



PROVINCIA AUROARGENTÍFERA DEL DESEADO, SANTA CRUZ

Isidoro B. Schalamuk^{1,2}, Raúl E. de Barrio¹, Mario A. Zubia³, Adolfo Genini³ y Horacio Echeveste^{1,4}

INTRODUCCIÓN

El Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, es una de las regiones que más ha avanzado en los últimos años en el conocimiento de sus características geológicas y metalogénicas, especialmente en aquellos sectores donde se emplazan depósitos epitermales auríferos de baja sulfuración.

El descubrimiento a fin de la década del 70 (Genini, 1977 y 1990) y la posterior exploración y puesta en marcha en los 90 del yacimiento auroargentífero de Cerro Vanguardia, representa el ejemplo más conspicuo de un ya numeroso conjunto de áreas mineralizadas con metales preciosos, asociadas espacialmente por lo general al evento geológico más importante y extendido de la región: el volcanismo ácido jurásico del Grupo Bahía Laura. Además de Cerro Vanguardia, se pueden citar los prospectos de Manantial Espejo (con reservas medidas), La Josefina, (Schalamuk *et al.*, 1995, 1997), Martinetas, Microondas, Lejano, Bacon, Cerro Saavedra, entre otros, que se hallan en exploración avanzada (figura 1).

A pesar de estos avances, la información existente sobre los sectores mineralizados identificados es aún fragmentaria y en algunos casos de carácter preliminar. Esta situación es más notoria, si se consideran los aspectos geo-

cronológicos relacionados con las rocas portadoras de los depósitos minerales, esencialmente la Formación Chon Aike, como así también con la edad de las mineralizaciones y los procesos de alteración hidrotermal asociados.

El Macizo o Nesocratón del Deseado (De Giusto *et al.*, 1980). constituye una amplia región morfoestructural localizada en la porción central de la provincia de Santa Cruz, ocupando un área del orden de los 60.000 km². Tiene como límite norte al río Deseado, al sur al río Chico, al este la costa atlántica y al oeste la denominada Dorsal del Río Mayo. Constituye una importante provincia auroargentífera con mineralización de tipo epitermal de baja sulfuración esencialmente vetiforme, con escasas brechas, stockworks y diseminaciones asociadas. El magmatismo jurásico, asociado a fenómenos extensionales, favoreció las concentraciones de Au y Ag y su depositación. Se trata del volcanismo vinculado al rifting que se originó con la apertura del océano Atlántico (Uliana *et al.*, 1985). El emplazamiento de las mineralizaciones está controlado por estructuras en parte de cizalla y en parte asociadas al desarrollo de calderas. En el área El Dorado Monserrat (Echavarría, 1997) y La Josefina (Fernández *et al.*, 1996) se infiere la presencia de calderas durante el Jurásico, con ignimbritas emplazadas dentro de las mismas, domos volcánicos dispuestos sobre las fracturas anulares y megabrechas asociadas a derrumbes de bordes. Polimet S.A. (com. pers.) reconoce también la presencia de estructuras jurásicas en caldera en sus prospectos Martinetas y Microondas. Sin embargo, en los depósitos más importantes (Cerro Vanguardia y Manantial Espejo) no se ha reconocido este tipo de estructuras, los cuerpos mineralizados se emplazan en espacios generados por esfuerzos cizallantes, aparentemente desvinculados de aparatos volcánicos centrales.

El relleno de las vetas se ha depositado, por lo común, en forma multiepisódica, en un ámbito dilatacional persistente.

¹ Universidad Nacional de La Plata, Instituto de Recursos Minerales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo.

² CONICET.

³ Instituto de Geología y Recursos Minerales - SEGEMAR, Delegación Regional Patagonia.

⁴ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA).

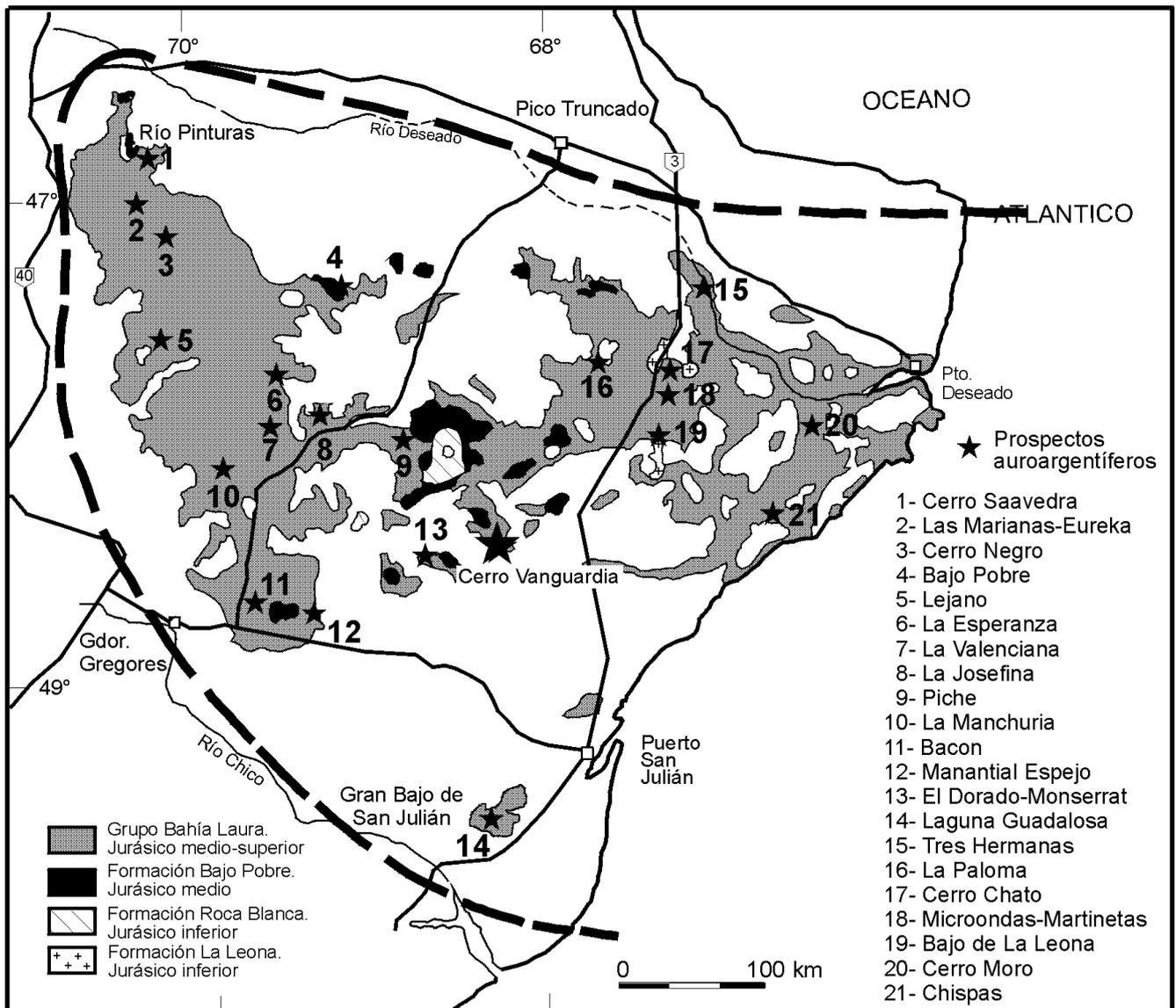


Figura 1. Mapa geológico del Macizo del Deseado con las unidades jurásicas y la distribución de los principales prospectos auroargentíferos.

La roca de caja de las mineralizaciones epitermales está constituida en forma minoritaria por sedimentitas pérmicas (Giacosa y Genini, 1995) y granitoides liásicos de la Formación La Leona (sector noreste del Macizo), niveles basáltico-andesíticos de la Formación Bajo Pobre y fundamentalmente por flujos ignimbríticos de la Formación Chon Aike.

Los contactos son netos, encontrándose la roca de caja afectada por diferentes tipos de alteración hidrotermal tales como silicificación, argilización (caolinita, illita y montmorillonita), sericitización y, en rocas básicas, propilitización.

Los focos calientes (Echavarría, 1997) que dieron lugar a las efusiones volcánicas son probablemente los que motorizaron los flujos hidrotermales circulantes a través de los sistemas de fallas y diaclasas regionales.

De acuerdo a los datos de inclusiones fluidas (Ver Anexo Ríos *et al.*), relaciones isotópicas y observaciones mineralógicas, las soluciones hidrotermales deben haber tenido, en gran parte, un origen meteórico, comenzando a circular próximo a los 300°C, con salinidades bajas. Los rangos de fugacidad de O_2 y H_2S han sido establecidos para El Dorado Monserrat (Echavarría, 1997) en -33 a -34 y $-0,30$ y $0,65$, respectivamente, mientras que el pH de las soluciones se ha estimado entre 5 y 6,5. Se considera que tanto el oro como la plata han sido transportados por complejos sulfurados, bajo la forma de $Au(HS)^-$ y $Ag(HS)^-$.

La ebullición de soluciones, proceso generalmente invocado como causa de precipitación de metales preciosos en estos sistemas, no ha podido ser constatada en muestras provenientes de la veta Osvaldo Diez de Cerro Vanguardia (Zubia *et al.*, esta publicación, en «Yacimiento Cerro Van-

guardia»). Sin embargo, Ríos *et al.* (ver anexo) reconocieron procesos de ebullición en varios prospectos auríferos del Macizo del Deseado, entre ellos Cerro Vanguardia, en muestras de veta Atila (Ríos, com.pers.). En este sector, si bien existen evidencias de estrangulamiento de las inclusiones, se observa una amplia distribución de proporciones de volumen de fases líquidas y gaseosas de las inclusiones bifásicas, que sería signo inequívoco de ebullición, la cual está asociada a las inclusiones de mayor temperatura de homogeneización

Si bien aún no se cuenta con información completa acerca de los diferentes eventos mineralizadores y fenómenos condicionantes de la depositación de los metales en los distintos depósitos y manifestaciones, las características generales permiten encasillarlos dentro de los epitermales de metales preciosos de “baja sulfuración”, acuñado por Hedenquist (1987), o dentro del subtipo “adularia-sericitita”, de acuerdo a Hayba *et al.* (1985)

Cerro Vanguardia es el distrito más importante y mejor conocido en todo el Macizo del Deseado (Zubia *et al.*, 1994). La exploración, llevada a cabo por Cerro Vanguardia S.A., ha permitido reconocer un total de alrededor de 140 km de vetas, verticales a subverticales (la mayor de 11 km de longitud) alojadas en las ignimbritas ácidas de la Formación Chon Aike. La mayoría de los depósitos presenta *ore shoots* de Au/Ag hasta los 160 m de profundidad, con espesores de hasta 14 metros.

Las vetas de cuarzo muestran texturas bandeadas, masivas y brechosas. También hay texturas de remplazo de calcita y baritina.

El rumbo general de los filones varía entre oesteno-oroeste-estesureste a este-oeste en el sector septentrional del distrito y noroeste-sureste en el sector austral.

Otro distrito con buenas perspectivas es Manantial Espejo. La veta principal, denominada María, presenta una dirección general este-oeste, con inclinación subvertical (manteada al sur en profundidad); se aloja en ignimbritas de la Formación Chon Aike mientras que otras estructuras vetiformes encajan en facies andesítico-basálticas de la Formación Bajo Pobre.

Hacia el sector nororiental aflora un extenso cuerpo silíceo con estructura laminada y parcialmente brechada, probable remanente de un sinter, expresión cuspidal de los sistemas hidrotermales de baja sulfuración. Contiene valores anómalos en Hg y Au.

En este distrito, al igual que en los prospectos Lejano y Bacon, los contenidos argentíferos (en relación a los auríferos) son por demás significativos. En la veta Marta, del último prospecto mencionado, existen muestras puntuales con registros próximos a 20 % en plata (Polimet S.A., com. pers.)

En el prospecto La Josefina se observa un sistema de vetas y venillas de rumbo general noroeste-sureste y noroeste-sursuroeste que presentan altos contenidos puntuales de Au (hasta 93 g/t). Todos los depósitos se alojan en ignimbritas de la Formación Chon Aike. Además, hacia el sector nororiental del distrito, afloran cuerpos de deposita-

ción silícea (sinter) y de remplazo, los primeros con valores anómalos en oro.

Otras áreas de interés en el Macizo del Deseado son El Dorado-Monserrat, Gran Bajo de San Julián, Bajo Pobre, El Macanudo, La Manchuria, La Valenciana, Microondas-Martinetas, Las Marianas-cerro Negro (área del río Pinturas), cerro Piche, estancia Tres Hermanas, La Paloma, cerro Moro entre otras, (figura 1), donde las características metalogénicas, en algunos casos, aún son parcialmente conocidas.

GEOLOGÍA REGIONAL RESEÑA ESTRATIGRÁFICA

Las rocas más antiguas aflorantes en la región corresponden a reducidos asomos dispersos de metamorfitas de bajo y mediano grado que pertenecen a la Formación La Modesta, asignadas al Precámbrico superior-Paleozoico inferior (Di Persia, 1962) o Complejo Río Deseado (Viera y Pezzuchi, 1976, Pezzuchi, 1978). Las metamorfitas se encuentran intruidas esporádicamente por cuerpos graníticos del Paleozoico inferior a medio. Sobre estas se apoyan, en relación de discordancia, sedimentitas continentales correspondientes a las formaciones La Golondrina (Archangelsky, 1958), La Juanita (Arrondo, 1972) y El Tranquilo (Di Persia, 1965), que se emplazan en los sectores nororiental y central de la Provincia Geológica, y ocupan sistemas de grabens y hemigrabens (Uliana y Biddle, 1987). Como inicio de la apertura atlántica (desmembramiento del Gondwana) en el Jurásico inferior se intruyen cuerpos graníticos en el sector nororiental del Macizo (Varela *et al.*, 1991).

La tectónica traccional así instalada persiste durante todo el Jurásico y Cretácico. Genera primero eventos epipiroclásticos cuyos depósitos se asignan a la Formación Roca Blanca (Di Persia, 1956; De Giusto, 1956) y posteriormente el amplio campo volcánico de composición intermedia a básica denominado Formación Bajo Pobre del Jurásico medio (Lesta y Ferello, 1972). Estas rocas evolucionan, durante el Jurásico medio a superior, a un complejo volcánico-piroclástico-sedimentario de composición ácida a mesosilícica denominado Grupo Bahía Laura (Feruglio, 1949-50; Lesta y Ferello, 1972) o Complejo Chon Aike (Pankhurst *et al.*, 1993).

Durante el Cretácico se formaron pequeñas y medianas cuencas cerradas en las que se depositaron sedimentos continentales, tales como la Formación Bajo Grande (Di Persia, 1958), Formación Baqueró (Archangelsky, 1967) y Formación Sarmiento (Feruglio, 1949). De origen marino se destacan las acumulaciones de coquinas y areniscas coquinoides de la Formación Patagonia de edad Oligoceno superior (Zambrano y Urien, 1970).

En el Mioceno se depositaron sedimentos continentales que constituyen la Formación Santa Cruz, cubiertos por extensas coladas de basaltos mio-pliocenos. En discordancia se presentan niveles de gravas de la Formación La Avenida (Marin, 1982) y amplios mantos basálticos, también del Pleistoceno.

VOLCANISMO JURÁSICO Y LAS MINERALIZACIONES EPITERMALES

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS

La evolución geológica del Macizo del Deseado destaca como uno de los episodios más relevantes al volcanismo jurásico, que en gran parte se encuentra desmembrado debido a fallamientos en bloque, erosión y derrames de lavas basálticas modernas. Estos fenómenos enmascaran las formas originales del volcanismo mesozoico dificultando su interpretación.

El evento volcánico Jurásico, al que se considera vinculada la mineralización auroargentífera, se habría iniciado como producto de fusión parcial en zonas profundas de la corteza (de Barrio, 1993; Pankhurst y Rapela, 1995) originando derrames fisurales de rocas pertenecientes a la Formación Bajo Pobre. Posteriormente se genera el volcanismo ácido con los flujos ignimbríticos de la Formación Chon Aike que se intercalan con las depositaciones de tobas, tufitas y pelitas de la Formación La Matilde y, más tarde, se sucede el emplazamiento de escasos domos ácidos localizados en fracturas anulares de bordes de calderas, correspondientes a las manifestaciones volcánicas póstumas.

Los datos geoquímicos de las rocas volcánicas jurásicas provenientes de las contribuciones de Echavarría (1997), Tessone (1999), de trabajos de investigación que desarrolló el Instituto de Recursos Minerales de la UNLP, conjuntamente con geólogos de las Universidades de Trieste y de Padua y de geólogos de la Universidad Nacional de la Patagonia, en la región central del Macizo del Deseado permiten arribar a interesantes conclusiones respecto de las características petrogenéticas.

Los diagramas geoquímicos que aquí se presentan se han construido con 80 muestras provenientes de varias regiones del Macizo, estancia El Dorado, estancia Manantial Espejo, Bajo Grande, La Manchuria y Eas. El Fénix, La Valenciana, Flecha Negra y Las Lajas. En el diagrama TAS se ha incluido también los campos ocupados por las rocas provenientes de los trabajos de Barrio (1993) para la zona del Río Pinturas, de Pankhurst *et al.* (1993) para el sector oriental (Río Deseado) y Pankhurst y Rapela (1995) de muestras de la Formación Bajo Pobre.

Los miembros ignimbríticos de la Formación Chon Aike, que constituyen el tipo litológico más abundante del Macizo del Deseado, se acomodan mayoritariamente en el campo de las riolitas en el diagrama clasificatorio TAS (figura 2), aunque en su porción central, se han identificado coladas de ignimbritas de alto grado de composición dacítica (Echeveste *et al.*, 1999). Los contenidos en sílice de estas rocas varían entonces entre 66,8 y 78,7 % en peso.

Los cuerpos lávicos de esta Formación, también son mayoritariamente riolíticos, aunque en algunos casos, se ha comprobado la existencia de lavas (de aspecto riolítico) con contenido de sílice en torno al 67 % que las ubica en el campo de las dacitas (figura 2).

Respecto a las rocas que clásicamente se definen como pertenecientes a la Formación Bajo Pobre (posición subyacente a las rocas del Grupo Bahía Laura, en general pobre exposición de sus afloramientos, colores rojizos a verdosos oscuros de los mismos, y aspecto basáltico en muestra de mano, con fenocristales de plagioclasa y piroxenos o anfíboles en una matriz vítrea gris oscura o negra), químicamente varían en el diagrama TAS entre basandesitas (muy escasas), andesitas (abundantes) y dacitas (escasas) con sílice entre 55,9 y 68,5 % (figura 2). De esta manera se puede apreciar la dificultad de separar a esta Formación, desde el punto de vista químico de la, en general, más ácida Formación Chon Aike cuando se trata de facies lávicas.

En la zona de la estancia La Josefina (Fernández *et al.*, 1996, Echeveste *et al.*, 1998) y estancia La Valenciana se han identificado cuerpos subvolcánicos andesíticos y dacíticos con contenidos en sílice de 61,5 a 70,1 %, que fueron mapeados, según sus características de campo, como pertenecientes a la Formación Bajo Pobre y que químicamente constituyen un grupo transicional entre el Bajo Pobre típico (andesítico) y el Chon Aike riolítico.

En general se puede asegurar que son rocas calcoalcalinas, con moderado a alto contenido en potasio (Pankhurst y Rapela, 1995, Echeveste *et al.*, 1998), entre 5 y 9,7 % en peso, mayoritariamente peraluminosas y subalcalinas. Uliana *et al.* (1985) observan en rocas riolíticas de la zona de Puerto Deseado algunas con contenidos altos en potasio y bajos en sodio, y lo atribuyen a un reemplazo, no detectable al examen petrográfico, de plagioclasa sódica por feldespato potásico en condiciones de metamorfismo de enterramiento a baja temperatura, considerando que las relaciones K_2O/Na_2O superiores a 13 señalan un efecto metasomático. Sruoga (1989) también observa que el enriquecimiento en K_2O no es una característica primaria en estas rocas, y que se produce post-emplazamiento por alteración hidrotermal.

La distribución de elementos traza parece indicar una fuerte vinculación genética para todos los tipos litológicos, sugiriendo una fuente magmática común. El diagrama expandido normalizado a MORB muestra un enriquecimiento relativo en Rb y Ba y una anomalía negativa en Sr, más acentuada en los términos más ácidos, propia del fraccionamiento de la plagioclasa. También se observa una fuerte anomalía negativa en Ti.

Desde el punto de vista geoquímico, las rocas intermedias de la Formación Bajo Pobre hasta las más ácidas de la Formación Chon Aike, parecen indicar un único tren evolutivo.

EDAD DEL VOLCANISMO

FORMACIÓN BAJO POBRE

La edad del volcanismo básico fue inicialmente estimada, en base a sus relaciones estratigráficas por Di Persia (1956) y De Giusto (1956), como Jurásico inferior (Liásico) para luego, finalmente, considerársela como Jurásico me-

dio bajo (Dogger inferior) de acuerdo a De Giusto *et al.* (1980) y Panza (1982, 1984).

Muy escasas son las dataciones realizadas en las rocas de la Formación Bajo Pobre. Una de las razones de esta situación se debe a que por lo general, esta unidad aparece en afloramientos muy meteorizados y disectados por procesos erosivos, con un avanzado grado de alteración.

En los últimos años, Pankhurst *et al.* (1993) y Pankhurst y Rapela (1995) presentan un completo estudio geocronológico del denominado por estos autores Complejo Chon Aike. Asumen una edad de 175 Ma para la Formación Bajo pobre, basándose esta estimación en la posición en secuencia de la unidad que se ubica por debajo de la Formación Chon Aike, de la cual obtuvieron edades Rb/Sr de 168 ± 2 Ma, para el área de Puerto Deseado. Sin embargo, Alric *et al.*, 1996 presentan nuevas dataciones de la Formación Bajo pobre, pero esta vez por método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Muestrearon a la unidad en su localidad tipo (Bajo Pobre) y obtuvieron edades muy por debajo de los valores esperados. Las dataciones fueron realizadas en roca total (basaltos y andesitas) y en cristales de plagioclasas. Los valores obtenidos fueron $152,7 \pm 1,2$ Ma y $154,7 \pm 0,7$ millones de años.

Recientemente, Tessone *et al.* (1999) dieron a conocer una datación Rb/Sr roca total obtenida con una isocrona confeccionada con 4 muestras de rocas andesíticas de la Formación Bajo Pobre aflorantes en las estancias La Pilarica, El Puma y El Chara, sector central del Macizo. El valor obtenido, 173 ± 8 Ma, es congruente con las estimaciones de que el volcanismo basáltico de Bajo Pobre debió anteceder en el área a las riolitas de la Formación Chon Aike, las cuales en otra isocrona realizada con muestras de la misma zona registraron una edad de 148 ± 2 millones de años.

Por otra parte, en el área del prospecto Manantial Espejo, datos provenientes de perforaciones realizadas en un plan de exploración de la mineralización aurífera, consignan que luego de atravesar facies ignimbríticas riolíticas correspondientes a la Formación Chon Aike, fueron reconocidas facies andesíticas gris oscuras asignables a la Formación Bajo Pobre intercaladas con niveles riolíticos de Chon Aike (O. Núñez, com. verbal). Esto podría constituir una evidencia de que la vinculación entre ambas unidades podría deberse, por lo menos para algunos sectores, a una relación interdigitada y confirmar que mientras que en algunos sectores del Macizo se mantenía una actividad volcánica básica, en otros ya se había instalado el volcanismo ácido riolítico.

GRUPO BAHÍA LAURA

Hasta hace pocos años, no había estudios geocronológicos de detalle de las unidades volcanogénicas del Grupo Bahía Laura.

A partir de la década del 60, se realizan las primeras dataciones de los eventos volcánicos. La secuencia estratigráfica del Macizo estaba hasta entonces fundamentada esencialmente por las relaciones de campo entre las diferentes unidades geológicas y los contenidos paleontológicos de los distintos niveles sedimentarios intercalados.

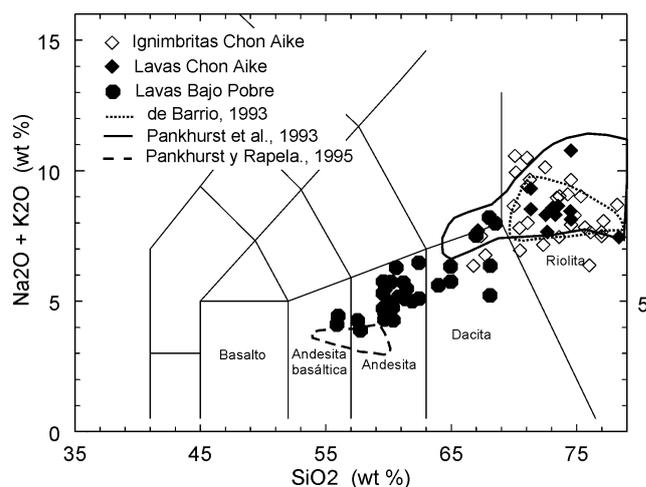


Figura 2. Diagrama clasificatorio TAS. Las muestras corresponden a afloramientos de Bajo Pobre y Chon Aike de las zonas de Manantial Espejo, La Josefina, La Valenciana, La Manchuria, Bajo Grande y Monserrat. Se han volcado solamente aquellos análisis con LOI<3 (80 muestras).

En general, los datos radimétricos obtenidos han sido dispersos, producto de diferentes metodologías y no han respondido a un programa regional de estudio específico que permitiera acotar, con límites precisos, los diversos episodios volcánicos. Una de las causas de esta situación es la gran extensión que presenta el volcanismo jurásico y por otro lado, la falta de controles y horizontes estratigráficos que permitan una buena correlación temporo-espacial de las rocas analizadas.

El primer fechado radimétrico del volcanismo ácido de la Formación Chon Aike corresponde a Cazeneuve (1965) quien dató una toba ignimbrítica por método K/Ar, roca total, obteniendo un valor de $160,7 + 15$ Ma en el área de estancia Roca Blanca (sector central). Tiempo después, Baker *et al.* (1981) presentan la datación de una ignimbrita riolítica de la zona del arroyo Page, afluente del río Pinturas en el extremo noroccidental del Macizo, obteniendo un valor de $155 + 15$ Ma, mientras que Spalletti *et al.* (1982), en el sector austral del Macizo, en el área del Gran Bajo de San Julián, dan a conocer los resultados de una serie de dataciones por método K/Ar, roca total, realizadas sobre tobas soldadas y lavas riolíticas, con datos fluctuantes entre $161 + 10$ y $123 + 10$ millones de años. Por su parte, Hecchem y Homocv (1985), también por método K/Ar, dataron dos ignimbritas en la zona del Bajo Grande, con valores oscilantes entre 157 y $153 + 5$ millones de años.

Recién hacia fines de la década del 80 se logran los primeros resultados provenientes de métodos Rb/Sr, pudiéndose señalar la datación efectuada por de Barrio (1989) quien obtuvo un valor de $161 + 5$ Ma con una isocrona realizada sobre 9 nuevas rocas ignimbríticas provenientes del área del río Pinturas y zona de influencia (sector noroccidental del Macizo del Deseado). En ese mismo trabajo, se menciona la datación de una toba soldada por método K/Ar sobre bio-

tita, que arrojó un valor de 123 ± 5 Ma, considerado como edad mínima.

Con posterioridad, Pankhurst *et al.* (1993) realizan un estudio geocronológico comparativo entre sectores orientales del Macizo, en el sector de Puerto Deseado y la zona precordillerana de Sierra Colorada (Complejo El Quemado) hacia la región noroccidental de la provincia de Santa Cruz. Realizan una nueva datación Rb/Sr, recalculada con 2 s de error, cuya isocrona da un valor de 168 ± 2 millones de años.

Por su parte, Alric *et al.* (1996) efectuaron una serie de dataciones por método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en diversos sectores del Macizo del Deseado. Las mediciones fueron realizadas en cristales de sanidina de rocas ignimbríticas de la Formación Chon Aike de los sectores de Puerto Deseado (sector nororiental) y Puesto El Recreo (área noroccidental), obteniendo edades plateaux de $177,6 \pm 0,7$ y $151,5 \pm 0,5$ millones de años.

Arribas *et al.* (1996) dataron el volcanismo riolítico de la Formación Chon Aike en sectores centrales del Macizo del Deseado, en el área del prospecto La Josefina. Las muestras obtenidas fueron analizadas por método K/Ar sobre biotita. Fueron extraídas en diferentes facies de la unidad analizada: flujos ignimbríticos pumíceos, flujos ignimbríticos cristaloclasticos y flujos lávicos de domos riolíticos, estos últimos considerados como póstumos (Fernández *et al.*, 1996). Este conjunto de dataciones, que fluctúa entre $153,2 \pm 3,6$ y $148,8 \pm 3,6$, señalan un período de eruptividad de aproximadamente 4 Ma para el área estudiada. Se indican en la tabla 1.

Zubia *et al.* (esta publicación, en «Yacimiento Cerro Vanguardia») informan haber obtenido en una datación U/Pb sobre circón de ignimbritas chonaikenses, para el distrito Cerro Vanguardia, una edad de 171 ± 1 millones de años.

Otro análisis geocronológico por el mismo método pero con muestra procedente del distrito Manantial Espejo (SEGEMAR, inédito, com. pers.) arrojó una edad de $159,9 \pm 0,5$ millones de años.

EDAD DE LAS MINERALIZACIONES EPITERMALES

Desde un principio se vinculó temporalmente estos depósitos epitermales al volcanismo riolítico de la Formación Chon Aike, suponiéndose los pulsos mineralizantes asociados a los últimos estadios de ese evento. Pero hasta hace unos años, no se tenía certeza de esa relación temporal la cual ha quedado fechada fehacientemente en tiempos jurásicos (Arribas *et al.*, 1996). Estos autores efectuaron dataciones sobre algunas de las mineralizaciones epitermales. Las mismas estuvieron enfocadas a precisar la edad de los halos de alteración hidrotermal considerados asociados a los depósitos vetiformes cuarzo-auríferos. A tal efecto, se muestrearon testigos corona de perforaciones ejecutadas en las vetas Vanguardia y Osvaldo Diez, a profundidades oscilantes entre los 104 y 190 m, en donde se analizaron los materiales arcillosos illíticos.

Los valores obtenidos son disímiles en función de la granulometría de illita analizada ($< 2 \mu\text{m}$, $2-1 \mu\text{m}$, $1-0,3$

μm y $< 0,3 \mu\text{m}$). Los datos más confiables se han registrado en las fracciones más gruesas ($2-1 \mu\text{m}$) con valores oscilantes entre $151,0 \pm 3,5$ y $152,4 \pm 3,6$, mientras que para la fracción total $< 2 \mu\text{m}$, los guarismos son algo menores con edades oscilantes entre $142,3 \pm 3,4$ y $149,6 \pm 3,5$ Ma, hecho que indicaría la pérdida de argón radiogénico en los cristales más pequeños de illita o alguna contaminación en las fracciones menores (tabla 1).

Por su parte, Arribas *et al.* (1996) también dataron adularias parcialmente sericitizadas y/o caolinizadas en testigos corona de la veta Natalia (107 m de profundidad) en Cerro Vanguardia y en afloramientos superficiales de veta María del prospecto Manantial Espejo.

Los resultados son muy dispares, variando entre $142,6 \pm 3,5$ y $124,8 \pm 3,0$ Ma las de Manantial Espejo y alcanzando los $138,5 \pm 3,3$ Ma la de veta Natalia.

Esta disparidad de valores, algunos inferiores a los esperados, se interpreta como el resultado de una pérdida significativa de argón radiogénico durante los procesos de alteración.

Recientemente, Fernández *et al.* (1999) realizaron nuevas dataciones Rb/Sr en rocas lávicas e ignimbríticas de la Formación Chon Aike del área de La Josefina. Una isocrona construida con rocas de caja ignimbríticas alteradas hidrotermalmente registró una edad de 156 ± 2 millones de años.

CONSIDERACIONES FINALES

En resumen, los fechados del volcanismo ácido jurásico conocidos hasta el momento (K/Ar, Rb/Sr, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, U/Pb) muestran una significativa amplitud de edades absolutas de aproximadamente unos 50 Ma, la cual es indicativa de una extensa actividad volcánica. Las edades mínimas obtenidas están en torno a los 125 Ma mientras que las edades más antiguas varían de 168 a 177 millones de años. Este amplio rango de edades es coherente con el registrado en otros plateaux ignimbríticos del mundo y totalmente esperable, dada la extensión y complejidad litológica observada en el Macizo, donde se han identificado espesos conjuntos ignimbríticos, facies lávicas diacrónicas y niveles tobáceos intercalados.

Análisis detallados de áreas reducidas dentro de la morfoestructura, especialmente dirigidos a descifrar los mecanismos de depositación de las distintas litologías y sus interrelaciones temporales, tal como los efectuados por Hecchem y Homocv (1985) y Fernández *et al.* (1996) probablemente conduzcan a una futura redefinición estratigráfica de esas unidades.

Asimismo, a la luz de los datos presentados deberá ser revisada la propuesta de Pankhurst y Rapela (1995), sobre la migración meridional del volcanismo jurásico en Patagonia, especialmente en lo referido al Macizo del Deseado.

Con los actuales e insuficientes datos radimétricos, las relaciones de campo poco definidas y los rasgos geoquímicos no totalmente concluyentes, puede igualmente considerarse la simultaneidad de procesos eruptivos de los volca-

Nº de campo/ Laboratorio	unidad litológica, ubicación o yacimiento	K (% en peso)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ 0(10 ⁻⁸ ccSTP/g)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ a ⁴⁰ Ar	Edad ± 2s Ma
BIOTITA					
29995-J3 (B1,S33-445)	toba de flujo pumícea (Formación Chon Aike). Prospecto La Josefina	7,29±0,15	4523±63	98,7	153,2±3,6
30995-J8 (B3,S33-433)	toba de flujo (Formación Chon Aike), Prospecto La Josefina	7,13±0,14	4370±62	98,7	151,5±3,6
31095-1 (B5,S33-427)	toba de flujo vitro-cristaloclastica (Formación Chon Aike). Prospecto La Josefina	6,89±0,14	4172±58	98,3	149,6±3,5
30995-J9 (B4,S33-432)	Domo vítreo riolítico (Formación Chon Aike) Prospecto La Josefina	6,94±0,14	4175±62	91,3	148,8±3,6
ILLITA HIDROTHERMAL					
DDH411 (I5,S33-437)	Cerro Vanguardia (<2µm). Halo argílico de veta Vanguardia. Formación Chon Aike	5,91±0,12	3577±50	97,9	149,6±3,5
Id (I5-2-1) (S33-441)	Idem (2-1 µm)	5,09±0,10	3141±44	98,7	152,4±3,6
Id (I5-1-0,3) (S33-442)	Idem (1-0,3 µm)	5,59±0,11	3396±47	98,2	150,2±3,5
Id (Y5<0,3) (S33-443)	Idem (<0,3 µm)	6,75±0,14	4082±57	98,1	149,5±3,5
DDH513 (I6, S33-436)	Cerro Vanguardia (<2µm). Halo argílico de veta Osvaldo Diez. Formación Chon Aike	5,57±0,11	3286±47	95,7	146,0±3,4
Id (I6-2-1) (S33-435)	Idem (2-1 µm)	4,72±0,09	2886±41	96,5	151,0±3,5
Id (I6-1-0,3) (S33-434)	Idem (1-0,3 µm)	6,16±0,12	3634±52	96,1	146,0±3,4
Id (I6<0,3) (S33-429)	Idem (<0,3 µm)	6,90±0,14	4049±57	97,1	145,3±3,4
DDH509 (I3-S33-431)	Cerro Vanguardia (<2µm). Halo argílico de veta Osvaldo Diez. Formación Chon Aike	5,16±0,10	2964±43	95,4	142,3±3,4
DDH509	Cerro Vanguardia (<2µm). Halo argílico de veta Osvaldo Diez. Formación Chon Aike	5,62±0,11	3252±47	95,4	143,3±3,4
ADULARIA HIDROTHERMAL					
DDH650 (A4,S33-428)	Cerro Vanguardia. Veta Natalia, cuarzo+adularia	9,56±0,19	5340±75	97,0	138,5±3,3
ME-A (A1,S33-428)	Manantial Espejo. Veta María. Afloramiento	6,08±0,12	3500±54	88,7	142,6±3,5
ME-1 (A2, S33-438)	Manantial Espejo. Veta María. Afloramiento	8,18±0,16	4423±65	92,7	134,2±3,2
ME-2 (A3, S33-439)	Manantial Espejo. Veta María Afloramiento	8,07±0,16	4045±59	93,2	124,8±3,0

Tabla 1. Edades radimétricas de rocas de la Formación Chon Aike en el área de La Josefina y de las mineralizaciones epitermales en diferentes sectores del Macizo del Deseado.

nismos de las Formaciones Bajo Pobre y Chon Aike (de acuerdo a su actual definición), en distintos sectores del Macizo del Deseado para un amplio intervalo del Jurásico.

Las edades absolutas obtenidas en illita de la roca de caja alterada de vetas del yacimiento Cerro Vanguardia, confirman una edad jurásica para las mineralizaciones epitermales auríferas, que estarían asociadas a episodios tardíos del finivolcanismo ácido, como sucede en muchos distritos epitermales auríferos del mundo.

Tal como se señaló anteriormente, la evolución geotectónica del Macizo del Deseado, presenta un amplio volcanismo jurásico, asociado a procesos extensionales, al que se vinculan depósitos y manifestaciones de metales preciosos, de mineralogía simple y baja sulfuración, dispuestos esencialmente en vetas. El conjunto de características geológicas y metalogénicas permiten considerar al territorio del Deseado como una Provincia Auroargentífera Mesozoica perfectamente individualizable.

ANEXO

ESTUDIO DE INCLUSIONES FLUIDAS DE DEPÓSITOS EPITERMALES DEL MACIZO DEL DESEADO

Francisco Javier Ríos¹, Kazuo Fuzikawa¹ y James Viera Alves¹

Fueron desarrollados estudios de inclusiones fluidas (IF) en los distritos de Cerro Vanguardia, Manantial Espejo, La Josefina, Dorado Monserrat, La Manchuria, Bajo Pobre, Laguna Guadaluza, La Valenciana y El Macanudo.

Los resultados de los estudios indican que, en estos sectores, se registraron sucesivas precipitaciones de sílice a partir de fluidos acuo-salinos que mostraron temperaturas progresivamente decrecientes y salinidad constante (generalmente inferior, equivalente a 6% en peso de NaCl). Estos pulsos formaron las texturas bandeadas características de los cuerpos vetiformes del Macizo del Deseado.

Las paleotemperaturas obtenidas para estas soluciones varían entre <100 y 320°C. Fueron interpretadas como indicadoras de los niveles profundidad en que se formaron los sistemas de vetas de cada sector estudiado. Las mayores profundidades deben corresponder a las mayores temperaturas (240 - 320°C, tabla 1), obtenidas en el cuarzo de los filones de Cerro Vanguardia, Manantial Espejo, La Josefina, La Manchuria y Dorado Monserrat. Las IF primarias estudiadas en estos cristales son predominantemente bifásicas y fueron formadas por fluidos acuosos en ebullición en los cuales no había fases carbónicas.

Profundidades intermedias, casi superficiales, deben corresponder a las vetas del distrito Bajo Pobre, donde las temperaturas de las IF bifásicas son menores (oscilan entre 150 y 200°C). Las menores temperaturas (<100°C, IF monofásicas) fueron obtenidas en los cuerpos vetiformes de Laguna Guadaluza y La Valenciana. Temperaturas aún inferiores formaron *silica sinters* en ambientes lagunares, tal

como fue determinado en los sectores de la Josefina y El Macanudo.

Estudios de paleotemperaturas desarrollados en muestras de testigos de sondeo indicaron que el gradiente termal de los fluidos acuo-salinos aumenta en profundidad, a razón de aproximadamente 50°C cada 100-150 metros.

Durante la etapa tardía de sulfuración se formó la esfalerita, a partir de fluidos acuosos de media / alta salinidad y temperaturas próximas a 200°C (datos obtenidos en Manantial Espejo). En estas soluciones estaban presentes los iones Ca⁺⁺, Na⁺ y, tal vez, Mg⁺⁺. En ambientes epitermales de baja sulfuración, fluidos de alta salinidad (10-15% en peso de NaCl) son característicos de depósitos donde el ion Ag predomina sobre el Au, en proporciones Ag/Au>100, con valores económicos de Zn y Pb (O'Neil y Silberman, 1974; Hedenquist y Lowenstern, 1994). Estos fluidos serían similares a los que precipitaron la esfalerita de la Veta Maria (Manantial Espejo). La suposición es reforzada por los resultados de análisis químicos en este sector, los cuales reflejan una inversión en el estilo de mineralización, el cual pasa de Au>Ag en las etapas precoces, para Ag>Au en las etapas tardías. Debe remarcarse también que algunos diagramas de concentración y solubilidad propuestos por Henley (1985) muestran que la solubilidad de Au aumenta con el incremento de salinidad y la disminución de la temperatura. Por lo tanto, no sería de esperar precipitación de oro durante la etapa de formación de la esfalerita. El origen de las altas salinidades relacionadas a las mineralizaciones de Ag podría estar vinculada a la interacción de soluciones epitermales con agua de mar (Henley, 1985).

La baritina y la calcita fueron precipitadas por fluidos acuosos tardíos de baja salinidad y temperaturas, en general, inferiores a 100°C.

De acuerdo con los resultados de análisis químicos en muestras de testigos de perforación de la Veta Maria (Ma-

¹ CDTN (Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, Brasil).

Distrito	Th (°C)	Moda Principal (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{CUARZO}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(*)$ (calculado)
Cerro Vanguardia	210-250	285-290	+11,3	+3,5
		+10,6	+2,8	
		+9,3	+1,5	
		+12,8	+5,0	
La Josefina	200-280	240-275	+14,7	+6,35
			+12,8	+4,4
			+13,9	+5,5
Manantial Espejo	200-240	240-270	+15,7	+1,7
	275-320		+12,7	+2,8
			+10,5	+0,6
			+1,8	-6,4
La Manchuria	130-170			
	240-280			
Doradot Monserrat	220-280	225-240		
Bajo Pobre	150-225	180-200	+14,8	+2,0
			+11,5	-1,3
			+9,3	-3,5

Tabla 1. Temperaturas de homogeneización (Th) obtenidas en inclusiones fluidas de los distritos estudiados en el Macizo del Deseado. Fueron anexados los valores de los análisis isotópicos obtenidos en cuarzo y los respectivos cálculos de los valores isotópicos de fluidos, de acuerdo con la ecuación de Friedman y O'Neil, 1977 ($d_{\text{H}_2\text{O}} = d_{\text{CUARZO}} - A(10^6 T^{-2}) + B$, donde A = 3,38 y B = 2,90).

nantial Espejo), los mayores tenores de Au coinciden con la presencia de niveles sulfurosos, que aparecen intercalados en el cuarzo estudiado por IF. La etapa de precipitación de Au estaría, de ese modo, vinculada con la formación de los primeros sulfuros. De acuerdo a observaciones de Dong y Morrison (1995), corroboradas por Ametrano y Echeveste (1996), la formación de minerales auríferos también se relacionaría con la precipitación de la adularia rómica. Fue verificado que esta última aparece como inclusión en los cristales de cuarzo estudiados en La Josefina y Manantial Espejo. Por lo tanto, entre los fluidos estudiados, aquellos que precipitaron este mineral (acuosos, de baja salinidad y sin CO₂) serían los que mas se aproximarían a las soluciones que transportaron el oro en estos distritos.

Entre los factores que pueden haber contribuido con la precipitación de oro deben destacarse la temperatura y la ebullición del fluido. Los sectores donde se encontraron las mejores evidencias de ebullición (Cerro Vanguardia, La Josefina y Manantial Espejo) coincidentemente son los que presentan las mayores concentraciones de oro. La salinidad de las soluciones no influenció el proceso de precipitación de Au porque, durante el mismo, permaneció constante. No fue determinado el papel que habrían desempeñado otros

MODELO ADULARIA SERICITA, BAJA SULFURACIÓN Heald <i>et al.</i> (1987); Marcoux (1995); Hedenquist <i>et al.</i> (1997)	MACIZO DEL DESEADO
Presencia de cuarzo, calcedonia y adularia	Idem
Presencia subordinada de sulfuros	Idem
Mineralización de oro, plata (electrum)	Mineralización de oro, electrum, tetraedrita
Presencia de vetas, filones, brechas	Idem
Presencia de <i>stockworks</i>	Idem
Baja salinidad de los fluidos acuosos relacionados a la precipitación de Au	Idem
Temperatura de fluidos mineralizadores entre 190 y 250°C	Temperaturas entre 200 y 300°C para los fluidos probablemente mineralizadores
Ebullición del fluido mineralizador	Idem
Encajante riolítica	Encajante riolítica
Rodocrosita	Carbonatos silicificados

Tabla 2. Comparación entre las características de depósitos epitermales del tipo Adularia-Sericita/ Baja Sulfuración y las correspondientes a los distritos estudiados en el Macizo del Deseado.

factores tales como cambios en el pH y en las concentraciones de H₂S.

Los resultados de estudios isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ indican que, aunque no existen determinaciones de δD , los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ de Cerro Vanguardia y La Josefina, cuando comparados con los resultados isotópicos obtenidos en los otros distritos, parecen estar mas alejados de la línea de aguas meteóricas del diagrama $\delta\text{D} \times \delta^{18}\text{O}$. Si estos datos son utilizados para establecer una tendencia, se podría suponer que las vetas de Cerro Vanguardia y algunas de La Josefina estuvieron, en algún período geológico no determinado, a profundidades mayores (Ohmoto, 1986).

Los cálculos de las $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ fueron elaborados utilizando las temperaturas de homogeneización de IF primarias para cada sector estudiado. En todos los depósitos estudiados isotópicamente, los cuarzos mas juvenes presentan los mayores valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{CUARZO}}$. Esto, probablemente, se debe a una mayor participación de fluidos meteóricos.

Por otra parte, fueron estudiados por isótopos de S los pares minerales esfalerita y galena de cerro Vanguardia. Las temperaturas obtenidas por termometría isotópica son 140, 180 y 250°C. Los dos primeros valores son coincidentes con las temperaturas de homogeneización obtenidas en inclusiones fluidas de las esfaleritas de Manantial Espejo.

El tipo de mineralización, constituido por electrum + oro + tetraedrita (Etcheverry *et al.*, 1997), sumado a las texturas, salinidades y temperaturas características de los fluidos, la presencia de adularia hidrotermal, la poca abundancia de sulfuros y evidencias de ebullición de fluidos,

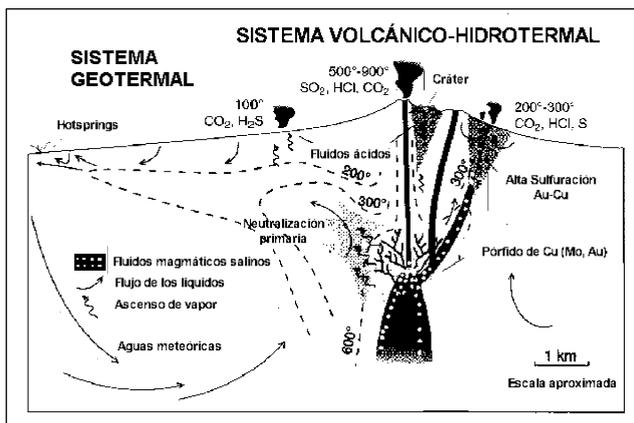


Figura 1. Perfil geológico esquemático propuesto por Hedenquist *et al.* (1997) donde se muestra la posición espacial que ocupan los depósitos epitermales de Alta y Baja sulfuración. Entre las isotermas de este último tipo fueron intercalados los resultados de paleotemperaturas obtenidos en los distritos estudiados. Referencias (1) Cerro Vanguardia; (2) La Josefina; (3) Manantial Espejo; (4) La Manchuria; (5) Dorado Monserrat; (6) Bajo Pobre; (7) Laguna Guadalosa y La Valenciana (posición probable); (8) El Macanudo - Los Leones.

permiten incluir los distritos estudiados en el Macizo del Deseado dentro de los depósitos epitermales de Baja Sulfuración (Hedenquist y Lowenstern, 1994; Hedenquist *et al.*, 1997) y Adularia-Sericita (Heald *et al.*, 1987; Marcoux, 1995; entre otros; tabla 2). Estos yacimientos están generalmente ubicados en zonas marginales de centros volcánicos, son vetiformes, se formaron dentro de un limitado rango de pH (casi neutro) bajo presiones hidrostáticas y pueden estar asociados a manifestaciones geotermales (Hedenquist *et al.*, 1997, figura 1).

Debe destacarse que hay una divergencia entre el modelo de Baja Sulfuración/Adularia Sericita y los fluidos estudiados en el Macizo del Deseado. Hedenquist y Lowenstern (1994) afirman que en estos fluidos están presentes gases, generalmente CO_2 y H_2S , en cantidades mayores a 4% en peso. Sin embargo, la presencia de estas fases gaseosas no fue confirmada durante las determinaciones microtermométricas y de micro-Raman. No obstante esto, los estudios de aplastamiento (*crushing*), en cristales de cuarzo sumergidos en glicerina, indicaron liberación baja de gases. Las determinaciones de micro-Raman indicaron que estos compuestos moleculares están relacionados a inclusiones intercrystalinas tardías, localizadas entre cristales contiguos de cuarzo. Estas inclusiones están formadas por una fase gaseosa predominante que contiene, probablemente, hidrocarburos y una fase acuosa raramente presente. Estos fluidos migraron y fueron aprisionados en forma posterior a las etapas de precipitación de oro y sulfuros (incluyendo esfalerita). Los sectores donde fueron encontrados son El Macanudo, Dorado Monserrat, Manantial Espejo y Laguna Guadalosa.

BIBLIOGRAFÍA

- Alric, V., M. Haller, G. Feraud, H. Bertrand y M. Zubia, 1996. Cronología $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del vulcanismo jurásico de la Patagonia Extraandina. *13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas*, 5: 243-251.
- Ametrano, S. y H. Echeveste, 1996. La adularia del distrito aurífero de Manantial Espejo, Provincia de Santa Cruz, Argentina. Su interpretación metalogenética. *3° Reunión de Mineralogía y Metalogénia. Publicación 5*: 49-54. La Plata.
- Archangelsky, S., 1958. Estudio geológico y paleontológico del Bajo de La Leona (Santa Cruz). *Acta Geológica Lilloana*, 2: 5-136. Tucumán.
- Archangelsky, S., 1967. Estudio de la Formación Baqueró. Cretácico inferior de Santa Cruz. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie) 5, Paleontología*, 32. La Plata.
- Arribas, Jr. A., I. B. Schalamuk, R. E. de Barrio, R. R. Fernández y T. Itaya, 1996. Edades radimétricas de mineralizaciones epitermales auríferas del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina. *39° Congreso Brasileiro de Geologia, IGCP N°342 "Age and isotopes of South American Ores"*, Actas, 7: 254-257.
- Arrondo, O., 1972. Estudio geológico y paleontológico en la zona de la Estancia La Juanita y alrededores. Provincia de Santa Cruz. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Paleontología*, 7: 1-194.
- Baker, P. E., W. J. Rea, J. Skarmeta, R. Caminos y D. C. Rex, 1981. Igneous History of the Andean Cordillera and Patagonian plateau around latitude 46° S. *Philosophical Translation Royal Society London*, A 303: 105-149.
- Cazeuneve, H., 1965. Datación de una toba de la Formación Chon Aike (Jurásico de Santa Cruz, Patagonia), por el método Potasio-Argón. *Ameghiniana*, 4 (5): 156-158. Buenos Aires.
- de Barrio, R. E., 1989. Aspectos geológicos y geoquímicos de la Formación Chon Aike (Grupo Bahía Laura), en el noroeste de la provincia de Santa Cruz. *Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP*, inédito.
- de Barrio, R. E., 1993. El volcanismo ácido jurásico en el noroeste de Santa Cruz, Argentina. *12° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas*, 4: 189-198.
- De Giusto, J. M., 1956. Informe geológico zona Roca Blanca-Baqueró. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, 38 p., inédito.
- De Giusto, J. M., C. Di Persia y E. Pezzi, 1980. Nesocratón del Deseado. *Academia Nacional de Ciencias, Geología Regional Argentina*, 2: 1389-1430. Córdoba.
- Di Persia, C. A., 1956. Ibidem 3a campaña. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, 56 p., inédito.
- Di Persia, C. A., 1958. Ibidem 5ª campaña. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, inédito.
- Di Persia, C. A., 1962. Acerca del descubrimiento del Precámbrico en la Patagonia Extraandina (Provincia de Santa Cruz). *Primeras Jornadas Geológicas Argentinas, Anales*, 2: 65-68.

- Dong, G. y G. W. Morrison, 1995. Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. *Mineralium Deposita*, 30:11-19.
- Echavarría, L. E., 1997. Estudio geológico-minero del depósito El Dorado-Monserrat, provincia de Santa Cruz. *Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo U.N.L.P.*, inédito, 310 p.
- Echeveste, H., R. Fernández, G. Bellieni, E. Piccirillo y A. Blesa, 1998. Características petrográficas y geoquímicas del vulcanismo jurásico en el área La Josefina. sector central del Macizo del Deseado, Santa Cruz. Argentina. *10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Resumen, Actas*, 2: 180.
- Echeveste, H., R. Fernández, E. Llambías, M. Tessone, I. Schalamuk, G. Bellieni, E. Piccirillo y A. De Min, 1999. Ignimbritas tardías de alto grado en la Formación Chon Aike. Macizo del Deseado, Santa Cruz. Argentina. *14° Congreso Geológico Argentino*. Salta. En Prensa.
- Etcheverry, R., H. Echeveste, I. Schalamuk y S. Ametrano, 1997. Manantial Espejo: A Jurassic epithermal gold mineralization, Santa Cruz, Argentine. In: *Mineral Deposits, Papunen (ed), Balkema, Rotterdam*. p.177-180.
- Fernández, R. R., H. Echeveste, I. Echavarría e I. Schalamuk, 1996. Control volcánico y tectónico de la mineralización epitermal del área de La Josefina, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas*, 3: 41-54.
- Fernández, R. R., H. J. Echeveste, C. G. Tassinari e I. B. Schalamuk, 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° Simposio Sudamericano de Geología Isotópica*. Villa Carlos Paz, Córdoba. En prensa.
- Feruglio, E., 1949-50. Descripción geológica de la Patagonia, 3 tomos. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. Buenos Aires.
- Genini, A. D., 1977. Informe preliminar Mosaico 4969-II-B3, Proyecto 19 NE, Area Cerro Vanguardia, Provincia de Santa Cruz. *Plan Patagonia-Comahue, Secretaría de Minería*, inédito
- Genini, A. D., 1990. Cerro Vanguardia. Provincia de Santa Cruz. Nuevo prospecto auroargentífero. *3° Congreso Argentino de Geología Económica, Actas*, 3.
- Giacosa, R. y A. D. Genini, 1995. Cerro Chato: Un nuevo prospecto epitermal vetiforme con oro-plata en el Macizo del Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina. *5° Congreso Nacional de Geología Económica. Simposio de Metalogenia Andina de Sudamérica. Secretaría de Minería de la Nación-Universidad Nacional de San Juan. San Juan. República Argentina*. 431-434.
- Hayba, D. O., P. M. Bethke, P. Heald y N. K. Foley, 1985. The geological, mineralogical and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal deposits. En B.R.Berger y P.M. Bethke editores, *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems. Society Economic Geologists, Rev. Economic Geology* 2: 129-168.
- Heald, P., N. K. Foley y D. O. Hayba, 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite type. *Economic Geology*, 82:1-26.
- Hechem, J. y J. Homocv, 1985. Modelo de facies volcánoclastico y consideraciones estratigráficas para la Formación Bajo Grande y el Grupo Bahía Laura, Jurásico superior-Cretácico inferior, provincia de Santa Cruz. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, inédito.
- Hedenquist, J. W., 1987. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the circum-Pacific Basin. En M. K. Horn editor, *Transactions of the Fourth Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference*, Singapore. *American Association of Petroleum Geologists*: 513-524.
- Hedenquist, J. W. y Lowenstern, 1994. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. *Nature*, 370:519-527.
- Hedenquist, J. W., E. Izawa, A. Jr Arribas y N. C. White, 1997. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploraton. *The Society of Resource Geology, Japan, Special Publication*, 1.
- Henley, R. W., 1985. The geothermal framework of epithermal deposits. In: *Geology and geochemistry of epithermal systems*. Berger, B.R. y Bethke, P.M. (Eds.). *Reviews in Economic Geology*, 2: 1-21.
- Lesta, P. y R. Ferello, 1972. Región extrandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En *Geología Regional Argentina* (Ed. Leanza). *Academia Nacional de Ciencias*, 601-653. Córdoba.
- Marcoux, E., 1995. Gold and volcanoes: epithermal gold deposits, a review. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 321, serie IIA, p.723-735.
- Marín, G., 1982. Descripción geológica de la Hoja 55c Gobernador Gregores, provincia de Santa Cruz. Informe preliminar. *Servicio Geológico Nacional*, 17 p, inédito.
- Ohmoto, H., 1986. Stable isotope geochemistry of ore deposits. In: *Stable Isotopes*. Valley, Taylor y O'Neil (Eds). *Miner. Soc. of America*, p. 491-556.
- O'Neil y M. L. Silberman, 1974. Stable isotope relations in epithermal Au-Ag deposits. *Economic Geology*, 69: 902-909.
- Pankhurst, R. J., P. Sruoga y C. W. Rapela, 1993. Estudio geocronológico Rb-Sr de los Complejos Chon Aike y El Quemado a los 47° 30' L.S. *12° Congreso Geológico Argentino, Actas*, 4: 171-178.
- Pankhurst, R. J. y C. W. Rapela, 1995. Production of Jurassic rhyolite by anatexis of the lower crust of Patagonia. *Earth and Planetary Science, Letters*, 134: 23-36.
- Panza, J. L., 1982. Descripción geológica de las Hojas 53e "Gobernador Moyano" y 54e "Cerro Vanguardia". *Servicio Geológico Nacional*, 197 p., inédito.
- Panza, J. L., 1984. Descripción geológica de las Hojas 54f "Bajo de la Leona" y 54g "Bahía Laura", provincia de Santa Cruz. *Servicio Geológico Nacional*, 197 p., inédito.
- Pezzuchi, H., 1978. Estudio geológico de la zona de estancia Dos Hermanos-estancia 25 de marzo y adyacencias. Departamento Deseado. Provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral N° 365. *Facultad de Ciencias Naturales y Museo*, inédito.

- Schalamuk, I., R. R. Fernández y R. Etcheverry, 1995. Gold-silver epithermal veins in the Macizo del Deseado, Argentina. *Mineral Deposits*, J. Pasava, B. Kribek, H. Zak (Eds.). *Proceedings Third Biennial SGA Meeting*.
- Schalamuk, I. B., M. A. Zubia, A. Genini y R. R. Fernández, 1997. Jurassic epithermal Au-Ag deposits of Patagonia, Argentina. *Ore Geology Review*. (Ed. Elsevier) 12 (3): 173-186.
- Spalletti, L., A. M. Iñiguez Rodríguez y M. Mazzoni, 1982. Edades radiométricas de piroclastitas y vulcanitas del Grupo Bahía Laura, Gran Bajo de San Julián, Santa Cruz. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 37: 483-485.
- Sruoga, P., 1989. Estudio petrológico del Plateau ignimbrítico jurásico a los 47° 30' lat. S. Tesis doctoral (inédito). *Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP)*.
- Tessone, M., 1999. Datos geoquímicos de muestras de las Formaciones Bajo Pobre y Chon Aike, área de La Manchuria, provincia de Santa Cruz. *Instituto de Recursos Minerales*, inédito.
- Tessone, M., M. A. del Blanco, M. Macambira y A. Rolando, 1999. New radiometric ages of the Chon Aike and Bajo Pobre Formations in the central zone of the Deseado Massif, Argentina. *2° Simposio Sudamericano de Geología Isotópica*. Villa Carlos Paz, Córdoba. En prensa.
- Uliana, M. A., K. T. Biddle, D. W. Phelps y D. A. Gust, 1985. Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicos en el extremo meridional de Sudamérica. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 40 (3-4) 231 - 253.
- Uliana, M. A. y K. T. Biddle, 1987. Permian to late Cenozoic evolution of northern Patagonia: main tectonics events, magmatic activity and depositional trends. En G.D. McKenzie (ed.) *Gondwana Six: structure tectonics and geophysics*. *American Geophysical Union, Geophysical Monograph*, 40: 271-286.
- Varela, R., H. Pezzuchi, A. Genini y M. Zubia, 1991. Dataciones de rocas magmáticas en el Jurásico inferior del nordeste del Macizo del Deseado, Santa Cruz. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 46 (3-4): 257-262.
- Viera, R. y H. Pezzuchi, 1976. Presencia de sedimentitas pérmicas en contacto con rocas del "Complejo metamórfico" de la Patagonia Extraandina, estancia Dos Hermanos, provincia de Santa Cruz. *Nota breve, Asociación Geológica Argentina, Revista*, 31 (4): 281-283.
- Zambrano, J. y C. Urien, 1970. Geological outline of the basins in Southern Argentina and their continuation off the Atlantic shore. *Journal of Geophysical Research*, 75 (8): 1363-1396.
- Zubia, M. A., A. D. Genini y M. Godeas, 1994. Hoja Geológica 4969-II "Tres Cerros", Minería, Provincia de Santa Cruz. *Secretaría de Minería de la Nación. Boletín*, 213. Buenos Aires.