

LOS DEPÓSITOS DE ORO Y PLATA VINCULADOS AL MAGMATISMO JURÁSICO DE LA PATAGONIA: REVISIÓN Y PERSPECTIVAS PARA LA EXPLORACIÓN

Raúl R. FERNÁNDEZ^{1,2}, Adriana BLESA^{1,3,a}, Pilar MOREIRA^{1,3}, Horacio ECHEVESTE^{1,2}, Karina MYKIETIUK^{1,3,b}, Pablo ANDRADA DE PALOMERA⁴ y Mario TESSONE¹

¹ Instituto de Recursos Minerales (INREMI). Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP-CICBA) La Plata.

Email: rfernand@inremi.unlp.edu.ar

² Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA)

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴ Fomento Minero de Santa Cruz (FOMICRUZ S.E.). Río Gallegos, Santa Cruz.

^a Actualmente RTZ Argentina

^b Actualmente Medanitos SA

RESUMEN

La importancia del magmatismo jurásico de la Patagonia con relación a mineralizaciones de Au-Ag, ha sido reconocida desde hace menos de 20 años y al presente se definieron recursos por más de 700 t de Au equivalente contenido, en tres depósitos de clase mundial (>100 t AuEq contenido), algunos depósitos menores y numerosos prospectos en exploración. Se alojan en rocas volcánicas y volcano-sedimentarias jurásicas (o más antiguas), silíceas y mesosilíceas generadas en ambientes de arco y retro-arco de las regiones andina y extra-andina. Por sus características mineralógicas, texturales y geoquímicas corresponden a depósitos epitermales asociados principalmente a la paragénesis cuarzo \pm calcita \pm adularia \pm illita que acompañan a los depósitos de sulfuración baja e intermedia. Por su contenido metálico se dividieron en: a) Au-Ag y Ag>Au, b) polimetálicos con Ag-Au o sólo Ag, y c) polimetálicos complejos con Ag-Au. Son depósitos vetiformes, en general con control estructural, con una excepción de fuerte control litológico. Dataciones de minerales hidrotermales y roca de caja indican que la actividad hidrotermal fue posterior al magmatismo principal. Relacionadas a ellos se hallan manifestaciones hidrotermales poco profundas (sinter y silicificaciones en el paleonivel freático) que pueden indicar que sistemas epitermales se hallan intactos en profundidad. Los fluidos formadores de mineralización fueron soluciones diluidas o de baja salinidad, con temperaturas entre 160 y 330°C. Los controles más importantes en la formación de estos depósitos se consideran el fracturamiento extensional que afecta a las volcanitas jurásicas y la incorporación de aguas freáticas a los sistemas geotermales.

Palabras clave: *Oro-Plata, Depósitos epitermales, Jurásico, Exploración, Patagonia.*

ABSTRACT: *Gold and silver deposits related to Jurassic Patagonian volcanism: review and perspectives for exploration.* Potential for gold-silver mineralization related to Jurassic magmatism in Patagonia was only recognized 20 years ago. At the present the Au+Ag resources exceed 700 t in three world class deposits (> 100 t Au Eq), several smaller ore deposits and many prospects in exploration stage. The deposits are hosted in silicic and mesosilicic volcanic and volcanic-sedimentary Jurassic rocks (occasionally older) related to arc or back-arc settings in Andean or extra-Andean environments. The ore geology, textures, mineralogy and geochemistry of these mineralizations indicate that they are epithermal deposits, and are mainly associated to the quartz \pm calcite \pm adularia \pm illite assemblage of the low and intermediate sulfidation types. Based on their metallic association, the deposits were divided into: a) Au-Ag and Ag>Au, b) polymetallic with Ag-Au or only Ag and, c) complex polymetallic mineralizations with Ag-Au. The deposits form tectonically controlled veins with only one example where strong lithological control dominates. The few hydrothermal minerals and hostrocks dates, suggest that the hydrothermal activity is several millions years younger than the peak magmatism. The sinter, carbonate-lacustrine deposits and silicic lithocaps related to steam-heated waters in the water table suggest regions or tectonic blocks with potential for epithermal systems at depth. The mineralizing fluids are dilute to low-intermediate salinity waters with temperatures between 160 to 330°C. Extensional fracturing developed in the Jurassic volcanics and the influx of meteoric waters in the geothermal systems are considered the main controls in the ore genesis.

Keywords: *Gold-silver, Epithermal deposits, Jurassic, Exploration, Patagonia..*

INTRODUCCIÓN

Luego de las fundamentales contribucio-

nes sobre los depósitos minerales de Argentina (Angelelli 1950 y Angelelli *et al.* 1970), el profesor Victorio Angelelli co-

mienza en 1980 su tercera actualización (Angelelli 1984). En esos años, algunos de los autores de esta contribución (RRF

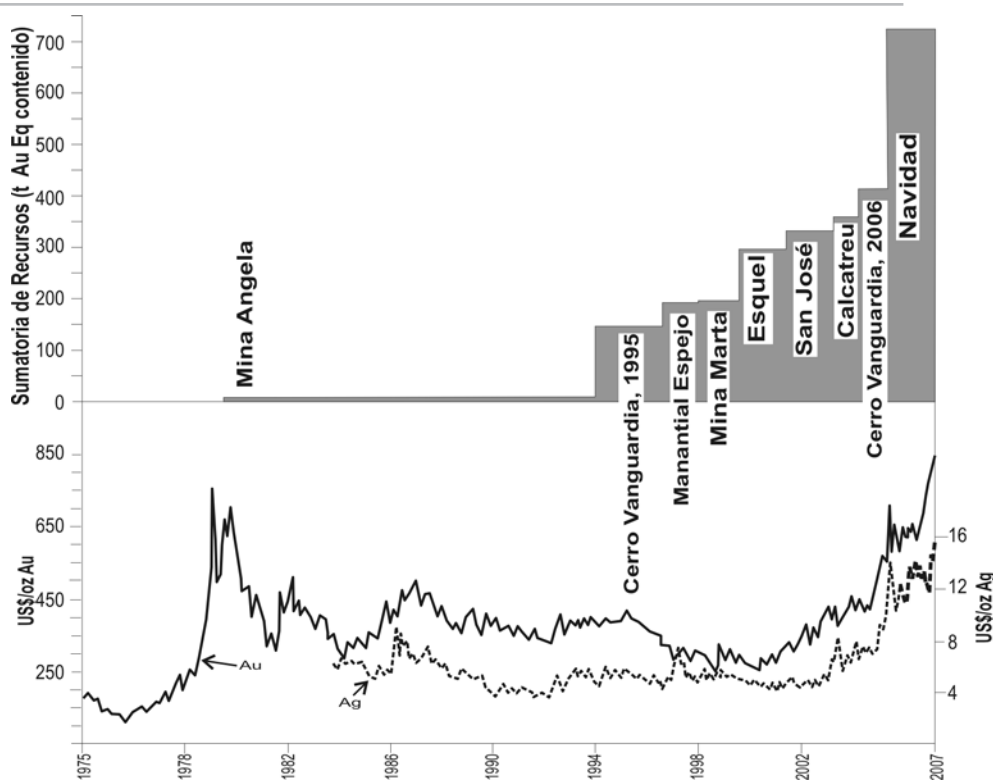


Figura 1: Evolución de los descubrimientos de mineralización de Au y Ag en la Patagonia, mostrada como sumatoria de recursos expresados en toneladas de oro equivalente (AuEq) según la relación económica Au:Ag = 1:60. Los recursos son aproximados y se basan en información, de distinto tipo, recopilada para esta revisión y citada posteriormente. Las curvas de cotización de Au y Ag se tomaron de www.kitco.com, febrero 2008.

y HE) trabajaban con él en su recientemente creado Instituto de Recursos Minerales de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (Universidad Nacional de La Plata) y atendían sus comentarios acerca de la falta de información sobre la edad de depósitos minerales y por lo tanto su asignación con dudas a una determinada época metalogénica. Tomando como base las edades de depósitos de la cordillera andina y la importancia de los procesos formadores de mineralizaciones en este orógeno, varios autores citados en Angelelli (1984) proponían edades del Cretácico Superior al Terciario para la mayor parte de las mineralizaciones hidrotermales de la Patagonia que, si bien se alojaban en volcanitas jurásicas, estarían vinculadas con el magmatismo de esas edades. Un solo depósito (polimetálico portador de Au y Ag), situado en las cercanías del lago Fontana, fue asignado por Angelelli (1984) al ciclo metalogénico cimérico (Triásico Superior-Cretácico). Contemporáneamente, Ramos (1983) destacaba la importancia metalogénica del ciclo patagónico (Triásico Superior a Cretácico Superior). Se refería especial-

mente a los eventos magmáticos ocurridos en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior en la cordillera Patagónica que relacionaba con la generación de depósitos polimetálicos, portadores en algunos casos de Au y Ag. En la región extrandina este autor incluyó al distrito Los Manantiales.

No sólo eran escasos los datos geocronológicos de mineralizaciones jurásicas, sino que tampoco se conocían muchas mineralizaciones de oro y plata en la región patagónica. En las actualizaciones sobre la geología regional argentina no existía ninguna información que indicara la presencia de estas mineralizaciones en el Macizo del Deseado, por lo que no figuraba como una provincia metalogénica (Angelelli y Fernández Lima 1980, Angelelli 1984). Es a partir del descubrimiento de mineralizaciones auríferas en el área de cerro Vanguardia (Genini 1988) y fundamentalmente por la definición de sus importantes recursos/reservas en 1995 (información impresa proporcionada por Cerro Vanguardia S.A.), que el volcanismo jurásico del Macizo del Deseado comienza a considerarse como

un importante objetivo regional para la búsqueda de depósitos de Au-Ag. Las relaciones entre los ambientes volcánicos jurásicos y las mineralizaciones auríferas del Macizo del Deseado fue señalada por Fernández y de Barrio (1994), Schalamuk *et al.* (1995) y Schalamuk *et al.* (1997). Posteriormente, el interés se extiende y acrecienta en toda la Patagonia, conduciendo a otros importantes descubrimientos.

La evolución de los hallazgos, desde el tiempo en que se definieron las reservas de la mina Angela, se esquematiza en la Fig. 1. Este gráfico muestra el incremento de los recursos de oro y plata de la Patagonia con los sucesivos descubrimientos de mineralizaciones alojadas en las volcanitas jurásicas. También puede verse en la Fig. 1, que esa evolución no está necesariamente relacionada con los precios de los metales, aunque los recursos pueden aumentar con las cotizaciones más elevadas debido a la incorporación de zonas de menor ley (o viceversa). El objetivo de este trabajo es brindar una reseña sobre los depósitos de metales preciosos (oro y plata) asociados al mag-

matismo jurásico de la Patagonia, los avances en su exploración y los éxitos obtenidos en una región y lapso temporal que comenzó a tenerse en cuenta y desarrollarse hace no más de 20 años. Algunas de las conclusiones a las que se arriba en esta revisión indican sus perspectivas y podrían ser útiles para futuros trabajos de exploración.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Las volcanitas y cuerpos subvolcánicos asociados de edad jurásica, están ampliamente distribuidos en toda la Patagonia. Composicionalmente cubren el rango desde riolitas a basaltos, aunque con predominio de riolitas y andesitas; son rocas calco-alcalinas, en ciertos casos con tendencia a alto potasio. Este volcanismo se relaciona en el ámbito cordillerano al desarrollo del arco magmático, estrechamente vinculado con procesos de subducción, mientras que en el ámbito extracordillerano, correspondería a un ambiente de retro-arco asociado tanto con la subducción como con los efectos de fusión ocasionados por la "pluma" térmica que contribuyó a la apertura atlántica (Féraud *et al.* 1999, Riley *et al.* 2001).

En estas rocas se alojan numerosas manifestaciones y depósitos minerales portadores de Au y/o Ag, algunos de los cuales han pasado a ser minas que estuvieron o están en producción. Siguiendo el esquema de provincias geológicas de Ramos (1999), se sintetizan a continuación las principales unidades litológicas jurásicas y se señalan las mineralizaciones más destacadas hospedadas en las ellas, cuya ubicación se presenta en la Fig. 2.

MACIZO DE SOMÚN CURA

Con relación al volcanismo jurásico pueden diferenciarse dos regiones. En la oriental, predominan las volcanitas riolíticas sobre las intermedias y básicas, que se agrupan en la Formación o Complejo Marifil con edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ comprendidas entre 178 y 186 Ma (Alric *et al.* 1996); estos autores señalan un evento de rocas

básicas algo más jóvenes de ~177 Ma. En la porción occidental en cambio, las unidades volcánicas dominantes son de composición andesítica, acompañadas por escasas volcanitas riolíticas y basálticas, que conforman la Formación o Grupo Lonco Trapial (u otras unidades equivalentes); la edad de este volcanismo no está perfectamente definida aunque se coincide en que es más joven que el de la Formación Marifil. Las dataciones radiométricas realizadas arrojaron edades entre los 176 y 136 Ma (Page *et al.* 1999).

También debe mencionarse la secuencia volcánico-sedimentaria de la Formación Cañadón Asfalto que normalmente se la ubica por encima de la Formación Lonco Trapial. Tampoco su edad está completamente ajustada y por relaciones estratigráficas y contenido fosilífero es considerada del lapso Caloviano-Oxfordiano, aunque rocas basálticas de sus niveles inferiores arrojaron edades de 173 ± 4 Ma (Stipanovic y Bonetti 1970) y $170,9 \pm 4,4$ Ma (Salani 2007).

En la parte norte del Macizo de Somún Curá, se registra un volcanismo más antiguo (Triásico-Jurásico Inferior), que forma parte del Complejo Los Menucos (Cucchi *et al.* 2001).

En la Formación Marifil se alojan esencialmente mineralizaciones vetiformes epitermales de fluorita. En general no se hallaron contenidos de oro y plata en estos depósitos; sin embargo en el grupo Lechoza (fluorita) se registraron valores de hasta ~0,6 g/t Au en silicificaciones intensas a lo largo de fracturas (Bonucelli 1998) y hasta 4,6 g/t Au en vetas silíceas bandeadas asociadas espacialmente con vetas de fluorita del sudeste del Macizo de Somún Curá (Massaferrero y Haller 2001).

Los depósitos hospedados en la Formación Lonco Trapial (o sus equivalentes) son, en general, vetiformes del tipo polimetálico (Pb-Zn-Cu±Ag±Au). El distrito Los Manantiales es el mejor conocido y fue explotado en la mina Ángela, pero otras mineralizaciones similares, de antiguas minas con escasa o ninguna explotación, se hallan en el sudoeste del Macizo

de Somún Curá y en la denominada cuenca de Cañadón Asfalto (Márquez *et al.* 1988). En esta última, el prospecto Fortuna está actualmente en etapa de exploración mediante sondeos.

En los años posteriores al 2000 comenzaron a desarrollarse otros prospectos que, al menos en la asociación de metales son diferentes a los mencionados precedentemente para el Macizo de Somún Curá. Entre ellos se encuentran los denominados Calcatreu (Au-Ag) y Navidad (polimetálico, rico en Ag y sin Au), alojados en la Formación Taquetrén (equivalente a la Formación Lonco Trapial) y en la Formación Cañadón Asfalto respectivamente. La exploración que se realiza en el prospecto Navidad, señala grandes recursos de plata, de importancia aún a nivel mundial.

Por último debe señalarse el Complejo Los Menucos (Triásico-Jurásico Inferior) del sector norte del Macizo de Somún Curá, donde en el distrito fluorítico con antiguas minas de Pb-Zn se han reconocido mineralizaciones auríferas y polimetálicas del tipo epitermal (prospectos cerro La Mina, Dos Lagunas y Toruel, entre otros).

CORDILLERA PATAGÓNICA SEPTENTRIONAL

Entre las volcanitas jurásicas de esta región cordillerana predominan las de composición andesítica, muchas de las cuales se incluyen en la Formación Lago La Plata (o unidades equivalentes). Este volcanismo mesosilíceo se habría producido en un lapso superior a los 20 Ma, entre los ~171 Ma (Blesa 2004) hasta aproximadamente los 149 Ma (Rolando *et al.* 2004).

En esta región, recién a fines de la década del '90 fue descubierto un importante depósito aurífero en el Cordón de Esquel (Sillitoe *et al.* 2002, Blesa 2004), el que por razones no geológicas no ha sido explotado hasta el momento. También en volcanitas equivalentes a la Formación Lago La Plata, se emplaza el depósito polimetálico Huemules, donde se explota-

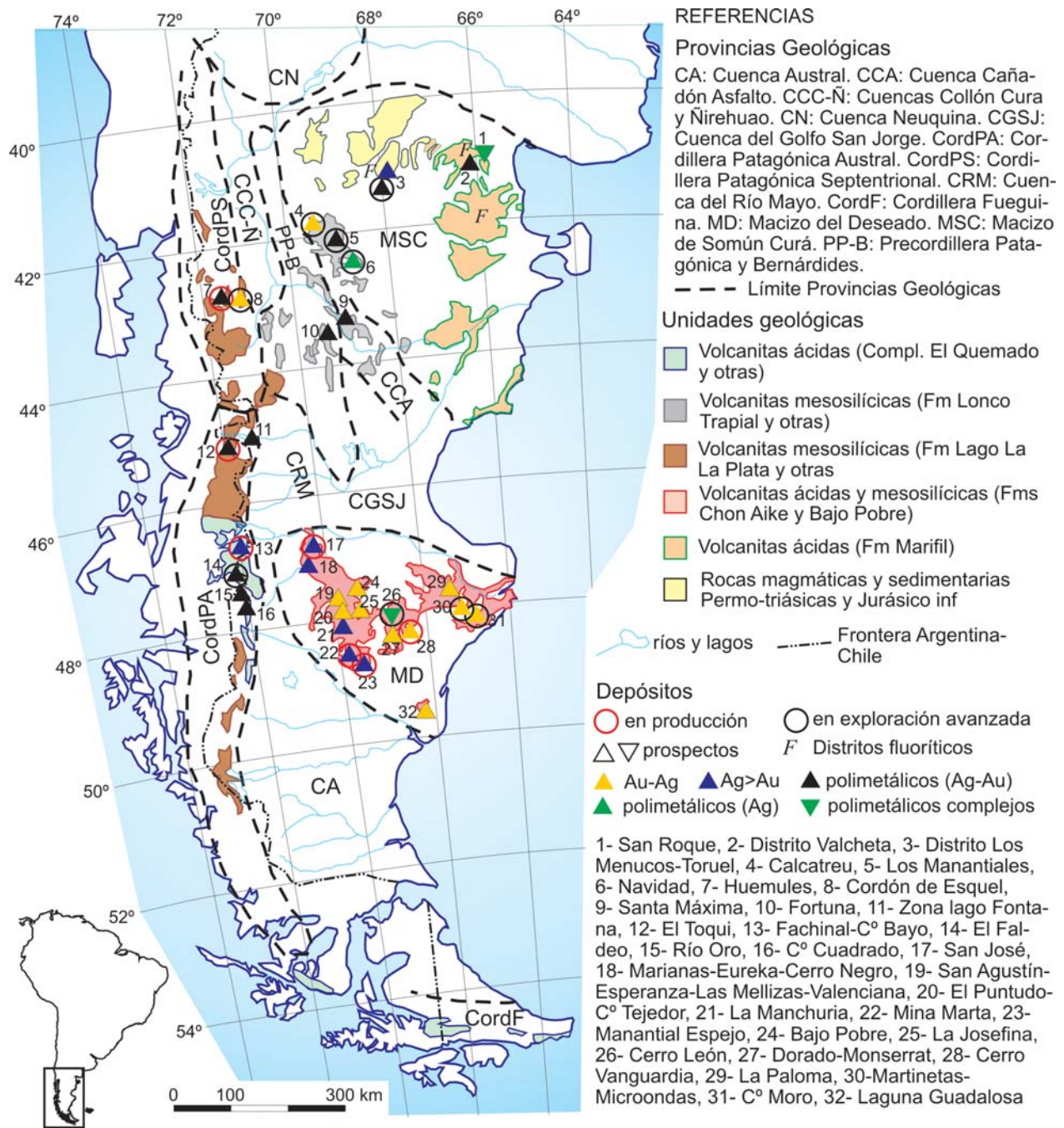


Figura 2: Ubicación de depósitos, prospectos y manifestaciones de Au-Ag en la Patagonia. Unidades geológicas sobre la base de Zappettini (2005) y provincias geológicas tomadas de Ramos (1999).

ron ricos "clavos" auríferos; si bien este depósito a sido considerado Paleógeno (Viera y Hughes 1999) su edad no ha sido establecida con precisión. Otras manifestaciones polimetálicas aún no han sido exploradas con detalle. Las mineralizaciones situadas en el extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional (ce-

rro Bayo, Ferrocarrilera y El Toqui, esta última en territorio chileno) han sido datadas en el Cretácico (Rolando 2001, Townley y Godwin 2001)

CORDILLERA PATAGÓNICA AUSTRAL

En este tramo cordillerano el volcanismo jurásico en su porción norte es esencialmente similar al de la Cordillera Patagónica Septentrional, con rocas predominantemente andesíticas que pueden integrarse en la Formación Lago La Plata. En su parte central, sin embargo, se registra un volcanismo con mayor proporción de

productos ácidos correspondiente al Complejo El Quemado y Formación Ibáñez o Serie Tobífera (en Chile) del Jurásico Superior.

En territorio chileno se localizan las mineralizaciones auríferas y polimetálicas de El Faldeo y los depósitos epitermales en explotación de Fachinal. Ambos se emplazan en volcánicas de la Formación Ibáñez, pero los últimos acusan edades radimétricas cretácicas (Trippett *et al.* 1991, Townley y Godwin 2001).

Del lado argentino, se conocen varias manifestaciones polimetálicas con plata y algunas también con oro, que en ciertos casos fueron motivo de explotaciones de pequeña escala. Algunas, como las del río Oro (y similares en Chile) se alojan en sedimentitas y leptometamorfitas neopaleozoicas y otras como las aledañas al río Zeballos y las del proyecto cerro Cuadrado (www.suramina.com, enero 2008) en las volcánicas del Complejo El Quemado.

MACIZO DEL DESEADO

Las rocas volcánicas y volcánicas jurásicas de esta región se incluyen en el Grupo Bahía Laura, constituido por las Formaciones Chon Aike, de composición principalmente silíceas, Bajo Pobre, con predominio de volcánicas mesosilíceas y La Matilde, representada mayoritariamente por tobas retrabajadas. Otras unidades volcánicas (Formación Bajo Grande) también han sido incluidas en este Grupo (Hechem y Homovc 1987). Conforme a las dataciones existentes, estas rocas se originaron durante el extenso lapso de 178 a 149 Ma (Panza y Haller 2002 y bibliografía allí citada) con una migración temporal de las efusiones desde el noreste al sudoeste, donde se registran las volcánicas más jóvenes (Féraud *et al.* 1999). El espesor del conjunto de rocas volcánicas, sobre la base de datos sísmicos (Homovc *et al.* 1996), puede alcanzar los 2000 metros.

En el Macizo del Deseado se localiza la mayor cantidad de minas activas al presente de la Patagonia: Cerro Vanguardia,

Marta, San José y Manantial Espejo (que inicia su actividad extractiva durante el 2008). Son motivo de una intensa exploración los prospectos de Au y Ag cerro Moro, Martinetas (ahora Don Nicolás), La Josefina (Au-Ag y polimetálico) y cerro León (polimetálico complejo). Además, se conocen muchos otros prospectos con distinto grado de exploración (Fig. 2). La mayoría de estas mineralizaciones se aloja en la Formación Chon Aike, pero también lo hacen en las rocas mesosilíceas que se asignan a la Formación Bajo Pobre, en la infrayacente Formación Roca Blanca (volcano-sedimentaria del Jurásico Inferior a Medio), en sedimentitas triásicas (Formación El Tranquilo) y aún en metamorfitas paleozoicas de la Formación La Modesta.

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

Las dataciones geocronológicas de mineralizaciones y/o de sus manifestaciones asociadas, como la alteración hidrotermal, son todavía escasas y por ende no concluyentes para ajustar las edades del conjunto. Sin embargo, conforme a las edades compiladas que se muestran en la Fig. 3 (a partir de las referencias allí citadas) las mineralizaciones pueden atribuirse al Jurásico Superior.

En el Macizo del Deseado la veta Coyote (prospecto Martinetas) es la mineralización más antigua (168 Ma, Dubé *et al.* 2000) y aunque no se conoce la edad de las volcánicas hospedantes, es posible que en la zona oriental posean como mínimo esa edad, de acuerdo a la propuesta de Feraud *et al.* (1999) sobre la migración del volcanismo de NE a SO. El resto de las mineralizaciones que cuentan con fechados radimétricos (Cerro Vanguardia, Manantial Espejo y La Josefina) corresponden al Jurásico Superior, asumiendo que las edades del Cretácico inferior se deben a una pérdida de argón (Arribas *et al.* 1996).

En la Cordillera Patagónica Septentrional, las dataciones de las mineralizaciones auríferas en el cordón de Esquel, indican que también se formaron en el Jurásico

Superior. Sin embargo, en el extremo austral de la Cordillera Patagónica Septentrional, las rocas que alojan las mineralizaciones de El Toqui son del Cretácico Inferior (edades Ar/Ar sobre roca total) y en la zona del lago Fontana, las edades K/Ar obtenidas en illita y clorita de las mineralizaciones de Ferrocarrilera, también corresponden al Cretácico Inferior.

En la Cordillera Patagónica Austral, las dataciones (K/Ar sobre roca total) de la mineralización de El Faldeo, en Chile, señalan su formación en los comienzos del Cretácico Inferior (prácticamente en el límite Jurásico-Cretácico). Pero por otra parte, las rocas que hospedan las mineralizaciones de Fachinal y otras aledañas (Halcones) en Chile, poseen edades Ar/Ar sobre roca total claramente del Cretácico Inferior, que indicaría la edad máxima de estos depósitos.

Debe considerarse que algunas dataciones K/Ar de las zonas cordilleranas, podrían no ser concluyentes para definir la edad de la mineralización, ya que existen posibilidades de una reapertura del sistema por el magmatismo relacionado al Batolito Patagónico (Cretácico Inferior-Terciario). En dataciones de mineralizaciones del Macizo del Deseado, Arribas *et al.* (1996) también consideraron un posible "rejuvenecimiento" ocasionado por pérdida de Argón, especialmente para las edades K/Ar de illita de granulometría fina (< 2 micrones); su mayor superficie específica puede contribuir a que se produzca esta pérdida.

La información presentada en la Fig. 3 indica que, en general, las mineralizaciones son varios millones de años más jóvenes que las rocas que las alojan. Esto es evidente en Cerro Vanguardia, Cordón de Esquel, Manantial Espejo y El Faldeo, mientras que en La Josefina, las edades parecen traslapadas dentro del rango de error. En la veta María de Manantial Espejo, dataciones SHRIMP sobre circones de las ignimbritas hospedantes con alteración hidrotermal, muestran núcleos alrededor de 6 Ma más antiguos que sus bordes (Echeveste, 2005a), esto puede

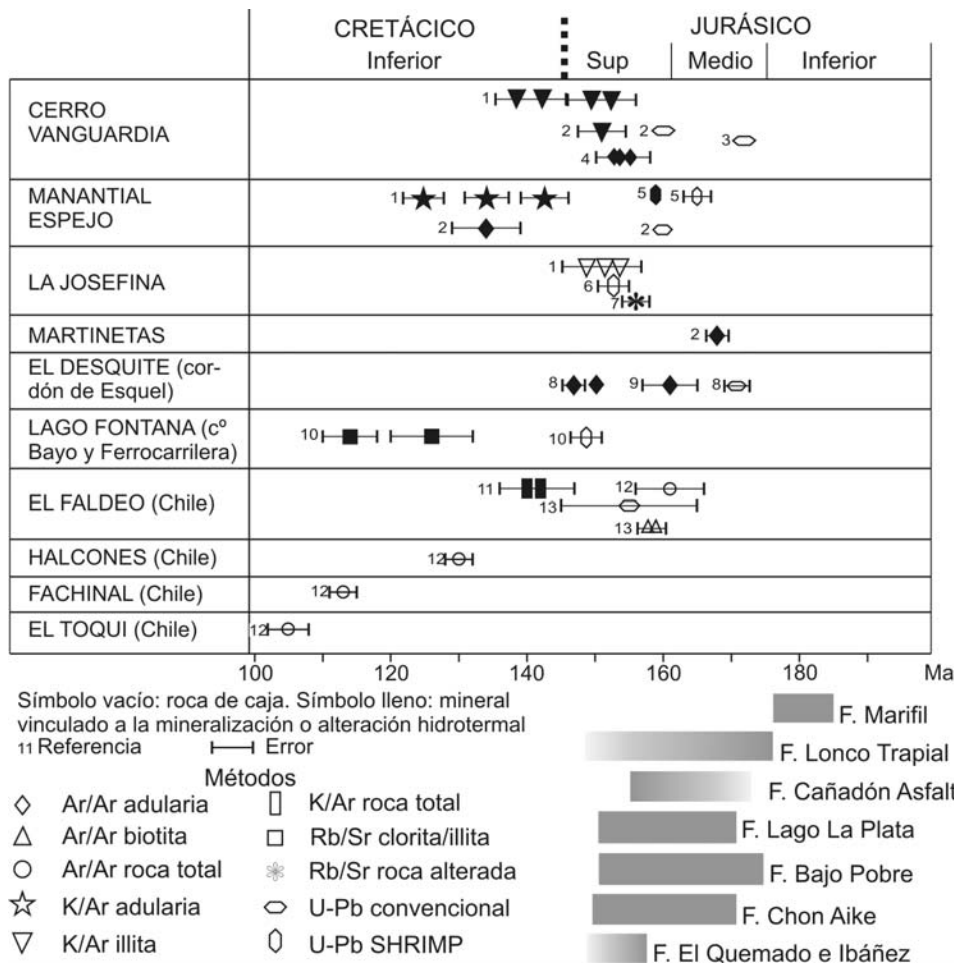


Figura 3: Geocronología de depósitos de Au y Ag y su roca huésped. 1- Arribas *et al.* (1996), 2- Dubé *et al.* (2000), 3- Zubia *et al.* (1999), 4- Sharpe *et al.* (2002), 5- Echeveste (2005a), 6- Moreira (2005), 7- Fernández *et al.* (1999), 8- Blesa (2004), 9- Sillitoe *et al.* (2002), 10- Rolando (2001), 11- Palacios *et al.* (1997), 12- Townley y Godwin (2001), 13- Parada *et al.* (1997).

reflejar una modificación del circón por los fluidos hidrotermales que provocaron la mineralización.

TIPOLOGÍAS

El tipo de mineralizaciones portadoras de Au y Ag halladas hasta el presente, puede incluirse claramente dentro de los que actualmente se denominan depósitos epitermales. Como se verá más adelante, existen algunas discrepancias para el reciente descubrimiento de Navidad. En su forma más amplia, el término epitermal se aplica a condiciones de baja temperatura y profundidad (o presión) en que se forman minerales de mena en sistemas hidrotermales, en general relacionados a volcanismo subaéreo. Debido al amplio rango de condiciones fisicoquímicas, mineralogía de mena y de ganga y tipos de alteración hidrotermal de los de-

depósitos epitermales, desde Lindgren (1933), han sido clasificados en distintos subtipos conforme a dichas características (ver Hedenquist *et al.* 2000, Simmons *et al.* 2005). Las clasificaciones más utilizadas en la actualidad se basan en el estado de oxidación de las especies de azufre en solución en los fluidos hidrotermales, denominado estado de sulfuración (Hedenquist *et al.* 2000). Además, a los fines clasificatorios, los estados de sulfuración se han relacionado a aspectos descriptivos (Corbett 2002, Simmons *et al.* 2005). Siguiendo la división propuesta por Simmons *et al.* (2005), las mineralizaciones portadoras de metales preciosos en la Patagonia están asociadas a cuarzo ± calcita ± adularia ± illita. Estos minerales participan tanto en el relleno de espacios como en los halos de alteración hidrotermal, en general bastante restringidos a los hastiales de las vetas; en estas alteraciones

también suelen registrarse interestratificados de illita-esmectita. Hasta el momento, sólo en algunos sectores del prospecto Calcatreu y en el distrito Los Menucos (Franco *et al.* 1999, Ducart 2007) se menciona la otra paragénesis (cuarzo ± alunita ± pirofilita ± dickita ± caolinita) considerada por Simmons *et al.* (2005).

En esta contribución, de acuerdo con su contenido en metales, estas concentraciones minerales se han agrupado en tres categorías: a) mineralizaciones de Au-Ag y de Ag>Au, b) mineralizaciones polimetálicas con Ag-Au o sólo con Ag, y c) mineralizaciones polimetálicas complejas portadoras de Ag-Au. Las características sobresalientes de los depósitos conocidos más importantes, cuya ubicación se muestra en la Fig. 2, son presentadas en el Cuadro 1. No obstante, algunos aspectos no incluidos en dicho cuadro se men-

cionan a continuación.

Mineralizaciones de Au-Ag y Ag>Au

El principal depósito de Au-Ag es Cerro Vanguardia, en el Macizo del Deseado, con los mayores recursos de oro hallados hasta el presente en la Patagonia. A éste se suman los descubrimientos más recientes en el cordón de Esquel (Cordillera Patagónica Septentrional) en segundo lugar en cuanto al volumen de recursos y Calcatreu, en el Macizo de Somún Curá, que por diversas razones aún no han comenzado a explotarse.

Cerro Vanguardia constituye un típico caso de incremento de los recursos durante la vida de la mina. Comparando las estimaciones de recursos antes de comenzar su explotación y el programa de producción 1998-2006 (información impresa proporcionada por Cerro Vanguardia S.A) y los recursos totales restantes en el 2006 (AngloGold Ashanti 2006) la exploración realizada entre esos años permitió un incremento de 54 toneladas de Au equivalente contenido. Además, se conocen otros prospectos "satélites" de Cerro Vanguardia, entre los que puede citarse El Dorado-Monserrat (a unos 24 km al oeste) con la mineralización de mayor importancia alojada en vetas de rumbo NO y NNO, bajos contenidos en sulfuros y relaciones Ag:Au posiblemente <25, que fue clasificado como un depósito epitermal de sulfuración baja (Echavarría 1997, Echavarría *et al.* 2005).

En el depósito localizado en la porción sur del cordón de Esquel (conocido como El Desquite), el apoyo de la empresa (Minera El Desquite) al criterio de los geólogos del proyecto, permitió reconocer en 1999 la continuidad en el subsuelo entre las vetas Galadriel Sur y Julia (alrededor de 2000 m), lo que constituyó un gran paso para definir la magnitud del depósito (Damián Echavarría, com. pers. 2002). Una de sus particularidades es la presencia de pirobitumen, que alcanzan a 0,4% en las vetas pero que se incrementa notablemente (hasta 12%) como impregnaciones en la roca hospedante (Blesa 2004). La generación de hidrocarburos

en este sistema epitermal ha sido discutida por Blesa (2005). Otro sistema vetiforme (ver Soechting 2001) como el de Joya del Sol donde la empresa Sunshine comenzó la exploración en 1997 (veta Natasha) se halla a unos 14 km al norte de El Desquite.

En el noreste del Macizo del Deseado el depósito San José (Ag>Au) también registraba inicialmente sólo pequeños afloramientos de vetas (principalmente la llamada veta Huevos Verdes) y se convirtió en el depósito económico que actualmente se explota, cuando se reconoció la continuidad de dichas vetas, por varios kilómetros, debajo de la cubierta de basaltos cenozoicos.

Las vetas ONO-ESE portadoras de Ag>Au de los distritos Manantial Espejo y mina Marta, separados en unos 18 km en esa misma dirección, podrían constituir una amplia faja mineralizada con gran potencial para el hallazgo de *ore shoots* en zonas de dilatación controladas por cambios de rumbo, del tipo señalado por Echavarría *et al.* (2005). Además, a unos 9 km al NO de mina Marta, se han reconocido pequeñas vetas de rumbo similar a las de esa mina, que fueron clasificadas como del tipo epitermal polimetálico con telururos de Au y Ag (Del Blanco *et al.* 1994).

Además de los presentados en el Cuadro 1, en el Macizo del Deseado se conocen muchos otros prospectos y manifestaciones con depósitos epitermales de la asociación metálica Au-Ag o Ag>Au, cuya localización se muestra en la Fig. 2. Son también mineralizaciones vetiformes que se alojan en las volcanitas jurásicas de las Formaciones Chon Aike y Bajo Pobre u, ocasionalmente, en metamorfitas de bajo grado de la Formación La Modesta (prospecto El Tranquilo y algunas pequeñas vetas en el prospecto La Josefina). Los depósitos Martinetas-Microondas y cerro Moro, de la región oriental del Macizo del Deseado, se hallan en etapas avanzadas de exploración; en Cerro Moro se registró fluorita junto a la ganga de cuarzo y adularia (Guido 2002). En etapas tempranas de exploración se hallan 1)

la región de La Manchuria donde, además de vetas ricas en Ag hospedadas en ignimbritas, se ha explorado mineralización diseminada con Au y metales base, alojada en domos lávicos (Tessone y Del Blanco 1998), 2) el prospecto Bajo Pobre, renombrado Alto Rico por Pérez *et al.* (2007) en el que además de vetas, estos autores mencionan mineralización en "stockworks" y diseminación con sulfuros y 3) los prospectos cerro Negro, Marianas-Eureka, La Emilia (sector noroeste del Macizo del Deseado), La Valenciana, Las Mellizas, San Agustín, Esperanza, La Bajada-El Tranquilo (sector centro-occidental del Macizo del Deseado) y Buena Esperanza (en el sector oriental). En esta porción oriental del Macizo del Deseado, además de cerro Moro, otras manifestaciones auríferas epitermales presentan ganga de fluorita en varias generaciones (La Paloma, Domínguez *et al.* 2004, La Beatriz, Nilni *et al.* 2005).

Mineralizaciones polimetálicas con Ag-Au o sólo con Ag

La mineralización más importante son los depósitos del área conocida como Navidad (polimetálico, rico en Ag) y sus recursos del orden de 20.000 t AgEq contenida (Aquiline Resources 2007a) lo colocarían en la categoría de "clase mundial". Su hallazgo es muy reciente ya que los primeros trabajos de exploración se registran en el año 2000. Su estilo de mineralización resultó novedoso (Lothka *et al.* 2005) y llevó a Montgomery (en Lothka *et al.* 2005) a proponer similitudes con los modelos de "sulfuros masivos hospedados en rocas volcánicas" (VHMS) o "sedimentario-exhalativos" (SedEx). Sin embargo, Sillitoe (en Aquiline Resources 2007a) concluye que se trata de un depósito epitermal formado a profundidades de unos 200 m debajo de la paleosuperficie y, sobre la base de datos de inclusiones fluidas, a temperaturas inferiores a los 200° C. A diferencia de los otros depósitos de la Patagonia, en Navidad no se ha detectado oro.

CUADRO 1: Principales características de los depósitos y prospectos más destacados de la Patagonia con mineralización de Au y/o Ag.

Nombre	Cont. sulfuros	Ag:Au	Morfología	Formación/roca hospedante	Reservas (RS) o Recursos (RC)
Mineralizaciones de Au-Ag o Ag>Au					
Cerro Vanguardia ⁽¹⁾	Bajo	<10:1	Vetas. Sistemas NO-SE y ONO-ESE, subverticales a 60°E y S, respectivamente. La longitud total de vetas es >150 km con segmentos de alta ("ore shoots"),	Fm Chon Aike. Ignimbritas silíceas	RC totales, 1995 (2): 140 t Au Eq* Producción 1998-2006 (2): 79 t Au Eq RC totales, 2006 (3): 115 t Au Eq
Cordón de Esquel ^(4,5)	Bajo (~3%)	<10:1	mediana y baja ley en Au-Ag Vetas. Sistemas ~N-S subverticales con espesores superiores a 50 m (hay repeticiones por fallamiento postmineral)	Fm Lago La Plata. Andesitas	RC totales superiores a 100 t Au. No se explota por razones externas al depósito.
Calcatreu ⁽⁶⁾	Bajo	~10:1	Vetas. Sistema NE-SO, subvertical. Longitudes de ~2 km. Sectores tipo stockwork	Fm Lonco Trapial. Rocas porfíricas y lavas mesosilíceas	RC ⁽⁶⁾ indicados: 22 t Au Eq; inferidos : 4,5 t Au Eq
Manantial Espejo ⁽⁷⁾	Bajo	>50:1	Vetas. Sistema principal ONO-ESE, subvertical a 60°S: veta María c/ ~2km, hasta 20 m de espesor. Hay pequeñas vetas polimetálicas.	Fm Chon Aike. Ignimbritas silíceas	RS ⁽⁸⁾ Probadas 16 t Au Eq (a 151 g/t Ag y 2,05 g/t Au). Probables 21 t Au Eq (a 181 g/t Ag y 2,66 g/t Au) + RC medidos e indicados de 9,6 t Au Eq
Mina Marta ⁽⁹⁾	Elevado (hasta 35%)	>800:1	Vetas. Sistema ONO-ESE, subvertical c/ ramificaciones E-O. Incluyen "ore shoots" muy ricos en Ag de hasta 200 x 2 m c/desarrollo vertical de ~70 m	Fm Chon Aike. Ignimbritas silíceas	RS ⁽¹⁰⁾ : probadas 66 t Ag, probables: 123 t Ag. RC medidos+indicados: 60 t Ag
San José ⁽¹¹⁾	s.d	~60:1	Vetas. Sistema NO-SE, subvertical a 65° NE. Longitudes > 2 km y 1-2 m de espesor c/mineralización en segmentos	Fms Bajo Pobre y Chon Aike. Andesitas e Ignimbritas silíceas	RC ⁽¹²⁾ : medidos ~21,8 t AuEq, inferidos 13,7 t AuEq
La Josefina ⁽¹³⁾	variable	<10:1 >30:1	Vetas. Sistema NO-SE, subvertical a 60 E. Brechas hi-drotermales. Probables mineralizaciones superpuestas	Fm Chon Aike. Ignimbritas silíceas	Recursos no estimados
Mineralizaciones polimetálicas Au-Ag o sólo Ag					
Distrito Los Manantiales ⁽¹⁴⁾	Elevado	20:1 ?	Vetas. Sistema NE-SO, subvertical. Longitudes hasta 1500 metros. Diseminación en vetillas irregulares (relacionadas a vetas) hasta 20 m de espesor	Fm Lonco Trapial (o Taquetrén). Andesitas y brechas andesíticas	Reservas históricas (14): ~0,6 Mt con 3,1 g/t Au, 55 g/t Ag, 5% Zn, 2% Pb y 0,05% Cu
Navidad ⁽¹⁵⁾	Elevado	Au ausente	Mantiforme. Reemplazos, rellenos en brechas, reemplazos y sistemas de vetillas en 3 fajas orientadas NO-SE, de hasta 8 km de largo.	Fm Cañadón Asfalto. Brechas traquíticas, sedimentitas clásticas y carbonáticas	RC (15) ley de corte >50 g/t AgEq: medidos 3354 t AgEq (ley 152 g/t Ag y 1,59% Pb); indicados: 15824 t AgEq (ley 109 g/t Ag y 1,01% Pb)
El Faldeo (Chile) ⁽¹⁶⁾	s/datos	s/datos	Mineralizaciones mantiformes. Diseminación y vetillas (etapa 2)(9). Diseminación y stockwork (etapa 3) ⁽⁹⁾	Fm Ibáñez. Ignimbritas, rocas volcánicas clásticas e intrusivos	RC? (16): 15,5 t Au (ley 1,2 g/t Au). RC? (16): 8 Mt a 4% Zn, 2% Pb, 31 g/t Ag y 0,6 g/t Au
Mineralizaciones polimetálicas complejas Au-Ag					
Cerro León ⁽¹⁷⁾	Elevado (20 a 90%)	>200:1	Vetas. Sistema NO-SE	Fms El Tranquilo y Roca Blanca. Rocas sedimentarias y volcánicas	s/datos
San Roque ⁽¹⁸⁾	n.d	n.d	Vetas. Sistemas	Fm Marifil?, granitoides pérmicos?	s/datos

*Los recursos y reservas (en toneladas de metal) fueron calculados a partir de los tonelajes y leyes de la referencia correspondiente.

En el distrito Los Manantiales, las reservas que se estimaron en mina Ángela permiten considerarlo como de un depósito pequeño, sin embargo en su época de actividad extractiva (1979-1993) no se exploraron con detalle los cuerpos con mineralización diseminada, ni tampoco la totalidad del distrito. Luego del cese de la explotación, la exploración fue continuada por otras empresas y prosigue hasta la actualidad, aunque los autores no cono-

cen sus resultados. Es importante destacar que en este distrito la orientación de los cuerpos vetiformes en dirección NE es similar a los del prospecto Calcatreu (Au-Ag), situado a unos 45 km al NO y hospedados en rocas volcánicas similares en composición y edad. Además de los citados en el Cuadro 1, muchas otras manifestaciones y prospectos poseen esta asociación metálica aunque algunas de ellas podrían vincularse a

eventos magmáticos pre- o post-jurásicos.

En el sector suroccidental del Macizo de Somún Curá, se conocen manifestaciones polimetálicas en las minas Santa Máxima, Cañadón Bagual, Stella Maris y Calafate, donde en el pasado se realizaron labores subterráneas de exploración. Son cuerpos vetiformes irregulares con disposición "en rosario" alojados en volcánicas de la Formación Lonco Trapial,

Nombre	Alteración hidrotermal	Texturas	Minerales de mena	Minerales de ganga	Tipología
Mineralizaciones de Au-Ag o Ag>Au					
Cerro Vanguardia ⁽¹⁾	Silíceo, illítica/sericitica	Coloforme, crustiforme, brechosa, remplazo de cal	Au ⁰ , electrum, arg, uyt, ptz, pyrg, frei, SMB. Py, asp	Ccd, Qz (microcristalino), cal (seudomorfos), adu, ill, kao (supergénico?), bar, <rdc, << fl	Epitermal de sulfuración baja
Cordón de Esquel ^(4,5)	Silíceo, impregnación por HC, adularia, illítica, illítica/esmectítica, propilítica	Coloforme, crustiforme, brechosa, remplazo de cal	Electrum, Au ⁰ , SMB, telururos de Au y Ag, sulfosales de Ag y Cu, py, asp, stbn, mrc	Ccd, Qz (microcristalino), cal (seudomorfos y tardía), adu, pirobitumen	Epitermal de sulfuración baja
Calcatreu ⁽⁶⁾	Silíceo, illítica/sericitica	s/d	Electrum, Au nativo, argentita, SMB, py	Ccd, Qz (microcristalino), cal	Epitermal de sulfuración baja
Manantial Espejo ⁽⁷⁾	Silíceo, illítica/sericitica	Coloforme, crustiforme, brechosa, remplazo de cal	Electrum, arg, frei, pyrg, stmy, uyt, SMB. Py, asp	Ccd, qz (microcristalino), adu, cal (seudomorfos), bar	Epitermal de sulfuración baja/intermedia
Mina Marta ⁽⁹⁾	Silíceo, illítica/sericitica, propilítica	Masiva, brechosa, crustiforme Crustiforme, coloforme remplazo de cal	Pyrg, Ag ⁰ , frei, plb, electrum, arg, SMB. Py, asp, mrc	Qz, adu	Epitermal de sulfuración intermedia
San José ⁽¹¹⁾	s/d	Crustiforme y brechosa, remplazo de cal	s/d	Qz	Epitermal de sulfuración intermedia?
La Josefina ⁽¹³⁾	Silíceo, illítica, illítica/esmectítica, propilítica	Crustiforme.	Au ⁰ , electrum, SMB, born, td, Py, hm	Ccd, qz, adu, bar, cal (seudomorfos)	Epitermal de sulfuración baja/intermedia
Mineralizaciones polimetálicas Au-Ag o sólo Ag					
Distrito Los Manantiales ⁽¹⁴⁾	Illítica, illítica/esmectítica, propilítica	Remplazos semi-masivos.	SMB, enr, td-tn, bn, electrum. Py, po, hm	Qz, carbonatos, adularia	Epitermal de sulfuración intermedia?
Navidad ⁽¹⁵⁾	s/d	Crustiforme	SMB, Ag ⁰ , arg, sulfosales de Ag y Cu, <Cu ⁰ . Py, asp, mrc	Cal, bar, <qz	Epitermal de sulfuración intermedia. Sedimentario-exhalativo?
El Faldeo (Chile) ⁽¹⁶⁾	s/d	s/d	Au nativo, SMB. Py, asp	s/d	Epitermal + mesotermal (9)
Mineralizaciones polimetálicas complejas Au-Ag					
Cerro León ⁽¹⁷⁾	s/d	Crustiforme, masiva, brechosa, remplazo de cal	SMB, cas, td, bourn, frei, grnk, kest, wolframita, sulfosales de Pb-Bi-Ag, enr. Py, asp	Qz	Epitermal de sulfuración intermedia?
San Roque ⁽¹⁸⁾	s/d	s/d	SMB	Qz, fl	s/datos

(1) Schalamuk *et al.* 2002 (2) Material impreso proporcionado por Cerro Vanguardia SA. (3) AngloGold Ashanti 2006 (4) Sillitoe *et al.* 2002 (5) Blesa 2004 (6) Aquiline Resources 2007b (7) Echeveste 2005a. (8) www.panamericansilver.com, diciembre 2007 (9) González Guillot *et al.* 2004. (10) www.coeur.com, diciembre 2007 (11) Dietrich *et al.* 2005. (12) www.minandes.com, diciembre 2007 (13) Moreira 2005 (14) En Márquez 1999 (15) Aquiline Resources 2007a. (16) Palacios *et al.* 2002 (17) Jovic *et al.* 2006. (18) Meldrum 2000. Abreviatura de minerales: adu (adularia), arg (argentita), asp (arsenopirita), bar (baritina), bn (bornita), bourn (bournonita), cal (calcita), cas (casiterita), ccd (calcedonia), enr (enargita), fl (fluorita), frei (freibergita), grnk (greenokita), hm (hematita), HC (hidrocarburos), ill (illita), kao (caolinita), kest (kesterita), mrc (marcasita), plb (polibasita), po (pirrotita), ptz (petzita), py (pirita), pyrg (pirargirita), qz (cuarzo), rdc (rodocrosita), SMB (sulfuros de metales base: galena esfalerita, calcopirita), stbn (estibnita), stmy (stromeyerita), td-tn (tetraedrita-tennantita), uyt (uytebogaardtita). s/d: sin datos. * equivalencia sobre valor 1:60 (Au:Ag).

con mineralización de sulfuros de metales base, tetraedrita y oro, acompañados por pirita y pirrotita en ganga de cuarzo, calcita y adularia (Márquez *et al.* 1988). Su carácter epitermal fue señalado por Saulnier (1975) y Márquez *et al.* (1988) que-

nes propusieron una génesis de baja temperatura y profundidad. El actual proyecto Fortuna (minas Stella Maris y Calafate) ha sido motivo de una reciente exploración mediante perforaciones. Los autores de este trabajo no conocen información

pública que indique los recursos de estas mineralizaciones polimetálicas.

En la región cordillerana, a unos 30 km al oeste del Cordón de Esquel se localiza el depósito Huemules, que estuvo en explotación hasta hace algunos años aprove-

CUADRO 2: Temperaturas de homogenización y salinidades de inclusiones fluidas de mineralizaciones de Au y Ag de la Patagonia.

Yacimiento	Prov. Geológica	Asociación metálica	Mineral	Temperatura (°C)	% NaCl eq en peso	Ref.
Cerro Vanguardia	MD	Au-Ag	Cuarzo	>frec 250- 260	1,5-3,0	(1)
Cordón Esquel	CordPS	Au-Ag	Calcita EP1	170-180	0-1,6	(2)
			Cuarzo EP5	130-165	0-0,35	
			Calcita EP8	200-210	n.d	
			Cuarzo EP8	180-190	n.d	
Manantial Espejo	MD	Ag>Au	Cuarzo	200, 240 y 275	0,35-6,54	(3)
Mina Martha	MD	Ag>Au	Pirargirita	140-170	7,7-10	(4)
Calcatreu	MSC	Au-Ag	Cuarzo	216-<260	0,8-3,7	(5)
			Calcita	224-239	0,3-2,5	
			Esfalerita	139	3,7	
El Dorado-Monserrat	MD	Au-Ag	Cuarzo	160-280	0-5,6	(6)
			Baritina	160-190	6,4-16	
La Josefina	MD	Au-Ag	Esfalerita	190-200	1,7-3,4	(7)
			Adularia	250-270	4,6	
Cerro Moro	MD	Au-Ag	Cuarzo	240-300	4,13	(8)
La Manchuria	MD	Ag-Au	Cuarzo	130-150, 245-255	<3	(9)
		Polimetálico?	260-280	1,7-3,4		
La Esperanza	MD	Au-Ag	cuarzo	160-220 (moda a 180-200)	4,5	(10)
Cerro León	MD	Polimetálico complejo	Esfalerita	255-265,2	4,3-8,8	(11)
Ea. Beatriz	MD	Fluorita-Au?	Cuarzo	190-220	3-4	(12)
			Fluorita	100-190	2-3,5	
			Calcita	125-140	0,5-1,5	
Navidad	MSC	Polimetálico (Ag)	calcita	<200	s/d	(13)
Mina Angela	MSC	Polimetálico	Cuarzo	260-298	1,6-3,1	(14) y (15)
			Cuarzo	278-338	3,2-5,7	
El Faldeo (Chile)	CordPA	Au-Ag	Cuarzo E2	140-170	0,2-3,4	(16)
		Polimetálico	Cuarzo E3	250-330	4-23	
Cañadón Bagual	MSC	Polimetálico	Cuarzo	188-343	4,3-8	(14)
Calafate	MSC	Polimetálico	Esfalerita	220-226	9,6-10,4	(14)

(1) Zubia *et al.*, 1999, (2) Blesa 2004, (3) Schalamuk *et al.* 1998, (4) Schalamuk *et al.* 2005, (5) MICON. 2004, (6) Echavarría 2004, (7) Moreira 2005, (8) Guido 2005, (9) Tessone 1999, (10) Mykietiuk y Curci 2004, (11) Jovic *et al.* 2007, (12) Nillni *et al.* 2005, (13) Lang 2002, citado en Snowden 2007, (14) Dejonghe *et al.* 2002, (15) Bengochea y Varela 1988, (16) Palacios *et al.* 1997. Abreviaturas: EP (etapa principal), E (etapa). CordPA: Cordillera Patagónica Austral, CordPS: Cordillera Patagónica Septentrional, MD: Macizo del Deseado, MSC: Macizo de Somún Curá.

chando principalmente algunos ore shoots muy ricos en Au; la mineralización se aloja en una secuencia volcano-sedimentaria del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Formación Cañadón Huemules) y fue considerada Paleógena (Viera y Hughes 1999). En las inmediaciones del lago Fontana, la mineralización polimetálica de la mina Ferrocarrilera, alojada en andesitas de la Formación Lago La Plata, sería cretácica inferior de acuerdo a las dataciones efectuadas por Rolando (2001). En la Cordillera Patagónica Austral, se conocen numerosos cuerpos veti-

formes con mineralización polimetálica (+Ag, Au?) con una efímera actividad extractiva en el pasado (río Oro y otras manifestaciones situadas más al sur); sin embargo, sobre la base de sus relaciones espaciales, fueron vinculados por Márquez (1988) con el magmatismo mioceno. Actualmente se efectúan trabajos de exploración en el proyecto cerro Cuadrado al este del lago Pueyrredón, con resultados que indican mineralización de Zn-Ag con Pb y algo de Au (<http://www.suramina.com>, enero 2008). En territorio chileno se han explotado los

depósitos polimetálicos de Fachinal y El Toqui, pero de acuerdo con los datos geocronológicos (Fig. 3) estos son post-jurásicos, por ello Townley y Palacios (1999) propusieron las provincias metalogénicas El Faldeo (Jurásico Superior) y Fachinal - El Toqui (Cretácico Inferior). En el distrito fluorítico y caolínico de Los Menucos, situado en la porción norte del Macizo de Somún Curá, se conocían desde hace más de 50 años pequeñas vetas con mineralización polimetálica (Bernabó *et al.* 1984). Su exploración fue reactivada en el año 2003 con el objetivo de definir su potencial en Au y Ag. Entre estas mineralizaciones se cuentan las de los prospectos Dos Lagunas, cerro La Mina y Toruel. En este último (con antiguas explotaciones de Pb-Ag y fluorita) se halló mineralización polimetálica rica en Cu, con Au y Ag, en vetas y brechas hidrotermales (<http://www.marifilmines.com>, diciembre 2007). Giacosa *et al.* (2007) vinculan extensas zonas de alteración silíceas y arcillosas así como las vetas de fluorita, a fallas transcurrentes E-O. Las mineralizaciones se alojan en volcánicas del Complejo (o Grupo) Los Menucos, de edad triásica, con algunos intrusivos hipabisales probablemente del Jurásico Inferior (Lema *et al.* 2005). Una edad de las rocas alteradas de 232 ± 8 (Franco *et al.* 1999) define a la mineralización del distrito Los Menucos como triásica. Dos modelos de depósitos epitermales han sido sugerido para estos prospectos con Au y Ag, de sulfuración alta (Franco *et al.* 1999) y de sulfuración baja (Gimeno *et al.* 2000). Alteraciones hidrotermales que se vinculan a ambos modelos ocurren juntas en el prospecto Cerro La Mina (Ducart 2007). Sin embargo, el tipo de mineralización dominante en el distrito Los Menucos aún no puede ser definido con certeza (Waldo Pérez, com. pers. 2006).

Mineralizaciones polimetálicas complejas con Ag-Au

Son similares a las tratadas previamente pero se las separa debido a algunos re-

cientes hallazgos en donde se registran minerales portadores de In, Cd, Sn, W y Bi (o bien elevados contenidos geoquímicos en estos elementos) además de metales base, oro y plata.

En el prospecto Cerro León, en el sector central del Macizo del Deseado, estas mineralizaciones consisten en vetas de cuarzo de hasta algunos miles de metros de longitud con abundantes sulfuros (20 a 90% de acuerdo a Jovic *et al.* 2006) que se alojan principalmente en las Formación Roca Blanca (Jurásico Inferior). De las tres etapas de relleno hidrotermal definidas por estos autores, la intermedia es la portadora de las mayores proporciones de sulfuros con "metales raros" (In, Cd) y se habría formado a temperaturas del orden de 260° C y salinidades de 4 a 9% NaCl eq. en peso (Jovic *et al.* 2007).

El distrito San Roque se localiza a unos 30 km al ESE de la localidad de Valcheta, en el NE del Macizo de Somún Curá. La compañía que lo exploró entre 2000 y 2002, lo desestimó debido que no respondía a su objetivo de hallazgo de mineralización económica de baja ley y gran volumen. Posteriormente fue adquirido por otra empresa que continuó la exploración y halló notables concentraciones de indio, entre los que señalan intersecciones de perforación con valores superiores a 1500 ppm In (probablemente en esfalerita), además de Zn, Pb, Cu, Ag y Au (<http://www.marifilmines.com>, diciembre 2007). La mineralización se presenta en sistemas de vetas de cuarzo y cuarzo-fluorita, alojadas en volcanitas asignadas al Jurásico (probablemente la Formación Marifil), en sienitas y en metasedimentitas paleozoicas (Meldrum 2000).

También en las inmediaciones de la localidad de Valcheta se conocen antiguas manifestaciones polimetálicas vetiformes en muchos casos con fluorita, que hasta ahora revisten poco interés económico. Entre ellas, las vetas alojadas en granitos de la mina San Martín, que además de sulfuros de metales base poseen importantes proporciones de hübnerita y además, casiterita y sulfosales de Sn, Bi, Cu y

Ag (Brodtkorb y Brodtkorb 1969, Brodtkorb y Paar 1993) en ganga de cuarzo, feldespato y fluorita. De acuerdo a Gómez y Alliotta (1999) esta mineralización compleja, que definen como del tipo greisen, se habría formado en dos rangos de temperatura: 280-330° C y 218-225° C correspondiendo las temperaturas más bajas al estadio de mayor precipitación de sulfuros. Su edad no se conoce con certeza.

Debe mencionarse que minerales de estaño, también han sido hallados en depósitos polimetálicos de la cordillera (Arizmendi *et al.* 1992) aunque estos depósitos fueron asignados al Terciario.

LOS FLUIDOS HIDROTERMALES

Los principales parámetros sobre los que se cuenta con información acerca de las soluciones hidrotermales de depósitos de Au-Ag de la Patagonia, corresponden a sus temperaturas y salinidades (mediciones en inclusiones fluidas) y composición de isótopos estables.

En el Cuadro 2 se presenta una recopilación de temperaturas y salinidades de los distintos tipos de depósitos. En pocas ocasiones estas determinaciones están acompañadas de precisiones sobre la etapa hidrotermal a la que pertenecen; esto puede deberse a que en las fases de exploración iniciales no siempre es posible definir los pulsos mineralizantes y las relaciones de corte entre ellos. Debido a que en los depósitos epitermales los rellenos normalmente son multiepisódicos, muchos datos de ese cuadro deben tomarse con cautela.

Del Cuadro 2 se desprende que las mineralizaciones se formaron en el rango de temperatura de depósitos epitermales (150-300° C, Simmons *et al.* 2005), con salinidades correspondientes a soluciones diluidas o débilmente salinas que frecuentemente presentan los depósitos epitermales de Au-Ag de sulfuración baja y de sulfuración intermedia (< 5 % NaCl equivalente en peso, Simmons *et al.* 2005). Coincidentemente con lo señalado

por estos autores (salinidades en el rango de <10- <20 % NaCl equivalente en peso para los depósitos epitermales de Ag, Pb y Zn) en el Cuadro 2 se destaca que las salinidades de los fluidos que formaron las mineralizaciones polimetálicas con Ag-Au son superiores a las de los fluidos de las mineralizaciones de Au-Ag, excepto las de las inclusiones fluidas en baritina de El Dorado-Monserrat y de pirargirita de mina Marta.

Algunas particularidades pueden señalarse en algunos depósitos. En general se considera que los pulsos hidrotermales más tempranos son de mayor temperatura que los tardíos, sin embargo en el cordón de Esquel, Blesa (2004) registró una etapa tardía (EP-8) de mayor temperatura que la previa más rica en Au (EP-5), aunque sin poder determinar su contenido salino. En El Faldeo, Palacios *et al.* (1997) señalan un incremento de temperatura y salinidad en la mineralización tardía polimetálica (Zn), adjudicada por Parada *et al.* (1997) a un progresivo hundimiento, simultáneo con el emplazamiento de magmas y con los procesos mineralizantes.

Los datos de isótopos de oxígeno obtenidos para algunos depósitos y prospectos (Echavarría 2004, Schalamuk *et al.* 1999, Guido 2002, Moreira 2005) indican composiciones de fluidos que estarían comprendidas entre las de vapores magmáticos y magmas félsicos y las de aguas meteóricas (rango de $\delta^{18}\text{O}$ ‰ de 4 a -10). A partir de estos datos puede inferirse que los fluidos hidrotermales estaban constituidos por una mezcla de aguas meteóricas y magmáticas.

PISO Y TECHO DE LAS MINERALIZACIONES

Conforme a las características señaladas, el rango de profundidad en que se deben haber formado los depósitos de Au y Ag jurásicos en la Patagonia, corresponde al de los depósitos epitermales. De acuerdo a la reconocida clasificación de Lindgren (1933) éstos se generan en ambientes corticales poco profundos, estimados en-

tre los -50 y -1500 metros desde la paleosuperficie, o más precisamente desde el paleonivel freático.

El piso o desarrollo en profundidad de depósitos epitermales se establece normalmente por cambios mineralógicos, disminución de espesores mineralizados y/o de leyes de Au y Ag, pero a menudo queda definido por aspectos económicos de la explotación y las cotizaciones de los productos.

Las evidencias más destacables de los niveles menos profundos (techo), son los sinter producidos por surgentes termales y las silicificaciones generadas por aguas calentadas por vapor, en ambos casos relacionadas al régimen hidrológico y al paleonivel freático. Su reconocimiento es de gran importancia ya que su presencia indicaría la posibilidad que depósitos epitermales permanezcan intactos en profundidad; sin embargo estos rasgos no se conservan con frecuencia, sobre todo en depósitos epitermales preterciarios o emplazados en áreas con fuertes tasas de erosión.

En el sector cordillerano los depósitos del Cordón de Esquel se formaron a una profundidad máxima de -200 debajo del paleonivel freático (Blesa 2004) y los de El Faldeo, entre -100 y -800 m (Palacios *et al.* 1997), ambos en un ambiente con altas tasas de erosión, por lo que deben haberse preservado debajo de una cobertura sedimentario-volcánica jurásica y postjurásica hasta que fueron exhumados.

En varios sectores del Macizo del Deseado se han descrito sinter silíceos jurásicos (Schalamuk *et al.* 1999, Guido *et al.* 2002a) o bien, depósitos carbonáticos (en parte silíceos) con desarrollos algales en ambientes lacustres (Marchionni *et al.* 1999, Guido *et al.* 2002b, Moreira *et al.* 2002, Echeveste 2005b, Moreira *et al.* 2005, Andrada *et al.* 2005) vinculados a surgentes termales. Por otra parte, en rocas piroclásticas de la Formación Chon Aike se registran numerosas silicificaciones masivas que parecen corresponder a reemplazos producidos por aguas calentadas por vapor en el paleonivel freático.

En el prospecto de Au-Ag del cerro Guanaco, Mykietiuk *et al.* (2005) propusieron que la superposición de estas alteraciones silíceas con la alteración argílica más profunda, se debió a la depresión del nivel freático. En el prospecto La Josefina (Moreira 2005) o en el noroeste del Macizo del Deseado (Guido *et al.* 2002b) estos cuerpos silíceos generados a profundidades someras están relacionados, al menos espacialmente, con mineralizaciones epitermales de Au y Ag. Esto permite interpretar que en el Macizo del Deseado existen zonas, o bloques tectónicos, donde niveles cuspidales de sistemas geotermales jurásicos fueron preservados de la erosión.

No se conocen muchas evidencias de niveles de techo de sistemas hidrotermales en el Macizo de Somún Curá, pero específicamente en el prospecto Navidad algunos cuerpos mineralizados se generaron en un ambiente poco profundo (inferior a -200 m de acuerdo a Sillitoe en Aquiline Resources 2007a), ya que reemplazaron y fueron en parte sincrónicos con la sedimentación lagunar y desarrollos algales. Por otra parte, Montecinos *et al.* (2004) registraron un sistema geotermal con temperaturas entre 80 y 180° C que afectó a las volcanitas básicas de la Formación Lonco Trapial, que también parece indicar un nivel poco profundo de la actividad hidrotermal.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En todos los depósitos que se encuentran actualmente en explotación (o demorados por razones externas al depósito) la mineralización es de tipo vetiforme, lo que evidencia un marcado control estructural. También las vetas son los principales objetivos de exploración en la mayoría de los prospectos, aunque en ocasiones se incluyen redes de vetillas subparalelas y stockworks. Sin embargo también se han hallado mineralizaciones diseminadas, normalmente con bajos tenores en oro, alojadas en domos de lavas riolíticas como en el área de La Manchu-

ria y en algunos prospectos del noroeste del Macizo del Deseado; posiblemente esos contenidos de oro no resultaron en su momento atractivos para continuar la exploración. Diferente al resto es el prospecto Navidad, en el Macizo de Somún Curá, donde el principal control de la mineralización parece ser litológico, con un control estructural subordinado asociado a estructuras regionales orientadas NO-SE.

Considerando el estilo de mineralización vetiforme como el dominante en los depósitos de la Patagonia, si bien se han propuesto algunas posibles calderas (Fernández *et al.* 1996, Chernicoff y Salani 2002), las mineralizaciones no parecen asociarse a las típicas fallas radiales y anulares relacionadas con estas formas volcánicas si no que, fundamentalmente están confinadas a sistemas extensionales de fracturas tardías respecto a la (o las) actividad volcánica más intensa. En el Macizo del Deseado estos sistemas, orientados principalmente NNO-SSE y ONO-ESE tienen influencia en el control de las mineralizaciones tanto a nivel regional (Andrada de Palomera y Carranza 2005) como local (Echavarría *et al.* 2005, Echeveste 2005a, Dietrich *et al.* 2005, entre otros). Soechting (2001) también propone el control tectónico de vetas del cordón de Esquel a partir de esfuerzos de cizalla sinistral.

Por otra parte, de acuerdo con los fechados radiométricos existentes (si bien son escasos) las mineralizaciones son algunos millones de años más jóvenes (Fig. 3) que las rocas encajantes (cerro Vanguardia, cordón de Esquel -El Desquite-, Manantial Espejo, El Faldeo). Esto permite inferir, como señaló Echavarría *et al.* (2005), que la circulación de fluidos hidrotermales y la depositación de metales en los sitios propicios, ocurrió cuando el episodio volcánico se estaba extinguiendo, en un ambiente dominado por esfuerzos extensionales.

La presencia de manifestaciones hidrotermales superficiales tales como sinter o silicificaciones producidas por aguas calentadas por vapor, indican zonas o

bloques tectónicos donde se preservó el techo de los sistemas hidrotermales y por lo tanto las porciones más profundas del sistema con potenciales mineralizaciones de Au y Ag. Si bien en los depósitos epitermales el rango con mineralizaciones de mayor ley en Au-Ag se halla entre los -50 y -250 m debajo del paleonivel freático, hay ejemplos a nivel mundial en que se extiende a mayor profundidad, como en el distrito aurífero Hauraki, en Nueva Zelanda, donde alcanza hasta 700 m debajo de la superficie actual o Pachuca-Real del Monte, en Méjico, con vetas ricas en plata en un rango de profundidad de alrededor de 800 m (Simmons *et al.* 2005).

En los sistemas hidrotermales la provisión de agua es un factor fundamental y ésta puede provenir tanto de fuentes magmáticas como de aguas subterráneas y superficiales. Tal como sugieren las salinidades relativamente bajas y los datos isotópicos, las aguas meteóricas (subterráneas y superficiales) se habrían incorporado y formado parte de los fluidos hidrotermales que generaron algunos de los depósitos de la Patagonia. En este sentido, las variaciones climáticas pueden haber jugado un rol importante, principalmente durante los períodos de clima húmedo habría mayores aportes para alimentar los sistemas de aguas subterráneas que pueden alcanzar zonas profundas en un ámbito de fracturamiento extensional adecuado. A medida que descenden y arriban a las zonas de altos gradientes geotérmicos que aún perduran al final del volcanismo, se calientan y vuelven a ascender, formando así amplias celdas hidrotermales convectivas en las que también intervienen los fluidos magmáticos. Según Cravero *et al.* (1991) a fines del Jurásico y principios de Cretácico prevaleció en la Patagonia un clima templado y húmedo. En el Macizo del Deseado, evidencias de este clima durante el Jurásico tardío son inferidas además, por el desarrollo de bosques de coníferas y la proliferación de sistemas lagunares. Asimismo en el Macizo de Somún Curá, los sistemas lacustres con formaciones bioher-

males originadas entre episodios volcánicos correspondientes a la Formación Cañadón Asfalto, indican cambios climáticos con predominio de condiciones cálidas y subáridas (Cabaleri y Armella 2005). Esta hipótesis, que vincula las mineralizaciones con el clima jurásico de la Patagonia, aún debe probarse.

Algunos aspectos merecen todavía una cuidadosa evaluación como objetivos potenciales de futuras exploraciones por mineralización de Au y Ag. Los depósitos epitermales de fluorita están distribuidos en un área extensa. Se alojan en volcánicas de la Formación Marifil (Jurásico Inferior) en el área oriental del Macizo de Somún Curá, y también en su porción norte, en rocas volcánicas algo más antiguas (Triásico- Jurásico Inferior). En los hospedados en la Formación Marifil se registraron tenores anómalos en Au (Bonuccelli 1998, Massaferro y Haller 2001), mientras que en el norte, los yacimientos fluoríticos están asociados espacialmente a manifestaciones y prospectos de Au y Ag, aunque pueden ser tardíos (Ducart, 2007). Pequeñas manifestaciones de fluorita, o bien la presencia de este mineral en la ganga cuarcifera de prospectos auríferos se conoce, además, en el noreste del Macizo del Deseado (prospectos cerro Moro y La Paloma). Como mineral de ganga, la fluorita es común en depósitos epitermales vinculados a rocas magmáticas alcalinas, no obstante este mineral también se presenta en algunos depósitos epitermales relacionados a volcanismo calcoalcalino (Simmons *et al.* 2005, tabla A1).

Las brechas turmalinizadas no son comunes en las mineralizaciones epitermales, sin embargo, en el Macizo del Deseado Echeveste (2005a) reconoció brechas de este tipo vinculadas a explosiones freato-magmáticas en el distrito Manantial Espejo y también Pérez *et al.* (2007) en el área de Bajo Pobre. En ninguno de estos hallazgos se menciona la presencia de oro. El descubrimiento reciente del depósito de oro Sari Gunay (noroeste de Irán) donde la mineralización epitermal tardía (de mayor contenido en Au) se

emplazó en diatremas y brechas hidrotermales turmalinizadas (Richards *et al.* 2006), podría ampliar el espectro de la exploración a estas alteraciones hidrotermales no convencionales para albergar mineralizaciones de metales preciosos.

El magmatismo jurásico de la Patagonia se ha transformado, en menos de 20 años, en una época y región de grandes expectativas para hallazgos de mineralizaciones de oro y plata. El primer depósito de "clase mundial" (> 100 t Au) inició su producción en 1998 (cerro Vanguardia). Su descubrimiento constituyó un salto cuali- y cuantitativo que influyó en el incremento de los esfuerzos de exploración en el Macizo del Deseado, los cuales condujeron a nuevos hallazgos y actividades extractivas. En el año 2000 se define otro yacimiento de oro de "clase mundial" en el Cordón de Esquel (Cordillera Patagónica Septentrional) y en el año 2005 se reconoce la magnitud de la mineralización del prospecto Navidad, que si bien es del tipo polimetálico sin oro, sus recursos en plata lo colocarían dentro de esta categoría.

A juicio de los autores y comparando los recursos hallados con los de otras regiones del mundo similares en extensión y en ambiente geológico, los terrenos jurásicos de la Patagonia poseen todavía un alto potencial para el hallazgo de nuevos depósitos de oro y plata. Los esfuerzos en exploración, orientados sobre la amplitud de posibilidades que por sus características ofrecen los hallados hasta el momento en territorio patagónico, permitirán continuar con el incremento de los recursos mostrados en la Fig. 1.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a numerosos colegas del ámbito académico, instituciones públicas y empresas privadas que desde hace muchos años investigan los depósitos minerales de la Patagonia. Sin sus valiosos aportes no habría sido posible una revisión como la que aquí se presenta. Un especial agradecimiento para los organizadores de 3^{er}. Simposio Ar-

gentino del Jurásico, tanto por la invitación a uno de los autores (RRF) para pronunciar una conferencia en el marco de dicho evento, como por su dedicación y esfuerzos para que muchas de las contribuciones comunicadas en ese simposio, sean publicadas en un número especial de la Revista de la Asociación Geológica Argentina.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alric, V.I., Haller, M.J., Féraud, G., Bertrand, H. y Zubia, M. 1996. Cronología $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del volcanismo jurásico de la Patagonia Extra-andina. 13° Congreso Geológico Argentino. Actas 5: 243-250, Buenos Aires.
- Andrada de Palomera, P., Moreira, P. y Fernández, R. 2005. Manifestaciones de tipo "hot spring" asociadas al volcanismo jurásico del área La Esperanza Oeste, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 339-346, La Plata.
- Andrada de Palomera, P. y Carranza, E.J. 2005. Analysis of spatial distribution of epithermal gold deposits in the Deseado Massif, Santa Cruz province. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 715-723, La Plata.
- Angelelli, V. 1950. Recursos minerales de la República Argentina. I Yacimientos metalíferos. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Serie Ciencias Geológicas 2: 1-543, Buenos Aires.
- Angelelli, V. 1984. Yacimientos metalíferos de la República Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. Tomo 1: 1-391 y Tomo 2: 392-704, La Plata.
- Angelelli, V. y Fernández Lima, J.C. 1980. I- Reseña de los ciclos metalogénicos de la República Argentina. II- Provincias Metalogénicas. En: Turner, J.C.M (ed) Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 2: 1603-1640, Córdoba.
- Angelelli, V., Fernández Lima, J.C., Herrera, A. y Aristarain, L. 1970. Descripción del mapa metalogénico de la República Argentina. Dirección Nacional de Geología y Minería. Anales 15: 1-172, Buenos Aires.
- AngloGold Ashanti 2006. Annual Report. <http://www.anglogold.com> {diciembre 2007}.
- Arizmendi, A., Márquez, M.J., Parisi, C. y Brodtkorb, M.K. de 1992. Mineralogía de los depósitos polimetálicos miocenos de la Cordillera Patagónica Austral, Santa Cruz, Argentina. 1ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia. Instituto de Recursos Minerales, Publicación 2: 19-28, La Plata.
- Arribas, A. Jr., Schalamuk, I.B., de Barrio, R.E., Fernández, R.R. e Itaya, T. 1996. Edades radiométricas de mineralizaciones epitermales auríferas del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina. 39° Congreso Brasileño de Geología, Anais 7: 254-257.
- Aquiline Resources Inc. 2007a. Navidad Project, Chubut province, Argentina. Prepared by Snowden Consultants. <http://www.aquiline.com> {enero 2008}.
- Aquiline Resources Inc. 2007b. Calcatreu Gold Project. Initial Feasibility Study. Prepared by Snowden Consultants. <http://www.aquiline.com> {enero 2008}.
- Bengochea, A.L. y Varela, M.E. 1988. Las inclusiones fluidas del sector Susana Beatriz, mina Ángela, provincia del Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 43 (4): 462-473.
- Bernabó, E.A., Calmels, S.M. y Horak, M. 1984. Yacimientos Metalíferos. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro. 9° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 583-610, Buenos Aires.
- Blesa, A. 2004. Geology and mineralization of the Esquel area, Patagonia, Argentina. Master Sciences Thesis, Colorado School of Mines, (inédita) 195 p., Boulder.
- Blesa, A. 2005. Hidrocarburos en el depósito epitermal de Esquel, Chubut, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 697-704. La Plata.
- Bonuccelli, R. 1998. Emplazamiento de yacimientos de fluorita y prospección de sistemas epitermales en el Macizo Norpatagónico. 4ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia: 25-31, Bahía Blanca.
- Brodtkorb, M.K. de y Brodtkorb, A. 1969. Reseña mineralógica del yacimiento San Martín, Valcheta, provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 24: 15-20.
- Brodtkorb, M.K. de y Paar, W. 1993. Redefinición de cuatro minerales del yacimiento San Martín, Valcheta, provincia de Río Negro. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 90-91, Mendoza.
- Cabaleri, N.G. y Armella, C. 2005. Influence of a biohermal belt on the lacustrine sedimentation of the Cañadon Asfalto Formation (Upper Jurassic, Chubut province, Argentina). Geologica Acta 3 (2): 205-214.
- Chernicoff, C.J. y Salani, F.M. 2002. Identificación de calderas asociadas a las volcanitas de la Formación Chon Aike en la región del río Seco, provincia de Santa Cruz. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 23-28, El Calafate.
- Corbett, G. 2002. Epithermal gold for exploracionists. AIG Journal. Applied geoscientific practice and research in Australia. Paper 2002-01. <http://www.aig.asn.au/aigjournal> {octubre 2007}.
- Cravero, F., Dominguez, E. y Murray, H.H. 1991. Valores $\delta^{18}\text{O}$ y δ^{D} en caolinitas indicadores de un clima templado-húmedo para el Jurásico Superior-Cretácico Inferior de la Patagonia. Revista de la Asociación Geológica Argentina 46 (1): 20-25.
- Cucchi, R., Busteros, A. y Lema, H. 2001. Hoja Geológica 4169 - II, Los Menucos, Provincia de Río Negro. IGRM-SEGEMAR, Boletín 265: 1-105, Buenos Aires.
- Dejonghe, L., Darras, B., Hughes, G., Muchez, P., Scoates, J.S. y Weis, D. 2002. Isotopic and fluid-inclusion constraints on the formation of polymetallic vein deposits in the central Argentinian Patagonia. Mineralium Deposita 37 (2): 158-172.
- Del Blanco, M., Echavarría, L. y Tessone, M. 1994. Manifestaciones polimetálicas en la estancia La Sarita, provincia de Santa Cruz. 2ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia. Publicación del Instituto de Recursos Minerales 3: 41-48. La Plata.
- Dietrich, A., Nelson, E., Gutierrez, R. y Layer, P. 2005. Structural control of vein formation and mineralization at the epithermal Huevos Verdes Ag-Au vein system, San Jose District, Deseado Massif, Patagonia, Argentina. 2005 Salt Lake City Annual Meeting. Geological Society of America Abstracts with Programs 37(7): 96.
- Dominguez, E., Gómez, C., Garrido, M. y Alliotta, G. 2004. Fluorita en las vetas de cuarzo aurífero de la estancia La Paloma, provincia de Santa Cruz. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogenia: 189-192, Buenos Aires.

- Dubé, B., Zubia, M.A., Dunning, G. y Villeneuve, M. 2000. Estudio geocronológico de los campos filonianos de baja sulfuración hospedados en la Formación Chon Aike en el Macizo del Deseado, Patagonia, Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino. Serie Contribuciones Técnicas. Recursos Minerales 13 (versión electrónica), Buenos Aires.
- Ducart, D.F. 2007. Alteração hidrotermal do prospecto aurífero Cerro La Mina, Los Menucos, Patagonia Argentina: geología, sensoramento remoto e isótopos estáveis. Tesis Doctoral. Instituto de Geociencias, Universidad Estadual de Campinas, (inédita), 174 p. Campinas.
- Echavarría, L.E. 1997. Estudio geológico-minero del área El Dorado-Monserrat, Departamento Magallanes, Provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 249 p., La Plata.
- Echavarría, L.E. 2004. Los fluidos hidrotermales formadores de la mineralización epitermal El Dorado Monserrat, Macizo del Deseado. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59 (1): 70-82.
- Echavarría, L.E., Schalamuk, I.B.A. y Etcheverry, R.O. 2005. Geologic and tectonic setting of Deseado Massif epithermal deposits, Argentina, based on El Dorado-Monserrat. Journal of South American Earth Sciences 19: 415-432
- Echeveste, H.J. 2005a. Metalogénesis del distrito argento-aurífero Manantial Espejo, Macizo del Deseado. Provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 251 p., La Plata.
- Echeveste, H. 2005b. Travertinos y jasperoides de Manantial Espejo, un ambiente hot spring jurásico, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis 12(1): 33-48.
- Féraud, G., Alric V., Fornari, M., Bertrand, H. y Haller M. 1999. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the Jurassic volcanic province of Patagonia: migrating magmatism related to Gondwana break-up and subduction. Earth and Planetary Science Letters 172: 83-96.
- Fernández, R.R. y de Barrio, R.E. 1994. Mineralizaciones de oro y plata del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Argentina. Revista Comunicaciones, Universidad de Chile, 45: 59-66, Santiago.
- Fernández, R.R., Echeveste, H.J., Echavarría, L.E. y Schalamuk, I.B. 1996. Control volcánico y tectónico de la mineralización epitermal del área La Josefina, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino Actas 3: 41-54, Buenos Aires.
- Fernández, R.R., Echeveste, H.J., Tassinari, C.C. G. y Schalamuk, I.B.A. 1999. Rb-Sr age of the La Josefina epithermal mineralization and its relation with host volcanic rocks, Macizo del Deseado, Santa Cruz province, Argentina. 2° South American Symposium on Isotope Geology, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 34: 462-465, Córdoba.
- Franco, S., Puente, N., Varela, C. y Gemuts, I. 1999. Mineralización aurífera en el Distrito Los Menucos, Río Negro. En Zappettini, E.O. (ed.) Recursos minerales de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35, 1: 893-894.
- Genini, A. 1988. Cerro Vanguardia, provincia de Santa Cruz. Nuevo prospecto auroargentífero. 3° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 3: 97-110. Olavarría.
- Giacosa, R., Lema, H., Busteros, A., Zubia, M., Cucchi, R. y Di Tommaso, I. 2007. Estructura del Triásico de la región norte del Macizo Nordpatagónico (40° - 41° S, 67° $30'$ - 69° $45'$ O) Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62(3): 355-365.
- Gimeno, G., Heredia, T. y Hughes, D. 2000. El sistema epitermal del cerro Choique, Río Negro, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 224-229.
- Gómez, M.C. y Alliotto, G. 1999. El yacimiento de wolframio San Martín, Río Negro. En Zappettini, E.O. (ed.) Recursos minerales de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35, 1: 851-856.
- González Guillot, M., de Barrio, R. y Ganem, F. 2004. Mina Martha, un yacimiento epitermal en el Macizo del Deseado. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogenia: 199-204, Río Cuarto.
- Guido, D.M. 2002. Geología y Metalogénesis del Sector Oriental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 226 p., La Plata.
- Guido, D., de Barrio, R. y Schalamuk, I. 2002a. La Marciana Jurassic Sinter - Implications for exploration for epithermal precious-metal deposits in the Deseado Massif, southern Patagonia, Argentina. Transactions Institution of Mining and Metallurgy (Section B: Applied Earth Science) 111: B106-B113, London.
- Guido, D., Delupi, R., López, R., de Barrio, R. y Schalamuk, I.B.A. 2002b. Estromatolitos y mineralización epitermal en el área Marianas-Eureka, Macizo del Deseado, Santa Cruz. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 284-289, El Calafate.
- Hechem, J.J. y Homovc, J.F. 1987. Facies y paleoambientes volcánociclásticos en el Nesocratón del Deseado. Boletín de Informaciones Petroleras 16: 2-23.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. y Gonzalez Urien, E. 2000. Exploration for Epithermal Gold Deposits En Hagemann, S.G., Brown, P.E. (eds.) Gold 2000, Reviews in Economic Geology: 245-277.
- Homovc, J.F., Constantini, L., Pellon de Miranda, A. y Ferreira, R. 1996. Evolution of the Deseado Massif in Argentina, and its relationships with the San Julian offshore area in the South Atlantic Ocean. American Association of Petroleum Geologists, Annual Convention: 64-72, San Diego.
- Jovic, S.M., Guido, D.M. y Schalamuk, I.B.A. 2006. Cerro León polymetallic (Sn, Cd, In, Zn, Ag, Au) epithermal vein deposit, Deseado Massif, Patagonia, Argentina. SEG 2006 Conference: Wealth Creation in the Minerals Industry- Integrating Science, Business and Education. Keynote en soporte electrónico, Colorado.
- Jovic, S.M., Guido, D.M., Schalamuk, I.B., Rios F.J., Fuzikawa, K. y Alves, J.V. 2007. NIR/SWIR microscopy and microthermometry of fluid inclusions from Fe-rich sphalerites, Cerro León (Zn-Pb-Ag-In-Au) polymetallic vein deposit, Deseado Massif, Patagonia, Argentina. Society of Geology Applied to Mineral Deposits 9th Biennial Meeting, Poster, Dublin.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Dalponte, M., Godeas, M. y Zubia, M. 2005. Geología del Complejo Los Menucos, Macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro. 16° Con-

- greso Geológico Argentino, Actas 1: 27-33, La Plata.
- Lindgren, W. 1933. Mineral Deposits. McGraw-Hill. 4th ed., 930 p., New York
- Lothka, P., Kain, S. y Patterson, K. 2005. Proyecto Navidad. Importante y novedoso estilo de mineralización jurásica de plata y plomo en Patagonia (Chubut, Argentina). 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 361-368.
- Marchionni, D., de Barrio, R., Tessone, M., Del Blanco, M. y Echeveste, H. 1999. Hallazgo de estructuras estromatolíticas jurásicas en el Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(2): 173-176.
- Márquez, M. 1988. Mineralización polimetálica asociada al magmatismo mioceno de la Cordillera Patagónica Austral. Santa Cruz, Argentina. 5° Congreso Geológico Chileno. I: B237-B254.
- Márquez, M. 1999. Los sistemas hidrotermales del distrito Los Manantiales, Chubut. En Zapettini, E. (ed.) Recursos Minerales de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino 2: 1167-1175, Buenos Aires.
- Márquez, M., Zubia, M. y Arizmendi, A. 1988. Mineralizaciones subvolcánicas jurásicas del Chubut central. 3er Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 57-68. Olavarría.
- Massaferro, G.I. y Haller, M. 2001. Vetas epitermales de la vertiente suroriental del Macizo Norpatagónico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56(3): 396-399.
- Meldrum, S.J. 2000. San Roque gold project, Río Negro province, Argentina. Notes and recommendations following an introductory field review. <http://www.marifilmines.com> {diciembre 2007}.
- MICON 2004. A preliminary and economic evaluation for the Calcatreu gold-silver project. Río Negro province. Argentina. <http://www.aquiline.com> {enero 2008}.
- Montecinos, P., Fuentealba, C., Aguirre, L., Hervé, F., Fonseca, E. y Haller, M.J. 2004. Metamorfismo de muy bajo grado asociado a un sistema geotermal en rocas volcánicas básicas del Jurásico Medio, Formación Lonco Trapial, Paso Berwin, Chubut extra-andino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59(4): 607-618.
- Moreira, P. 2005. Geología y metalogénesis del Prospecto La Josefina, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, (inédita), 360 p., La Plata.
- Moreira, P., Fernández, R., Etcheverry, R. y Schalamuk, I.B.A. 2002. Depósitos carbonáticos de hot spring relacionados a manifestaciones epitermales (Au-Ag), distrito La Josefina, Macizo del Deseado. Provincia de Santa Cruz. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 324-329. El Calafate.
- Moreira, P., Fernández, R., Echeveste, H. y Schalamuk, I.B.A. 2005. Las manifestaciones epitermales en el área del cerro Contreras, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 249-256, La Plata.
- Mykietiuik, K., Curci, M. 2004. Inclusiones fluidas e isótopos estables de estructuras vetiformes, Estancia La Esperanza, Macizo del Deseado, Santa Cruz. 7ª Reunión de Mineralogía y Metalogía: 255-260, Río Cuarto.
- Mykietiuik, K., Fernández, R. y Azevedo, F. 2005. Alteraciones hidrotermales superpuestas: producto de fluidos de pH neutro y ácido en el cerro Guanaco, Macizo del Deseado, Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(1): 23-31.
- Nillni, A., Guzmán, S., Fracchia, D. y Faas, N. 2005. Estancia La Beatriz. Un depósito epitermal de baja sulfuración en el sector oriental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 271-278, La Plata.
- Page, R., Ardolino, A., de Barrio, R.E., Franchi, M., Lizuain, A., Page S. y Silva Nieto, D. 1999. Estratigrafía del Jurásico y Cretácico del Macizo de Somún Curá, provincias de Río Negro y Chubut. En Caminos R. (ed.) Geología Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 460-488.
- Palacios, C., Parada, M.A. y Lahsen, A. 1997. Upper Jurassic Au-Zn mineralization in El Faldeo district, Chilean Patagonia. *Geologische Rundschau* 86(1): 132-140.
- Panza, J.L. y Haller, M.J. 2002. El volcanismo jurásico. En Haller, M.J. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. 15° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 89-101, Buenos Aires.
- Parada, M.A., Palacios, C. y Lahsen, A. 1997. Jurassic extensional tectono-magmatic and associated mineralization of the El Faldeo polymetallic district, Chilean Patagonia: chemical and isotopic evidence of crustal contribution. *Mineralium Deposita* 32(6): 547-554.
- Pérez, D., Bianchi, C. y Ortíz, L. 2007. Alto Rico "un prospecto aurífero de baja sulfuración en el Macizo del Deseado", provincia de Santa Cruz. En: Mutti, D.I. (ed.), Exploración minera en Argentina: Descubrimientos, Mineralizaciones y Estilos. Asociación Argentina de Geólogos Economistas. Publicación Especial 1: 97-108.
- Ramos, V. 1983. Evolución tectónica y metalogénesis de la cordillera patagónica. 2° Congreso Nacional de Geología Económica, 1: 107-124, San Juan.
- Ramos, V. 1999. Las Provincias Geológicas del territorio Argentino. En Caminos R. (ed.) Geología Argentina, Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 41-96, Buenos Aires.
- Richards, J.P., Wilkinson, D. y Ullrich, T. 2006. Geology of Sari Gunay epithermal gold deposit, Northwest Iran. *Economic Geology* 101(8): 1455-1496.
- Riley, T.R., Leat, P.T., Pankhurst, R.J. y Harris, C. 2001. Origins of large volume rhyolitic volcanism in Antarctic Peninsula and Patagonia by crustal melting. *Journal of Petrology* 42(6): 1043-1065.
- Rolando, A.P. 2001. Metalogénia de metais base e evolução crustal de região do lago Fontana, Andes Patagônicos, Argentina. Tesis Doctoral, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, (inédita), 201 p., Porto Alegre.
- Rolando, A.P., Hartmann, L.A., Santos, J.O., Fernández, R.R., Etcheverry, R.O., Schalamuk, I.B.A. y McNaughton, N.J. 2004. SHRIMP U-Pb zircon dates from igneous rocks from Fontana Lake region, Patagonia: Implications for the age of magmatism, Mesozoic geological evolution and age of basement. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59(4): 671-684.
- Salani, F.M. 2007. Aporte a la edad de la Formación Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina. 3° Simposio Argentino del Jurásico (Mendoza), Resúmenes: 71.

- Saulnier, M.E. 1975. Consideraciones mineralógicas, geoquímicas y termométricas sobre la mina de Pb y Zn Cañadón Bagual, provincia de Chubut, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 6(1-2): 11-22.
- Schalamuk, I.B., Fernández, R.R. y Etcheverry, R.O. 1995. Gold-silver epithermal veins in the Macizo del Deseado, Argentina. En Pasava, J., Kribek, B. y Zak, K. (eds.) *Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts*, Balkema, 385-388, Rotterdam.
- Schalamuk, I.B., Zubia, M., Genini, A. y Fernández, R.R. 1997. Jurassic Epithermal Au-Ag deposits of Patagonia, Argentina. *Ore Geology Reviews* 12(3): 173-186.
- Schalamuk, I.B.A., Echeveste, H., Etcheverry, R. y Ametrano, S. 1998. Metalogénesis del yacimiento de oro-plata "Manantial Espejo", Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 50: 217-236, Buenos Aires.
- Schalamuk, I.B., Guido, D.M., de Barrio, R.E. y Fernández, R. 1999. Hot spring from El Macanudo-El Mirasol area, Deseado Massif, Argentina. En Stanley *et al.* (eds.) *Mineral Deposits: Processes to Processing*, Balkema, 577-580, Rotterdam.
- Schalamuk, I.B., de Barrio, R.E., Zubia, M., Genini, A. y Valvano, J. 2002. Mineralizaciones auro-argentíferas del Macizo del Deseado y su encuadre metalogénico. En Haller, M.J. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*. 15° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 679-713, Buenos Aires.
- Schalamuk, I.B., Ríos, F.J., de Barrio, R.E., Moreira, P., Fuzikawa, K., Echeveste, H., Cunningham, C. y Vieira Alves, J. 2005. Mineralized fluids related to Au-Ag ores in selected districts of epithermal province Macizo del Deseado, Southern Patagonia, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 355-360, La Plata.
- Sillitoe, R.H., Cooper, C., Sale, M., Soechting, W., Echavarría, D. y Gallardo, J.L. 2002. Discovery and geology of the Esquel low-sulfidation epithermal gold deposit, Patagonia Argentina. *Society of Economic Geologists, Special Publication* 9: 1-14.
- Simmons, S.F., White, N.C. y John, D.A. 2005. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. En Hedenquist, J.W. et al. (eds.) *Economic Geology One Hundredth Anniversary Volume*: 485-522.
- Sharpe, R., Riveros, C. y Scavuzzo, V. 2002. Stratigraphy of the Chon Aike Formation ignimbrite sequence in the Cerro Vanguardia Au-Ag epithermal vein district. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 370-375, El Calafate.
- Soechting, W. 2001. Tectonic control of epithermal gold mineralization in the cordón de Esquel, Chubut. 7° Congreso Argentino de Geología Económica, Actas 2: 3-9, Salta.
- Stipanovic, P.N. y Bonetti, M.I.R. 1970. Posiciones estratigráficas y edades de las principales floras jurásicas argentinas. 1 *Floras liásicas. Ameghiniana* 7(1): 57-58.
- Tessone, M. 1999. Mineralizaciones epitermales en el área de La Manchuria, Santa Cruz. En Zappettini, E.O. (ed.) *Recursos minerales de la República Argentina*, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35 (2): 1225-1230.
- Tessone, M. y Del Blanco, M. 1998. Mineralización epitermal en domos riolíticos de la Formación Chon Aike. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Argentino de Geología Económica, Actas 3: 94-99, Buenos Aires.
- Townley, B.K. y Godwin, C.I. 2001. Isotope characterization of lead in galena from ore deposits of the Aysen Region, southern Chile. *Mineralium Deposita* 36(1): 45-57.
- Townley, B.K. y Palacios, C. 1999. Ore deposits and metallogenesis of main land Patagonia, Aysen, Chile. *Exploration and Mining Geology* 8(1-2): 91-108.
- Trippett, M.C., Cruzat, A. y Nasi, C. 1991. The Fachinal district, Aysen province, Chile. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 93rd Annual Meeting, Abstracts*: 93.
- Viera, R.L.M. y Hughes, G. 1999. El yacimiento polimetálico aurífero Huemules, Chubut. En Zappettini, E.O. (ed.) *Recursos minerales de la República Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35(2): 1369-1376.
- Zappettini, E.O. 2005. Mapa metalogénico de América del Sur. Memoria explicativa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 44, 274 p., Buenos Aires.
- Zubia, M.A., Genini, A.D. y Schalamuk, I.B.A. 1999. Yacimiento Cerro Vanguardia, Santa Cruz. En Zappettini, E. (ed.) *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1189-1202.

Recibido: 25 de marzo, 2008

Aceptado: 23 de junio, 2008