Smith and Eric Johnson substantially contributed with their experience and commitment to the quality of the current digital version.

## PREVIOUS WORK

The evaluation of the mineral potential of the Argentine Republic and the systemization of data for the country goes back to the past century; the works of Rickard (1869), Brackebush (1893), Bodenbinder (1884), Hoskild (1904), Hermitte (1915), Stappenbeck (1918), Bonarelli (1913) and Beder (1921 and 1940) stand out as the primary studies.

Without doubt, the most important contribution for ordering the systematic knowledge of mineral deposits of Argentina belongs to Victorio Angelilli, who, since 1941, accomplished various consulting studies that modernized the knowledge at the time of each publication (Angelilli, 1941, 1950, 1984). To this task was added a regional synthesis of resources of industrial minerals and ornamental rocks that was published by the Secretaría de Minería de la Nación (Angelilli et al., 1976; Angelilli et al., 1980; and Schalamak et al., 1983).

The description of mineral deposits in a geochronological framework from a local to regional level was shaped, among others, in the studies of Bodenbinder (1905, 1922), Beder (1916), Stoll (1964), Kittl (1965, 1966). These studies culminated in the first synthesis of a metallogenic interpretation with the edition of the Mapa Metalogenético de la República Argentina done by Angelilli et al., 1970. There followed synoptic regional work (Oliveri, 1971; Angelilli and Fernandez Lima, 1972; Fernandez Lima and Caminos, 1980; Sureda et al., 1986; Méndez and Zappettini, 1989) and in part a synthesis study at a continental level (Marín, 1980). As a consequence of the spectacular increase in the private mining activity in Argentina in the decade of the 90's, various regional syntheses were produced with the goal of showing the local mineral potential (Ramos, 1994; Márquez, 1994; Donnari, et al., 1994; Gemuts et al., 1996; Zappettini, 1996; Zanettini et al., 1997).

The investigation of genetic aspects to determine the type of deposits generated an important number of contributions done both by local investigators and foreigners. It is impossible to synthesize here a bibliographic list of these studies, some of which are grouped in volumes of successive Congresos de Geología Económica held in the Republic of Argentina beginning in 1975. It is enough for an example to cite the first works of synthesis about the celestite-barite deposits (Brodtkorb et al., 1975; Ramos and Brodtkorb, 1990), stratabound copper (Ramos, 1975), porphyry copper (Méndez and Zappettini, 1984), tungsten in the Sierra Pampeanas (Brodtkorb and Brodtkorb, 1986; Brodtkorb (ed.), 1991), deposits associated with basic-ultrabasic rocks (Villar, 1975) and exhalative sulfide mineralization (Sureda and Martín, 1990; Zappettini et al., 1991; Ametrano et al., 1997). The advance in knowledge of gold mineralization forms an important series of contributions about deposits and prospects of high and low sulfidation in various sectors of the territory of Argentina (Márquez Zavalía and Galliski, 1994; Schalamuk et al., 1995; Losada Calderón and McPhail, 1996; Urbina et al., 1997). For recent studies about the area of Farallón Negro-Bajo de la Alumbrera, those of Stults (1985), Guilbert (1995), Sasso (1997) and Sasso and Clark (1998) can be cited.

García (1969), Figueroa (1971), Baldi (1980), and Bassi (1992) stand out as studies of the analysis of the significance and relation between structures, lineaments, and mineralization. The significance of plate tectonics as a basic element to understand the processes of transport and concentration of elements of economic interest yielded numerous specific contributions including those of Sillitoe (1975, 1977, 1980, 1989), Ramos (1977, 1983, 1995) and Coira (1994).

The studies accomplished at the start of this new stage permitted an increase in the information, in particular data on reserves of resources and to obtain a better precision on genetic aspects. As a consequence of this, a synthesis of the principal projects was prepared and published by the Estado Nacional (Directorio de Oportunidades de Inversión, 1994, 1996).

# **MODELS OF DEPOSITS**

## **CLASSIFICATION OF DEPOSITS**

The systematization of the information about the most characteristic mineral deposits in Argentina was done using the concept of "deposit models," that, according to the definitions of Cox and Singer (1986) and Hodgson (1993), consists of a systematized description of the main characteristics of a specific kind of deposit, and an interpretation of the same, as it refers to geological processes, thus making it possible to make empirical (descriptive) or conceptual (genetic) models. Studies which followed the pioneer work of Eckstrand (1984) and Cox and Singer (1986) have allowed an increase in knowledge about specific models as well as allowing new models to be defined. (Roberts and Shehan, 1988; Orris and Bliss, 1991; Orris, 1992; Orris and Bliss, 1992, Hogson, 1993; Lefebvre and Ray, 1995; du Bray, 1995, Eckstrand et al, 1995; Lefebvre and Hoy, 1996).

In order to simplify the typology, but keep the concept and to be able to use it as the basis of the metallogenic map, it was agreed to create a group of models to describe most of the mineral occurrences in Argentina. Later these were grouped according to common genetic characteristics, differentiating in this way between groups and subtypes, the later being the models themselves. In some cases a model was grouped into one unique type because the description of deposits with common characteristics and processes did not exist and/or because current knowledge in Argentina precludes more subtle distinctions.

Fourteen main groups with 82 subtypes were thus established. Three of those models are new and have been defined by this work based on data in the literature on deposits in Argentina. All of them are characterized by their association of characteristic metals or minerals. A complete list is provided in Table 1. This classification can be expanded if new models are defined, or if models described previously, which were not included in the current outline, need to be included either for deposits already known to exist or for new discoveries.

For the current metallogenic map, only metal deposits (and therefore their descriptive models), and some deposits of industrial minerals which are important to metallogeny, have been described. Such is the case, for example, of deposits of volcanic sulphur associated with epithermal systems, of lode-type Ba-F deposits, also associated with epithermal transition systems, and of barite mineralization of the SEDEX type which could be linked to potential SEDEX Pb-Zn mineralization.

## **DESCRIPTIVE SYNTHESIS OF DEPOSIT MODELS**

The following is a synthesized description of the different models which have been identified. The primary sources and others which have made it possible to identify the model have been indicated in all cases, and from them their salient characteristics are taken, including the particularities identified in local deposits and considered in this work.

The tonnage and grade model indicates the most frequent values, whose lower and upper limits coincide with the 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentile as is indicated in the bibliography. It is because of this that individual deposits can have values that are lower or exceed the indicated limit.

The nomenclature of the U.S. Geological Survey (models initially number by Cox and Singer, 1986) as well as the publications of Geological Survey of Canada and Geological Survey of British Columbia are indicated. In other cases, one had to turn for identification of single models to those established in publications of the Geologic Association of Canada and Bureau de la Recherche Géologique et Minière of France.

The location of the geotectonic environment is indicated for each model, in relation to the known processes in Argentina, examples of mineralization (with tonnage and grade for the known cases) and, finally, the metallogenic belts surrounding the permissive areas for the location of each type of deposit (see nomenclature in Table 2). The data about the Argentine deposits indicated in each case comes from the bibliography or from data communicated by the companies with the concessions.

The following initials are used to identify the publications in the primary references:

*USGS*: United States Geological Survey

*GSC*: Geological Survey of Canada

*BC*: British Columbia Geological Survey Branch

*GAC*: Geological Association of Canada

*BRGM*: Bureau de la Recherche Géologique et Minière.

**Tabla 1. Clasificación de depósitos minerales en la República Argentina.**

<b>GRUPO</b>	<b>SUBTIPO</b>	<b>ASOCIACION</b>
<b>1. DEPOSITOS ASOCIADOS A ROCAS MAFICAS Y ULTRAMAFICAS</b>		
	a. Cromita podiforme	Cr
	b. Fe-Ti en gabros-piroxenitas	Fe-Ti ( $\pm$ V)
	c. Ni-Cu asociado a tholeiitas	Ni-Cu-PGE ( $\pm$ Cr)
<b>2. CUERPOS CARBONATITICOS Y VETAS ASOCIADAS</b>		
		Th-ETR
<b>3. PEGMATITAS</b>		
	a.	Be-Li
	b.	Nb-Ta
	c.	Feldespatos-Cuarzo-Mica
<b>4. DEPOSITOS TIPO PORFIRO</b>		
	a. Mo deficitario en F	Mo
	b. Cu	Cu ( $\pm$ Mo $\pm$ Au)
	c. Cu-Au	Cu-Au
	d. Au	Au ( $\pm$ Bi)
<b>5. DEPOSITOS METASOMATICOS</b>		
	a. Skarn aurífero	Au
	b. Skarn cuprífero	Cu
	c. Skarn plumbo-cincífero	Zn-Pb-Ag
	d. Skarn ferrífero	Fe
	e. Skarn wolframífero	W
	f. Greisen	Sn-W
<b>6. VETAS ASOCIADAS A GRANITOIDES</b>		
	a.	W-Mo
	b.	Sn
	c.	U
	d.	Cu
<b>7. DEPOSITOS EPITERMALES Y DE TRANSICION</b>		
	a. Manganeso	Mn ( $\pm$ F)
	b. Au baja sulf. (adularia)	Au-Ag
	c. Au alta sulf. (alunita)	Au-Ag-Cu
	d. Polimetálicos ricos en Sn	Sn-Ag-Cu-Zn
	e. Polimetálicos complejos	Pb-Ag-Zn-Cu ( $\pm$ Au $\pm$ Sb)
	f. Hot-spring y distal	Au-Ag-Cu
	g. Fumarólico	S
	h. Termal	Travertino-Boratos
	i. Caolín y bentonita	Caolín - Bentonita
<b>8. DEPOSITOS EXHALATIVOS Y VOLCANOGENICOS SUBMARINOS</b>		
	a. Tipo Chipre	Cu-Zn
	b. Tipo Kuroko	Zn-Pb-Cu-Ag
	c. SEDEX	Zn-Pb-Ba-Ag
	d. SEDEX	Ba
	e. Volcanogénicos	W

### **9. DEPOSITOS ALOJADOS EN SEDIMENTOS**

a. Cu sedimentario	Cu-Ag
b. U-Cu en areniscas	U-V-Cu-Ag
c. Zn-Pb en calizas	Zn-Pb-Ba ( $\pm$ Cu)
d. Estratiforme Ba-Sr	Ba-Sr
e. Formación ferrífera	Fe
f. Evaporitas lacustres	Yeso, halita, silvita, boratos, sulfatos (Mg-K-Ca-Li)
g. Evaporitas marinas	Yeso, halita, silvita
h. Bentonita sedimentaria	Bentonita
i. Caolín sedimentario	Caolín
j. Diatomita lagunar	Diatomita
k. Caliza-Dolomía	Caliza-Dolomía
l. Fosforita	Fosforita
m. Arcillas	Arcillas
n. Ceolitas	Ceolitas
o. Azufre biogénico	Azufre
p. Alunita	Alunita

### **10. DEPOSITOS METAMORFICOS**

a. Grafito	Grafito
b. Silicatos de Al-Ca	Sillimanita - andalusita - cianita wollastonita
c. Granate	Granate
d. Corindón	Corindón
e. Talco	Talco
f. Magnesita	Magnesita
g. Vermiculita	Vermiculita

### **11. DEPOSITOS ASOCIADOS A VOLCANISMO SUBAEREO**

a. Cu tipo Manto	Cu
b. U volcanogénico	U
c. Fe tipo Laco	Fe
d. Minerales industriales	Perlita - pumicita
e. Piedras semipreciosas	Amatista - cuarzo - ágata

### **12. DEPOSITOS DE PLACER**

a.	Au
b.	Sn
c.	Ti-Fe
d.	Granate - monacita
e.	Arenas silíceas
f.	Zafiro

### **13. DEPOSITOS RESIDUALES Y DE ALTERACION**

a. Formación ferrífera laterítica	Fe ( $\pm$ Ti $\pm$ Al)
b. Vermiculita	Vermiculita
c. Ocres	Ocres
d. Sulfatos de Al-Mg	Sulfatos de Al-Mg
e. Caolín	Caolín

**14. VETAS Y BRECHAS (DE ASIGNACION GENETICA DIVERSA)**

- |                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| a. Polimetálicos ricos en As-Ni-Co | Ag-Co-As-Ni-Cu-U        |
| b. Polimetálicos ricos en Se       | Se-Cu-Hg                |
| c. Polimetálicos simples           | Pb-Zn-Ag ( $\pm$ Au-Ba) |
| d. Au-Sb en turbiditas             | Au-Sb                   |
| e. Antimonita                      | Sb                      |
| f. Au en zonas de cizalla          | Au-Ag-As-Cu             |
| g. Chimeneas de brecha             | Bi-Cu-Au                |
| h. F-Ba                            | Fluorita-Baritina       |
| i. Asfaltitas                      | Asfalti                 |

## 1. DEPOSITOS ASOCIADOS A ROCAS MAFICAS Y ULTRAMAFICAS

### 1.a. Cromita podiforme

*Referencia primaria:* USGS 8a

*Otras referencias:* GSC 28.2  
BC M 03

*Sinónimos:* Tipo alpino. Cromita alojada en ofiolitas

*Descripción:* Depósitos de cromita maciza en lentes o capas formados por diferenciación magmática y alojados en rocas ultramáficas ofiolíticas.

*Marco geotectónico:* Afloran en terrenos acrecionados como parte de secuencias ofiolíticas obductadas en zonas de sutura.

*Mineralogía:* Cromita ± ferrocromita ± PGE.

*Ganga:* Olivina serpentinizada, ortopiroxeno, iddingsita, magnetita

*Control de la mineralización:* Proximidad de zonas de transición corteza-manto. Restringidas a cuerpos de dunita en harzburgitas tectonizadas o en dunitas de cumulos ultramáficos.

*Características geoquímicas:* Cr

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas y gravimétricas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 2.000 y 200.000 t con leyes entre 20 y 60% de Cr. Los tonelajes y leyes medios son: 20.000 t con 46% de Cr.

*Ejemplos de yacimientos:* Los Guanacos, Los Congos, etc., Córdoba (< 0,01 Mt - 19-32% Cr)  
Uspallata, Mendoza

*Edad y ambiente geotectónico:* Proterozoico superior (Sutura Pampia-Cratón del Río de la Plata)  
Paleozoico inferior (Sutura Chilenia-Precordillera)

*Faja metalogenética:* **PRE-ZS1 – PRE-ZS2**

## **1.b. Fe-Ti alojado en gabros-piroxenitas**

*Referencia primaria:* USGS 3

*Otras referencias:* GSC 26.2.  
BC M 04

*Sinónimos:* Tipo Bushveld.

*Descripción:* Cuerpos concordantes o discordantes de mena en complejos intrusivos gabroicos macizos o estratificados y anortositas, con removilización local. Cumulatos ricos en óxidos de Fe-Ti que se alojan en fracturas del cuerpo.

*Marco geotectónico:* Intrusiones máficas-ultramáficas en áreas cratónicas y en ambientes corticales profundos.

*Mineralogía:* Magnetita ± titanomagnetita ± ilmenita ± trazas de sulfuros

*Control de la mineralización:* Estratiforme, chimeneas y vetas

*Características geoquímicas:* Fe, Ti, V. Localmente Cu, Ni, Cr, Mn.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas positivas de perfiles extendidos y suaves. Anomalías gravimétricas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 1 Mt y más de 1.000 Mt con leyes entre 20 y 45% de Fe y entre 2 y 20% de TiO<sub>2</sub>. La relación Fe:Ti varía entre 40:1 y 2:1, siendo el valor más frecuente 5:1. El contenido en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> puede alcanzar un máximo de 8% y el contenido promedio de V es de 0,25%.

*Ejemplos de yacimientos:* Cerro Cascabel y Cerro Rico, Catamarca (< 0,01 Mt - TiO<sub>2</sub>: 11-35% - Fe: 32-48%)  
Puesto La Peña, Mendoza

*Edad y ambiente geotectónico:* Proterozoico superior (Sutura Pampia-Cratón del Río de la Plata)  
Terciario (Magmatismo de retroarco)

*Faja metalogenética:* **PRE-ZS1 – PRE-ZS2**

### **1.c. Ni-Cu-Co-PGE (-Cr) asociado a tholeiitas**

*Referencia primaria:* GSC 27.1.d

*Otras referencias:* USGS 5a.  
BC M 01  
GAC SP 40 p. 373

*Sinónimos:* Tipo Duluth

*Descripción:* Cuerpos de mena lenticulares, de orientación subvertical, con mineralización tipo maciza, matrix y diseminada alojados en intrusiones máficas a ultramáficas o anfibolitas.

*Marco geotectónico:* Intrusiones máficas a ultramáficas en ambiente de rift. Posición actual en zonas de sutura.

*Mineralogía:* Pirrotina + pentlandita + calcopirita + pirita ± minerales PGE

*Control de la mineralización:* Diseminada a maciza en zonas de fallamiento sin-intrusión y contaminación de S externo

*Características geoquímicas:* Ni, Cu, PGE, Co, S de origen no magmático

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas y electromagnéticas. Localmente anomalías gravimétricas positivas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 1 y 50 Mt con leyes entre 0,4 y 2 % de Ni y entre 0,3 y 1,4 % de Cu. Los elementos del grupo del Pt (PGE) están presentes con una ley media de 1 g/t. Las relaciones Ni:Cu varían entre 3:1 y 1:1.

*Ejemplos de yacimientos:* Las Águilas, Virorco, San Luis ( 2 Mt - Ni: 0,51% - Cu: 0,5% - Co: 0,035%)  
Fiambalá, Catamarca

*Edad y ambiente geotectónico:* Proterozoico superior a Paleozoico inferior (Suturas en el terreno Pampia)

*Faja metalogenética:* **PRE-ZS1 – PRE-ZS2**

## 2. CUERPOS CARBONATÍTICOS Y VETAS ASOCIADAS

*Referencia primaria:* USGS 10b, 11d

*Otras referencias:* GSC 24  
BC N 01

*Descripción:* Vetas y cuerpos de carbonatitas, normalmente metasomáticas a hidrotermales y diferenciados pegmatoides.

*Marco geotectónico:* Cuerpos vinculados a magmatismo alcalino y a magmatismo postcolisional. Las mineralizaciones se localizan en áreas intracratónicas y en algunos casos están asociadas a riftogénesis orogénica.

*Mineralogía:* Torita + monacita ± bastnaesita ± parisita.

*Ganga:* Calcita, dolomita, cuarzo, feldespato potásico. Minerales accesorios: fluorita, ankerita, cloritas, pirita, esfalerita, piroxeno, galena, , etc.

*Alteración:* Fenitización.

*Control de la mineralización:* Estructural: Diques, vetas, brechas. Cuerpos pegmatoides

*Características geoquímicas:* Th, Ti, Nb, P, ETR, Ba, Zn, Y.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas y gravimétricas ocasionales. Anomalías radimétricas, anomalías radimétricas aéreas raras.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 7.000 t y 4,4 Mt con leyes entre 0,13 y 1,2% de Th y hasta 0,5% de ETR. Los tonelajes y leyes medios son: 180.000 t con 0,39% de Th .

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito Rangel, Salta (> 5 Mt - ETR+Y: 0.5% - ThO<sub>2</sub>: 0,4%)  
Isis, Osiris y Ra, Jujuy (1 Mt - ETR+Y: 0,08% - ThO<sub>2</sub>: 0,02%)  
Rodeo de los Molles, San Luis (0,27 Mt - ETR: 1,3%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Riftogénesis mesozoica en el extremo norte de Pampia  
Magmatismo postcolisional paleozoico medio en Pampia

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2 – POS-PAM5**

### 3. PEGMATITAS

#### 3.a. Pegmatitas Be-Li

*Referencia primaria:* USGS 13 a/b

*Otras referencias:* BC O 01  
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:* Ambligonita, espodumeno, lepidolita, berilo, plagioclasa, cuarzo, microclino, pertita, muscovita, triplita, apatita, turmalina.

*Alteración:* Albitización

*Control de la mineralización:* Características fisico-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% de Be y entre 0,6 y 2,7% de 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.

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2**

### 3.b. Pegmatitas Nb-Ta

*Referencia primaria:* USGS 13c

*Otras referencias:* BC O 02  
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 metaluminosos a peralcalinos originados por fusión de rocas de la corteza inferior deprimida.

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

*Mineralogía:* Columbita, tantalita, plagioclasa, cuarzo, microclino, pertita, muscovita, , minerales de uranio.

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

*Características geoquímicas:* Li, P, Ta, Nb, F, W, Zr, U, Th, B

*Características geofísicas:* Anomalías radimétricas (Be y localmente U-Th)

*Modelo de ley y tonelaje:* Extremadamente variable, entre miles y millones de toneladas, con leyes entre 0,03 y 0,2% de Nb+Ta.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito El Quemado, Salta (Mina Santa Elena: 5 Mt - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.014% - Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,006% - Li: 0,07%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco proterozoico superior en Pampia

*Faja metalogenética:* **PRE-PAM2 – POS-PAM2**

## 4. DEPOSITOS TIPO PORFIRO

### 4.a. Pórfiros de Mo deficitarios en F

*Referencia primaria:* USGS 21b

*Otras referencias:* GSC 19  
BC L 05

*Descripción:* *Stockwork* de venillas de cuarzo portadoras de molibdenita en intrusivos félsicos y en la roca hospedante. Los depósitos son de bajo grado pero de gran tonelaje.

*Marco geotectónico:* Arco magmático relacionado a zonas de subducción y ambientes colisionales.

*Mineralogía:* Molibdenita + pirita ± calcopirita ± tetraedrita argentífera.

*Ganga:* Cuarzo, feldespato potásico, biotita, calcita, moscovita.

*Alteración:* Similar a la de los pórfiros de Cu. Zona potásica y silíceo central, filica intermedia y propilítica externa. La alteración argílica, cuando está presente, normalmente está sobrepuesta a las anteriores y es irregular.

*Control de la mineralización:* *Stockwork* en pórfiro félsico y en las rocas de caja.

*Características geoquímicas:* Zonación Mo + Cu ± W a Cu + Au en las zonas centrales y Zn + Pb + Au + Ag en la periferia. F en cantidades menores a 1.000 ppm.

*Características geofísicas:* Anomalías electromagnéticas externas a los núcleos mineralizados. Localmente anomalías magnéticas. Anomalías radimétricas vinculadas a alteración potásica.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 16 y 560 Mt con leyes entre 0,055 y 0,13 de Mo. Los tonelajes y leyes medios son: 100 Mt con 0,1% Mo.

*Ejemplos de yacimientos:* La Estrechura, sierra de Famatina, La Rioja (>300 Mt - Mo: 0,13-0,17%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN**

#### **4.b. Pórfiros de Cu ( $\pm$ Mo $\pm$ Au)**

*Referencia primaria:* USGS 21a

*Otras referencias:* GSC 19.2  
BC L 04

*Descripción:* *Stockwork* de venillas de cuarzo, fracturas y brechas con pirita y calcopirita en o en las adyacencias de intrusiones porfíricas y cuerpos de brecha relacionados. Hay sulfuros diseminados en cantidades subordinadas. La mineralización se asocia espacial y genéticamente con la alteración hidrotermal que afecta a la intrusión y a la roca de caja.

*Marco geotectónico:* Stocks epizonales relacionados a un arco magmático en fajas orogénicas en zona de convergencia de placas.

*Mineralogía:* Pirita + calcopirita + molibdenita  $\pm$  calcosina  $\pm$  bornita.

*Ganga:* Cuarzo, biotita, sericita, feldespato potásico, magnetita.

*Alteración:* Potásica central que comúnmente coincide con la mineralización que gradúa hacia el exterior a propilítica. Estas alteraciones pueden estar afectadas por alteración potásica tardía, fílica y, menos comúnmente, argílica. En la parte superior de los sistemas puede aparecer alteración argílica avanzada.

*Control de la mineralización:* Contactos ígneos, cúpulas, zonas de fracturación intensa.

*Características geoquímicas:* Anomalía central de Cu, Mo, Au, Ag y valores anómalos periféricos de Pb, Zn, Mn, V, Sb, As, Se, Te, Co, Ba, Rb.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas positivas locales. Zonas de alteración hidrotermal indicadas por bajos magnéticos extensos y suaves. Anomalías de polarización inducida vinculadas a halos piríticos.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 120 y 2.100 Mt con leyes entre 0,26 y 0,69% de Cu, 0,0072 y 0,035 % Mo, 0,0036 y 0,043 g/t de Au y 0,36 y 4,2 g/t Ag. Los tonelajes y leyes medios son: 500 Mt con 0,42% de Cu, 0,016% Mo, 0,012 g/t Au y 1,2 g/t Ag. Hay valores de tonelaje extremos, como el caso de Chuquicamata, con 10.838 Mt.

*Ejemplos de yacimientos:* Pachón, San Juan (800 Mt - Cu: 0,6% - Mo: 0,016%)  
Agua Rica, Catamarca (802 Mt - Cu: 0,61% - Mo: 0,035% - Au: 0,24 g/t)  
Paramillos sur, Mendoza (186 Mt - Cu: 0,58% - Mo: 0,001-0,05%)  
Taca-Taca, Salta  
Campana Mahuida, Neuquén (31 Mt - Cu: 0,4% - Au: 0,138 g/t)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco paleozoico, cretácico y predominantemente terciario

*Faja metalogenética:* POS-PCPT – POS-AMK – POS-AMTP – POS-AMTN

#### **4.c. Pórfiros de Cu (-Au)**

*Referencia primaria:* USGS 20c

*Otras referencias:* GSC 19.3  
BC L 03  
GAC SP 40 p.465

*Descripción:* *Stockworks*, venillas y diseminación de pirita, calcopirita y oro nativo en o en adyacencias de intrusiones porfíricas. La mineralización está espacial y genéticamente asociada a la alteración hidrotermal que afecta al intrusivo y a la roca hospedante.

*Marco geotectónico:* Magmatismo de arco o retroarco de tipo shoshonítico o calco-alcalino rico en K, asociado a riftogénesis o cuencas transtensionales en áreas cratónicas, generalmente ricos en elementos LILE y LREE y deprimidos en HFSE.

*Mineralogía:* Calcopirita + calcosina + oro nativo + electrum + bornita.

*Ganga:* Cuarzo, feldespato potásico, biotita, magnetita, clorita, pirita

*Alteración:* Zona potásica central, fílica intermedia y propilítica en la periferia. Alteración argílica tardía sobreimpuesta.

*Control de la mineralización:* Venillas y *stockwork* centrado en el complejo volcánico-intrusivo

*Características geoquímicas:* Cu, Au y Ag en el centro, Mo en la periferia. Anomalías de Pb, Zn y Mn. Au:Mo > 30 en la mena.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 25 y 400 Mt con leyes entre 0,35 y 0,72% de Cu y 0,2 y 0,72 g/t de Au . Los tonelajes y leyes medios son: 100 Mt con 0,5% de Cu, 0,38 g/t Au y 1,0 g/t Ag.

*Ejemplos de yacimientos:* La Alumbreira, Catamarca (752 Mt - Cu: 0,51% - Au: 0,65 g/t - Mo: 0,007%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario asociado a zonas trastensionales (pull-apart)

*Faja metalogenética:* **PRE-PAT4 - POS-AMPT – POS-AMTN**

#### **4.d. Pórfiros de Au ( $\pm$ Ag $\pm$ Bi)**

*Referencia primaria:* USGS 20d

*Otras referencias:* BC L 02  
GSC 19.4

*Descripción:* *Stockwork*, venillas, brechas y diatremas mineralizadas en asociación con cuerpos subvolcánicos y domos volcánicos

*Marco geotectónico:* Domos volcánicos asociados al arco magmático en zona de convergencia de placas concentrados en la zona de horizontalización de la placa.

*Mineralogía:* Oro nativo + electrum + calcopirita  $\pm$  molibdenita + bornita.

*Ganga:* Pirita, magnetita, cuarzo, biotita, feldespato potásico.

*Alteración:* Potásica central a propilítica externa. Argílica sobrepuesta.

*Control de la mineralización:* Periféricos a centros volcánicos. Brechas y diatremas

*Características geoquímicas:* Au, Hg, Pb, Zn, ETR

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas locales. Anomalías electromagnéticas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 30 y 200 Mt con leyes entre 0,8 y 2 g/t de Au y entre 0,9 y 14 g/t de Ag. Localmente hay contenidos de hasta 0,1% de Cu, 0,67% de Zn y 0,28% de Pb.

*Ejemplos de yacimientos:* Cerro Redondo, Jujuy  
Distrito La Carolina, San Luis (< 10 Mt - Au: 0,2-2,5 g/t)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario

*Faja metalogenética:* **POS-RP1 – POS-AMTN**

## 5. DEPOSITOS METASOMATICOS

### 5.a. Skarn aurífero

*Referencia primaria:* USGS 18f

*Otras referencias:* GSC 20.3  
USGS 87-273  
BC K 04

*Descripción:* Mineralización con oro dominante, lenticular, vetiforme, tabular o estratiforme, genéticamente asociada a ganga de skarn consistente en silicatos de Ca, Fe y Mg.

*Marco geotectónico:* Magmatismo asociado a subducción. Vinculación espacial y genética con fajas de cobre porfírico.

*Mineralogía:* Oro + electrum + pirita + calcopirita + pirrotina + esfalerita + galena + minerales de bismuto + magnetita

*Ganga/Alteración:* Granates (andradita-grosularia), diópsido, wollastonita, clorita, escapolita, cuarzo, etc.

*Control de la mineralización:* Control estratigráfico y estructural. Cuerpos irregulares a tabulares.

*Características geoquímicas:* Au, As, Bi, Te, Co, Cu, Zn, Ni. Intrusiones vinculadas enriquecidas en elementos compatibles (Cr, Sc, V) y deprimidas en elementos incompatibles (Rb, Zr, Ce, Nb, La) en comparación a las asociadas a otros skarns.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas y gravimétricas sobre los plutones. Polarización inducida a veces indicativa.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,4 y 10 Mt con leyes entre 2 y 15 g/t de Au. Los tonelajes y leyes medios son: 213.000 t con 8,6 g/t Au y 5,0 g/t Ag.

*Ejemplos de yacimientos:* Gualilán, San Juan (0,3 Mt - Au: 10 g/t - Ag: 124 g/t)  
Virgen de Lourdes ( t: No evaluado - Au: 6,9 g/t - Ag: 440 g/t)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN**

## 5.b. Skarn cuprífero

*Referencia primaria:* USGS 18b

*Otras referencias:* GSC 20.2a  
BC K 01

*Descripción:* Mineralización cuprífera estratiforme, tabular, lenticular o irregular, generalmente calcopirita, asociada a ganga de skarn.

*Marco geotectónico:* Magmatismo orogénico de tipo andino asociado a secuencias carbonáticas de margen continental.

*Mineralogía:* Calcopirita + pirita ± magnetita ± bornita ± pirrotina. Ocasionalmente contiene minerales de Mo, Zn, Pb, Au y Ag.

*Ganga/Alteración:* Diópsido, andradita, wollastonita, tremolita. Alteración potásica y alteración filica retrógrada.

*Control de la mineralización:* Control estratigráfico y estructural. Cuerpos irregulares a tabulares. Mineralización de cobre en *stockwork* y disseminación tanto en el endoskarn como en el exoskarn.

*Características geoquímicas:* Gradación del centro a la periferia de Cu-Au-Ag a Au-Ag y finalmente Pb-Ag-Zn. Localmente anomalías de Co, As, Sb, Bi. Granates con alto contenido en Fe, y bajo Al y Mn (Ad35-100).

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas, electromagnéticas y de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,034 y 9,2 Mt con leyes entre 0,7 y 4 % de Cu. Los tonelajes y leyes medios son: 560.000 t y 1,7 % de Cu.

*Ejemplos de yacimientos:* Los Aparejos, Catamarca (2,5 Mt - Cu: 2-3% - Au: hasta 1,5 g/t)  
La Criollita, La Rioja  
Las Choicas, Mendoza (0,05 Mt - Cu: 6-7%)  
Caicayén, Neuquén

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco mesozoico y cenozoico

*Faja metalogénica:* **POS-AMTP – POS-AMTN**

### 5.c. Skarn plumbo-cincífero

*Referencia primaria:* USGS 18c

*Otras referencias:* GSC 20.1  
BC K 02

*Descripción:* Mineralización vetiforme o en chimeneas de galena y esfalerita dominantes genéticamente asociadas a ganga de skarn.

*Marco geotectónico:* Magmatismo orogénico tardío en márgenes continentales

*Mineralogía:* Esfalerita + galena ± pirita ± pirrotina ± magnetita ± calcopirita ± bornita ± arsenopirita ± oro nativo ± fluorita.

*Ganga/Alteración:* Mn-hedenbergita, andradita, grosularia, espesartita, rodonita, epidoto. Las fases marginales pueden contener greisen y/o turmalina.

*Control de la mineralización:* Control estratigráfico y estructural.

*Características geoquímicas:* Zn, Pb, Mn, Cu, Co, Au, Ag, W, Sn, F, Sb, Cd.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas y de polarización inducida. Localmente los cuerpos ricos en galena pueden ser detectados por anomalías gravimétricas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,16 y 12 Mt con leyes entre 2,7 y 13% de Zn y 0,87 y 7,6% de Pb. Los tonelajes y leyes medios son: 1,4 Mt con 5,9% de Zn, 2,8% Pb, 58 g/t Ag, 0,46 g/t Au y 0,09% de Cu.

*Ejemplos de yacimientos:* Bella Blenda y Cristal Blenda, distrito Marayes, San Juan (< 0,1Mt -Pb: 20% - Zn: > 10%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN**

#### **5.d. Skarn ferrífero**

*Referencia primaria:* USGS 18d

*Otras referencias:* GSC 20.5  
BC K 03

*Descripción:* Mineralización estratiforme, tubular, masiva o vetiforme de magnetita dominante asociada genéticamente con ganga de skarn.

*Marco geotectónico:* Arco volcánico de tipo andino y márgenes continentales sinorogénicos.

*Mineralogía:* Magnetita ± calcopirita ± Co-pirita ± pirita ± pirrotina ± fluorita.

*Ganga/Alteración:* Diópsido-hedenbergita, grosularia-andradita, epidoto.

*Control de la mineralización:* Control estratigráfico y estructural.

*Características geoquímicas:* Fe, Cu, Co, Au ± Zn.

*Características geofísicas:* Anomalía magnética predominante; anomalías electromagnéticas y de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,33 y 160 Mt con leyes entre 36 y 63% de Fe. Los tonelajes y leyes medios son: 7,2 Mt con 50% de Fe.

*Ejemplos de yacimientos:* Hierro Indio, Mendoza (0,4 Mt - Fe: 63%)  
Cerro Acay, Salta

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco cretácico y terciario

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2 – POS-AMTP – POS-AMTN**

### 5.e. Skarn wolframífero

*Referencia primaria:* USGS 14a

*Otras referencias:* GSC 20.5  
BC K 05

*Descripción:* Mineralización estratiforme, tabular o lenticular de scheelita dominante, genéticamente asociada a ganga de skarn.

*Marco geotectónico:* Plutonismo sinorogénico a orogénico tardío en margen continental. Puede desarrollarse en secuencias de apilamiento tectónico en ambiente de corrimientos de retro-arco.

*Mineralogía:* Scheelita ± molibdenita ± pirrotina ± esfalerita ± calcopirita ± arsenopirita ± pirita ± magnetita ± powellita.

*Ganga/Alteración:* Diópsido-hedenbergita, grosularia-andradita, espesartita, wollastonita, cuarzo.

*Control de la mineralización:* Control estratigráfico y estructural.

*Características geoquímicas:* W, Cu, Mo, As, Bi, B. Menos común Zn, Pb, Sn, Be, F.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas permiten delimitar plutones no aflorantes, cuya característica principal es un anillo magnético que rodea a un bajo magnético.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,05 y 22 Mt con leyes entre 0,34 y 1,4% de WO<sub>3</sub>. Los tonelajes y leyes medios son: 1,1 Mt con 0,67% de WO<sub>3</sub>.

*Ejemplos de yacimientos:* Pampa de Olaen, Córdoba (0,03 Mt - WO<sub>3</sub>: 1,5%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo postcolisional paleozoico medio

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2**

## 5.f. Greisen Sn-W

*Referencia primaria:* USGS 15c

*Otras referencias:* GSC 18  
BC I 13

*Descripción:* Vetas, *stockwork*, lentes y chimeneas con casiterita y/o wolframita en fajas de greisen en zonas de cúpulas y márgenes de cuerpos graníticos.

*Marco geotectónico:* Granitos postcolisionales

*Mineralogía:* Casiterita ± wolframita.

*Ganga:* Cuarzo, fluorita, pirita, arsenopirita, molibdenita, berilo.

*Alteración:* Greisenización incipiente a maciza. Cuarzo, moscovita, clorita, turmalina, fluorita, topacio. La turmalina puede ocupar fracturas tardías.

*Control de la mineralización:* Filones de greisen en o cerca de cúpulas graníticas. Fallas y fracturas pueden controlar su emplazamiento.

*Características geoquímicas:* Granitos enriquecidos en SiO<sub>2</sub> (>73%) y K<sub>2</sub>O (>4%). Sn, F, Rb, Li, Be, W, Mo, Pb, B, Nb, Cs, U, Th, Hf, Ta, ETR.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas lineales siguiendo las estructuras que controlan la greisenización

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,8 y 65 Mt con leyes entre 0,17 y 0,47% de Sn. Los tonelajes y leyes medios son: 7,2 Mt con 0,28% de Sn.

*Ejemplos de yacimientos:* Vil Achay, Catamarca (0,2 Mt - Sn: 1-1,5%)  
Distrito Tusaquillas y Liquinaste, Salta.

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo postcolisional paleozoico medio y superior. Magmatismo de retroarco jurásico-cretácico

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2 – POS-PAM5**

## 6. VETAS ASOCIADAS A GRANITOIDES

### 6.a. Vetas de W-Mo

*Referencia primaria:* USGS 15a

*Otras referencias:* GSC 18  
BC I 12

*Descripción:* Vetas o *stockwork* de cuarzo macizo, con wolframita/molibdenita epibatolíticas de dimensiones variadas.

*Marco geotectónico:* Granitos anatéticos epizonales y sus rocas encajantes.

*Mineralogía:* Wolframita ± molibdenita ± bismutinita. Minerales accesorios: pirita, pirrotina, arsenopirita, casiterita

*Ganga:* Cuarzo, berilo, fluorita.

*Alteración:* Albitización pervasiva, moscovita, turmalina. Greisenización.

*Control de la mineralización:* Vetas emplazadas en fracturas de tensión

*Características geoquímicas:* W, Mo, Sn, Bi, As, Cu, Pb, Zn, Be, F.

*Características geofísicas:* La magnetometría aérea permite detectar granitos de baja respuesta magnética (de la serie ilmenita). Los levantamientos radimétricos sirven para detectar granitos enriquecidos en U-Th-K.

*Modelo de ley y tonelaje :* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,045 y 7 Mt con leyes entre 0,5 y 1,4 Mt de WO<sub>3</sub>. Los tonelajes y leyes medios son: 0,56 Mt con 0,9 % de WO<sub>3</sub>.

*Ejemplos de yacimientos:* Los Cóndores, San Luis (0,3 Mt - WO<sub>3</sub>: 0,3-0,5%)  
Grupo Minero El Cantadero, La Rioja  
Stock San Martín, Río Negro (0,5 Mt - WO<sub>3</sub>: 0,7-1,3%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo postcolisional paleozoico medio

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2 – POS-PCPT – POS-PAM5**

## **6.b. Vetas de Sn**

*Referencia primaria:* USGS 15b

*Otras referencias:* GSC 18  
BC I 13

*Descripción:* Vetas alojadas en fracturas, generalmente epibatolíticas. Localmente filones de reemplazo.

*Marco geotectónico:* Granitos postorogénicos a anatéticos.

*Mineralogía:* Casiterita ± wolframita. Minerales accesorios: arsenopirita, molibdenita, hematita, scheelita, berilo, galena, calcopirita, esfalerita, estannita, bismutinita.

*Ganga:* Cuarzo, sericita, turmalina, topacio, clorita.

*Alteración:* Greisenización, sericitización, turmalinización.

*Control de la mineralización:* En el ápice de cúpulas graníticas, alojadas en sistemas de fracturas.

*Características geoquímicas:* Sn, As, W, B. Granitos especializados: F, Rb, Nb, Cs, U, Mo, ETR.

*Características geofísicas:* La magnetometría aérea permite detectar granitos de baja respuesta magnética (de la serie ilmenita). Los levantamientos radimétricos sirven para detectar granitos enriquecidos en U-Th-K.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,012 y 4,5 Mt con leyes entre 0,7 y 2,3% de Sn. Los tonelajes y leyes medios son: 0,24 Mt con 1,3% de Sn.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito El Fraile, Catamarca.  
Distrito San Lorenzo, San Luis (hasta 3% Sn).

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo postcolisional paleozoico medio

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2**

## 6.c. Vetas de U

*Referencia primaria:* GSC 13

*Otras referencias:* BC I 15

*Descripción:* Vetas de pechblenda y otros minerales de uranio asociadas a granito en ganga de carbonato/cuarzo, localmente vinculadas con diques lamprofíricos o diabásicos. Con dimensiones variables y potencial en profundidad normalmente limitado a escasos centenares de metros.

*Marco geotectónico:* Plutonismo félsico en ambiente continental postorogénico.

*Mineralogía:* Pechblenda + coffinita ± uranofano ± arseniuros y sulfarseniuros ± seleniuros ± calcopirita ± galena ± esfalerita ± plata nativa.

*Ganga:* Carbonatos (calcita, dolomita), cuarzo (comunmente calcedonia), hematita, feldespato potásico, albita, moscovita, fluorita, baritina.

*Alteración:* Cloritización, hematitización, feldespatización. Episenitización.

*Control de la mineralización:* Control estructural y de tipo REDOX. Procesos locales de episenitización. Enriquecimiento supergénico de importancia económica.

*Características geoquímicas:* U, Ni, Co, Cu, Mo, Bi, As, Ag.

*Características geofísicas:* Anomalías radimétricas. Anomalías magnéticas negativas asociadas con destrucción de magnetita.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos en general contienen menos de 100.0000 t con leyes entre 0,15 y 0,25% de U. Los distritos pueden alcanzar los 9 Mt.

*Ejemplos de yacimientos:* Schlagentweit, Córdoba (2,9 Mt - U: 0,0152%)  
Santa Brígida, La Rioja (0,036 Mt - U: 0,064%)  
Las Termas, Catamarca

*Edad y ambiente geotectónico:* Plutonismo postcolisional paleozoico medio.

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2**

#### **6.d. Vetas de Cu**

*Referencia primaria:* GSC 17

*Otras referencias:* BC I 06

*Descripción:* Vetas simples y complejas de cuarzo-carbonato con minerales de cobre, vinculadas a intrusiones félsicas a intermedias. Comúnmente siguen fallas de alto ángulo. Las dimensiones son muy variables, pero raramente superan un kilómetro de extensión.

*Marco geotectónico:* Plutonismo de arco en ambiente orogénico.

*Mineralogía:* Calcopirita + pirita ± tetraedrita ± galena ± covelina.

*Ganga:* Cuarzo, calcita, dolomita.

*Alteración:* Sericitización y cloritización.

*Control de la mineralización:* Control estructural

*Características geoquímicas:* Cu, Ag.

*Características geofísicas:* Anomalías electromagnéticas que permiten delimitar estructuras favorables y concentraciones altas de sulfuros.

*Modelo de ley y tonelaje:* Depósitos en general pequeños. Varían entre miles y algunos millones de toneladas, con leyes entre 1 y 3% de Cu y contenidos locales extremos de hasta 10%.

*Ejemplos de yacimientos:* La Verdiona, La Rioja (< 0,5 Mt - Cu: hasta 3,6% - Ag: hasta 150 g/t)  
Distrito Las Cuevas, Salta

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco proterozoico superior y paleozoico inferior

*Faja metalogenética:* **PRE-PAM2**

## 7. DEPOSITOS EPITERMALES Y DE TRANSICION

### 7.a. Manganeso

*Referencia primaria:* USGS 25g

*Otras referencias:* BC H 06

*Descripción:* Mineralización de manganeso en vetas como relleno de fallas y fracturas, de gran extensión longitudinal. Es común la presencia de brechas de falla que testimonian diversos pulsos de mineralización. En zonas distales como impregnación de niveles sedimentarios.

*Marco geotectónico:* Arcos magmáticos.

*Mineralogía:* Psilomelano ± pirolusita ± ramsdellita ± criptomelano ± goethita ± hematita.

*Ganga:* Manganocalcita, calcita, cuarzo, calcedonia, baritina, fluorita, ópalo.

*Alteración:* Caolinización.

*Control de la mineralización:* Fallas y fracturas. Zonas de brecha en volcanitas.

*Características geoquímicas:* Mn, Fe, P.

*Características geofísicas:*

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 2.400 y 260.000 t con leyes entre 20 y 42% de Mn. Los tonelajes y leyes medios son: 25.000 t con 30% de Mn.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito Ojo de Agua, Aguada del Monte y otros, Santiago del Estero-Córdoba (0,54 Mt - Mn: 20-30%).  
Grupo Ethel, Mendoza (0,25 Mt - Mn: 30-40%)  
Ochaqui, Salta (0,2 Mt - Mn: 9,7%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco paleozoico inferior a terciario

*Faja metalogenética:* **POS-RP1 – POS-PCPT – POS-AMTN**

## 7.b. Depósitos auríferos de baja sulfuración

*Referencia primaria:* BC H 05

*Otras referencias:* GSC 15.1.b.  
USGS 25c, 25d

*Sinónimos:* Cuarzo-adularia, adularia-sericita, tipo Sado, tipo Comstock, cloruro alcalino.

*Descripción:* Vetas de cuarzo localizadas en estructuras, *stockwork* y brechas portadoras de oro y plata, formados en ambiente epizonal. Son comunes las texturas drusiformes y están asociadas a hidrotermalismo y sistemas geotermales ligados a volcanismo.

*Marco geotectónico:* Arco magmático de margen continental. Volcanismo continental asociado a estructuras extensionales.

*Mineralogía:* Piritita + oro + electrum + plata + sulfosales.

*Ganga:* Cuarzo, amatista, calcedonia, calcita, sericita, clorita.

*Alteración:* Silicificación, sinter calcedónica, cuarzo-adularia.

*Control de la mineralización:* El sistema se empieza generalmente a menos de 1km de la paleosuperficie. Los fluidos se canalizan a través de estructuras tales como fallas, márgenes de grabens, fracturas anulares y radiales, brechas tectónicas, calderas.

*Características geoquímicas:* Au, Ag, Zn, Pb, Cu, As, Sb, Ba, F, Mn; localmente Te, Se, Hg.

*Características geofísicas:* Anomalías radimétricas vinculadas con alteración potásica intensa. Anomalías VLF y magnéticas relacionadas con estructuras.

*Modelo de ley y tonelaje:* Las vetas consideradas individualmente tienen tonelajes entre 1.000 y 900.000 t con leyes entre 6 y 43 g/t de Au y hasta 2,5 g/t de Ag. Los tonelajes y leyes medios son: 30.000 t con 16 g/t de Au. Los tonelajes son ampliamente superados y, en el caso de Cerro Vanguardia, se alcanzan valores por veta de hasta 2.000.000 de toneladas.

*Ejemplos de yacimientos:* Cerro Vanguardia, Santa Cruz ( 13,5 Mt - Au: 9,7 g/t – Ag: 120 g/t)  
El Dorado-Monserrat, Santa Cruz.

*Edad y ambiente geotectónico:* Volcanismo extensional jurásico

*Faja metalogenética:* **POS-RJ**

### **7.c. Depósitos auríferos de alta sulfuración**

*Referencia primaria:* BC H 04

*Otras referencias:* GSC 15.1.a.  
USGS 25e

*Sinónimos:* Cuarzo-alunita, sulfato ácido, oro-enargita.

*Descripción:* Vetas de cuarzo múltiples, brechas y sulfuros de reemplazo que llegan a formar lentes masivas, con mineralización de oro y plata, asociadas a sistemas hidrotermales de niveles altos vinculados con volcanismo subaéreo.

*Marco geotectónico:* Ambientes transtensionales y extensionales en arcos de margen continental, con estratovolcanes construidos sobre plutones.

*Mineralogía:* Pirita + enargita + bornita + oro + electrum ± calcopirita ± esfalerita + calcosina + covelina.

*Ganga:* Cuarzo ± baritina ± pirofilita + sericita. Ausencia de carbonatos.

*Alteración:* Argílica avanzada, silicificación, caolinita/dickita, alunita, sericita.

*Control de la mineralización:* Fracturas radiales y anulares en alderas volcánicas, fracturas en domos resurgentes, brechas hidrotermales, diatremas. Amplio rango de profundidad del sistema, desde solfataras en la paleosuperficie hasta cúpulas en cuerpos intrusivos.

*Características geoquímicas:* Au, Cu, As; Ag, Zn, Pb, Sb, Mo, Bi, Sn, Te, W, B, Hg.

*Características geofísicas:* Bajos magnéticos sobre rocas lixiviadas, localmente contrastes gravimétricos vinculados con límites de bloques estructurales.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 2 y >200 Mt con leyes entre 2,8 y 178 g/t de Au y entre 11,3 y 109 g/t de Ag, correspondiendo los extremos a mineralizaciones de alto grado minadas subterráneamente y mineralizaciones de bajo grado explotadas a cielo abierto.

*Ejemplos de yacimientos:* Veladero, Zancarrón, San Juan.

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco paleozoico superior. Magmatismo de arco terciario

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN – POS-PCPT**

#### **7.d. Depósitos polimetálicos ricos en Sn**

*Referencia primaria:* USGS 20b

*Otras referencias:* BC H 07

*Sinónimos:* Vetas polimetálicas tipo Boliviano, vetas polimetálicas xenotermiales.

*Descripción:* Vetas de cuarzo y sulfuros portadoras de casiterita asociadas a intrusiones subvolcánicas.

*Marco geotectónico:* Arco magmático en fajas sinorogénicas a tardío-orogénicas. Margén continental.

*Mineralogía:* Pirita + casiterita ± pirrotina ± plata nativa ± marcasita ± esfalerita ± galena ± calcopirita ± pirargirita ± estannita ± tetraedrita y otras sulfosales complejas ± oro ± wolframita.

*Ganga:* Cuarzo, sericita, turmalina en profundidad.

*Alteración:* cuarzo-sericítica, argílica avanzada.

*Control de la mineralización:* Vetas en zonas de cizalla y asociadas a fracturas en o en la cercanía de los plutones y vinculadas con el emplazamiento y enfriamiento de los mismos.

*Características geoquímicas:* Ag, Cu, Zn, Pb, Sn, W, As, Bi.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas puntuales difusas vinculadas con los cuerpos magmáticos.

*Modelo de ley y tonelaje:* Hay importante variación en las leyes y tonelajes. Para sectores con *stockwork* se consideran leyes de 0,2% de Sn y de 70 a 179 g/t de Ag.

*Ejemplos de yacimientos:* Pirquitas, Jujuy (15 Mt, Sn: 0,31% - Ag: 200 g/t).

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario en el sector norte de la Zona Volcánica Central.

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN**

## 7.e. Depósitos polimetálicos complejos

*Referencia primaria:* USGS 25b

*Otras referencias:* BC I 05

*Descripción:* Vetas ricas en sulfuros subverticales, comunmente formando conjuntos subparalelos de variadas dimensiones, pudiendo alcanzar más de 1.000 m en longitud y profundidad. Comunmente alojadas en rocas clásticas o ígneas, están asociadas a cuerpos intrusivos subvolcánicos.

*Marco geotectónico:* Volcanismo bimodal y calcoalcalino de arco.

*Mineralogía:* Galena + esfalerita + calcopirita + piritita + sulfosales de cobre + sulfosales de plata ± oro ± bornita ± arsenopirita.

*Ganga:* Cuarzo + clorita + calcita + rodocrosita + baritina.

*Alteración:* Silicificación, caolinización, localmente adularia. Zona de oxidación con abundantes óxidos de Mn, localmente minados.

*Control de la mineralización:* Fallas regionales y estructuras de segundo orden. En sectores son marginales a sistemas tipo cobre porfírico.

*Características geoquímicas:* Zn, Pb, Ag, Mn, Cu, Ba, As, Hg.

*Características geofísicas:* Bajos magnéticos elongados. Anomalías electromagnéticas y de polarización inducida relacionadas a las zonas con mena.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,089 y 23 Mt con leyes entre 0,76 y 5,5% de Pb, 0,3 y 9,3% de Zn, 31 y 510 g/t de Ag, 0,16 y 10 g/t de Au y hasta 1,1 % de Cu. Los tonelajes y leyes medios son: 1,4 Mt con 0,16% de Cu, 2,5% de Pb, 1,7% de Zn, 130 g/t de Ag y 1,5 g/t de Au.

*Ejemplos de yacimientos:* Paramillos de Uspallata (1,27 Mt - Pb: 2,9% - Zn: 5,35 - Ag: 662 g/t)  
Capillitas, Catamarca (0,67 Mt - Cu: 2,3% - Pb: 1,6% - Zn: 3,1% - Au: 2,6 g/t - Ag: 108 g/t).  
Mina Angela, Chubut (0,35 Mt - Pb: 2,9% - Zn: 5,6% - Cu: 0,38% - Au: 3,5 g/t - Ag: 50 g/t).  
Pan de Azúcar, Jujuy (0,1 Mt - Pb: 5,8-6,6% - Zn: 5-8% - Ag: 280-480 g/t)  
Huemules, Chubut (0,06 Mt - Zn: 1,5% - Au: 8,3g/t - Ag: 20 g/t).

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco paleozoico superior a terciario

*Faja metalogenética:* **PRE-PAT4 – POS-AMK – POS-AMTP – POS-AMTN**

## **7.f. Depósitos diseminados distales y hot spring de Ag (-Au-Cu)**

*Referencia primaria:* USGS 19 c

*Otras referencias:* BC H 03  
USGS 25 a

*Descripción:* Oro, plata y cobre nativos en brecha silicificada (zona proximal) y como cemento de sedimentos en la parte distal.

*Marco geotectónico:* Márgenes continentales. Tectónica extensional. Comúnmente en regiones con fallas transformantes y márgenes de cuencas transtensionales.

*Mineralogía:* Oro, plata, cobre nativos, electrum, argentita. Localmente sulfosales de plata, esfalerita, pirita, marcasita.

*Ganga:* Cuarzo, rodocrosita, manganocalcita.

*Alteración:* Silicificación. Sericitización local.

*Control de la mineralización:* La permeabilidad primaria de la roca huésped. Rocas sedimentarias clásticas

*Características geoquímicas:* Au, Ag, Cu, As, Sb, Hg, Te, Mn, Zn, Pb, Sb. La relación Ag:Au puede alcanzar 400:1

*Características geofísicas:* Anomalías de resistividad. Anomalías VLF relacionadas con fallas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,67 y 82 Mt con leyes entre 5,9 y 300 g/t de Ag y hasta 5 g/t de Au. Los tonelajes y leyes medias son: 7,4 Mt con 42 g/t Ag y 1,1 g/t Au.

*Ejemplos de yacimientos:* Providencia, Jujuy (4 Mt, 167 g/t Ag).  
Eureka, Jujuy (Cu: 0,7 - 1,1%)  
La Borita, Catamarca (0,59 Mt - Cu: 0,5% - Ag: hasta 2kg/t).

*Edad y ambiente geotectónico:* Distal en relación a magmatismo de arco terciario, generalmente los depósitos están alojados en secuencias sedimentarias de retroarco.

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN**

### **7.g. Azufre fumarólico**

*Referencia primaria:* USGS 25 m

*Otras referencias:* - - -

*Descripción:* Venillas, *stockwork* 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 los 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% de S.

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

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de arco terciario

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN**

## 8. DEPOSITOS EXHALATIVOS Y VOLCANOGENICOS SUBMARINOS

### 8.a. Sulfuros tipo Chipre (Cu-Zn) y vetas asociadas

*Referencia primaria:* USGS 24a

*Otras referencias:* GSC 6.3.  
BC G 05  
GAC SP 40 p. 315

*Sinónimo:* Pirita cuprífera

*Descripción:* Los depósitos comprenden una o más lentes de pirita y calcopirita alojadas en rocas volcánicas máficas y zonas de *stockwork* y vetas asociadas en los niveles más profundos, con presencia de minerales de Ni-Co. Localmente hay sulfuros de Pb y Zn.

*Marco geotectónico:* Fuentes termales asociadas a volcanismo de dorsales centro-oceánicas.

*Mineralogía:* pirita + calcopirita + esfalerita ± marcasita ± pirrotina ± oro ± cobaltopentlandita.

*Ganga:* Talco, chert, magnetita, clorita

*Alteración:* Clorita, talco, carbonato, sericita y cuarzo. Localmente alteración illítica y albítica.

*Control de la mineralización:* Control estructural, con clusters de lentes de sulfuros, vetas y *stockworks* por debajo de las lentes.

*Características geoquímicas:* Cu, Zn, anomalías negativas de Ca y Na, enriquecimiento local posible en K. Pedernales ricos en Mn, Fe.

*Características geofísicas:* Anomalías electromagnéticas y de polarización inducida dependiendo del tipo de mineralización.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,1 y 17 Mt con leyes entre 0,63 y 3,9% de Cu, hasta 33 g/t Ag, 1,9 g/t de Au, 0,16% de Pb y 2,1% de Zn. Los tonelajes y leyes medios son: 1,6 Mt con 1,7% de Cu.

*Ejemplos de yacimientos:* El Tío-Tauro-Las Cuevas, Córdoba (Cuerpos de menos de 1.000 t - Cu: 2-7%)  
Santa Elena, San Juan (0,37 Mt - Zn: 3,3% - Pb:2,1% - Au: 4,2 g/t - Ag: 87 g/t)  
La Salamanca, Mendoza (0,05 Mt - Cu: 6,5% - Ni: 0,2%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo de dorsales centro-oceánicas de edad paleozoica

*Faja metalogenética:* **PRE-ZS1 – PRE-ZS2**

## 8.b. Sulfuros Tipo Kuroko

*Referencia primaria:* USGS 28a

*Otras referencias:* GSC 6.3.  
BC G 06  
GAC SP 40 p. 315

*Sinónimos:* Sulfuro masivo volcanogénico polimetálico.

*Descripción:* Una o más lentes de pirita maciza, acompañadas de sulfuros de metales base en rocas félsicas. Las lentes pueden ser zonadas, ricas en cobre en labase y ricas en Pb-Zn en el techo. Comúnmente hay niveles de *stockwork* por debajo de las lentes y niveles de chert sobre ellas.

*Marco geotectónico:* Volcanismo bimodal submarino asociado a turbiditas. Ambiente de rift local o de extensión en o cerca de un arco de margen continental.

*Mineralogía:* Pirita + esfalerita + calcopirita + pirrotina + galena ± baritina ± tetraedrita ± tennantita ± bornita ± magnetita ± oro.

*Ganga:* Baritina, chert, yeso, carbonatos.

*Alteración:* Sílice, clorita, sericita, albita.

*Control de la mineralización:* Asociado a la parte félsica superior de la secuencia volcánica.

*Características geoquímicas:* Pb, Au, Zn, Mg, Ba, As, Ag.

*Características geofísicas:* Anomalías electromagnéticas y de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,12 y 18 Mt con leyes entre 0,45 y 3,5% de Cu, hasta 1,9% de Pb, 8,7 % de Zn, 2,3 g/t de Au y 100 g/t de Ag. Los tonelajes y leyes medios son: 1,5 Mt con 1,3% de Cu, 2% de Zn, 0,16 g/t Au y 13,0 g/t de Ag.

*Ejemplos de yacimientos:* Beatriz y Arroyo Rojo, Tierra del Fuego

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo básico de cuenca de trasarco oceánica proterozoico inferior y mesozoico

*Faja metalogenética:* **PRE-PAM3 - POS-AMJ2**

### 8.c. SEDEX Pb-Ag-Zn-Cu

*Referencia primaria:* USGS 31a

*Otras referencias:* GSC 6.1.  
BC E 14  
GAC SP 40 p. 201

*Sinónimos:* Sulfuros masivos Pb-Ag-Zn alojados en sedimentos. Pb-Ag-Zn sedimentario-exhalativos

*Descripción:* Lentes de sulfuros estratificados, con o sin baritina, alojados en estratos clásticos marinos de ambiente euxínico. Los depósitos normalmente son tabulares a lenticulares, con espesores variables entre centímetros y decenas de metros. Es común la presencia de niveles múltiples. La extensión horizontal normalmente es superior a la vertical.

*Marco geotectónico:* Cuencas epicratónicas y presencia de fallas sinsedimentarias (hemi-graben)

*Mineralogía:* Piritita, pirrotina, esfalerita, galena, baritina, calcopirita, casiterita.

*Alteración:* Silicificación, turmalinización, albitización, cloritización,

*Control de la mineralización:* Cuencas locales dentro de cuencas mayores, delimitadas por fallas. Las fallas sinsedimentarias actúan de canales de alimentación.

*Características geoquímicas:* Zn, Pb, Mn, Cu, Ba.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas y electromagnéticas sobre zonas con sulfuros masivos. Anomalías de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 1,7 y 130 Mt con leyes entre 2,4 y 13% de Zn, 1,0 y 7,7% de Pb y hasta 150 g/t de Ag y 0,28% de Cu. Los tonelajes y leyes medios son: 15 Mt con 5,6% de Zn y 2,8% de Pb. Hay un conjunto de grandes yacimientos que exceden las 300 Mt (por ejemplo Brocken Hill)

*Ejemplos de yacimientos:* Aguilar, Jujuy (> 25 Mt - Pb: 5-15% - Zn: 15-18% - Ag: 134-370 g/t).  
La Colorada, Salta (12 Mt - Cu: 0,5% - Zn: 1% - Pb: 0,1-1% - Ag: 1-10 g/t).  
Gonzalito, Río Negro (0,5 Mt - Pb: 8,6% - Zn: 1,24% - Ag: hasta 400 g/t).

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuencas de margen pasivo (?) proterozoicas y paleozoicas

*Faja metalogenética:* **PRE-PAT1 – PRE-PAT3 – PRE-CUY1 - POS-PAM1 – POS-SAG1**

#### **8.d. SEDEX Ba**

*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% de BaSO<sub>4</sub>.  
Los tonelajes y leyes medios son: 1,8 Mt con 88% de BaSO<sub>4</sub>.

*Ejemplos de yacimientos:* Cura Mallín, Neuquén (0,3 Mt - BaSO<sub>4</sub>: 92,4%).  
Santa Rosa, Salta  
Villavicencio, Mendoza

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

*Faja metalogenética:* **PRE-PAT1 - PRE-CUY1 - POS-PAM1 – POS-SAG1**

### **8.e. Volcanogénicos de W**

*Referencia primaria:* Nuevo modelo (Basado en Brodtkorb -ed.-, 1991)

*Otras referencias:* Maucher (1976)

*Sinónimos:* W tipo alpino austríaco

*Descripción:* Niveles ricos en scheelita, asociados a metavulcanitas básicas (basaltos) y/o ácidas (riolitas-dacitas), localmente removilizados constituyendo vetas en zonas de cizalla.

*Marco geotectónico:* Magmatismo submarino de arco de islas.

*Mineralogía:* Scheelita ± wolframita + pirita + calcopirita + pirrotina + esfalerita ± minerales de Bi.

*Ganga:* Cuarzo, turmalina, hornblenda, epidoto, calcita.

*Control de la mineralización:* Litológico y estructural

*Características geoquímicas:* W, F, Zn, P, As, Mo, Pb, Ag, Cu

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos individuales son pequeños, con reservas entre miles y decenas de miles de toneladas y leyes entre 0,4 y 1,5% de  $WO_3$ , con sectores ricos de hasta 15% de  $WO_3$ .

*Ejemplos de yacimientos:* La Florida, San Luis (0,025 Mt -  $WO_3$ : 1%).  
Loma Blanca, Sierra del Morro, San Luis (0,01 Mt -  $WO_3$ : 0,5-0,6%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuencas marinas del basamento de Pampia con volcanismo asociado.

*Faja metalogenética:* **PRE-PAM1**

## 9. DEPOSITOS ALOJADOS EN SEDIMENTOS

### 9.a. Cu en areniscas rojas

*Referencia primaria:* USGS 30b

*Otras referencias:* GSC 8.3.b.  
BC E 04

*Sinónimos:* Cobre estratoligado. Cu ± Ag ± Co alojado en sedimentos.

*Descripción:* Cobre nativo diseminado en niveles de arenisca. Las secuencias comunmente comprenden niveles de evaporitas. Los cuerpos son concordantes pero en los bordes pueden ser transgresivos. Los horizontes tienen entre varios centímetros hasta varios metros de potencia y se extienden lateralmente hasta varias decenas de kilómetros.

*Marco geotectónico:* Ambiente de arco continental o de retroarco. Rift intracontinental o de margen continental. Ambiente deposicional anóxico, localmente tipo *sabkha*.

*Mineralogía:* calcosina + bornita ± calcopirita ± pirita ± plata nativa ± tennantita ± malaquita

*Ganga:* Localmente carbonatos, cuarzo.

*Alteración:* Zonas de reducción de color verde a blanco en niveles de areniscas rojas, laterales o subyacentes a la mineralización. Clorita, magnetita, pirita.

*Control de la mineralización:* Ambiente de reducción con pH bajo: materia orgánica, S biogénico abundante, sedimentos piríticos, petróleo, permeabilidad.

*Características geoquímicas:* Cu, Ag, Pb, Zn, Cd. Localmente anomalías débiles de Mo, V, U, Co y Ge.

*Características geofísicas:* Anomalías radimétricas débiles (U) locales.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 1,5 y 330 Mt con leyes entre 1,0 y 4,5% de Cu y hasta 23 g/t de Ag y 0,24% de Co. Los tonelajes y leyes medios son: 22 Mt con 2,1% de Cu.

*Ejemplos de yacimientos:* San Romeleo, Mendoza (0,3 Mt - Cu: 0,73-2,2%).  
Río Juramento, Salta (5 Mt - Cu: 1% - Ag: 21 g/t)  
Martín Bronce, Jujuy (3,5 Mt - Cu: 2,7% - Ag: 90 g/t - Zn: 1,7% - Au: 0,2-1 g/t)

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuencas de rift, etapa de subsidencia térmica mesozoica.

*Faja metalogenética:* **POS-PAM6 – POS-SAG1 – POS-CR – POS-SAG2**

## 9.b. U (-Cu-V) en areniscas

*Referencia primaria:* USGS 30c

*Otras referencias:* GSC 8.1.  
BC D 05

*Descripción:* Minerales de uranio diseminados en rocas arenosas, predominantemente de origen continental, y depositados durante la diagénesis en condiciones reductoras. Los cambios horizontales y verticales faciales controlan la depositación. La mineralización ocurre como reemplazo de partículas, matriz, cemento y restos orgánicos.

*Marco geotectónico:* Ambiente de arco continental o de retroarco. Rift intracontinental o de margen continental. Plataforma estable o cuenca epicontinental de antepaís.

*Mineralogía:* Uraninita, coffinita, pirita, calcosina, bornita. En menas oxidadas: autunita, torbernita, uranofano, carnotita, malaquita.

*Ganga:* Limonita, arcillas, ceolitas.

*Alteración:* Lixiviación de Fe.

*Control de la mineralización:* La permeabilidad. Canales de corriente, cursos ramificados, planicies costeras.

*Características geoquímicas:* U, V, Mo, Se, Cu, Ag. Localmente P, Mn, Cr.

*Características geofísicas:* Susceptibilidad magnética baja. Anomalías radimétricas (U).

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos individuales tienen tonelajes entre 1.000 y 10.000 t de U contenido, con leyes entre 0,03 y 2 % de U.

*Ejemplos de yacimientos:* Don Otto, Salta (0,44 Mt - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>: 0,1%)  
Los Berthos, Salta (0,3 Mt - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>: 0,14% - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,6%)  
Huemul, Mendoza (0,44 Mt - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>: 0,15% - Cu: 1%)  
Cerro Solo, Los Adobes, Chubut

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuencas de rift, etapa de subsidencia térmica mesozoica.

*Faja metalogenética:* **POS-PAM4 – POS-PAM6 – POS-CR – POS-SAG2**

### 9.c. Depósitos de Zn-Pb en calizas

*Referencia primaria:* BC E 13

*Sinónimos:* Tipo irlandés, tipo Remac

*Descripción:* Lentes estratoligados de esfalerita, galena y baritina macizos, de espesores extremadamente variables, desde 2-3 cm en las periferias hasta 30 m en la parte central, y venas discordantes, localmente brechadas, en calizas de plataforma. Los depósitos presentan control estructural, generalmente están adyacentes a fallas normales. Se clasifican en este modelo aquellos yacimientos que, presentando características estratoligadas, no se formaron en el fondo del mar.

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

*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, con leyes entre 5,0 y 6,0% de Zn, 1-2% de Pb y 30 g/t de Ag.

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

*Edad y ambiente geotectónico:* Discordancias en plataformas calcáreas paleozoicas

*Faja metalogenética:* **PRE-CUY1**

#### 9. d. Baritina y celestina estratiformes

*Referencia primaria:* USGS 35a.1 – Parcialmente 31.b

*Otras referencias:* BC F 04 – BC E 17

*Descripción:* Mantos singenéticos de facies evaporíticas, afectados localmente por removilización epigenética. Presentan asociados cuerpos vetiformes epigenéticos formados por soluciones descendentes. 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 BaSO<sub>4</sub> y el SrSO<sub>4</sub>, 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:* Los depósitos de celestina tienen tonelajes entre 0,1 y 6,4 Mt, con leyes entre 45 y 93% de SrSO<sub>4</sub>. Los tonelajes medios son 0,83 Mt y 80% de SrSO<sub>4</sub>.

*Ejemplos de yacimientos:* Bajada del Agrio, Neuquén (Ba-Sr - 1,8 Mt – BaSO<sub>4</sub>: 73,2%)  
Naunauco-La Cecilia, Neuquén (0,05 Mt – 90% SrSO<sub>4</sub>)  
Mallín Quemado, Neuquén (Ba)

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

*Faja metalogenética:* **POS-SAG1 – POS-CR**

## 9. e. Formación ferrífera

*Referencia primaria:* USGS 34 f

*Otras referencias:* GSC 3.1.  
BC F 11

*Sinónimos:* Tipo Clinton. Tipo Minette. Hierro oolítico. *Ironstone*.

*Descripción:* Roca sedimentaria bandeada, originada por precipitación química de óxidos de hierro, silicatos de textura característicamente oolítica, depositada en márgenes cratónicos. Los depósitos están asociados con sedimentitas maduras y constituyen cuerpos tabulares entre 2 y 5 m de espesor y hasta varios kilómetros de extensión lateral.

*Marco geotectónico:* Márgenes cratónicos, cuencas intracratónicas, cuencas de antepaís, terrenos exóticos.

*Mineralogía:* Hematita + chamosita. Goethita + berthierita. Ocasionalmente magnetita.

*Ganga:* Cuarzo, calcita, dolomita, arcillas, apatita (colofano).

*Control de la mineralización:* Localización en el tope del ciclo sedimentario. Los depósitos mayores suelen mostrar una depositación influenciada por las mareas.

*Características geoquímicas:* Fe

*Características geofísicas:* Anomalías gravimétricas marcadas (1 mgal en 1-5 km). Secuencias portadores de magnetita tienen anomalías magnéticas asociadas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 4 y 890 Mt con leyes entre 30 y 52% de Fe. Los tonelajes y leyes medios son: 60 Mt con 41% de Fe y un contenido de fosfato de 0,26%.

*Ejemplos de yacimientos:* Zapla, Jujuy (150 Mt - Fe: 41,5% - S: 0,05-0,22% - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 1,17%)  
Sierra Grande, Río Negro (314 Mt - 54,3-57,3% - S: 0,28-0,35% - P: 0,97-1,35%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuencas de antepaís y de margen pasivo de edad paleozoica media

*Faja metalogenética:* **PRE-PAT2 – POS-PAM3 – POS-RP2**

## 9.f. Evaporitas lacustres (Li-B-Na-Mg-K-)

*Referencia primaria:* USGS 35b

*Otras referencias:* GAC SP 40 p. 89  
BC F 09

*Descripción:* Depósitos salinos actuales y fósiles, estos últimos localmente plegados y fallados, intercalados en secuencias sedimentarias continentales. El espesor puede superar los 100 metros. La presencia de B y Li está vinculada al volcanismo subaéreo y localmente se relaciona con fuentes termales.

*Marco geotectónico:* Ambiente de convergencia de placas y zonas de extensión con volcanismo asociado.

*Mineralogía:* Borax ± kernita ± ulexita ± colemanita ± halita ± salmuera

*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, clima árido, volcanismo contemporáneo.

*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% de B<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Los tonelajes y leyes medios son: 1,1 Mt con 22% de B<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Los depósitos de yeso tienen tonelajes entre 0,78 y 247 Mt con leyes entre 74 y 96% de yeso. Los tonelajes y leyes medios son: 14 Mt con 85% de yeso. Los contenidos en Li en los salares actuales varía entre 200 y 1600 mg/l.

*Ejemplos de yacimientos:* Salar del Hombre Muerto (Mina Fénix), Catamarca (Li) (650 Mt - Li: 0,7-0,8 g/l - K: 7-8 g/l)  
Tincalayu, Salta (B) (Bórax: 5 Mt)

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuencas de retroarco lacustres actuales y fósiles con presencia de magmatismo de arco distal.

*Faja metalogenética:* **POS-PAM7**

## **10. DEPOSITOS METAMORFICOS.**

**Este modelo no está incluido porque los depósitos no ocurren en el mapa.**

## 11. DEPOSITOS ASOCIADOS A VOLCANISMO SUBAEREO

### 11.a. Cu tipo manto

*Referencia primaria:* USGS 23

*Otras referencias:* GSC 9  
BC D 03

*Sinónimos:* Cobre basáltico. Cobre alojado en volcanitas.

*Descripción:* Mineralización de cobre nativo y sulfuros de cobre en volcanitas máficas a félsicas y en sedimentitas intercaladas. Los cuerpos son tabulares, de hasta varias decenas de metros de espesor y distritalmente son concordantes; localmente presentan control estructural y son discordantes, presentándose como vetas y venillas.

*Marco geotectónico:* Rift intracontinental (basalto) y arcos volcánicos continentales (andesita).

*Mineralogía:* Cobre nativo ± calcosina ± bornita ± plata nativa. Localmente malaquita y azurita.

*Ganga:* Calcita, prehnita.

*Alteración:* Cloritización, epidotización, ceolitización.

*Control de la mineralización:* Brechas de la superficie de flujos, amígdalas y fracturas en las coladas. Localmente la mineralización se aloja en areniscas interestratificadas en la secuencia volcánica.

*Características geoquímicas:* Cu, Ag, Zn, Cd. Au anómalamente disminuido. Alta relación Cu/Zn.

*Características geofísicas:* Anomalías de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos de tienen tonelajes entre varios centenares de miles y varios centenares de millones de toneladas, con leyes entre 1,0 y 4,0% de Cu. Los tonelajes de Cu asociado a basaltos alcanzan los 5 Mt.

*Ejemplos de yacimientos:* San José, Mendoza (en andesita) (0,24 Mt - Cu: 1%)  
El Burrero, Mendoza (en andesita) (t: no evaluado - Cu: 3%)  
Manifestaciones de Curuzú Cuatiá, Corrientes (en basalto).

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo basáltico mesozoico asociado a regímenes extensionales del arco volcánico mesozoico y a riftogénesis intracontinental.

*Faja metalogenética:* **POS-AMJ1 – POS-BI – POS-AMTP**

## 11.b. Uranio volcanogénico

*Referencia primaria:* GSC 12

*Otras referencias:* USGS 25 f, k  
BC D 06

*Descripción:* Vetas y diseminados de pechblenda asociados a todo tipo de litofacies volcánicas: proximales a distales, incluyendo sedimentos volcanoclásticos.

*Marco geotectónico:* Complejos volcánicos félsicos en ambiente tardío a postorogénicos y en ambientes tectónicos postcolisionales.

*Mineralogía:* Pechblenda ± coffinita ± uranotorita.

*Ganga:* Albita, titanita, circón, calcita, fluorita, pirita, celestina, fluorflogopita.

*Alteración:* Hematitización, carbonatización, albitización, caolinización.

*Control de la mineralización:* Emplazamiento en calderas, flujos lávicos, cuencas volcanosedimentarias tafrogénicas, domos, brechas y diatremas. Venas discordantes proximales hasta diseminados estratoligados distales tipo *roll-front* (frentes de menas fusiformes en paleocauces).

*Características geoquímicas:* U, F, Mo. Localmente anomalías de ETR. Zonación As, Sb, Mo, W proximal y Li, Hg distal.

*Características geofísicas:* Anomalías radimétricas (U).

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,021 y 5,6 Mt, con leyes entre 0,04 y 4,0% de U. El tonelaje medio es de 0,34 Mt.

*Ejemplos de yacimientos:* Dr. Baulíes-Distrito Sierra Pintada, Mendoza (160 Mt - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>: 0,01%).

*Edad y ambiente geotectónico:* Magmatismo postcolisional gondwánico.

*Faja metalogenética:* **POS-PCPT – POS-AMTN**

### **11.c. Fe tipo Laco**

*Referencia primaria:* USGS 25 I

*Otras referencias:* GSC 22  
BC D 07

*Sinónimos:* Tipo Kiruna. Mena de hierro-apatita. Tipo Olympic Dam.

*Descripción:* Depósitos de magnetita y/o hematita constituyendo cuerpos tabulares, rellenos de brecha, vetas, diseminados y extrusiones lávicas, asociadas a volcanismo continental.

*Marco geotectónico:* Magmatismo de arco y retroarco en fajas orogénicas.

*Mineralogía:* Magnetita ± hematita.

*Ganga:* Apatita, ceolitas, calcita, actinolita.

*Alteración:* Hematita, clorita, epidoto, albita.

*Control de la mineralización:* Coladas, fracturas tensionales.

*Características geoquímicas:* Fe, Mn, V, Mg, P, Zn, localmente ETR.

*Características geofísicas:* Anomalías aeromagnéticas puntuales extremas y gravimétricas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre varios miles y millones de toneladas, con leyes entre 45 y 65% de Fe.

*Ejemplos de yacimientos:* Huantraico, Neuquén

*Edad y ambiente geotectónico:* Volcanismo terciario de retroarco de tendencia alcalina, tardío a postorogénico.

*Faja metalogenética:* **POS-AMTN – POS-BRT**

## 12. DEPOSITOS DE PLACER

### 12.1. Oro

*Referencia primaria:* USGS 39a

*Otras referencias:* GSC 1.2.  
BC C 01

*Descripción:* Depósitos detríticos de oro ( $\pm$  PGE) acompañado de otros minerales pesados, en o cerca de la superficie, generalmente en depósitos aluviales holocenos y, menos frecuentemente, conos aluviales, depósitos coluviales, glaci-fluviales, glaciales, deltaicos y costaneros.

*Marco geotectónico:* Variado. En general los depósitos autóctonos ocurren en fajas orogénicas siguiendo fallas principales, en tanto los depósitos alóctonos se localizan en áreas tectónicas estables que favorecen el retrabajo de los sedimentos durante largos periodos de tiempo.

*Mineralogía:* Oro nativo  $\pm$  PGE  $\pm$  casiterita  $\pm$  gemas

*Ganga:* Magnetita  $\pm$  hematita  $\pm$  granates  $\pm$  ilmenita

*Alteración:* Precipitados de Fe y Mn. Bordes deprimidos en Ag en los granos de oro, cuyo espesor se incrementa con la edad del depósito.

*Control de la mineralización:* En placeres fluviales: trampas estructurales, morfología del cauce. En placeres coluviales: sobre superficies meteorizadas y cerca de la fuente primaria. En placeres fluvioglaciales: siguiendo discordancias erosivas; derivan típicamente de antiguos depósitos de placer.

*Características geoquímicas:* Au, Ag, Hg, Cu, Fe, Mn, Ti, Cr. La relación Au:Ag y los valores de Hg y Cu en las partículas de oro permiten establecer relaciones entre el depósito de placer y la fuente primaria.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas vinculadas a concentración de magnetita permiten delinear paleocauces. Exploración de superficie mediante radar de penetración, sísmica, electromagnetometría, magnetometría, polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,022 y 50 Mt con leyes entre 0,084 y 0,48 g/t de Au y hasta 0,036 g/t Ag. Los tonelajes y leyes medios son: 1,1 Mt con 0,2 g/t Au.

*Ejemplos de yacimientos:* Río Neuquén, Neuquén (392 Mt - Au: 0,198 g/m<sup>3</sup>)  
Distrito Rinconada, Jujuy (aluviones individuales de 1 Mt - Au: hasta 1 g/t).  
Ramblones, La Rioja (1,6 Mt - Au: 0,3-0,4 g/t).  
Cabo Vírgenes, Santa Cruz.

*Edad y ambiente geotectónico:* Depósitos sedimentarios (aluviales y coluviales) en ambiente orogénico.

*Faja metalogenética:* incluidos en las fajas **SIN-OST – POS-PCPT**

### 12.b. Estaño

*Referencia primaria:* USGS 39e

*Otras referencias:* BC C 01

*Descripción:* Depósitos detríticos de casiterita y otros minerales pesados asociados, concentrados en depósitos aluviales modernos y fósiles, comunmente de edad pliocena a reciente.

*Marco geotectónico:* Terrenos con presencia de magmatismo de arco.

*Mineralogía:* Casiterita (*estaño madera*) ± oro (de diferente fuente)

*Ganga:* Magnetita ± ilmenita ± circón ± granate.

*Control de la mineralización:* Trampas estructurales, geometría del cauce.

*Características geoquímicas:* Sn, As, W, B, F, Cu, Pb, Zn.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas vinculadas a concentración de magnetita permiten delinear paleocauces. Exploración de superficie mediante radar de penetración, sísmica, electromagnetometría, magnetometría, polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 0,1 y 100 Mt con leyes entre 50 y 200 g/t de Sn. Los tonelajes y leyes son muy variables en un mismo depósito y entre depósitos cercanos.

*Ejemplos de yacimientos:* Pircas, Jujuy (4,7 Mt - Sn: 0,123 g/m<sup>3</sup>)

*Edad y ambiente geotectónico:* Depósitos sedimentarios (aluviales y coluviales) en ambiente orogénico.

*Faja metalogenética:* incluidos en la faja **POS-AMTN**

### **12.c. Ilmenita-magnetita**

*Referencia primaria:* USGS 39c

*Otras referencias:* BC C 03

*Sinónimos:* Depósitos de placer marinos, costeros, de playa. Depósitos de placer de dunas costeras.

*Descripción:* Depósitos detríticos de ilmenita, magnetita y otros minerales pesados, acompañados ocasionalmente por casiterita y/o oro en línea de costa actuales o paleocostas. Se localizan comunmente en las playas, en dunas, en canales de marea o como concentraciones costa afuera.

*Marco geotectónico:* Generalmente se localizan en márgenes de cratón, lo que ha favorecido el retrabajo de los sedimentos por largos periodos de tiempo.

*Mineralogía:* Magnetita + ilmenita ± rutilo ± circón ± monacita.

*Ganga:* Cuarzo, piroxeno, anfíbol.

*Alteración:* Lixiviación de Fe (por ejemplo de la ilmenita).

*Control de la mineralización:* Línea de costa estable con clasificación.

*Características geoquímicas:* Ti, Zr, ETR, Th, U. Localmente Au, As, Y, V.

*Características geofísicas:* Anomalías radimétricas vinculadas con el contenido en monacita. Exploración de superficie mediante radar de penetración, sísmica, electromagnetometría, magnetometría, polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 11 y 690 Mt con leyes entre 0,23 y 6,9% de TiO<sub>2</sub>, hasta 0,91% de ZrO<sub>2</sub> y 0,11% de ETR. Los tonelajes y leyes medios son: 87 Mt con 1,3% de TiO<sub>2</sub>.

*Ejemplos de yacimientos:* San Blas, Buenos Aires (47 Mt - TiO<sub>2</sub>: 1,15% - Fe: 5% - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,05% - Zr: 0,025%).

*Edad y ambiente geotectónico:* Depósitos en el ambiente de playa del cratón del Río de la Plata.

*Faja metalogenética:* No indicada

### 13. DEPOSITOS RESIDUALES Y DE ALTERACION

#### 13.a. Formación ferrífera laterítica

*Referencia primaria:* GSC 4.1.

*Otras referencias:* BC B 01

*Sinónimos:* Gossan, sombrero de hierro, tacurú.

*Descripción:* Depósitos residuales de hierro de morfología tabular a irregular in situ, formados sobre la roca generadora. La mena consiste en masa friables y porosas, de grano fino de minerales secundarios originados por oxidación, lixiviación y procesos de meteorización profunda.

*Marco geotectónico:* Variable, vinculado con la fuente de proveniencia del Fe.

*Mineralogía:* La mineralogía depende de la roca generadora de los depósitos. Para el caso de Argentina la mena es del tipo SCIF “mena marrón”: goethita + martita + arcillas.

*Control de la mineralización:* Procesos de lixiviación y enriquecimiento vinculados con condiciones climáticas tropicales. Circulación de aguas, fracturación, paleotopografía.

*Características geoquímicas:* Fe, Mn, Al, Ti. Localmente Au.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas vinculadas con las concentraciones primarias de Fe. Combinación de anomalías magnéticas y gravimétricas para localizar zonas enriquecidas residuales.

*Modelo de ley y tonelaje:* Variable según el ámbito geográfico. Los tonelajes varían desde depósitos pequeños hasta yacimientos de más de 1.000 Mt, con leyes entre 45 y 69 % de Fe y valores promedio entre 50 y 60% de Fe.

*Ejemplos de yacimientos:* Santa Inés, Misiones (7,6 Mt - Fe: 28%)  
El Dorado, Misiones (1,4 Mt - Fe: 34,9%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Alteración cenozoica de basaltos extensionales en el cratón Río de la Plata.

*Faja metalogenética:* **POS-BI**

## **14. VETAS Y BRECHAS (de asignación genética diversa)**

### **14.a. Depósitos polimetálicos ricos en As - Ni - Co**

*Referencia primaria:* Parcialmente GSC 14.1.

*Otras referencias:* Parcialmente BC I 14

*Sinónimos:* Vetas de cinco elementos. Tipo Schneeberg-Joachimsthal. Vetas cobaltíferas.

*Descripción:* Vetas con asociaciones minerales raras, tales como arseniuros de Ni-Co-Fe, sulfarseniuros y sulfantimoniuros de Ni-Co-Fe. minerales de Bi. depósitos de Ag-Ni-Co. Los depósitos en Argentina se caracterizan por su contenido en oro, lo que los diferencia del modelo típico.

*Marco geotectónico:* Emplazamiento tardío a postectónico en áreas de corteza continental. Localmente asociadas a subsidencia y riftogénesis continental.

*Mineralogía:* Arseniuros de Co-Ni, pirita, plata nativa, sulfarseniuros y sulfantimoniuros de Co, Ni, Fe, bismuto nativo, pechblenda, calcopirita, bornita, arsenopirita, oro nativo, calcosina.

*Ganga:* Calcita, dolomita, cuarzo.

*Alteración:* Menor. Localmente cloritización, carbonatización, argilización. Hematita pervasiva.

*Control de la mineralización:* Control estructural según fallas.

*Características geoquímicas:* Ag, Ni, Co, Bi, U, As.

*Características geofísicas:* Anomalías aeromagnéticas asociadas a estructuras principales. Anomalías magnéticas y electromagnéticas terrestres. Localmente anomalías radimétricas.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre decenas de miles y cientos de miles de toneladas y varían entre vetas simples y conjuntos numerosos de vetas.

*Ejemplos de yacimientos:* La Niquelina, Salta (0,05 Mt - Au: 5,9 g/t - Ni: 0,83% - Pb: 2-5%)  
King Tut, La Rioja (0,02 Mt - Au: 4 g/t - Co: 0,91% - Ag: 2-28 g/t - As: 4-7,5%)  
San Santiago, La Rioja (0,01 Mt - Ni: 0,046% - U: 0,16%)

*Edad y ambiente geotectónico:* Zonas de cizalla en ambiente de basamento proterozoico y eopaleozoico en los terrenos Pampia-Arequipa y Cuyania.

*Faja metalogenética:* No indicada. De desarrollo y continuidad desconocidos.

#### **14.b. Depósitos polimetálicos ricos en Se - Cu - Hg**

*Referencia primaria:* Nuevo

*Descripción:* Vetas y brechas con sulfuros y seleniuros de Cu, Hg, Ag, Pb en ganga de calcita, de escaso espesor y continuidad vertical.

*Marco geotectónico:* Emplazamiento tardío a postectónico en ambiente cortical.

*Mineralogía:* Tiemannita + umangita ± clausthalita ± eucairita ± bornita + calcopirita + tetraedrita ± pirita ± klockmannita ± calcosina

*Ganga:* Calcita ± siderita

*Alteración:* No reconocida

*Control de la mineralización:* Control estructural según fallas.

*Características geoquímicas:* Se, Cu, Hg, Ag, Pb, Co, Zn, Fe

*Modelo de ley y tonelaje:* Las vetas individuales contienen escasas toneladas a varios miles de toneladas de mena. Las leyes son muy variables, entre 0,6 y 16% de Cu, 2,5% de Se, y presencia no cuantificada de Hg, Ag y Pb, localmente objeto de explotación.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito Los Llantenos, La Rioja.  
Cerro Cacho, La Rioja.

*Edad y ambiente geotectónico:* Ambiente extensional neopaleozoico en el terreno Cuyania.

*Faja metalogenética:* No indicada. De desarrollo y continuidad desconocidos.

#### **14.c. Depósitos polimetálicos simples (Pb-Ag-Zn-Ba-Cu)**

*Referencia primaria:* GSC 16

*Otras referencias:* USGS 22 c

*Descripción:* Vetas de Pb-Ag-Zn asociadas a zonas de falla (fallas subsidiarias a fallas corticales mayores) en secuencias clásticas metasedimentarias o atravesando rocas plutónicas, de las que difieren significativamente en edad.

*Marco geotectónico:* Áreas orogénicas y márgenes continentales con o sin presencia de magmatismo de arco.

*Mineralogía:* Galena + esfalerita + pirita + calcopirita ± sulfosales ± plata nativa.

*Ganga:* Baritina + cuarzo + siderita.

*Alteración:* Fílica, siderita ± dolomita ± calcita.

*Control de la mineralización:* Fallas, fracturas, chimeneas de brecha.

*Características geoquímicas:* Zn, Pb, As, Ag, Mn, Sb.

*Características geofísicas:* Anomalías magnéticas circunscriptas y localmente anomalías radiométricas (K). Anomalías de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 290 y 200.000 t con leyes entre 2,4 y 33 % de Pb y 50 y 1.400 g/t de Ag, y hasta 7,5% de Zn, 0,89% de Cu g/t y 11 g/t de Au. Los distritos se caracterizan por relaciones Pb/Pb+Zn entre 0,51 y 0,72 y  $(Ag \times 100) / (Ag \times 100 + Pb)$  entre 0,22 y 0,63.

*Ejemplos de yacimientos:* Mina Pumahuasi, Jujuy (0,15 Mt - Pb: 35-8 % - Zn: 8-35 % - Ag: 50-100 g/t - relación Pb/(Pb+Zn) : 0,5-0,8)  
El Guaico, Córdoba

*Edad y ambiente geotectónico:* Zonas de cizalla paleozoicas en áreas orogénicas

*Faja metalogénica:* **POS-PAM1 – POS-PAM2**

#### **14.d. Vetas auríferas asociadas a turbiditas**

*Referencia primaria:* BC I 03

*Otras referencias:* GSC 15.2.

*Sinónimos:* Tipo Bendigo, vetas *saddle reef*.

*Descripción:* Vetas de cuarzo-oro, alojadas en fracturas y charnelas de pliegues o en planos de estratificación en turbiditas y rocas sedimentarias asociadas inmaduras.

*Marco geotectónico:* Secuencias turbidíticas en márgenes continentales o cuencas de retroarco, afectadas por una o dos fases de deformación.

*Mineralogía:* Oro nativo + pirita + arsenopirita ± pirrotina ± calcopirita ± esfalerita ± galena ± antimonita ± sulfosales.

*Ganga:* Cuarzo, carbonato, albita, clorita. Arsenopirita, pirita y sílice en la roca de caja. Localmente grafito.

*Alteración:* Menor. Arsenopirita y pirita diseminadas, sílice pervasiva, sericita y carbonato en la roca hospedante adyacente a las vetas.

*Control de la mineralización:* Importante control estructural en las zonas de crestas de pliegues (*saddle reef*), vetas secundarias discordantes. Vetas confinadas a determinados niveles estratigráficos.

*Características geoquímicas:* Si, Fe, S, As, B, Au, Ag. Localmente Cu, Zn, Cd, Pb, Sb.

*Características geofísicas:* Dada la escasa cantidad de sulfuros la geofísica no es efectiva. Localmente las vetas de cuarzo mayores pueden delimitarse por su contraste de resistividad respecto de la roca de caja.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los distritos tienen tonelajes y leyes extremadamente variables, de hasta varios millones de toneladas que, excepcionalmente, alcanzan los 40 Mt, y contenidos entre 5 y 50 g/t de Au. Es característica la asociación de placeres auríferos.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito Rinconada, Jujuy (vetas individuales de hasta 0,1 Mt - Au: hasta 25 g/t)  
Mina Incahuasi, Catamarca (0,1 Mt - Au: 15-25 g/t)

*Edad y ambiente geotectónico:* Depósitos de talud eopaleozoicos en Pampia.

*Faja metalogénica:* **SIN-OST – PRE-CUY1 - PRE-PAT3**

#### **14.e. Vetas de Sb**

*Referencia primaria:* USGS 27d

*Otras referencias:* BC I 09

*Sinónimos:* Antimonita sintectónica, Sb-Au mesotermal, antimonita simple.

*Descripción:* Vetas de cuarzo-antimonita y, localmente diseminados de antimonita en o adyacentes a zonas de cizalla y fallas.

*Marco geotectónico:* Ambientes orogénicos.

*Mineralogía:* Antimonita ± pirita. Ocasionalmente oro.

*Ganga:* Cuarzo ± calcita.

*Alteración:* Sericitización, sílicificación, argilización. Listwanitización en ambientes con rocas máficas y ultramáficas.

*Control de la mineralización:* Zonas orogénicas afectadas por fallamiento y corredores de cizalla.

*Características geoquímicas:* Sb, Fe, As, Au, Ag. Localmente Hg, W, Pb, Zn.

*Características geofísicas:* Fallas detectables mediante magnetometría y VLF.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos tienen tonelajes entre 6,7 y 4.900 t con leyes entre 18 y 56% de Sb. Los tonelajes y leyes medios son: 180 t con 35% de Sb.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito La Cébila, La Rioja (0,5 Mt - 1-4 % Sb).

*Edad y ambiente geotectónico:* Zonas de cizallas de probable edad paleozoica en el rocas del basamento metamórfico del terreno Pampia.

*Faja metalogenética:* **SIN-OST – POS-PAM2**

#### **14.f. Au en zonas de cizalla**

*Referencia primaria:* BRGM (Bonnemaison y Marcoux, 1987)

*Otras referencias:* BC I 02  
GAC SC 6 (Bursnall, 1989)

*Sinónimos:* Vetas mesotermales.

*Descripción:* Vetas de cuarzo con oro libre o en solución sólida y cantidades variables de sulfuros, alojadas en zonas de cizalla con las que se vinculan genéticamente.

*Marco geotectónico:* Zonas de cizalla en grandes corredores tectónicos postacrecionales que constituyen zonas de dislocación mayores de la corteza terrestre. Se diferencia del modelo 14d por la mayor separación cronológica entre la roca de caja y el cizallamiento.

*Mineralogía:* Pirrotina aurífera + arsenopirita aurífera + antimonita + oro nativo ± calcopirita ± galena ± esfalerita ± sulfosales.

*Ganga:* Cuarzo, grafito, calcita, siderita.

*Alteración:* Cloritización y silicificación. Listwanitas. Removilización de TiO<sub>2</sub>.

*Control de la mineralización:* Zonas de cizalla. Fracturas de tipo tensional.

*Características geoquímicas:* Au, Sb, As, Pb.

*Características geofísicas:* Anomalías lineales VLF. Localmente microanomalías magnéticas. Anomalías de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los depósitos asignados a este modelo presentan tonelajes de hasta 0,6 Mt con leyes de hasta 30 g/t.

*Ejemplos de yacimientos:* Distrito Sierra de las Minas, La Rioja (0,3 Mt - 10-12 g/t)  
Montserrat-Puigari, Córdoba (0,08 Mt - Au: 5,44 g/t)  
San Ignacio, Córdoba (0,17 Mt - Au: 10 g/t)

*Edad y ambiente geotectónico:* Zonas de cizalla en Pampia

*Faja metalogenética:* **POS-PAM2**

#### **14.g. Chimeneas de brecha (Cu-Bi-Au)**

*Referencia primaria:* Nuevo

*Otras referencias:* Parcialmente vinculado con GSC 17 (vetas de cobre).

*Descripción:* Chimeneas de brecha hidrotermal con mineralización polimetálica, comunmente asociaciones Cu-Bi-Au y Cu-Au.

*Marco geotectónico:* Fallas regionales en terrenos orogénicos. Magmatismo de arco o postcolisional.

*Mineralogía:* Bismutinita ± oro ± arsenopirita ± calcopirita ± bismuto nativo ± pirrotina ± wolframita ± molibdenita.

*Ganga:* Cuarzo, turmalina, calcita.

*Alteración:* Turmalinización

*Control de la mineralización:* Chimeneas de brecha hidrotermal localizadas en el crucero de fracturas. Asociación espacial y genética con cuerpos plutónicos someros o subvolcánicos y sistemas tipo cobre porfírico.

*Características geoquímicas:* Bi, Cu, Au, As, Fe, B.

*Características geofísicas:* Anomalías electromagnéticas y de polarización inducida.

*Modelo de ley y tonelaje:* Los chimeneas de brecha tienen tonelajes entre 0,01 y 1 Mt con leyes muy variables en los cuerpos, con la mineralización concentrada generalmente en los bordes. Las leyes alcanzan hasta 15% en Cu, 10 g/t en Au y 4,5 % en Bi.

*Ejemplos de yacimientos:* San Francisco de los Andes, San Juan (0,15 Mt - Cu: 0,8 % - Bi: 0,6 % - Au: 4 g/t)  
La Fortuna, San Juan (Cu: 0,72-12,5 % - Au: 3-8 g/t - Zn: 0,58 - 1,8 %)

*Edad y ambiente geotectónico:* Cuerpos de brecha asociados al magmatismo de arco neopaleozoico que afecta a los terrenos Cuyania y Chilenia.

*Faja metalogenética:* **POS-PCPT – POS-AMTN**

#### **14.h. Vetas de fluorita-baritina**

*Referencia primaria:* USGS 26b, c / 27e

*Otras referencias:* BC I 11 + BC I 10

*Sinónimos:* Vetas epigenéticas de fluorita-baritina

*Descripción:* Vetas de fluorita-baritina que constituyen relleno de fallas y en 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 postorogénicas y tardíoorogénicas. 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 de 80% de BaSO<sub>4</sub>. Los depósitos de fluorita tienen tonelajes de hasta 6 Mt con leyes entre 30 y 60% de CaF<sub>2</sub>.

*Ejemplos de yacimientos:* Distritos Sierra Grande (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 de Pampia  
Magmatismo postcolisional permotriásico en Cuyania, Chilenia y Patagonia

*Faja metallogénica:* **POS-PCPT – POS-AMK – POS-AMTN – POS-RJ**

# GEOTECTONIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS

## GENERAL CONCEPTS

The geotectonic evolution of Argentina provides an appropriate frame of reference to understand the processes which are responsible for the location of the known mineralization. They are, as well, an adequate foundation to establish metallogenic belts, outlining permissive areas for the localization of mineralization with a typology which is closely related to the processes being considered.

An essential element for the understanding of the localization of mineralization is the one associated with the heterogeneity of the earth crust, which is shown and marked by the uneven distribution of the different metallic elements under consideration, and by the constitution of the terrane, formed by the amalgamation of autochthonous and allochthonous terranes, each one having its own metallic identity.

Finally, large structures have been responsible for controlling the localization of some geological processes. Such is the case of faults related to the processes of rifting which conditions the emplacement of alkali magmatism; fracturing that controls the migration of arc magmatism, as well as faults of the pull-apart type that imply specific conditions for the emplacement of potassium-rich magmatism.

## ACCRETIONAL HISTORY OF THE GEOLOGIC TERRANES OF ARGENTINA

### *Generalities*

The concept that the Argentine territory is formed by tecto-stratigraphic, allochthonous terranes which were initially separate, was initially presented by Ramos et al. (1986) and Ramos (1988). The most recent findings are synthesized by Ramos (1996). Numerous publications allow one to specify the characteristics of various terranes, as well as their collisional history. But there are still numerous questions about the meaning of various magmatic bodies, and, essentially, it must be pointed out that the main terranes considered here are, themselves, formed by smaller terranes, with a less-known history, and therefore are considered together and shown in the maps with only the internal sutures that allow their delineation.

It is useful to remember the definition of tectonic-stratigraphic terrane, which is a geological entity bordered by faults, generally regional, and characterized by a definite stratigraphic sequence, and is differentiated from neighboring ones by these elements. The history of this type of terrane consists of its sequence until the moment of accretion. If there were intermediary facies between two terranes, both are considered as one terrane. The processes that take place during amalgamation of terranes makes the syn-accretional history, while the geological processes superimposed on several terranes, once the accretion is completed, are considered post-accretional processes.

### *Terranes*

Following these concepts, it can be considered that the Argentine territory has five main terranes or blocks, each one showing evidence of internal sutures indicating that their formation implied the accretion of various terranes (Figure 1). Following is the descriptive synthesis of each terrane, substantially after Ramos (1988, 1996), with observations by other authors, as is indicated in each case.

#### a. RIO DE LA PLATA CRATON

The Río de la Plata craton was consolidated and amalgamated during the Lower Proterozoic (Transamazonian Orogeny), after the collision of the Florida and Buenos Aires terranes (about 2300-2100 Ma) and they were added to the Tandilia terrane (about 2100-1900 Ma). Associated with the subduction preceding the suture, both magmatic arcs were developed (Dalla Salda and Francese, 1985; Bossi, 1983), whose sutures are visible as belts of mafic and ultramafic rocks. The accretion of the Valcaci terrane occurred about 750-700 Ma.

Outside the Argentine territory, the craton of the Rio de la Plata is separated from the craton of Kalahari by the terrane of Pelotas or Piratini, which accreted about 680-640 Ma.

## B. PAMPIA.

The Pampia terrane consists of basically marble basement, with schists, and gneiss, which are the metamorphic equivalents of a sequence deposited in a stable margin about 900-1000 Ma. In the Proterozoic era, it collided and accreted against the craton of the Rio de la Plata in the Upper Proterozoic (750 Ma). In the Rio de la Plata craton the calcalkaline magmatic arc prior to the suture would be represented by tonalites and orthogneiss of the Sierra de Ambargasta (Kraemer et al 1994). The suture is evidenced by the presence of obducted ophiolitic rocks. Other sutures are also indicated by basic-ultrabasic rock belts, the largest of which corresponds to the accretion of Famatina, probably during in the Lower Paleozoic. The area bordered by the main suture between Pampia and the Rio de la Plata craton and the belt of ultramafic rocks that are interpreted by Kraemer et al (1994) as indicators of a zone of extension behind the arc is considered by Ramos (1996) as a minor terrane in Cordoba.

In Pampia's extreme northwest border, the Arequipa-Antofalla terrane is accreted, forming the basement of the Puna with its current position going back to the Late Proterozoic (Forsythe et al., 1993); the Pb isotopic data indicate a original association with the Amazonian Craton (Tosdal et al., 1994).

The Arequipa-Antofalla terrane is formed by a group of domains that were possibly aggregated before 1000 Ma. (Bahlburg and Herve, 1997). It can be divided into two blocks, Arequipa in the north, from the early to the middle Proterozoic era, and Antofalla, from late Proterozoic to the Eopaleozoic eras, in the extreme of northeast Argentina.

The plutons of Cañani and La Quesera represent the magmatic arc formed before the Arequipa-Antofalla suture. In the Lower Paleozoic it was separated from Pampia through a rifting process, forming a marginal basin, and reestablishing the suture with the Ocoyica orogeny (Forsythe et al., 1993). The volcanic belt of the eastern Puna would represent the magmatic arc previous to that suture, although it can also be interpreted as non-collisional anatectic magmatism. It also formed part of Pampia of the Famatina terrane which would have accreted in the Lower Paleozoic.

## c. CUYANIA.

The Cuyania terrane, also called Cuyania-Precordillera, is formed by high- and low-grade metamorphic rocks, which were metamorphosed between 900 and 1100 Ma., and Eo-Paleozoic sedimentary rocks. It is particularly important, because the sedimentary sequence, as well as the age of metamorphism of the underlying basement have characteristics allowing for the interpretation that it originated in the Grenville belt east of Laurentia (Abbruzzi et al., 1993; Kay et al., 1996). It contains an area with a suture zone indicating accretion of the Cuyania and Precordillera terranes during the Proterozoic, which emerges in the western slope of the Sierra de Pie de Palo.

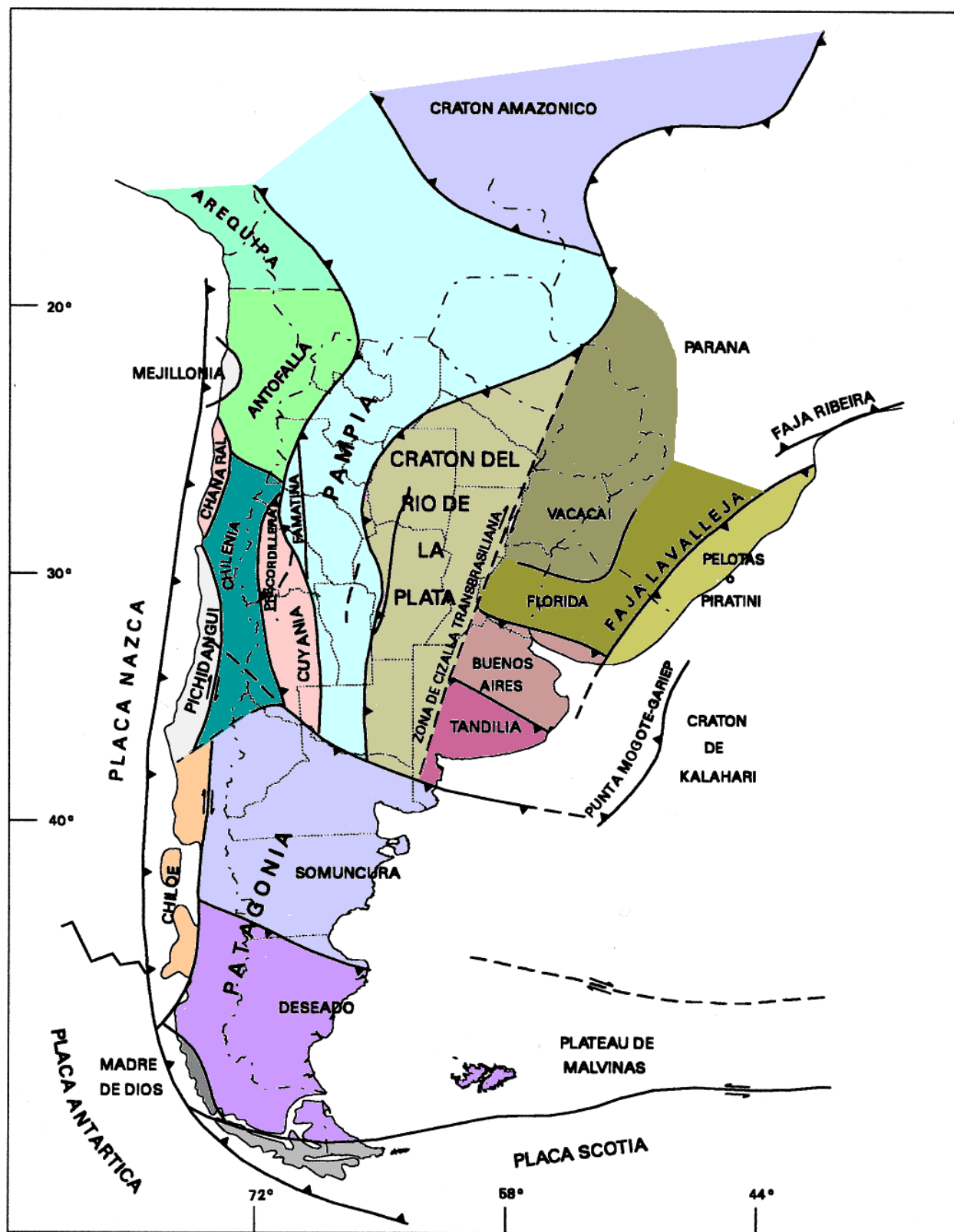


Figura 1. Mapa de terrenos acrecionados en la región austral de Sudamérica (basado en Ramos, 1988, Kraemer *et al.*, 1995, Ramos, 1996; Bahlburg y Hervé, 1997.)

The Pampia terrane accreted about the end of the Ordovician (Ramos et al., 1986, Astini et al., 1996). The southern continuation of the Ordovician magmatism of the eruptive slope of the eastern Puna applies to a magmatic arc previous to the suture.

#### d. CHILENIA.

The nature of the Chilenia basement is masked by the magmatism and metamorphism of the Upper Paleozoic (Ramos et al., 1986). It includes a basement with evidence of deformation and metamorphism between 500 and 415 Ma, covered by Silurian sediments. It is of unknown origin. It accreted against Cuyania in the Upper Devonian. The suture is marked by numerous ophiolite fragments. The plutonics and partly the andesitic volcanics that form the Frontal Cordillera represent the magmatic arc previous to the suture. Its extension to the north is uncertain; Bahlburg and Herve (1997) indicate that the boundary between this terrane and that of Arequipa-Antofalla is located about 27° 30' S.

#### e. PATAGONIA

Patagonia is formed by two terranes: Somuncurá and Deseado, which could have collided in the Lower Paleozoic - Famatinian Orogeny. It was preceded by a magmatic arc related to the subduction of the Deseado massif (Palma, 1989).

The entirety joined the rest of the Argentine territory during the Upper Paleozoic, and it was the last large accreted fragment. The Permian plutonism of the Somun Curá group would correspond to the magmatic arc previous to the suture. The location of the suture in the western sector is obliterated by the post-accretional magmatism as well as by the sequences and arc rocks from the Mesozoic and Cenozoic eras. Its position is controversial, and could be positioned in the SW-NE direction, which would agree with the distribution of Permian arc rocks, or it could continue in a NW direction, consistent with the Maipo magnetic anomaly.

### *2.3 Syn-accretional and post-accretional history.*

The syn-accretional history at the time of accretion of each terrane is characterized by the subduction of ophiolitic rocks, deformation, metamorphism, and the creation of wide tectonic corridors with the development of shear zones. The post-accretional evolution consists of the development of intra-cratonic basins, with marine and continental deposits, the creation of intracontinental rifts and the development of post-collisional and extensional magmatism (locally alkaline). Later, a persistent magmatic arc related to the Pacific plate subduction was established, which appears first in the magmatism of the volcanic belt of the western Puna in the Antofalla-Arequipa terrane. Foreland basins (peripheral and back arc) are created, and back arc magmatism develops. Basins are generated in the continental platform, locally aulacogenes.

## **METALLOGENIC SYNTHESIS**

The synthesis of the geotectonic map, characterized by syn-pre-and post-accretional processes, offers a group of elements which are appropriate to explain the complex metallogenic history of Argentina.

The various metallogenic events will be summarized below. These have conditioned and controlled the creation of mineral deposits during the geological and tectonic evolution of the territory.

### ***1. Pampian and pre-Pampian events: Proterozoic-Infracambrian*** (Figure 2)

The mosaic of terranes that constitute Argentina have had an independent history before amalgamation, which is reflected in a disparate metallogenic histories of the different terranes.

a. PAMPIA - RIO DE LA PLATA

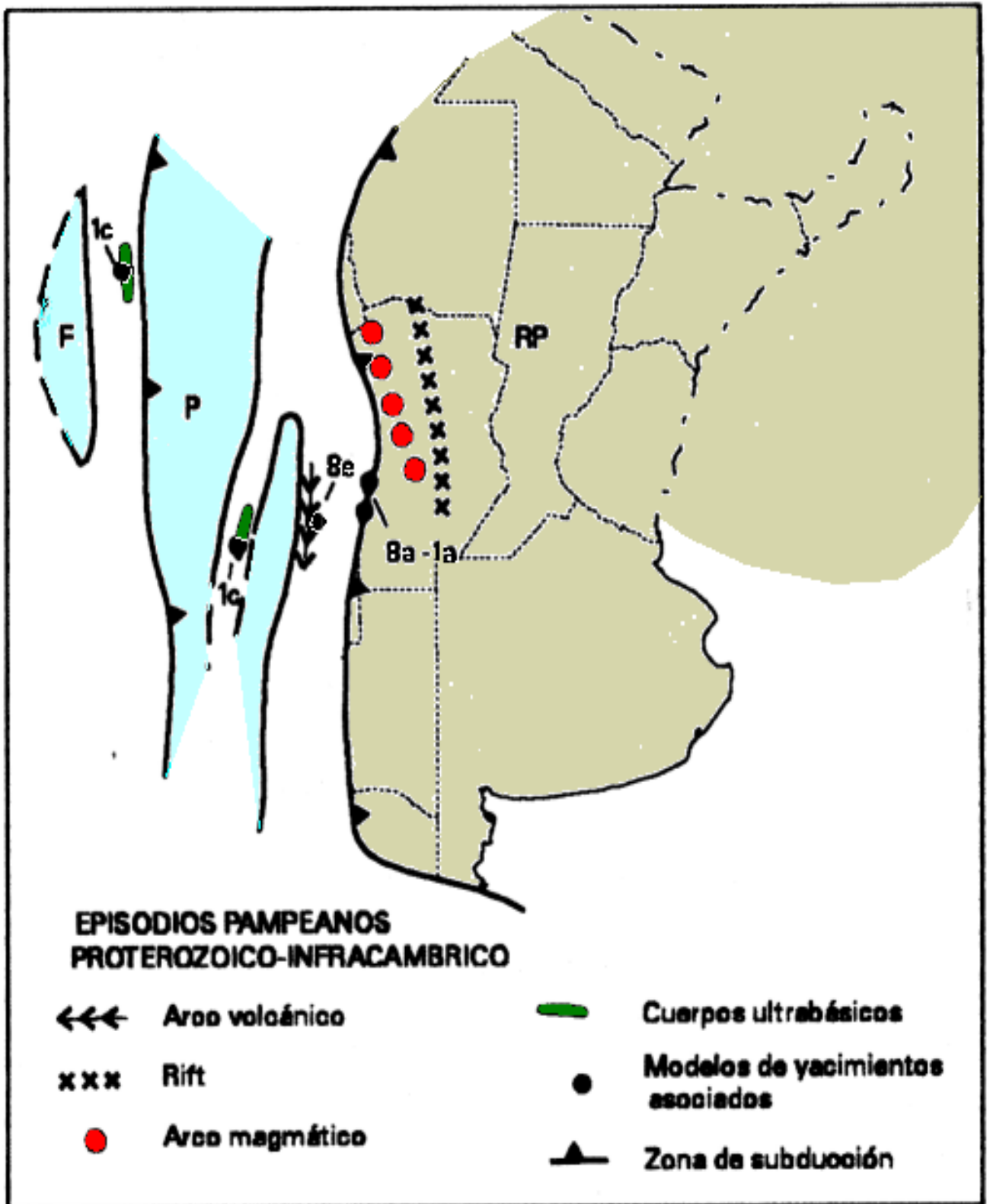
A mafic magmatic event took place during the Proterozoic which today is represented by amphibolitic bodies, hosting Cyprus-type copper mineralization (model 8a: Tío, Tauro and Las Cuevas, Córdoba). Also, at ultramafic levels of ophiolitic sequences, concentrations of podiform chromitite (model 1a: Los Guanacos Córdoba) were later obducted and mark sutures. There are also interstratifications in the sedimentary sequences of metamorphosed limestone (model 9k: Chica Mountain in Córdoba; Peñas Azules, Tucumán, Ancasti-El Alto, Catamarca). Due to the metamorphism, partly related to the accretion of Pampia to the Río de la Plata terrane, metamorphic deposits of calcium aluminum silicates were formed (model 10b: Chica Mountain in Córdoba, Tacuil, Salta; La Carolina-Santo Domingo, San Luis).

The ultramafic magmatism in the island arc which currently represents the suture between Pampia and the Famatina terrane, generated concentrations of magmatic Cu-Ni sulfides, Cr and PGE. (model 1c: Fiambalá, Catamarca).

After the suture between Pampia and the Rio de la Plata terrane was formed, post-collisional magmatism took place within this terrane, represented by rhyolitic porphyries with disseminated Au (model 4d: Oncán, Santiago del Estero), as well as epithermal Mn mineralization locally related to calderas (model 7a: Pozo Nuevo, Córdoba; Ambargastas, Santiago del Estero).

Passive margin sequences of the Cambrio-Ordovician include limestone, dolomite and clay deposits which are specially important in the Tandilia system (models 9k and 9m: Sierras Barker and Olavarría, Buenos Aires).

During the early Cambrian and before the accretion of the Cuyania and Antofalla-Arequipa terranes, a bimodal magmatic arc developed on the western side of Pampia which was followed by the development of W volcanogenic deposits related to submarine volcanic activity (model 8e: Sierra del Morr, San Luis; Ambul Córdoba). In the north of Pampia, epibatholithic Cu veins developed related to arc plutonism (model 6e: Las Cuevas District, Salta).



**Figura 2.** Episodios pampeanos y depósitos asociados

## b. CUYANIA

There are no known metal-bearing deposits of Proterozoic-Infracambrian age in this terrane although graphite deposits (model 10a: Maz, La Rioja and Pie de Palo, San Juan Mountains) did develop related to the Grenvillian cycle. Limestone beds were later deposited and metamorphosed (model 9k: Chorrillos Gulch, Sierra de Umango, La Rioja).

## c. PATAGONIA

During the deposition of the turbidite sequences which form the bedrock of the Somun Curá massif, secondary basins developed with syn-sedimentary faults which controlled the emplacement of sedimentary exhalative deposits of Pb-Zn-Ag (model 8c: Gonzalito Mine, Rio Negro). Limestone and dolomite beds are intercalated in this sequence, and they are being exploited (model 9k: Pailemán District, Rio Negro).

## 2. Famatina events : Late Cambrian-Carboniferous (Figures 3 and 4)

### a. PAMPIA - ANTOFALLA-AREQUIPA

After the accretion of Antofalla-Arequipa terranes, crustal thinning occurred and a basin developed that more or less followed the line of the suture. Mafic and ultramafic bodies were intruded along the axis of the basin which resemble an ophiolitic dismembered sequence. In portions of the basin, with a favorable paleogeography, sedimentary-exhalative deposits of Pb-Zn-Ag with proximal sectors rich in Cu formed (model 8c: Aguilar, Jujuy; La Colorada, Salta) with levels locally rich in phosphate (model 9l: Río Capillas, Jujuy). Kuroko type Cu-Pb-An mineral occurrences related to bimodal volcanism were also formed (model 8a: Escaya-Cochinoca Range, Jujuy)

The arc magmatism immediately before and after the resuturing of the Pampia and Antofalla-Arequipa terranes is represented by the trondhjemites of the Nevados de Palermo and yielded the emplacement of pegmatites rich in Nb-Ta (model 3b: El Quemado District, Salta).

As the result of the deformation associated with the suturing of Pampia and Antofalla-Arequipa terranes and the accretion of Cuyania during the Late Ordovician - Early Silurian periods, dynamo-thermal metamorphism developed that controlled the emplacement of auriferous veins in the Ordovician turbiditic sequences (model 14d: Santa Catalina-Rinconada District, Jujuy; Incahuasi, Catamarca), as well as antimony veins in the basement (model 14e: La Cébila District, La Rioja). Shear zones were also generated, where the fluids carrying Pb-Zn-Ag were channeled (model 14c: Pumahuasi District, Jujuy)(Figure 4).

About the same time of the Chilenia accretion, a post-collisional, anorogenic magmatic event occurred in the Pampia terrane with important metallogenic significance during the Late Silurian-Carboniferous period, and has associated with it Be-Li pegmatites (model 3a: Las Tapias, Córdoba - Be; La Viquita, San Luis - Li), as well as simple pegmatites with quartz, feldspar, mica (model 3A: innumerable pegmatites of the Sierras of San Luis, Córdoba, La Rioja and Catamarca), vein-type deposits (model 6a: Los Cóndores, San Luis), Sn deposits (model 6b: El Fraile District, Catamarca), U deposits (model 6d: Schlagentweit, Córdoba), Pb-An-Ag deposits (model 14c: El Guaico, Córdoba), W-Sn greisens (model 5f: Los Ratones District, Catamarca), REE-Th deposits (model 2: Rodeo de los Molles, San Luis), and skarns of W (model 5e: Pampa of Olaen, Córdoba, Morro District, San Luis).

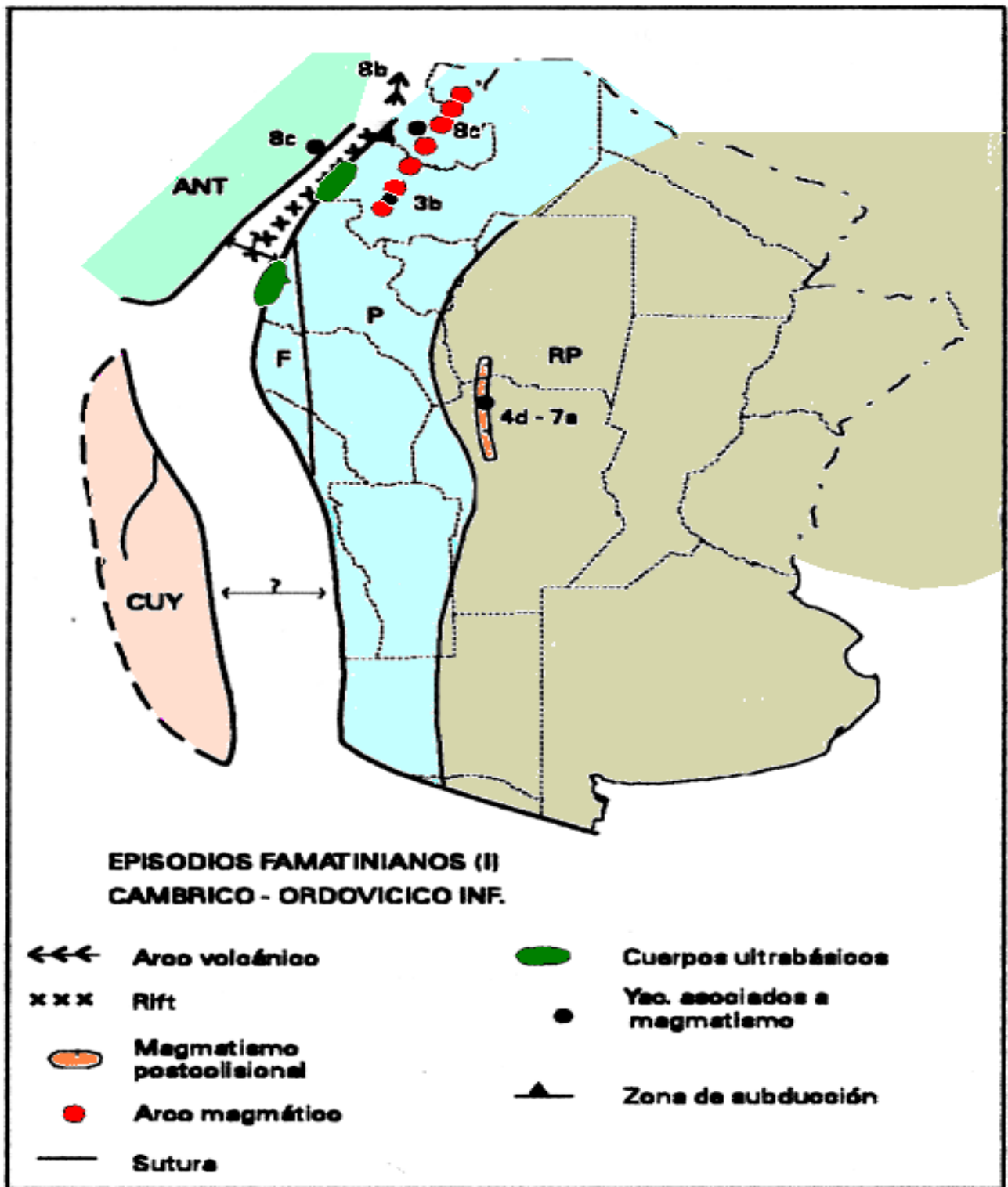


Figura 3. Episodios famatinianos (1) y depósitos asociados

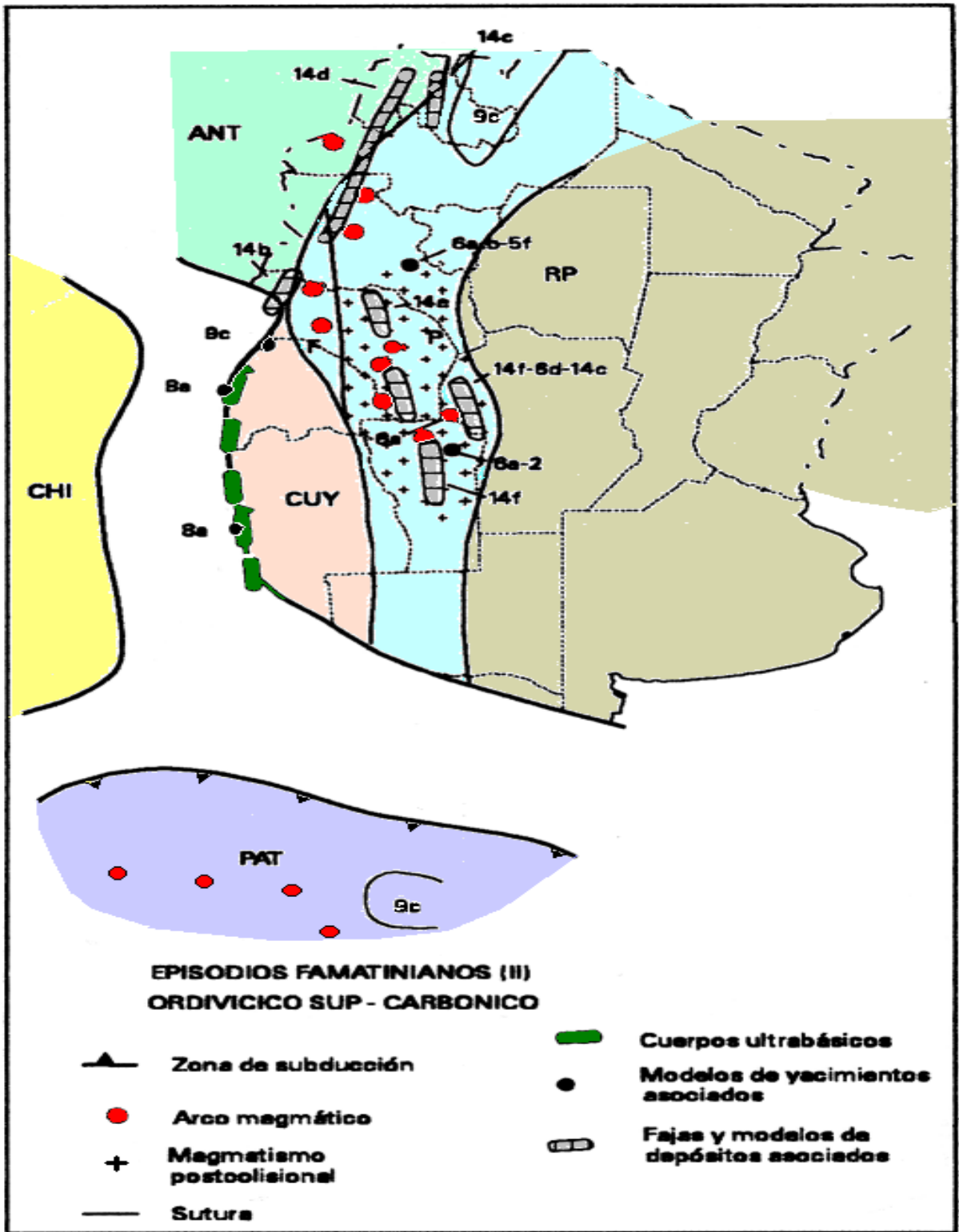


Figura 4. Episodios famatinianos (2) y depósitos asociados

The accretion of Chilenia and Pampia generated important tectonic corridors and developed shears that carried fluids which remobilized and concentrated Au from the basement (model 14f: Sierra de las Minas District, La Rioja; Monserrat-La Candelaria District, Córdoba), as well as, locally, W (San Luis) and Se-Cu-Hg (model 14b: of Los Llantenes District, La Rioja).

When the Protopuna was uplifted, a retroarc basin developed a sedimentary sequence where several levels rich in Fe were formed (model 9e: Zapla District, Jujuy, Unchimedé, Salta).

#### b. CUYANIA-CHILENIA

The line of suturing of Chilenia with Cuyanía preserves an ophiolitic sequence and the associated Cyprus-type and related deposits (model 8a: Santa Elena, San Juan; La Salamanca, Mendoza). Its location was controlled by deformation which was the product of the collision between Cuyania and Chilenia; as the result of this strain and the subsequent superimposed metamorphism, talc deposits were generated (model 10e: Uspallata District, Mendoza) and bodies of magnesite (model 10f: Tupungato, Mendoza).

A carbonate platform developed over the Grenvillian metamorphic basement of Cuyania, which has produced limestone-dolomite (model 9i: South Precordillera District, San Juan and Mendoza; La Reforma, La Pampa); it is discordantly overlain by Carboniferous sediments, which locally host Mississippi Valley-type Zn-Pb-Ba mineralization (model 9c: Helvecia, La Rioja.)

The Ordovician-Silurian shelf sequences have stratiform SEDEX barite deposits (model 8d: La Horqueta, Mendoza); weathering and oxidation of syngenetic sulfides during the Cenozoic produced Al-Mg sulfate deposits, and Cyprus-type sulfides are associated with the ophiolitic sequence (model 13d: Calingasta District, San Juan).

#### b. PATAGONIA

In eastern Patagonia, a passive margin sequence was deposited during the Silurian-Devonian, with concentrations of sedimentary Fe (model 9e: Sierra Grande, Río Negro).

### ***3. Gondwana events: Upper Carboniferous-Triassic-Lower Jurassic*** (Figures 5 and 6)

#### a. PAMPIA - RIO DE LA PLATA - CUYANIA - CHILENIA

The magmatic activity during the Upper Paleozoic along the Pacific rim is characterized by a volcanic-plutonic arc sequences, which outcrops in Argentine territory from the San Francisco pass in the north, to the Province of Neuquén in the south. Associated with this magmatism are porphyry copper deposits in San Juan and Mendoza (model 4c: El Carrizal, San Juan; Yalguaraz and Infiernillo, Mendoza).

With the end of the San Rafael orogeny, a post-collisional set of events ensued including an extensional system, with rhyolitic volcanism (post-orogenic or anorogenic) and granite (post-collisional). This magmatism is recorded from the Puna in Salta, in the north, extending to the province of Neuquén in the south, and it was an important metallogenic event as demonstrated by epithermal and polymetallic transitional mineralization (model 7e: Las Picazzas-Río Diamante District, Mendoza) and fluorite veins (model 14h: Pata de Indio District, San Juan, Yaucha, Mendoza). Vein deposits of W are related to granite cupolas (model 6a: Grupo Josefina, Mendoza). The most important event is, without any doubt, the uranium mineralization related to volcano-sedimentary deposits which are distal from this magmatism (model 11b: Sierra Pintada District, Mendoza).

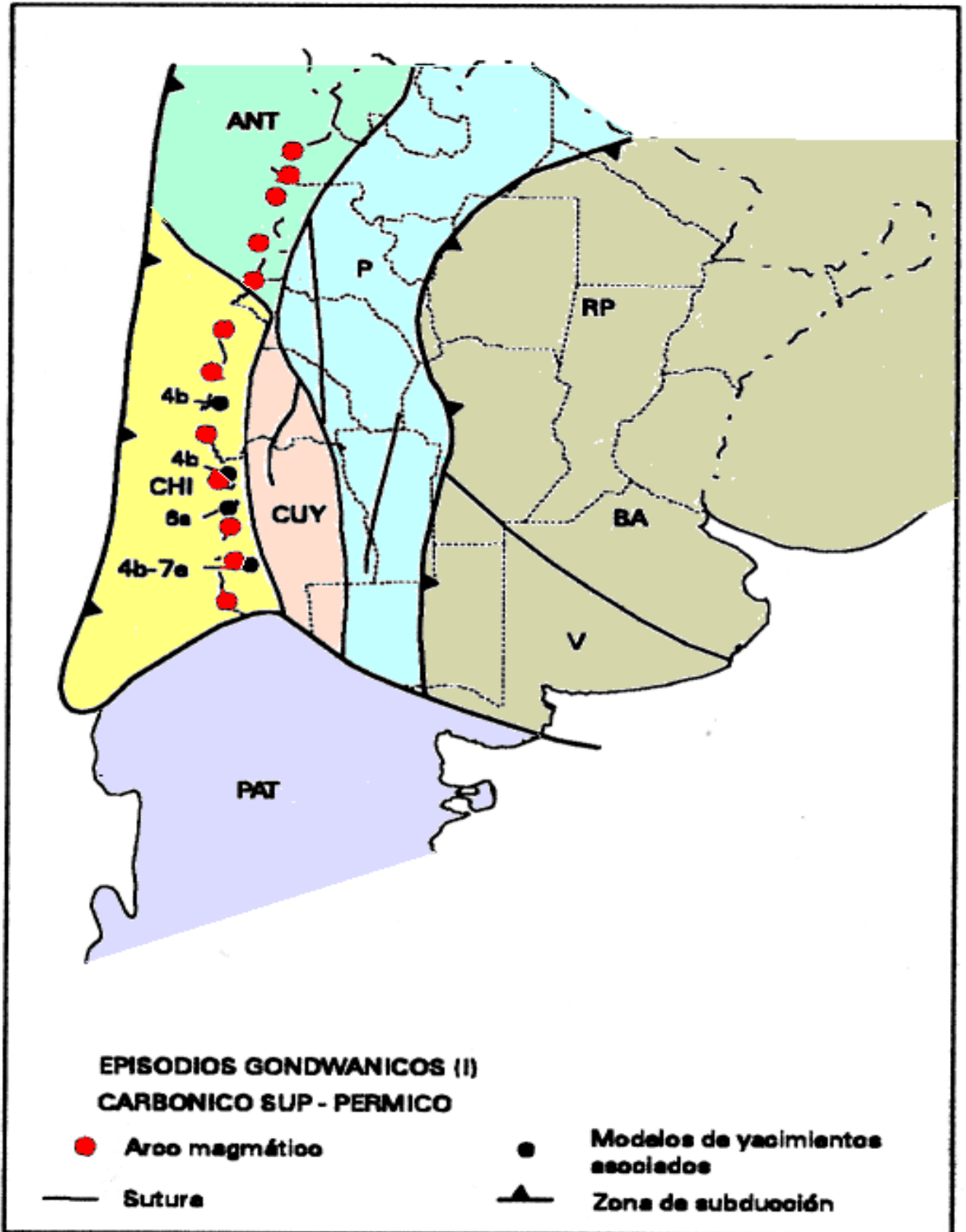
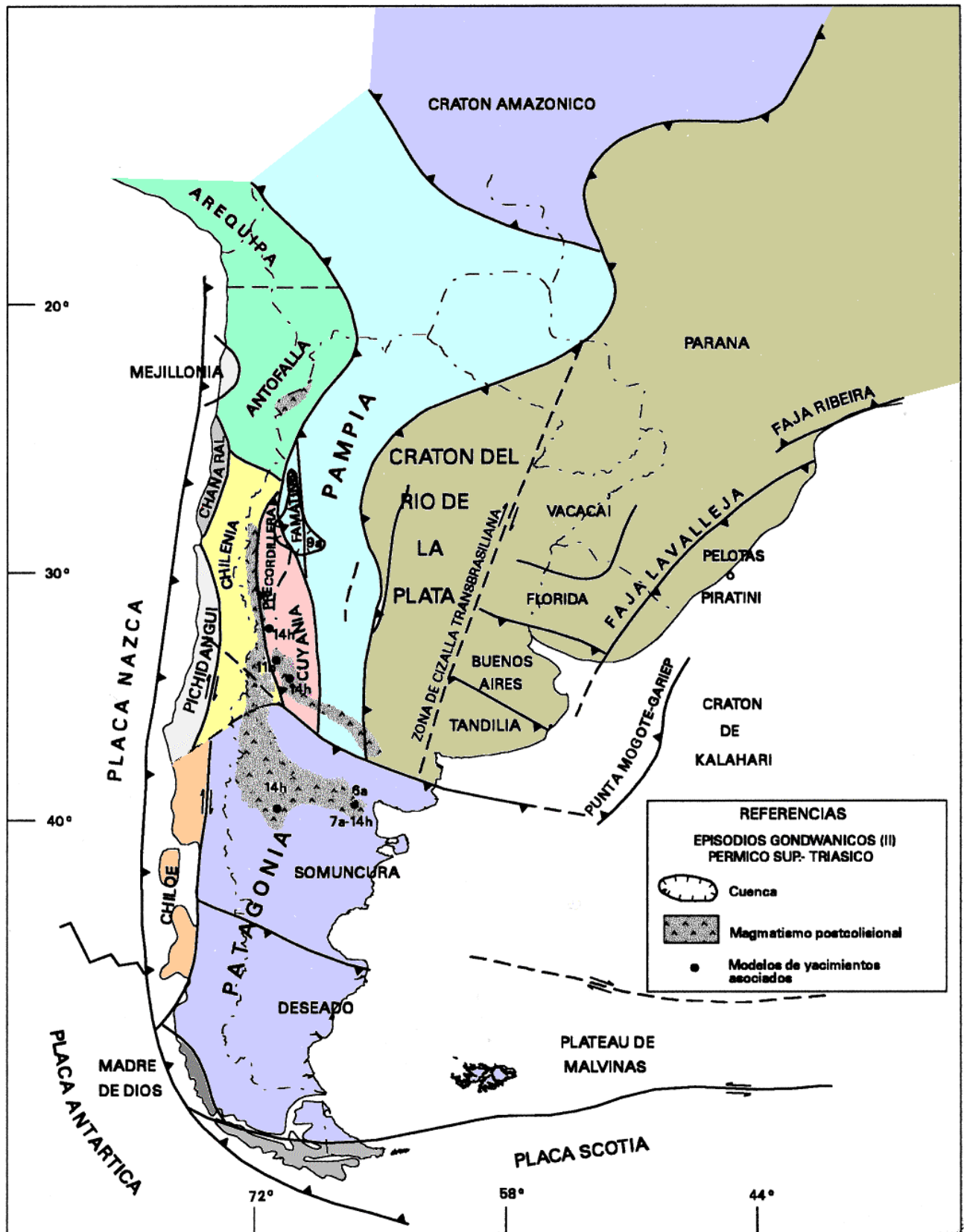


Figura 5. Episodios gondwánicos (I) y depósitos asociados.



**Figura 6.** Episodios gondwánicos (2) y depósitos asociados.

Accompanying this extensional magmatic activity, intra-cratonic basins developed by rifting, essentially during the Triassic, related to uranium deposits (model 9b: Los Mogotes Colorados, La Rioja) and industrial minerals (model 9m: clays from Guandacol-Villa Unión, La Rioja; bentonite from Proterillo, Mendoza; bentonite from Barreal-Hilario, San Juan). Smaller zeolite deposits were formed by the weathering of basalts related to these basins (model 9n: Florida, Mendoza)

**b. PATAGONIA**

The era preceding the collision of the Patagonia terrane with the rest of the Gondwana continent produced a magmatic arc in the Somun Curá massif, followed by a large lava plateau and post-collisional ignimbrites associated with Permian granites. Along with this last magmatism there was W vein mineralization (model 6a: San Martín District, Río Negro), fluorite veins (Los Menucos District, Valcheta and Sierra Grande, Río Negro), Mn deposits (Model 7a: Sierra Grande District, Río Negro), and hydrothermal kaolin (model 7j: District of Los Menucos, Río Negro).

**4. Mesozoic Events** (Figure 7)

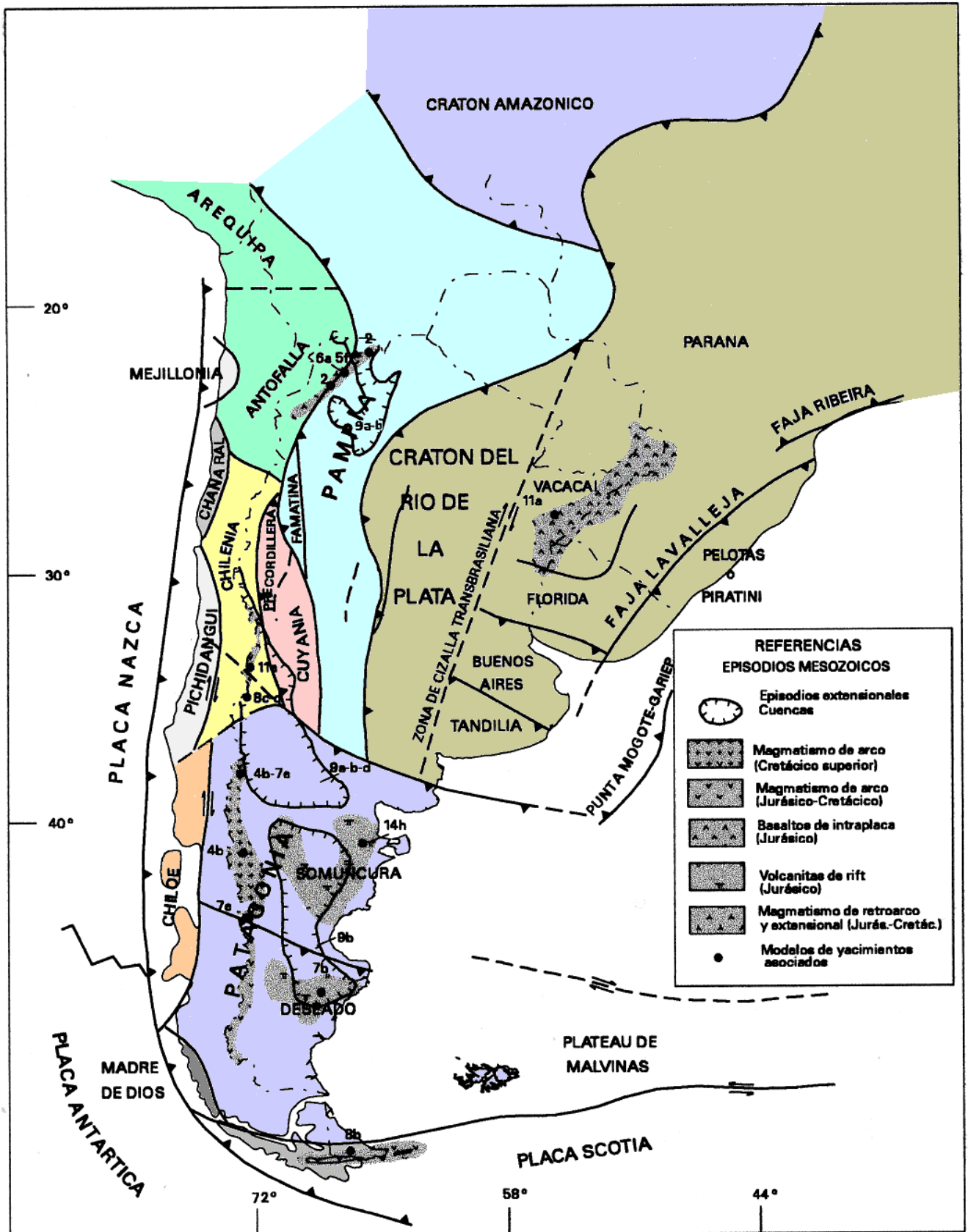
Once the diverse terranes which constitute the Argentine territory completed their amalgamation, an important extensional regime developed a significant basin in the periphery of the cratonic nucleus of the central area (ex-Pampa) where intracratonic sequences were deposited in the thermal subsidence (SAG) and retro-arc basins.

The stage of sedimentation, developed in the Jurassic is recorded from the south of San Juan to the south of the Province of Neuquén, and has non-metalliferous beds of celestite-barite mineralization, gypsum and clays (model 9d: Luthema, Neuquén) (celestite); Mallín Quemado, Neuquén (barite); model 9g: Auquilco, Neuquén (gypsum); model 9m: Zapala District, Neuquén (refractory clays). There are also minor deposits of sedimentary Cu (model 9a: El Porvenir, Neuquén).

To the west of that basin, the Jurassic volcanic arc developed mostly in the Chilean territory and, in the border area interfingers with continental red-bed sediments. These sequences have manto volcanogenic copper mineralization (model 11a: El Burrero, Mendoza).

Contemporaneously, there was intraplate basaltic volcanism related to the expansion which formed the opening of the Atlantic Ocean in Mesopotamia. It generated copper-rich fluids, which yielded small occurrences of native copper found in vesicles and cooling fractures of the basalt (model 11a: Cruzú Cuatiá, Corrientes), as well as fluids carrying silica which, when deposited, became geodes of quartz-amethyst-agate concentrated in the upper part of flows (model 11e: Wanda, Misiones).

In Patagonia, the volcanism related to the rifting which originated with the opening of the Atlantic Ocean has low sulfidation epithermal gold mineralization whose deposition is controlled by structures, in part shears (model 7c: Vanguardia District, La Josefina, Santa Cruz). The sequences filling the thermal subsidence basins, which emerge after magmatism contain deposits of stratabound U (model 9b: Paso de los Indios-Los Adobes District, Cerro Solo, Chubut).



### **Figura 7.** Episodios mesozoicos y depósitos asociados

In the extreme southern point of Patagonia, the arc volcanism was partially submarine and generated polymetallic Kuroko-type mineralization. (model 8b: Mina Beatriz, Arroyo Rojo, Tierra del Fuego).

The sedimentary deposits related to the retro-arc basin which formed during Jurassic-Cretaceous time have marine and continental stratabound deposits; evaporites of sylvite and halite (model 9g: Río Colorado, Mendoza – sylvite; Carmelo, Pampa de Tril, Neuquén; Camulco District, Mendoza - halite; Campo de los Militares, Mendoza -gypsum); limestone (model 9k: Vaca Muerta, Neuquén); occurrences of phosphorite (model 9l: Bajada del Agrio, Neuquén); and celestite and barite (model 9d: 4 de Noviembre, Grupo La Celia, Neuquén). Accumulations of biogenic sulphur have formed as well by reducing gypsum in the presence of hydrocarbons (model 9o: Los Petisos, Mendoza). The metalliferous deposits consist of U-Cu-V mineralization (model 9b: Huemul, Agua Botada, Mendoza) and Cu (-Ag) (model 9a: San Romaleo, Mendoza) related to REDOX phenomena.

In the Cretaceous, the intracratonic basins expanded in size within the territory, covering important sectors in the northwest. Stratabound deposits are located in them, essentially Cu deposits (model 9a: Río Juramento, Salta; Martín Bronce, Jujuy) and U-V (model 9b: Tonco-Amblayo District, Salta), as well as non-metallic mineralization (model 9k: limestone of Puesto Viejo and Bella Vista, Jujuy; La Merced and Palomitas, Salta; model 9f: gypsum of El Chorro, Jujuy).

In the area of the eastern Puna and eastern Cordillera, the extensional events are responsible for the intrusion of alkaline bodies: granite, syenite, carbonatite, locally with rare earth-Th mineralization (model 2: Rangel District, Salta; La Novedad, Volcan, Jujuy). The retro-arc magmatism represented by Tusaquillas, Abra Laite and Aguilar bodies, is characterized by belts with associated greisen deposits, which in Tusaquillas, together with the veins, carry W mineralization (models 5f and 6a: Tusaquillas District and Liquinaste, Jujuy). The granite in Aguilar remobilized the primary SEDEX-type, mineralization forming lead-zinc skarn bodies.

The arc magmatism related to the Pacific subduction gave way, during the Cretaceous to the generation of deposits of porphyry copper (model 4b: Campana Mahuida, Neuquén; Cerro Coihue, Chubut), polymetallic deposits, locally associated with the porphyries (model 7a: veins in Campana Mahuida District, Neuquén; Lago Fontana, Chubut) and skarns (model 5a: Campana Mahuida, Neuquén).

## **5. Andean Events** (Figure 8)

### **5.1 Paleogenic episodes**

The Paleocene epoch is represented by a volcanic arc which reaches its maximum expression in Chile and emerges in the Argentine Puna to the west of Salar de Arizaro. In this sector, porphyry copper deposits (model 1b: Taca Taca, Salta) are associated with magmatic activity.

Contemporaneously, important deposits of red sandstones were generated to the east which filled up basins of probable extensional origin. These sequences have intercalated gypsum and salt (model 9f: sal de Tolar Grande, Salta) and occurrences of stratiform copper (model 9a: Los Colorados, Salta). The easternmost occurrence of this magmatic arc is represented by the granite of Acay with its associated iron skarn (model 5d: Acay, Salta).

Toward the south, the Paleocene epoch continues to outcrop in the Argentine territory in the south of Mendoza and Neuquén and continues down to the province of Chubut. This belt gives rise to the formation of porphyry copper ore deposits (Model 4b: Caycayén, Neuquén), associated copper skarns (model 5b: Caycayén, Neuquén), and

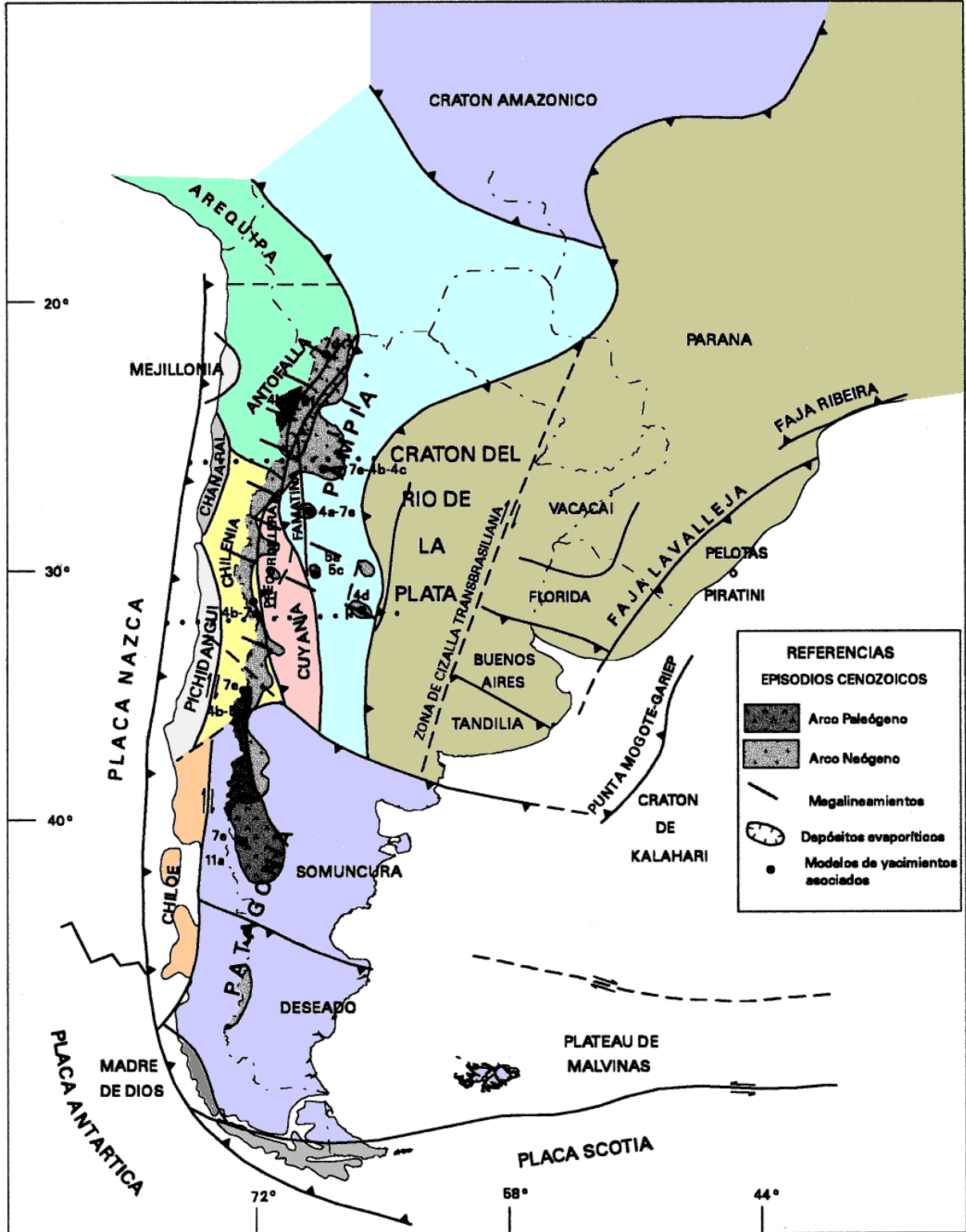


Figura 8. Episodios cenozoicos y depósitos asociados

polymetallic deposits rich in Au (model 7a: Huemulas, Chubut). Associated with andesitic flows is manto type Cu mineralization (model 11a: Condorcanqui, Chubut). At these latitudes, the evolution of the paleo-Benioff zone implies a flattening that begins in the Oligocene-Miocene, and volcanic activity ceases at the end of the

## 5.2. Neogene events

The Neogene epoch includes the most important metallogenetic events as far as the important economic deposits are concerned, marked by the evolution and migration of the magmatic arc emplaced in the axis of the cordillera, but with occurrences that extend eastward up to 700 km from the oceanic trench.

During the lower Miocene (25-18 Ma.) a magmatic arc was established that produced a sequence of andesites, dacites and rhyolites of limited development in Argentine, with expression in the provinces of Salta, Catamarca, La Rioja, San Juan and sparsely in Mendoza. Polymetallic deposits are linked with this activity (model 7e: Casta(o Viejo, San Juan).

The area named Zona Volcanicas Central (CVZ), to the north of 30° S. latitude, includes a northern segment (22°-26°) in which the Benioff zone underwent a progressive decrease of inclination during the lower Miocene, with the consequent migration of the arc toward those later northwest oriented lineaments that controlled the emplacement of volcanic and subvolcanic bodies. Around the upper Miocene-Pliocene the angle of inclination of the plate increased, generating calderas and important associated ignimbrites in the area of the Puna. This environment gave rise to the emplacement of gold mineralization (model 7c: Pahique, Jujuy) and tin (model 7d: Pululus, Jujuy) in this sector of the Puna, with some mineralization being linked to sub-volcanic bodies that do not outcrop (model 7d; Pirquitas, Jujuy), as is the polymetallic mineralization (model 7c: Pan de Azúcar, Rachaite and Chinchillas, Jujuy; Concordia and Queva, Salta), and the porphyry type of Cu-Au (model 4c: Inca Viejo, Salta), and of Au porphyry (model 4d: Cerro Redondo, Jujuy). There is a frequent association with these centers of polymetallic mineralization with epithermal Mn deposits in the periphery as well as being linked stratigraphically to thermal springs (model 7a: San José, Jujuy), travertine and onyx (model 7i: Tocomar, Olacapato, Salta). In the upper zones of the stratovolcanoes there are frequently concentrations of fumarolic sulfur (model 7h: Mina Julisa-La Casualidad, Cerro Azufre, Salta) as well as the presence of bodies of perlite (model 11d: Abra de Quirón, Salta). The distal occurrences include hot-springs and deposits of Cu and Ag (model 7g: Eureka, Providencia, Jujuy). Associated with lava domes and ignimbrites are occurrences of U (model 11b: Aguiliri, Jujuy). Explosive magmatic activity is linked to the formation of the calderas in the environment of the Puna transporting fragments of alkaline rocks with sapphires, that were locally concentrated in the alluvial deposits (model 12f., Cerro Granadas, Jujuy). The erosion of tin deposits was likewise the source for alluvial concentrations (model 12b, Pircas, Jujuy).

The backarc basins, forming basins centripetal to the area of the Puna, gave rise to concentration of salts, generated economic significant borate, salt, and gypsum deposits (model 9f: Tincalayu and Pastos Grandes basin, Salta).

The transition zone (26°-30°) is characterized by a little evolved volcanism that gradually migrates toward the east where it is more evolved. It contains northeast trends or corridors that control the migration, one of which includes two of the principal deposits of Argentina: Bajo La Alumbara and Agua Rica. These corridors host polymetallic mineralization similar to the familiar northern segment (model 7c: La Hoyada, Capillitas, Farallón Negro, Catamarca; Cerro Negro, La Rioja) and porphyries whose subtypes are narrowly linked to the characteristics of magmatism which are related to structural mechanisms of emplacement. The magmatism rich in K in the stress zones is responsible for the Cu-Au porphyries (model 1c: Bajo La Alumbara, Catamarca), the usual calcalkaline magmatism generated Cu-Mo porphyries equally rich in Au (model 4b: Agua Rica, Catamarca), and the F poor magmatism resulted in Mo porphyries (model 4a: La Estrechura, La Rioja). There is also associated high sulfidation gold mineralization (model 7c: La Mejicana, La Rioja).

Between 30°-34°S latitude, starting from the middle Miocene (18-15 Ma) the flattening of the Nazca plate began and the consequent crustal thickening. The magmatic activity during this period was greatly developed in the Cordillera area of San Juan Province and the north central part of Mendoza. With the progressive flattening of the plate, it produced a migration of the arc toward the east in this segment of the crust, reaching the registered volcanoes of the Sierras Pampeanas of Catamarca, La Rioja, and San Luis, with a concomitant decrease in the volume of produced volcanic rocks. Toward the upper Miocene (6 Ma.), the subduction zone would have reached a position approximately subhorizontal, similar to the present, which permitted volcanism to extend into the province of Córdoba, ceasing around the Lower Quaternary (Ramos, 1995).

These special conditions generated by the position of the plate and the crustal thickening yielded magmatism that culminated with periods of hydrothermal alteration and high sulfidation gold mineralization especially concentrated in the Cordillera region which partially implies the continuation in the Argentine territory of the El Indio and Maricinga belts (model 7c: Laguna Verde, Catamarca; Peñas Negras, La Rioja; Macho Muerto, Veladero, and Sancarrón-Valle del Cura, El Cenicero, San Juan). The migration of magmatism toward the “antepais” zone also produced a zone of high sulfidation gold occurrences (model 7c: Poposa, San Juan), diatremes with disseminated Au mineralization (model 4d: La Carolina, Diento Verde, San Luis) with the associated polymetallic mineralization (model 7e: La Estancia, San Luis) and deposits of onyx (model 7i: Santa Isabel, San Luis).

Another important type of mineralization consists of the Cu-Mo porphyries (model 4b: Pachón and Mercedario, San Juan; Paramillos, San Jorge and San Benicio, Mendoza) locally associated with polymetallic vein deposits (model 7e: Paramillos de Uspallata, Mendoza) and gold veins (model 7c: Oro del Sur, Mendoza). The polymetallic occurrences extend widely and comprise districts like Tontal, Tocola (San Juan) and El Cajón (Mendoza).

Skarns also have a wide distribution that are distributed in two main belts: in the Cordillera where they consist of concentrations of Fe (model 5d: Hierro Indio, Kaiser, Mendoza) and Cu (model 5d: Cerro La Virgen and Las Choicas, Mendoza) and in the Extrandina zone (Precordillera and Sierras Pampeanas), where gold skarns (model 5a: Gualcamayo and Gualilan, San Juan) copper skarns (model 5b: Los Aparejos, Catamarca), lead-zinc skarns (model 5c: Bella Blenda and Cristal Blenda-Marayes District, San Juan) were generated.

The retro arc basin, on the other hand, gave rise to economic concentrations of industrial minerals such as clays (model 9m: San José, San Juan) and gypsum (model 9f: Las Aguaitas, San Juan).

Between 36° and 41°, the volcanic arc migrated toward the west at the beginning of the Miocene, developing toward the east retro arc magmatism represented by the volcanoes Diamante in Mendoza and Tromen-Auca Mahuida in Neuquén. With this magmatism are associated deposits of fumarolic sulfur (model 7h: Hilda Mary, Neuquén), veins of magmatic iron of the Laco type (model 11c: Huantraico, Neuquén) and epithermal Mn (model 7a: Ethel, Mendoza). The arc magmatism, located near the west is responsible for polymetallic mineralization rich in Au (model 7e: Andacollo District, Neuquén) with which Au porphyry deposits are associated (model 4d: Los Maitenes—El salvaje, Neuquén).

The deposits associated with the retro arc basin consist of clays (model 9m: Comallo and Norquinco, Río Negro), sedimentary bentonite (model 9h: Sapala, Neuquén; Lago Pellegrini, Río Negro) and lacustrine diatomite (model 9j: Ing. Jacobucci District, Río Negro; Cerro Villegas-Bocardas Negras, Neuquén). Starting from 41° and going south, the magmatic activity re-established itself subsequent to the Quechua Phase, which corresponds with a high angle of inclination of the Benioff zone and low velocity of convergence, and is represented by isolated central volcanoes like Tronador. The Extrandina section is characterized by intraplate alkaline volcanism associated with zones of extension regimes without known mineralization.

Associated with the sequences of the passive margin are concentrations of economic interest of limestone (model 9k: Río Negro, Chubut and Santa Cruz), of gypsum (model 9g: Cerro Tacho, Chubut), of bentonite (model 9h:

Sierra Overa, Sierra Cuadrada and Sierra Chaina, Chubut), of sedimentary kaolin (model 9i: Dique Ameghino District, Chubut) and of alunite (model 9p: Camarones, Chubut).

### 5.3. Quarternary period

During the Quaternary, the conditions in the basins centripetal to the area of the Puna persisted, yielding concentrations of salts in salars with precipitation of variable concentrations of chlorides, borates, and sulfates and the cations Na, Mg, K, Ca and Li (model 9f: Salinas Grandes -borates and salt, Jujuy; Salar del Hombre Muerto and Salar del Rincón -borates, salt and brines rich in Li, Jujuy and Salta; Taca Taca -salt, Salta; Centenario -borates, Salta; Salar de Río Grande—sulfates, Salta) and also concentrations of lacustrine diatomite (model 9j: Laguna Socompa, Salta). The presence of B and Li is related to the thermal activity linked to the present volcanic arc in the region which is clearly differentiated by composition in these salt flats of the Extrandina region.

In the Extrandina area, the presence of centripetal basins in a desert environment yielded concentrations of sodium chlorides and local sulfates (model 9f: Salinas Grandes, Córdoba and Santiago del Estero; salinas del Bebedero, San Luis; Salinas del Diamante, Mendoza; Salina del Gualicho, Río Negro; Salinas of the Valdéz peninsula, Chubut).

The erosion in the Cordillera area produced concentrations of diverse heavy metals, which are distinguished by the wide distribution of gold placers linked to diverse types of gold deposits (model 12a: Santa Catalina-Rinconada District, Jujuy, Los Ramblones District, La Rioja; Cañada Honda-La Carolina District, San Luis; Andacollo District, Neuquén). Concentrations of alluvial Sn (model 12b) and sapphires (model 12f) were discussed before in this same type of environment.

In the area of Mesopotamia, weathering generated minor deposits of lateritic iron (model 13a: San Ignacio, Wanda, Misiones) and erosion of basalts was the source of concentrations of Fe-Ti minerals in the beaches of the Atlantic (model 12c: Bahía San Blas, Buenos Aires), as well as minor concentrations of these minerals in the banks of the Río Paraná, the principal contribution of the same, favored by the reworking of the sediments in tectonically stable environment.

In the area of the Sierras Pampeanas, erosion of the basement rocks produced small alluvial placers of garnets and monazite (model 12d: Río Tercero, Córdoba).

Finally, the fluvial erosion, transport, and sorting related to the Río Uruguay produced concentrations of silica sands (model 12e: Entre Ríos).

## METALLOGENIC BELTS

The **metallogenic belts** are defined, following the criteria of Nokleberg et al., (1998), as geologic units that contain or are favorable for occurrence of a group of genetically related deposit models.

In this sense, they correspond to **metallogenic provinces** (Martin, ed., 1983) which include mineralized areas and/or indications of one or more associated metals with relationships in time and in their petro-tectonic framework which imply an extension of possible areas of accumulation. This criteria differs from the definition given by Sillitoe (1976) who uses them to characterize longitudinal zones with a determined metal content. The metallogenic belts can be subdivided into:

- a. **Pre-accretion (PRE)**, characterized by each terrain or by the suture zones which are related.
- b. **Syn-accretion (SIN)**, formed in periods of structural juxtaposition and regional deformation during collisional events.
- c. **Post-accretion (POS)**, which contain deposits related to magmatic events or post-collisional sedimentation or in which one or more adjacent terrains overlap.

In Table 2, the principal defined metallogenic belts are synthesized, as well as the deposit models and types of occurrence they contain. Within parenthesis are indicated deposit models linked with a defined belt but without relation to a magmatic unit (for example: Faja POS-PAM-2).

Figures 9, 10, and 11 show the distribution of the different metallogenic belts that occur in Table 2. The nomenclature used here references in the prefix to pre-accretional (PRE), syn-accretional (SIN) or post-accretional (POS) character. The suffixes indicate the terrane in which they are found (PAM: Pampia, CUY, Cuyania; PAT, Patagonia, or the unit or geotectonic element related to the belt (ZS; suture zone; AM, magmatic arc; PC, postcollisional magmatism; BI, intraplate basalts; R, rift; SAG, thermal subsidence basin; CR, retro arc basin; BRT, retro arc basalts). In the case of magmatic arcs, letters are added that refer to their age (PT, Permo-Triassic; J, Jurassic; K, Cretaceous; TP, Tertiary-Paleocene; TN, Tertiary-Neogene).

**Error! Reference source not found. Tabla 2. Fajas metalogénicas y modelos de depósitos asociados**

<b>Error! Reference source not found. CODIGO DE FAJA METALOGENETICA</b>	<b>UNIDAD TECTONOESTRATIGRAFICA</b>	<b>EDAD</b>	<b>TERRENO (*)</b>	<b>MODELOS DE DEPOSITOS ASOCIADOS</b>
<b>PRE-ZS1</b>	Ofiolitas	Proterozoico	(1) Suturas (1)-(2)	1a - 1b - 1c - 8a
<b>PRE-ZS2</b>	Ofiolitas	Paleozoico inf.	(2) Suturas (2)-(3) y (3)-(4)	1a - 1b - 1c - 8a
<b>PRE-PAM1</b>	Basamento metamórfico	Proterozoico sup- Paleozoico inf.	(2)	8e
<b>PRE-PAM2</b>	Arco magmático	Cámbrico	(2)	3b - 6e
<b>PRE-PAM3</b>	Depósitos de intraarco	Paleozoico inf.	(2)	8b
<b>PRE-PAT1</b>	Basamento metamórfico	Proterozoico	(5)	8c - 8d
<b>PRE-PAT2</b>	Depósitos de margen pasivo	Silúrico-Devónico	(5)	9e
<b>PRE-PAT3</b>	Prisma de acreción	Devónico	(5)	8c - 14d
<b>PRE-CUY1</b>	Depósitos de talud	Ordovícico	(3)	8c - 8d - 9c - 14d
<b>SIN-OST</b>	Depósitos de talud	Paleozoico inf.	(1) (3)	14d - 14e
<b>POS-RP1</b>	Magmatismo postcolisional	Cámbrico	(1)	4d - 7a
<b>POS-RP2</b>	Depósitos de margen pasivo	Cámbrico- Devónico	(1)	9e
<b>POS-PAM1</b>	Depósitos de margen pasivo	Paleozoico inf.	(2)	8c - 8d - 14c
<b>POS-PAM2</b>	Magmatismo postcolisional	Silúrico sup.- Carbonífero	(2)	2 - 3a - 3b - 5d - 5e - 5f - 6a - 6b - 6d (14c) - (14e) - (14f)
<b>POS-PAM3</b>	Cuenca de antepaís	Silúrico-Devónico	(2)	9e
<b>POS-PAM4</b>	Cuenca intracratónica	Triásico	(2)	9b
<b>POS-PAM5</b>	Magmatismo de retroarco y extensional	Jurásico-Cretácico	(2)	2 - 5f - 6a
<b>POS-PAM6</b>	Cuenca intracratónica	Cretácico	(2)	9a - 9b
<b>POS-PAM7</b>	Cuencas evaporíticas	Terciario- Cuaternario	(2)	9f
<b>POS-AMPT</b>	Arco magmático	Carbónico- Pérmico	(3) (4)	4c - 7e
<b>POS-PCPT</b>	Granitos postcolisionales y Plateau riolítico	Pérmico-Triásico	(3) (4) (5)	4b - 6a - 7a - 7c - 11b - 14g - 14h
<b>POS-AMJ1</b>	Arco volcánico	Jurásico	(4) (5)	11a
<b>POS-AMJ2</b>	Arco volcánico	Jurásico	(5)	8b
<b>POS-AMK</b>	Arco magmático	Cretácico	(4) (5)	4b - 7e - 14h
<b>POS-AMTP</b>	Arco magmático	Terciario (Paleógeno)	(2) (4) (5)	4b - 5b - 5d - 7e - 11a
<b>POS-AMTN</b>	Arco magmático	Terciario (Neógeno)	(2) (3) (4) (5)	4a/d - 5a/d - 7a/h - 11b/c - 14g/h
<b>POS-BI</b>	Basaltos de intraplaca	Jurásico	(1)	11a - 13a
<b>POS-RJ</b>	Volcanismo de rift	Jurásico	(5)	7b - 14h
<b>POS-SAG1</b>	Depósitos de subsidencia térmica	Jurásico	(4) (5)	8c - 8d - 9a - 9d
<b>POS-CR</b>	Cuenca de retroarco	Cretácico	(4)	9a - 9b - 9d
<b>POS-SAG2</b>	Depósitos de subsidencia térmica	Cretácico	(5)	9a - 9b
<b>POS-BRT</b>	Volcanismo de retroarco	Cenozoico	(3) (4)	11b

(\*) 1: Cratón del Río de la Plata - 2. Pampia-Arequipa-Antofalla - 3. Cuyania - 4. Chilenia - 5. Patagonia

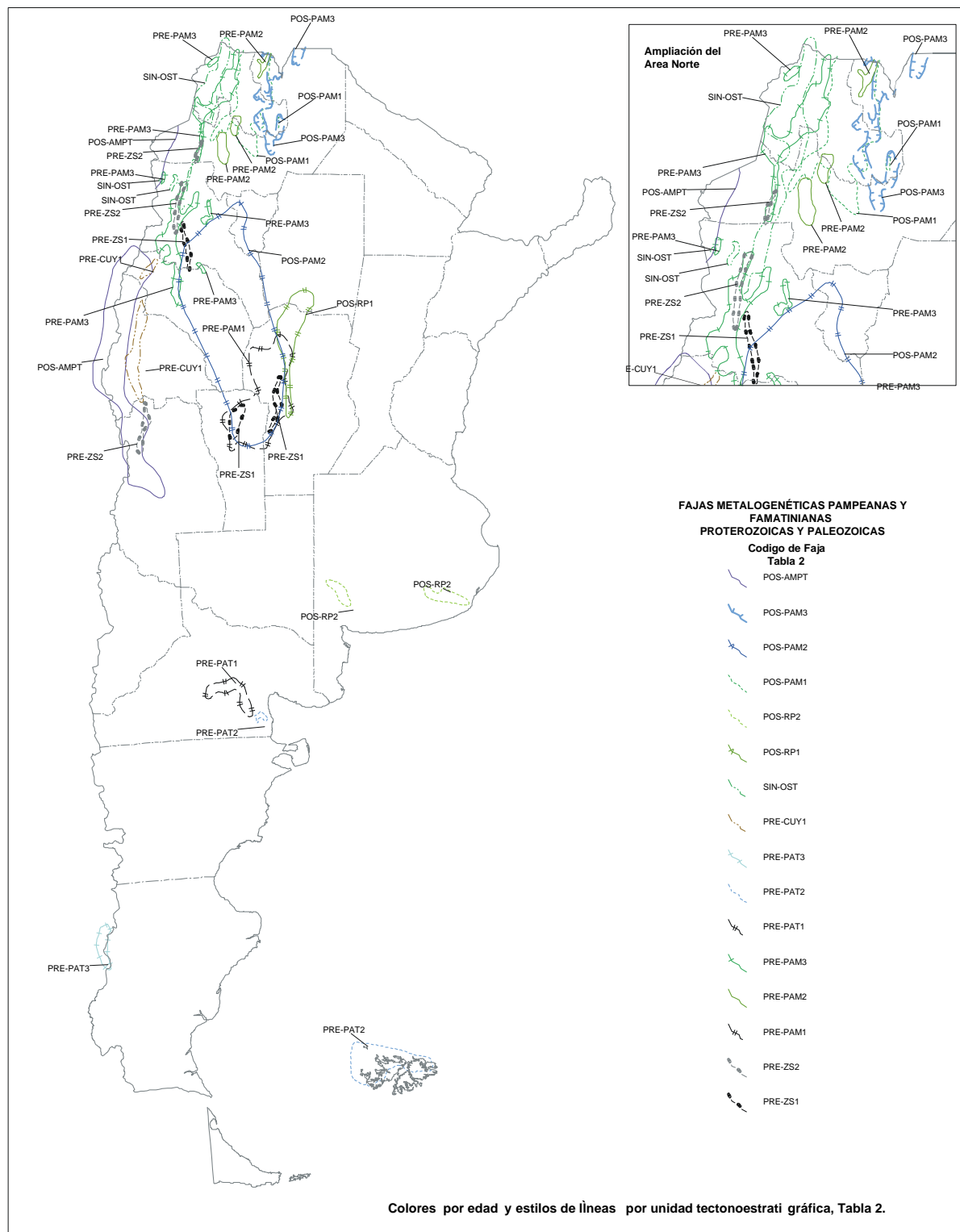
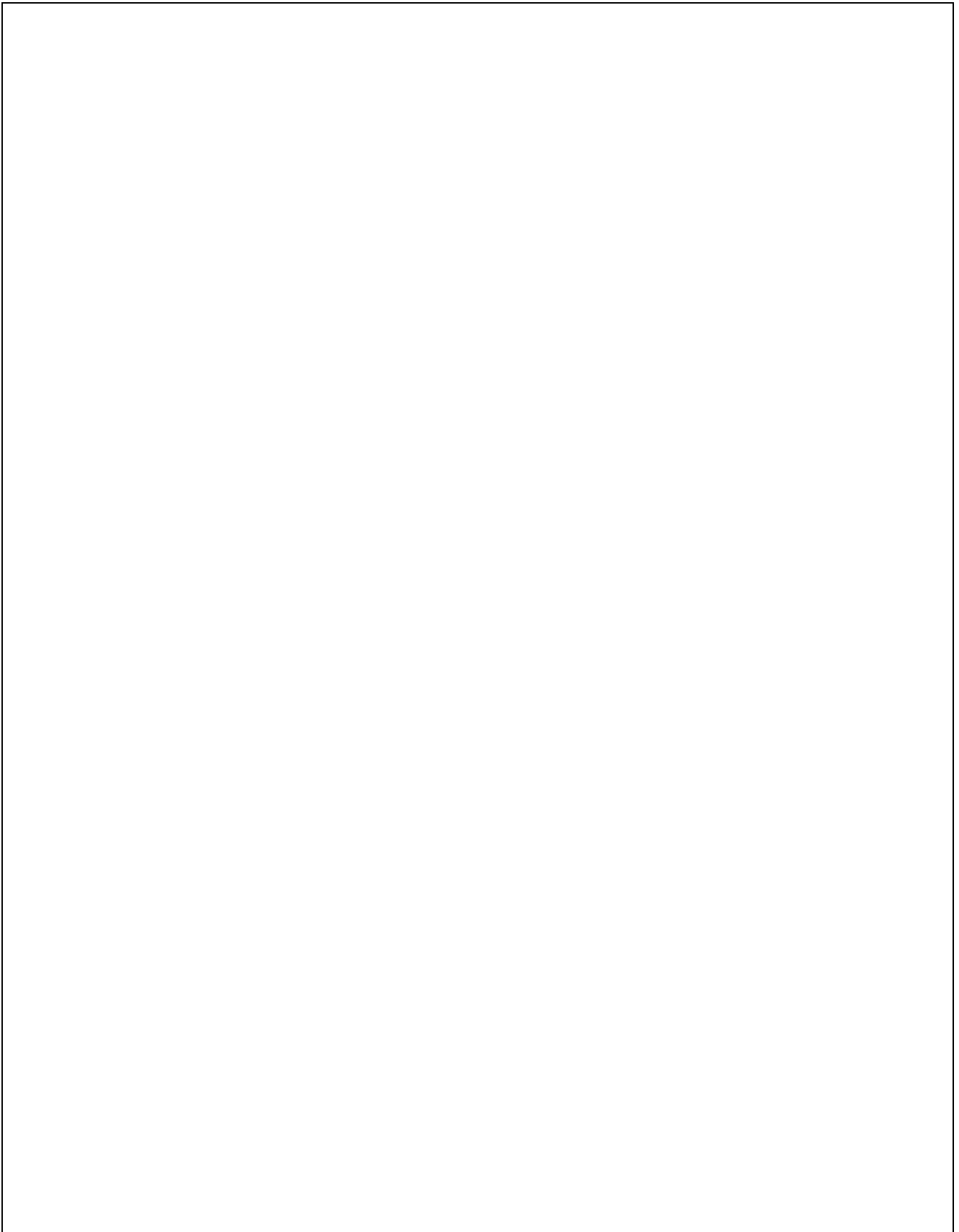
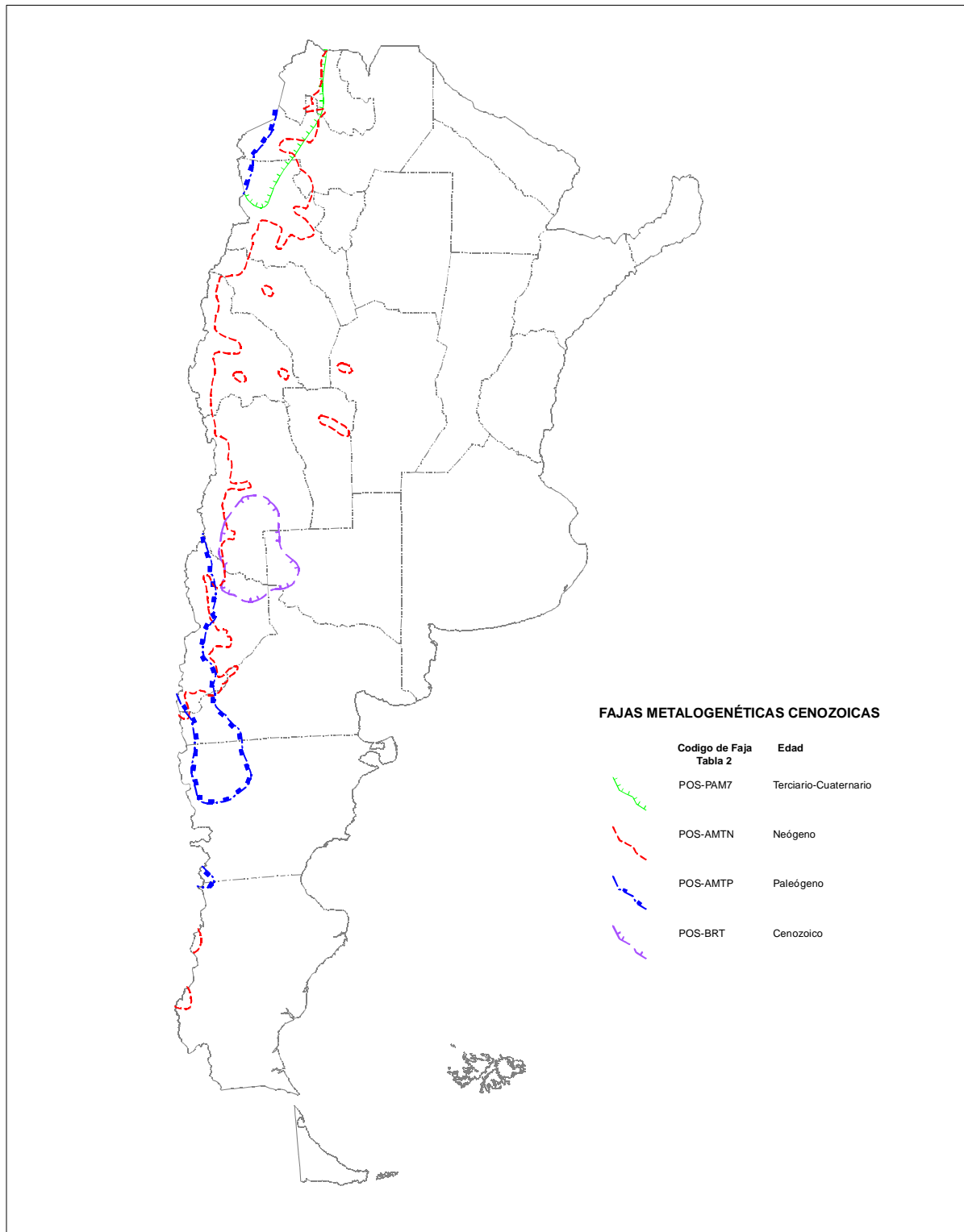


Figura 9. Fajas metalogénicas pre-pampeanas, pampeanas y famatinianas





**Figura 11.** Fajas metalogenéticas ándicas

## PROVINCES AND METALLIC DOMAINS

One understands by **province or metallic domain** that region of the earth's crust enriched in determined elements, which indicates a discontinuity or heterogeneity in the distribution of these elements. The provinces or metallic domains differ from metallogenic belts and the metallogenic provinces in their geographic distribution in having no relation or link with deposit types or determining geologic processes (endogenetic or exogenetic). In this sense, one observes a persistence in the concentration anomaly of a specific substance or association of substances in time and relation to the various geologic processes that formed the deposits ("inheritance").

It is evident for some sectors that the metallic domains reflect crustal heterogeneities consistent with tectonic-stratigraphic terranes of diverse origins.

An analysis of the distribution of various elements in the Argentine territory, follows partly the method of metallic contrasts (Routhier, 1980) divided by the density of metallic populations that permits the delineation of various provinces and metallic domains that, partially, can be considered geochemical provinces.

The following presents some examples that do not pretend to be exhaustive.

The Antofalla terrane, accreted to Pampia, is notable for the development of a **borate province** with persistence in time and with components related to endogenic and exogenic activity. Thus there are concentrations of Paleozoic and Mesozoic granitic plutons with tourmaline, related geothermal sources of borax and concentrations in the Cenozoic exogenic cycle of similar borates intercalated in sedimentary-evaporite sequences and in salars.

In the same way the region constitutes the extreme south of the **Bolivian tin province**, with hydrothermal mineralization and alluvial cassiterite and associated polymetallic deposits with anomalous contents of tin, all of Cenozoic age, but whose source can be found in the Antofalla terrane.

In the Pampia terrane, the **central tungsten province** stands out with mineralization that persists in time and includes Eopaleozoic volcanogenic deposits, greisssens, veins associated with granites and veins associated with zones of shearing of Neopaleozoic age, as well as alluvial deposits derived by erosion of those formed before the Quaternary period.

The same region contains a **province of rare elements: lithium, berillium, niobium, tantalum**, whose concentration is directly related to magmatic activity (pegmatites).

If one analyzes the regional distribution of gold, one can recognize three principal regions of gold concentration which are from north to south: the **gold province of Antofalla** with Eopaleozoic mineralization associated with turbidites, Cenozoic porphyry gold, epithermal mineralization related to Cenozoic calderas and Tertiary and Quaternary alluvial deposits; the **central gold province** with mineralization associated with Neopaleozoic age shear zones, high sulfidation epithermal deposits, copper-gold porphyries, Cenozoic polymetallic deposits rich in gold, and Quaternary alluvial deposits; finally the **Deseado gold province** with Mesozoic low sulfide vein mineralization, breccia and disseminated deposits and placers and paleoplacers.

The last one is an example of crustal specification in two terranes: Deseado and Somuncura, affected by similar magmatism (rhyolitic magmatism associated with extensional phenomena), present purely different mineralization: Au in Deseado and F in Somuncura, evidenced by the **flourite province of Somuncura**.

## LINEAMENTS AND STRUCTURAL CONTROL OF MINERALIZATION

The structural control of mineralization is evident at different scales of observation. The vein systems, the disseminated mineralization, and stock-works are narrowly related to structures of various order. In Table 3, examples of structural control and related mineralization are indicated. From the point of view of metallogeny, these structures and lineaments act as revealed metalotects of mineralization in the sense of Routhier (1980).

**Tabla 3. Elementos estructurales y control de las mineralizaciones**

<b>Elemento estructural</b>	<b>Orientación dominante</b>	<b>Unidades asociadas</b>	<b>Edad</b>	<b>Modelos de Depósitos asociados</b>	<b>Ejemplos</b>
Megatrazas-Lineamientos	NO-SE	Arco magmático	Cenozoico	4 - 7	Pachón-Yalguaraz-Paramillos-La Carolina
Zonas transtensionales (cuencas pull-apart)	NE-SO	Arco magmático	Cenozoico	4 - 7	Farallón Negro- La Alumbreira
Fajas de cizalla regionales	N-S a NNO-SSE	-	Neopaleozoico	14d - 14e - 14f	Sierra de las Minas (La Rioja)
Fajas de cizalla locales	N 15° O	Arco magmático	Cenozoico	7e	Paramillos de Uspallata - Campana Mahuida
Fajas de cizalla locales	N-S	Magmatismo extensional	Mesozoico	2	Distrito Rangel
Fallas lístricas (semigrabens) y transtensionales en ambiente de rift	N-S y E-O	Plateau riolítico	Jurásico	14h - 7b	Distrito de fluorita de Sierra Grande - Cerro vanguardia

## BIBLIOGRAFIA

- Abbruzzi, J., S. Mahlburg Kay y M. E. Bickford, 1993. Implications for the nature of the Precordilleran basement from the geochemistry and age of Precambrian xenoliths in Miocene volcanic rocks, San Juan Province, Argentina: XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas III: 331-339.
- Ametrano, S., M. Zubia, W. Para, D. Topa y M. Godeas (1997) A metamorphosed VMS occurrence in Tierra del Fuego. 4<sup>th</sup>. Biennial SGA Meeting, Turku, Finland.
- Angelelli, V. (1941) Los yacimientos minerales y rocas de aplicación de la República Argentina. Su geología y relaciones genéticas. Dirección de Minas y Geología, Boletín 50, Buenos Aires.
- Angelelli, V. (1950) Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Buenos Aires, 542 páginas.
- Angelelli, V. (1984) Yacimientos metalíferos de la República Argentina. Centro de Investigaciones Científicas, La Plata, 2 volúmenes.
- Angelelli, V., J. C. Fernández Lima, J. C. Herrera y L. Aristarain (1970) Descripción del mapa metalogénico de la República Argentina. Minerales metalíferos. Anales 15, Dirección Nacional de Geología Y Minería, Buenos Aires.
- Angelelli, V. y J. C. Fernández Lima (1972). Ciclos metalogénicos de la Argentina. N geología regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 1<sup>a</sup> edición.
- Angelelli, V., I. Schalamuk y A. Arospide (1976) Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia. Secretaría de Estado de Minería, Anales 17.
- Angelelli, V., I. Schalamuk y R. Fernández (1980) Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región Centro-Cuyo. Secretaría de Estado de Minería, Anales 19.
- Astini, R. A., J. L. Benedetto y N. E. Vaccari (1996) The early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as rifted, drifted and collided terrane: A geodynamic model: Geological Society of America Bulletin, 107: 253-273.
- Avila, J. C., J. E. Lazarte y L. E. Robles (1987) Metalogénesis del distrito minero Culampajá-Papachacra, provincia de Catamarca, República Argentina. X Congreso Geológico Argentino, II: 209-212.
- Bahlburg, H. y F. Hervé, 1997. Geodynamic evolution and tectonostratigraphic terranes of northwestern Argentina and northern Chile. Geological Society of America, 109 (7): 869-884
- Baldis, B. (1980) Control megaestructural de los Distritos metalíferos en el Noroeste de Argentina. En Metalogénesis en Latinoamérica. Publicación IUGS N° 5, México.
- Bassi (1992) Hypothesis concerning a regional network controlling metallogenic and other geologic events in the South American austral cone. Geologische Rundschau, 77: 491-511.
- Beder, R. (1916) Los yacimientos de minerales de wolfram en la República Argentina. Dirección General de Minería, Geología e Hidrogeología. Boletín 19, serie B, Buenos Aires.
- Beder, R. (1921) Breve recopilación de los yacimientos de materias explotables de la República Argentina, con especial atención a los últimos descubrimientos. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, Boletín 26, Buenos Aires.
- Beder, R. (1940) Mineral resources, production and trade of Argentina. Bureau of Mines, United Department of the Interior, volumen 3, Washington.
- Bliss, J. D., ed., 1992. Developments in mineral deposits modeling. United States Geological Survey Bulletin 2004, 168 p.
- Bodenbender, G. (1884) Los criaderos de wolfram y molibdenita de la Sierra de Córdoba. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, XLIV, Córdoba.
- Bodenbender, G. (1905) La Sierra de Córdoba, Constitución geológica y productos minerales de aplicación. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias XIX, Córdoba.
- Bodenbender, G. (1922) El Nevado de Famatina (provincia de La Rioja). Anales Ministerio de Agricultura XVI: 1, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires.
- Brackebush, L. (1893) Las condiciones de la minería de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias, XLIV, Córdoba.
- Bonnemaison, M. y E. Marcoux, 1987. Les zones de cisaillement auríferes du socle hercynien français. Chronique de la Recherche Minière, 488:29-42.

- Brodtkorb, M. K. de, V. Ramos y S. Ametrano (1975) Los yacimientos estratoligados de celestina-baritina de la Formación Huitrín y su origen evaporítico. Provincia del Neuquén, Argentina. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, II: 143-168.
- Brodtkorb, M. K. de y A. Brodtkorb (1977) Stratabound, scheelite deposits in the Precambrian Basement of San Luis (Argentina). En Time and stratabound deposits: 141-149. Springer Verlag, Berlín Heideberg.
- Brodtkorb, M. K. de (ed.) (1991) Geología de yacimientos de wolframio de las provincias de San Luis y Córdoba, Argentina. Instituto de Recursos minerales, Universidad Nacional de La Plata, Publicación N° 1.
- Bursnell, J. T., 1989. Mineralization and Shear Zones. Geological Association of Canada short course notes; v. 6, 299 p.
- Coira, B. (1994) Eventos metalogenéticos en el marco evolutivo magmato-tectónico de la Puna Norte durante el Cenozoico superior. Comunicaciones 45: 67-76. Santiago, Chile.
- Cox, D. P. y D. A. Singer, eds., 1986. Mineral Deposit Models. United States Geological Survey, Bulletin 1693, 379 p.
- Dalla Salda, L. Y J. Francese (1985) Los granitoides de Tandil. 1° Jornadas Geológicas Bonaerenses, Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires: 845-861, La Plata
- Donnari, E., E. Peralta, S. Segal, J. C. Zanettini (Argentina), V. Makshev y C. Mpodozis (Chile) (1994) Mapa metalogénico de la frontera Argentino-Chilena entre los 22° y los 34° de latitud sur. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 21, Buenos Aires.
- du Bray, E. A., de., 1995: Preliminary Compilation of Descriptive Geoenvironmental Mineral Deposit Models. United States Geological Survey, Open-File Report 95-831, 272 p.
- Eckstrand, O. R., de., 1984. Canadian Mineral Deposit Types: A Geological Synopsis. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 36, 86 p.
- Eckstrand, O. R., W. D. Sinclair y R. I. Thorpe, eds., 1995. Geology of Canadian Mineral Deposit Types. Geological Survey of Canada, Geology of Canada N° 8, 640 p.
- Fernandez Lima, J. C. y R. Caminos (1980) Reseña de la Metalogénesis de Argentina. En Metalogénesis en Latinoamérica. Publicación IUGS N° 5, México.
- Figuroa, L. A. (1971) Fotolineamientos y mineralización en el Noroeste Argentino. Primer Simposio Nacional de Geología Económica, I: 107-124. San Juan, Argentina.
- Forsythe, R. D., J. Davidson, C. Mpodozis y C. Jesinkey, 1993. Lower Paleozoic relative motion of the Arequipa block and Gondwana: paleomagnetic evidence from Sierra de Almeida of northern Chile: Tectonics, 12: 219-236.
- García, H. (1969) Consideraciones sobre algunas alineaciones de desarrollos hidrotermales tipo pórfido cuprífero en el noroeste argentino. Revista de la Dirección Nacional de Geología y Minería 18: 55-66.
- Gemuts, I., M. Little y J. Giudice (1996) Precious and base metal deposits in Argentina: SEG News;etter 25: 7-14.
- Guilbert, J. (1995) Geology, alteration, mineralization and genesis of the Bajo de la Alumbrera porphyry copper-gold deposit, Cataamarca Province, Argentina. En Pierce y Bolm (eds.) Porphyry Copper Deposits of the American Cordillera. Arizona Geological Society, Digest 20, Tucson, 646-656.
- Hermitte, E. (1915) La geología y minería argentina en 1914. Tercer Censo Nacional de la República Argentina de 1914. Buenos Aires.
- Hodgson, C. J., 1993. Uses (and Abuses) of Ore Deposit Models in Mineral Exploration. Geoscience Canada, Reprint Series 6:1-11.
- Hoskold, H. D. (1904) The mines, mining, metallurgy and mining laws of the Argentine Republic. Ministerio de Agricultura, Comercio e Industria, Buenos Aires.
- Kay, S. M., S. Orrell y J. M. Abbruzzi, 1996. Zircon and whole rock Nd-Pb isotopic evidence for a Grenville age and Laurentian origin for the basement of the Precordillera terrane in Argentina: Journal of Geology, 104: 637-648.
- Kirkham, R. V., W. D. Sinclair, R. I. Thorpe y J. M. Duke, eds., 1993. Mineral Deposit Modeling. Geological Association of Canada Special Paper 40. 770 p.
- Kittl, E. (1965) La edad de las rocas graníticas y los ciclos metalogenéticos de la Argentina. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, XLIV, Córdoba.
- Kittl, E. (1966) Características de los yacimientos metalíferos y los ciclos metalogenéticos en la Argentina. Museo Bernardino Rivadavia, Geología II, N° 1, Buenos Aires.

- Kraemer, P. E., M. P. Escayol y R. D. Martino, 1994. Hipótesis sobre la evolución tectónica neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba (30° 40' - 32° 40'), Argentina. Asociación Geológica Argentina, Revista 50 (1-4): 47-59.
- Lefebure, D. V. y T. Hoy, 1996. Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles: Volume 2, Metallic Deposits. British Columbia Geological Survey Branch, Open file 1996-13
- Lefebure, D. V. y G. E. Ray, 1995. Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles. Volume 1, Metallics and Coal. British Columbia Geological Survey Branch, Open file 1995-20
- Losada Calderón, A. J. y D. C. Mc Phail (1996) Porphyry and high-sulfidation epithermal mineralization in the Nevados del Famatina mining district, Argentina. En: Camus, Sillitoe y Petersen (Eds.) Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny, Society of Economic Geologists, special publication 5: 91-118.
- Márquez, M., C. Parisi, M. Fernández de Covaro y M. Jones (1994) Depósitos y manifestaciones minerales de la Cordillera Patagónica y Fueguina, República Argentina. Encuentro Internacional de Minería, Actas I: 66-83, Buenos Aires.
- Márquez Zavalía, M. F. y M. A. Galliski (1994) Mineralogía y paragénesis de "La Estancia", un depósito epitermal de la Sierra de San Luis; Revista de la Asociación Geológica Argentina, 49: 39-47.
- Martín, F. C. (1980) Metalogénesis en América del Sur. En Metalogénesis en Latinoamérica. Publicación IUGS N° 5, México.
- Martín, C., 1983. (coordinadora continental) Mapa metalogénico de América del Sur 1:5.000.000. Comisión de la Carta Geológica del Mundo – Subcomisión de la Carta Metalogénica del Mundo – UNESCO.
- Maucher, A. (1976) The stratabound cinnabar-stibnite-scheelite deposits. En K. Wolf (editor) Handbook of stratabound and stratiform ore deposits. VII (X): 477-503.
- Méndez, V. y E. Zappettini (1984) Los pórfidos de cobre de la República Argentina. IX Congreso Geológico Argentino, I: 590-611, San Carlos de Bariloche.
- Méndez, V. y E. Zappettini (1989) Geology and Mineral Deposits of the Central Andes, republic of Argentina. En Ericksen, Cañas Pinochet y Reinemund (eds.): Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources: Houston, Texas. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, vol. 11: 195-206.
- Nokleberg, W. J., T. D. West, K. M. Dawson, V. I. Shpikerman, T. K. Buntzen, L. M. Parfenov, J. W. H. Monger, V. V. Ratkin, B. V. Baranov, S. G. Byalovzhesky, M. F. Diggles, R. A. Eremin, K. Fujita, S. P. Gordey, M. E. Gorodinskiy, N. A. Goryachev, T. D. Feeney, Y. F. Frolov, A. Grantz, A. I. Khanchuck, R. D. Koch, B. A. Natalin, L. M. Natapov, I. O. Norton, W. W. Patton, G. Plafker, A. I. Pozdeev, I. S. Rozenblum, D. W. Scholl, S. D. Sokolov, G. M. Sosuneov, D. B. Stone, R. W. Tabor, N. V. Tsukanov y T. L. Vallier, 1998. Summary terrane, mineral deposit and metallogenic belt maps of the Russian Far East, Alaska and the Canadian Cordillera (CD-ROM), United States Geological Survey Open-File Report 98-136.
- Oliveri, J. C. (1971) Mapa y ciclos metalogénicos en la provincia de San Juan. Primer Simposio Nacional de Geología Económica, II: 435-448, Buenos Aires.
- Orris, G. J., 1992. Industrial Mineral Deposit Models. Descriptive models for three lacustrine deposit types. United States Geological Survey Open-File Report 92-593, 14 p.
- Orris, G. J. y J. D. Bliss, 1991. Some industrial mineral deposit models; descriptive deposit models. United States Geological Survey Open-File Report 91-11A, 73 p.
- Orris, G. J. y J. D. Bliss, eds. 1992. Industrial Minerals Deposit Models: Grade and tonnage models. United States Geological Survey Open-File Report 92-437A, 84 p.
- Palma, M., 1989. La evolución tectosedimentaria durante el ciclo gondwánico en la región extraandina de la provincia de Santa Cruz. Reunión sobre Geotranssectas de América del Sur, Mar del Plata, 1-3 Junio 1989: 102-105, Montevideo.
- Ramos, V. (1975) Los ciclos sedimentarios y la bio-rhexistasia en el control de las manifestaciones cupríferas del Neuquén extraandino, Argentina. II Congreso Iberoamericano de geología Económica, V: 373-394.
- Ramos, V. (1983) Evolución tectónica y metalogénesis de la Cordillera Patagónica. II Congreso Nacional de Geología Económica, I: 108-124, San Juan.
- Ramos, V. (1988) Late Proterozoic-early Paleozoic of South America: A collisional history: Episodes, 11: 168-174.

- Ramos, V. (1994) Potencial geológico-minero de Argentina. Conferencia, Encuentro Internacional de Minería, Buenos Aires.
- 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 5to. Congreso Nacional de Geología Económica: 82-94, San Juan.
- Ramos, V. (1996) Evolución tectónica de la Plataforma Continental. En V. A. Ramos y M. A. Turic (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 21: 385-404, Buenos Aires.
- Ramos, V., T. Jordan, R. Allmendinger, C. Mpodozis, S. Kay, J. Cortés y M. Palma (1986) Paleozoic terranes of the central Argentine-Chilean Andes: Tectonics, 5: 855-880
- Ramos, V. y M. K. de Brodtkorb (1990) The Barite and Celestite Metallotects of the Neuquén Retroarc Basin, Central Argentina. En Stratabound Ore Deposits in the Andes. Páginas 599-613. Eds. Fontboté, Amstutz, Cardozo, Cedillo y Frutos. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg.
- Rickard, I. F. (1869) Informe sobre los distritos minerales, minas y establecimientos de la república Argentina en 1868-1869. Ministerio del Interior, Buenos Aires.
- Roberts, R. G. y P. A. Sheahan, eds., 1988. Ore Deposit Models. Geoscience Canada Reprint Series 3, 200 p.
- Routhier, P., 1980. Ou sont les métaux pour l'avenir? Memoire du BRGM N° 105, Orléans.
- Sasso, A. (1997) Geological Evolution and Metallogenetic Relationships of the Farallón Negro Volcanic Complex, NW Argentina. PhD Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada. 842 páginas.
- Sasso, A. y A. Clark (1998) The Farallón Negro Group, Northwest Argentina: Magmatic, Hydrothermal and tectonic Evolution and Implications for Cu-Au Metallogeny in the Andean Back-arc. SEG Newsletter 34: 1-18. Society of Economic Geologists.
- Schalamuk, I., R. Fernández y R. Etcheverry (1983) Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región NOA. Secretaría de Minería, Anales 20.
- Schalamuk, I., R. Fernández y R. Etcheverry (1995) Gold-Silver epithermal veins in the Macizo del Deseado, Argentina. En Mineral Deposits, Proceedings of the Third Biennial SGA Meeting Prague/Czech Republic: 385-388.
- Shehan, P. A. y M. E. Cherry, 1993. Ore Deposit Models, Volume II: Geoscience Canada Reprint Series 6, 160 p.
- Sillitoe, R. (1975) Lead-Silver, Manganese and Native Sulfur mineralization within a Stratovolcano, El Queva, Northwest Argentina. Economic Geology, 70: 1119-1201.
- Sillitoe, R., 1976. Andean mineralization: A model for the metallogeny of convergent plate margins. En: D. F. Strong, ed., Metallogeny and Plate Tectonics, Geological Association of Canada Special Paper 14: 58-100
- Sillitoe, R. (1977) Permo-Carboniferous, Upper Cretaceous, and Miocene porphyry copper type mineralization in the Argentinian Andes. Economic Geology, 72: 99-109.
- Sillitoe, R. (1980) Porphyry Copper Deposits in the Andes of Chile and Argentina. En Metalogénesis en Latinoamérica. Publicación IUGS N° 5, México.
- Sillitoe, R. (1989) Copper deposits and Andean evolution. En Ericksen, Cañas Pinochet y Reinemund (eds.): Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources: Houston, Texas. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, vol. 11: 285-311.
- Stappenbeck, R. (1918) Los yacimientos de minerales y rocas de aplicación de la República Argentina. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, Boletín 19, Buenos Aires.
- Stoll, W. (1964) Metallogenetic Belts, Centers and Epochs in Argentina and Chile. Economic Geology 59: 126-135.
- Stults, A. (1985) Geology of the Bajo de la Alumbrera Porphyry Copper and Gold Prospect, Catamarca, Argentina. University of Arizona, Tucson, Unpublished M. Sc. Thesis, 75 páginas.
- Secretaría de Minería de la Nación (1994) Directorio de Oportunidades de Inversión. 311 páginas, Buenos Aires.
- Subsecretaría de Minería de la Nación (1996) Directorio de Oportunidades de Inversión. 338 páginas, Buenos Aires.
- Sureda, R., M. Galliski, R. Argañaraz y J. Daroca (1986) Aspectos metalogenéticos del noroeste argentino, provincias de Salta y Jujuy. Capricornio 1 (1): 29-95
- Sureda, R. y J. L. Martín (1990) El Aguilar Mine: An Ordovician Sediment Hosted Stratiform Lead-Zinc Deposit in the Central Andes. En Stratabound Ore Deposits in the Andes. Páginas 161:174. Eds. Fontboté, Amstutz, Cardozo, Cedillo y Frutos. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg.

- Tosdal, R. M., F. Munizaga, W. C. Williams y J. S. Bettencourt, 1994. Middle Proterozoic crystalline basement in the Central Andes, western Bolivia and northern Chile: a U-Pb and Pb isotopic perspective: 7° Congreso Geológico Chileno, Actas II: 1464-1467.
- Urbina, N. P., P. Sruoga y L. Malvicini (1997) Late Tertiary Gold-Bearing Volcanic Belt in the Sierras Pampeanas of San Luis, Argentina. *International Geology Review*, 39: 287-306.
- Villar, L. M. Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas en la República Argentina y su significado metalogénico. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, III: 135-155, Buenos Aires.
- Zanettini, J. C., M. Márquez, R. González (Argentina), A. Tassara, W. Vivallo y M. Gardeweg (1997) Mapa de recursos minerales del area fronteriza argentino-chilena entre los 34248 y 56248 de latitud sur. Publicación Geológica Multinacional N° 1, Argentina-Chile.
- Zappettini, E. O. (1996) Argentina's mining potential. *Mining Magazine* April 1996: 214-223, London.
- Zappettini, E. O., C. Lurgo y R. Garavilla (1991) Hallazgo de un sulfuro masivo en el Paleozoico del noroeste de la República Argentina: El yacimiento polimetálico la Colorada, Cobres, Salta. *Asociación Argentina de Geólogos Economistas* 8: 37-41.

NOTE: Appendix 1, Coding of mineral deposits of the Metallogenic Map, was not translated and is not included with this English version. It is included with the original Spanish version and can be viewed in REPORT.PDF (or .DOC or .RTF).