

Características geoquímicas de la mineralización epitermal del área El Dorado-Monserrat, Provincia de Santa Cruz, Argentina

Leandro E. Echavarría

CONICET- Instituto de Recursos Minerales (INREMI) (Universidad Nacional de La Plata)

Ricardo O. Etcheverry

47 No. 522 (1900) La Plata, Argentina

e- mail: retche@isis.unlp.edu.ar

RESUMEN

En los depósitos epitermales del área El Dorado-Monserrat (Au-Ag), ubicados en el Macizo del Deseado, Argentina, se ha realizado un estudio geoquímico, a partir de muestras obtenidas en vetas y roca de caja. De los perfiles efectuados en las rocas encajantes, se desprende que los halos de distribución de los elementos estudiados son muy irregulares, encontrándose en muchas ocasiones elevados contenidos en metales, debido a la presencia de pequeñas vetillas portadoras de mineralización. De las dos áreas estudiadas, la que presenta mayores contenidos en metales nobles es la de Monserrat. Allí se han analizado independientemente las vetas de cuarzo y baritina, determinándose que el Au se concentra en las estructuras cuarcíferas, mientras que las baríticas se hallan enriquecidas en Ag. La mayor parte de los elementos posee una distribución lognormal, con largas colas hacia los valores más elevados. También se han estudiado independientemente muestras con distintas texturas de cuarzo, resultando las texturas de reemplazo y maciza las más ricas en Au y Ag, posiblemente, debido a la mayor temperatura de formación con respecto a la textura bandeada. Las diferencias geoquímicas y texturales halladas entre ambas zonas, permiten postular un nivel diferente de exposición, correspondiendo a Monserrat un emplazamiento más profundo, donde se observan texturas de cuarzo de grano grueso, reemplazo de carbonatos, intercrecidos con piritita y adularia, coincidente con el nivel de precipitación de los elementos nobles, mientras que El Dorado representa a niveles superficiales, con texturas de calcedonia maciza y de recristalización, con mayores contenidos de mercurio y ausencia de Au y Ag.

Palabras claves: Au-Ag, Geoquímica, Epitermales, Macizo del Deseado, Argentina.

ABSTRACT

Geochemistry of El Dorado-Monserrat epithermal prospect, Santa Cruz, Argentina. This paper is devoted to the geochemistry of lodes and host rocks from the El Dorado-Monserrat epithermal Au-Ag deposits. The distribution haloes of the studied metals show great variations as demonstrated by the cross-cut sections through the host rocks. An increase of contents was found in close relationship with the presence of narrow veinlets carrying ore minerals. The highest Au-Ag contents were found in the Monserrat area where quartz as well as barite veins were analyzed. The results allow to establish that the former ones are Au-enriched while the barite lodes have higher Ag grades. Most of the elements show a log normal distribution with long queues towards the highest values. Many samples with different quartz textures have also been studied, those with replacement and massive textures have higher Au-Ag contents than those with banded textures. The latter is possible due to the lower formation temperatures of the banded quartz. The geochemical and textural differences found between both areas suggest that they represent different exposition levels. Monserrat, where there are coarse-grained quartz textures and carbonate replacements intergrown with pyrite and adularia, is the

deepest one, and it coincides with the precipitation level of the noble elements; El Dorado represents superficial levels, with massive chalcedony and recrystallization textures, with higher contents of Hg and lack of Au-Ag.

Keywords: Au-Ag, Geochemistry, Epithermal deposit, Macizo del Deseado, Argentina.

INTRODUCCION

En el ámbito del Macizo del Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina, se localizan varios depósitos epitermales emplazados, principalmente, en rocas volcánicas de edad jurásica (formaciones Bajo Pobre y Chon Aike). Se trata de sistemas vetiformes de baja sulfuración constituidos, en gran parte, por cuarzo con importantes contenidos en metales preciosos (Schalamuk *et al.*, 1995a; Schalamuk *et al.*, 1997).

En la presente contribución se dan a conocer algunas características geoquímicas de depósitos

epitermales del área denominada El Dorado-Monserrat, ubicada en el Departamento Magallanes, Provincia de Santa Cruz (Fig. 1).

Los depósitos epitermales son sistemas dinámicos que evolucionan en las tres dimensiones debido a la interacción de la fuente de calor, la circulación de los fluidos hidrotermales y las rocas de caja que hospedan el sistema, generalmente controladas por los rasgos estructurales de la región. De esta manera, los yacimientos minerales se producen por sucesivos eventos mineralizantes

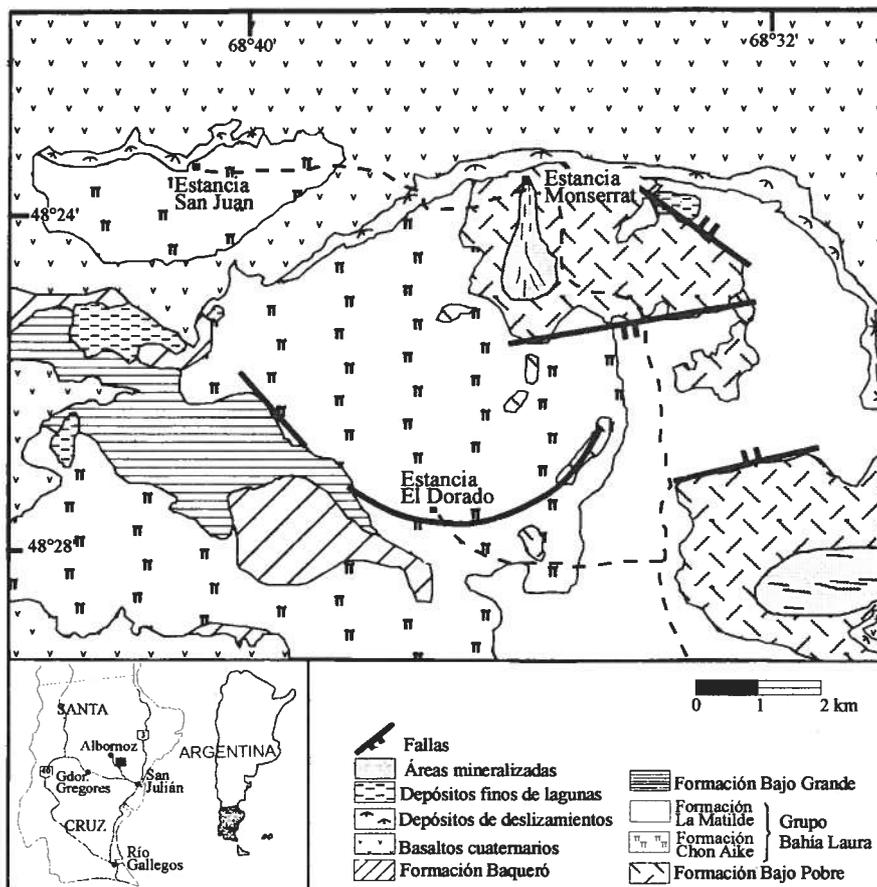


FIG. 1. Mapa geológico simplificado del área El Dorado-Monserrat.

superpuestos que originan una concentración de elementos económicamente favorable.

La distribución de elementos resultante es particular para cada depósito considerado y está en relación con factores tales como la temperatura, profundidad de emplazamiento, interacción fluido-roca de caja, gradiente de flujo, mezcla de fluidos, superposición de pulsos mineralizantes. Todo esto resulta en zonaciones espaciales, a partir de las cuales es posible arribar a importantes considera-

ciones genéticas, las que se pueden utilizar en la optimización de las tareas de prospección-exploración del depósito considerado y otros de características homologables.

En este trabajo se han estudiado las características geoquímicas de dos áreas con manifestaciones epitermales; se analizó la distribución de los elementos en trazas en los distintos tipos de cuarzo vetiforme, baritina y roca de caja, estableciéndose sus implicancias genéticas.

MARCO GEOLOGICO

El Macizo del Deseado es una provincia morfoestructural ubicada en el centro de la Provincia de Santa Cruz. Está conformada por un basamento con asomos aislados y reducidos de rocas metamórficas de bajo y mediano grado, incluidas por Di Persia (1960) en la Formación La Modesta, asignada al Precámbrico superior. Sobre estas rocas se desarrolla, durante el Jurásico, una intensa tectónica extensional, cuya manifestación queda representada por un amplio campo volcánico de composición intermedia, típico de erupciones fisurales (Panza, 1995) que se denomina Formación Bajo Pobre. Hacia el Jurásico Superior se observa una evolución hacia rocas más ácidas que forman un plateau ignimbrítico de gran extensión (de Barrio, 1993; Pankhurst *et al.*, 1993), en el que se reconocen mantos de flujos piroclásticos, tobas laminadas, domos, megabrechas, etc., muchos de ellos rela-

cionados a la evolución de calderas (Fernández *et al.*, 1996; Echavarría, 1997a) y reunidos en el Grupo Bahía Laura, con sus dos formaciones La Matilde y Chon Aike. Asociado al citado evento volcánico se forman las distintas manifestaciones epitermales presentes en este ámbito geológico (Arribas *et al.*, 1996).

El régimen extensional culmina con la separación de los continentes americano y africano y produce, durante el Cretácico, la apertura de pequeñas cuencas donde se depositan sedimentos tobáceos de las formaciones Bajo Grande y Baqueró.

Finalmente, durante el Terciario y Cuaternario, tiene lugar la efusión de numerosas coladas de basaltos olivínicos intercaladas con depósitos marinos y continentales de las formaciones Patagonia y Santa Cruz, respectivamente.

MINERALIZACIONES

Las manifestaciones epitermales de El Dorado-Monserrat están constituidas por vetas de cuarzo y, en menor medida, de baritina. Las primeras sobresalen en el paisaje como crestones alineados, mientras que los filones de baritina, por su parte, se hallan ocupando las zonas deprimidas del relieve, debido a su menor resistencia a la erosión. El espesor de las vetas generalmente es reducido, con un promedio de 0,85 m, aunque poseen grandes variaciones a lo largo del rumbo, llegando a medir, en algunos casos, hasta 4 metros de potencia.

En el área de estudio se han reconocido alrededor de 45 estructuras vetiformes que totalizan aproximadamente 10.000 m de corrida, situadas en dos

zonas diferentes; la más importante se localiza en las inmediaciones de la estancia Monserrat, mientras que la segunda se ubica ca. 6 km al este de la estancia El Dorado (Fig. 1). Sus características son disímiles, tanto por sus contenidos de Au y Ag, como por las texturas que presentan las estructuras vetiformes (Echavarría, 1997b).

Las vetas del sector Monserrat se emplazan en fracturas de rumbo aproximado norte-sur a N30°E, mientras que las del sector El Dorado se extienden en dirección cercana a este-oeste.

Todas las vetas reconocidas se emplazan en rocas volcánicas intermedias correspondientes a la Formación Bajo Pobre, desarrollándose en torno a

ellas un halo de alteración hidrotermal en el que se han reconocido tres zonas diferentes. La zona interna de silicificación, se forma a partir del contacto con las vetas de cuarzo y con un espesor variable desde pocos centímetros hasta un metro, se caracteriza por la adición de cuarzo que reemplaza a los minerales máficos, parcialmente a la pasta afanítica de las vulcanitas y forma finas vetillas, cuya densidad disminuye a medida que aumenta la distancia al contacto con las vetas. Dichas vetillas poseen desde pocos milímetros hasta 5 centímetros de potencia, están formadas por cuarzo de textura maciza de grano fino a medio, con escasos espacios abiertos, intercrecido con cristales de adularia de secciones rómbicas euhedrales a subhedrales, de reducido tamaño, y pequeñas escamas de sericita. Transicionalmente se pasa a la zona de sericitización, donde los microfenocristales de plagioclasa y piroxeno se presentan sericitizados, alteración que comienza a partir de las fracturas y los planos de macla; la sericita también se encuentra diseminada en la pasta afanítica de las vulcanitas. A una distancia de 4 metros de las vetas, ya no se observan vetillas de cuarzo y la roca presenta una débil propilitización, donde los piroxenos se encuentran parcialmente cloritizados. La roca de caja de las vetas de baritina carece de las zonas de alteración de silicificación y sericitización.

El principal relleno de las vetas corresponde a minerales del grupo de la sílice y en menor medida, baritina. El mineral más frecuente es el cuarzo, seguido de baritina, pirita, cristobalita, adularia, sericita, clorita y celadonita; resulta llamativa la ausencia de sulfuros de metales base. El cuarzo se dispone en diferentes arreglos texturales, los que han sido reunidos en tres grupos:

TEXTURAS DE CRECIMIENTO PRIMARIO

Reúne a las variedades donde los minerales del grupo de la sílice precipitan directamente en espa-

cios abiertos, dentro de éste los más importantes son: cuarzo macizo, calcedonia maciza y bandeado costriforme; en la zona de El Dorado predomina la calcedonia o cuarzo calcedónico, mientras que en el sector Monserrat la relación calcedonia/cuarzo cristalino es mucho menor.

TEXTURAS DE RECRISTALIZACION

Representan la transformación de sílice amorfa en cuarzo o calcedonia. El cuarzo formado es de grano fino, con bordes irregulares e interpenetrados, otra variedad presenta extinción radiada o llameante (Dong *et al.*, 1995), o plumosa (Sander y Black, 1988). En el sector Monserrat están subordinadas, y son más importantes en la zona mineralizada de El Dorado.

TEXTURAS DE REEMPLAZO

Se trata, principalmente, de carbonato en hojas totalmente reemplazado por sílice, llegándose a esta conclusión debido a la extrema fineza, el clivaje romboédrico y la terminación en cuña de las hojas sustituidas (Morrison *et al.*, 1989). Se han reconocido numerosas variedades de reemplazos, principalmente en el sector Monserrat; en el área de El Dorado estas texturas se hallan subordinadas y ocupan porciones muy restringidas dentro de las vetas.

La descripción detallada y las implicancias genéticas de las variedades texturales han sido motivo de otra comunicación (Echavarría, 1997b).

En las vetas del sector Monserrat se han reconocido pequeños granos de Au de hasta 35 micrómetros de diámetro. Ellos se encuentran zonados, el centro posee porcentajes de Ag que llegan al 45% en peso, mientras que los bordes están formados, casi exclusivamente, por Au con una pureza del 98%.

GEOQUIMICA

MUESTRAS Y METODOS ANALITICOS

Con la finalidad de conocer los contenidos e interrelaciones de los elementos, principalmente Au y Ag en las vetas, se han realizado análisis

químicos de 119 muestras de superficie tomadas para tal fin en distintos tipos litológicos, ya sean vetas de cuarzo, de baritina y roca de caja. De dichas muestras, 95 corresponden a distintos tipos de cuarzo de vetas y vetillas (78 recolectadas en el

sector Monserrat y 17 en El Dorado), 14 pertenecen a vetas de baritina, y por último, 10 se han obtenido de las rocas encajantes a distintas distancias de las vetas.

El tamaño de las muestras recolectadas es de aproximadamente 2 kg y han sido extraídas por medio de esquireo perpendicular a las estructuras en sectores escogidos al azar, a lo largo de las principales vetas del distrito. Se ha realizado una cuidadosa diferenciación con respecto a su composición y a la textura que se estaba analizando, muestreando individualmente los dominios con características homogéneas, propias y bien diferenciadas, lo cual permitió el reconocimiento de distintas subpoblaciones.

El análisis de las muestras de vetas de cuarzo y roca de caja, se ha realizado en Activation Laboratories LTD, Ancaster, Ontario, Canadá, por medio de espectrometría de inducción de plasma (ICP); mientras que las muestras de vetas de baritina y vetillas de cuarzo se han procesado en el

laboratorio de la Empresa Fomicruz S.E., Puerto San Julián, Provincia de Santa Cruz, Argentina, donde se determinaron las concentraciones de Au, Ag, Cu, Pb y Zn por el método de espectrometría de absorción atómica.

Un pequeño número de análisis, para determinados elementos, ha arrojado valores por debajo del límite de detección del método empleado. Con el fin de completar la matriz de datos para realizar los cálculos estadísticos, particularmente los coeficientes de correlación de Pearson, dichos resultados han sido transformados de acuerdo al procedimiento utilizado por Theodore y Jones (1992), sustituyéndolos por el 50 por ciento del valor del límite inferior de detección. Se considera, además, que dicha transformación no afecta a los resultados, dado el escaso número de valores que han sufrido esta sustitución. Los análisis de Hg, en el sector Monserrat, arrojaron numerosos datos por debajo del límite de detección; debido a ello, se optó por no utilizar, en dicho caso, el procedimiento descrito.

RESULTADOS

ROCA DE CAJA

Los halos de elementos traza encontrados en las rocas encajantes cerca de las vetas, evidencian el proceso de difusión. De acuerdo a Hawkes y Webb (1962) los contenidos en metales de la roca de caja aumentan logarítmicamente a medida que se acercan a la mineralización.

En el presente trabajo se han analizado por elementos traza 10 muestras de roca de caja de vetas de cuarzo del área Monserrat, situadas en dos perfiles. Dichas muestras fueron obtenidas con un espaciamiento de un metro, y desde el contacto con las vetas hasta una distancia de 4 metros, donde desaparece la alteración sericitica, estando las muestras más alejadas del perfil afectadas solamente por una muy débil alteración propilitica. Sobre la base de los resultados de dichas muestras se han realizado dos gráficos tipo araña (Fig. 2), normalizando los resultados con una muestra de roca de caja, alejada de las áreas mineralizadas. En los gráficos mencionados se presentan las variaciones de 7 elementos a medida que aumenta la distancia con las vetas.

De la observación de las figuras se desprende que los elementos Ag, Ba, Mn, Pb y Sb disminuyen levemente sus tenores a medida que se alejan de la mineralización. Principalmente el Pb posee una gran caída a los 4 metros de la veta. El Zn, por el contrario, muestra concentraciones muy bajas en la veta, acrecentándose en las cajas.

El Au, por su parte, presenta valores interesantes en la veta, disminuyendo bruscamente en el primer tramo de roca encajante. Sin embargo, se observa un notable pico en los 3 metros del perfil **a** (Fig. 2a) y en 1 y 3 m del perfil **b** (Fig. 2b). Afortunadamente, con los estudios microscópicos se logró establecer que el aumento en los contenidos de Au en esos sectores está causado por la presencia de abundantes y delgadas vetillas de cuarzo (menores que 0,5 mm de potencia), que son las portadoras de este metal noble.

VETAS

Se ha obtenido un total de 109 muestras de estructuras vetiformes y vetillas asociadas, las que han sido agrupadas según distintas características,

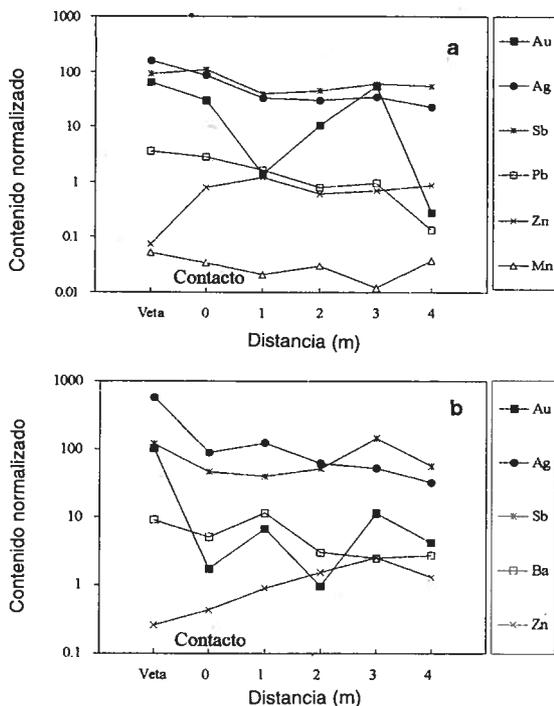


FIG. 2. Diagrama tipo araña donde se representa la distribución de los elementos traza en la roca de caja. a- perfil realizado en la caja de la veta Camila C (sector Monserrat); b- perfil realizado en la caja de la veta Virginia (sector Monserrat). Ambos corresponden a vetas de cuarzo hospedadas en rocas volcánicas de la Formación Bajo Pobre.

lo cual facilita la interpretación del estudio estadístico.

Los elementos utilizados para la realización de los cálculos estadísticos son Ag, As, Au, Ba, Cu, Hg, Mn, Sb, Pb y Zn, por constituir la asociación típica de los depósitos de baja sulfuración, y ser por lo tanto, los que podrían reflejar con mayor precisión los efectos de la mineralización de metales nobles y metales base en el área.

Existen elementos, como por ejemplo el Hg, que se han detectado en muy pocas muestras; por ello, a pesar de ser importantes en depósitos auríferos epitermales, no se han tomado en cuenta en muchos de los análisis estadísticos.

A partir de los diferentes grupos de muestras se han obtenido los parámetros estadísticos centrales y de dispersión, con los cuales se han confeccionado tablas que reúnen la información y simplifican su comprensión (Tablas 1, 3, 4 y 5). La distribución de frecuencias de los datos es lognormal, con una fuerte asimetría positiva que disminuye al convertir

los datos a logaritmos naturales. En este tipo de distribución la media (μ) está dada por la ecuación:

$$\mu = e^{(\alpha + \text{var}/2)}$$

donde α , es la media de los logaritmos naturales de los datos y 'var', la varianza de los mismos. La media así calculada, denominada media verdadera de las distribuciones lognormales por Annels (1991), es, de acuerdo al citado autor, un mejor estimador del depósito que la media aritmética, especialmente si el coeficiente de variación es mayor a 120%.

SECTOR MONSERRAT

1. Vetas y vetillas de cuarzo. Las muestras obtenidas en las vetas de cuarzo se han agrupado de acuerdo a la textura del cuarzo: de reemplazo, bandeada y maciza. De la lectura de la tabla 1, se desprende que los contenidos de metales nobles en las vetas cuarcíferas son elevados. El Au posee una media verdadera de 9,15 ppm, mientras que la Ag alcanza 171,3 ppm.

Los metales base se presentan en muy baja concentración. El cobre posee una media verdadera de 7,78 ppm, con un valor máximo de 40,60 ppm, el plomo arrojó una media verdadera de 101,6 y el zinc, 23,93 ppm, superando las 100 ppm solamente en 3 muestras. Estas determinaciones conciden con la ausencia total, en superficie, de sulfuros de metales base y/o minerales producto de su alteración.

Asimismo, es de destacar que las medias ponderadas por la potencia de las vetas de la mayoría de los elementos tratados, a excepción del As y Zn, son considerablemente menores a las no ponderadas.

Las distribuciones de los elementos tratados poseen un carácter lognormal. Ello se desprende al observar que las largas colas que presentan los diagramas de frecuencia obtenidos para los datos geoquímicos no transformados (Fig. 3), se reducen considerablemente al realizar los mismos gráficos con los valores analíticos transformados en logaritmos naturales (Fig. 4).

Las pruebas de asimetría y curtosis realizadas, considerando los valores no transformados y transformados a logaritmos naturales (Tabla 1), confirman que los elementos siguen la ley lognormal de distribución.

TABLA 1. RESULTADOS DE LOS CALCULOS ESTADISTICOS PARA LAS VETAS DE CUARZO DEL AREA MONSERRAT.

	Ag	As	Au	Ba	Cu	Hg	Mn	Pb	Sb	Zn
No. determinaciones	78	78	78	47	78	78	47	78	78	78
L.D.	0,4	1	0,02	100	1	0,1	2	0,25	0,2	0,5
N.D.	1	0	1	0	0	33	0	0	0	3
Máximo	1200	1300	77,10	75000	40,60	33	122	1090	413,00	664
Mínimo detectado	1,79	5,56	0,02	230,00	2,78	0,10	12,00	0,60	1,66	0,5
Media aritmética	152,75	96,17	6,20	5615,74	8,02	2,73	41,17	98,74	62,16	27,95
Desviación típica	218,89	166,39	10,80	13190,3	6,77	5,59	25,66	190,17	63,66	78,53
Coefficiente de variación (%)	143,30	173,02	174,19	234,88	84,37	205,03	62,33	192,61	102,41	280,93
Asimetría (A)	2,93	5,31	4,17	4,07	2,77	4,34	1,25	3,48	3,13	7,22
Curtosis (A)	23,87	10,21	4,69	35,88	18,09	9,26	21,03	1,30	13,72	33,67
Asimetría (ln)	-0,21	0,30	-0,36	1,06	0,90	0,11	0,18	0,24	-0,73	0,32
Curtosis (ln)	-0,06	-0,05	-0,36	0,55	0,44	-0,56	-0,83	-0,32	0,77	0,53
Media ponderada	134,67	103,01	4,79	2113,11	6,73	1,40	24,09	72,04	58,70	28,99
Desviación típica ponderada	233,61	283,17	6,25	5644,98	5,14	5,54	38,53	128,70	71,51	75,44
Coefficiente de variación ponderada	173,46	274,90	130,48	267,14	76,26	395,84	159,9	178,64	121,81	260,35
Media verdadera	171,3	91,55	9,15	4266,3	7,78	2,9	41,27	101,6	69,04	23,93

Valores expresados en ppm. La asimetría y curtosis se han calculado para las escalas aritméticas (A) y logarítmicas (ln). L.D.: límite de detección del método empleado. N.D.: número de muestras con contenidos por debajo del límite de detección.

En cuanto a la forma de las curvas, en la mayoría de los casos, se acercan a distribuciones mesocúrticas, con tendencia a leptocúrticas para el Ba, Cu, Sb y Zn, y platicúrticas en los casos del Au, Ag, As, Mn y Pb.

Del análisis de la matriz de coeficientes de correlación de Pearson (Tabla 2) y de los diagramas de tipo x-y (escatergramas) realizados para corroborar las asociaciones indicadas por los coeficientes mencionados (Fig. 5), se puede mencionar la correlación existente entre el Au y la Ag, muy posiblemente debido a la presencia de aleaciones de estos elementos (electrum), ya citada en este y otros sistemas vetiformes del Macizo del Deseado (Schalamuk *et al.*, 1994). Sin embargo, la correlación entre estos elementos nobles suele ser más estrecha que la observada en este estudio, para depósitos epitermales con bajos contenidos en metales base emplazados en rocas volcánicas (Nash, 1994).

El As y Sb poseen un comportamiento similar en el ciclo endógeno, puesto de manifiesto aquí por un coeficiente de correlación moderadamente alto. El Mn también se correlaciona significativamente con ambos, factor que se atribuye al comportamiento similar que presentan estos elementos en el ciclo exógeno.

En cuanto a la relación que se observa entre el Sb, los metales base y la Ag podría estar sujeta a la

presencia de sulfuros y antimonuros de estos elementos, aunque no se han detectado hasta este momento, minerales de esta composición en los estudios microscópicos llevados a cabo en muestras de esta área. Sin embargo, en zonas muy cercanas con estructuras vetiformes, como Cerro Vanguardia, se ha descrito la presencia de minerales con este tipo de composición, como por ejemplo tetraedrita (Schalamuk *et al.*, 1995a).

En cuanto a los metales base (Cu, Pb, Zn), aunque poseen correlaciones significativas con varios elementos, al ser sus concentraciones muy bajas (cercanas a sus promedios en la corteza terrestre) es difícil otorgarle un significado geológico cierto, dichos valores serían resultados matemáticos puros y no derivados de asociaciones geológicas. Sin embargo, la alta correlación existente entre el Pb y la Ag puede llegar a ser relacionada con pequeñas cantidades de galena argentífera, como ya interpretaran Del Blanco *et al.* (1994) para el área de la estancia La Josefina.

Los llamados elementos rastreadores, como el As, Sb, Hg (que prácticamente no fueron determinados con los niveles de detección utilizados en los métodos analíticos), no están relacionados estadísticamente con el Au, comportamiento también destacado por Nash (1994).

1.1. Textura de reemplazo. Se han tomado 26 muestras con este tipo de de textura, la mayoría de

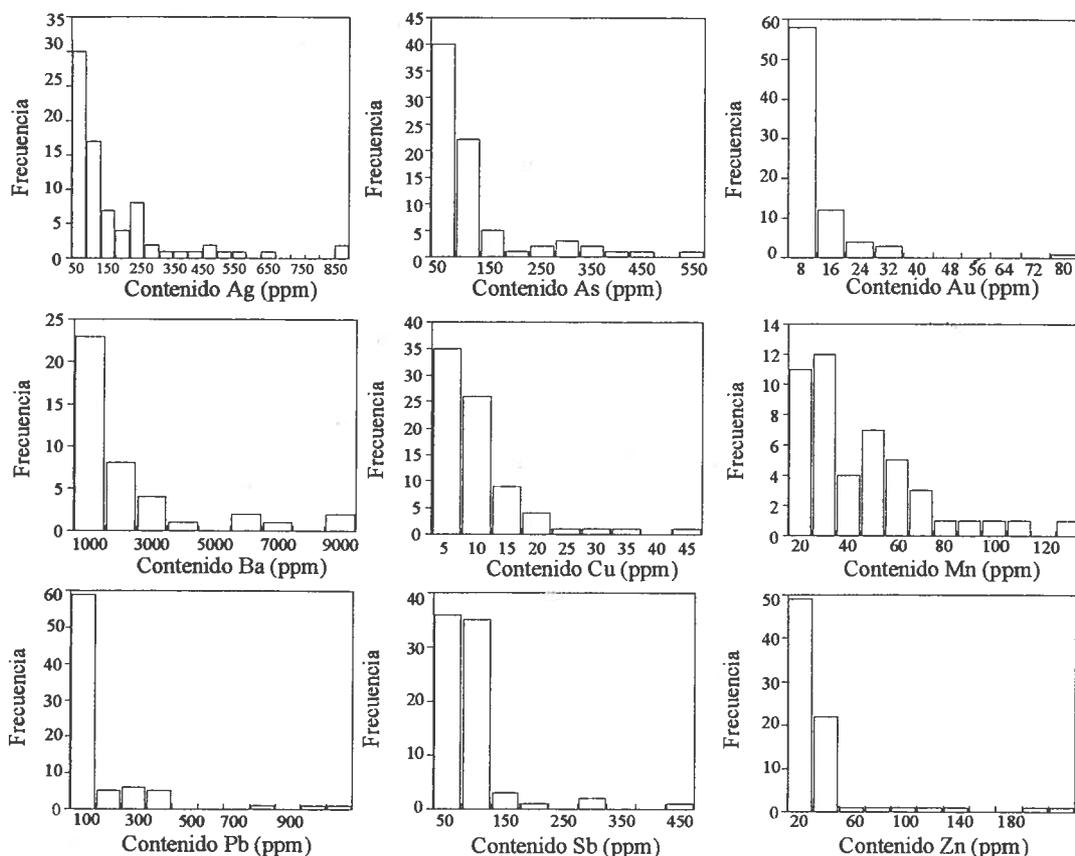


FIG. 3. Diagramas de distribución, realizados con los valores no transformados de los elementos estudiados, considerando las muestras de vetas y vetillas de cuarzo del sector Monserrat. Se observa que poseen una fuerte asimetría positiva, con largas colas hacia los valores más elevados. Frecuencia en número de casos.

las vetas Camila (sector Monserrat), por ser esta estructura en donde la textura de reemplazo se encuentra mejor representada.

Este grupo presenta contenidos de Au elevados, siendo la media verdadera de 19,20 ppm, con un máximo de 77 ppm; la Ag, por su parte, posee una media verdadera de 159,45 (Tabla 3), la cual es menor que la registrada para el total de muestras obtenidas en las vetas de cuarzo. De ello resulta que la relación Ag/Au para este grupo sea la menor obtenida en el sector mencionado, con un valor de 8,3. También se debe destacar que no existen diferencias significativas entre los valores de media ponderada y no ponderada, aunque sí en los de la desviación típica de los metales nobles; tanto para la Ag como para el Au, la desviación es sustancialmente menor, considerando los datos ponderados por la potencia, inclusive resulta menor que la media ponderada, de aquí resulta que las distribuciones poseen menos dispersión con los datos ponderados.

1.2. Textura bandeada. Se han analizado 23 muestras con textura bandeada, la mayor parte de ellas fue obtenida en las vetas Virginia (sector Monserrat).

De la observación de la tabla 3, se desprende que la media en Au es considerablemente menor a la de las texturas restantes, mientras que la Ag sigue teniendo valores elevados, por ello la relación Ag/Au se incrementa en este grupo llegando a 23,20.

1.3. Textura maciza. Un total de 16 muestras fueron obtenidas y analizadas con este tipo de textura. Ellas presentan altos tenores en metales nobles, la media en Ag es la más alta registrada para las texturas analizadas. Por ello, aunque la media en Au es similar a la hallada en las texturas de reemplazo, la relación Ag/Au es aquí considerablemente mayor, alcanzando 16,40.

Análisis comparativo de las texturas analizadas. De los promedios de las concentraciones de los distintos elementos estudiados, se desprende que existen diferencias entre algunos de ellos, de acuerdo

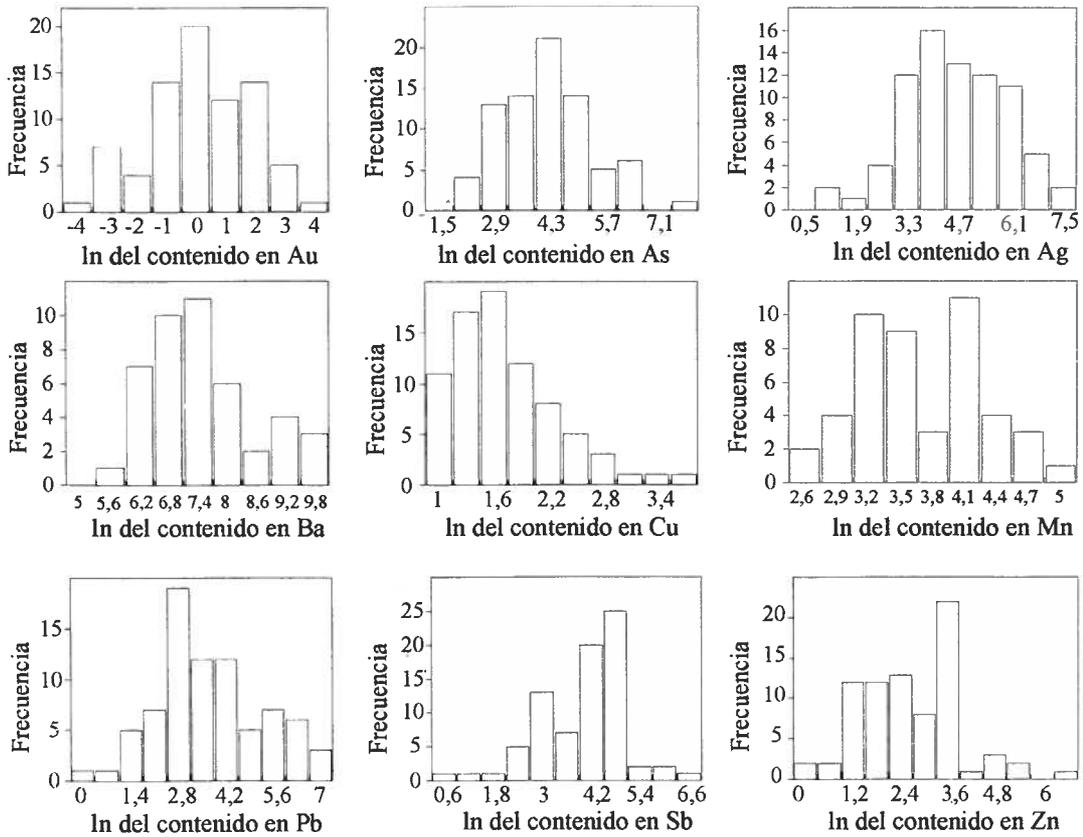


FIG. 4. Diagrama de distribución logarítmica de los datos. Las largas colas que presentaban los gráficos realizados con los valores no transformados (Fig. 3) se han reducido notablemente. Frecuencia en número de casos.

TABLA 2. MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELACION DE PEARSON REALIZADO CON LOS LOGARITMOS NATURALES DE LOS DATOS DEL AREA MONSERRAT.

	Ag	As	Au	Ba	Cu	Mn	Pb	Sb	Zn
Ag	1								
As	0,235	1							
Au	0,423	-0,162	1						
Ba	0,319	0,150	0,019	1					
Cu	0,562	0,478	-0,161	0,445	1				
Mn	0,105	0,471	0,246	0,150	0,126	1			
Pb	0,657	0,358	0,261	0,435	0,541	-0,072	1		
Sb	0,577	0,506	0,261	0,363	0,433	0,614	0,543	1	
Zn	0,220	0,554	-0,119	0,236	0,389	0,534	0,345	0,494	1

Resultados sobre la base de 78 análisis para Ag, As, Au, Cu, Pb, Sb y Zn, y 47 análisis para el Ba y Mn. Los valores significativos a un nivel de confianza del 1% están consignados en negrita.

a las texturas de cuarzo que las caracterizan. Por ello se decidió realizar gráficos comparativos y cálculos estadísticos, con la finalidad de estudiar con mayor detalle la distribución de la mineralización.

Analizando la figura 6 se deduce que existen diferencias significativas en cuanto a la distribución del Au y Pb, sin embargo los demás elementos poseen rangos de distribución muy similares. Mediante el

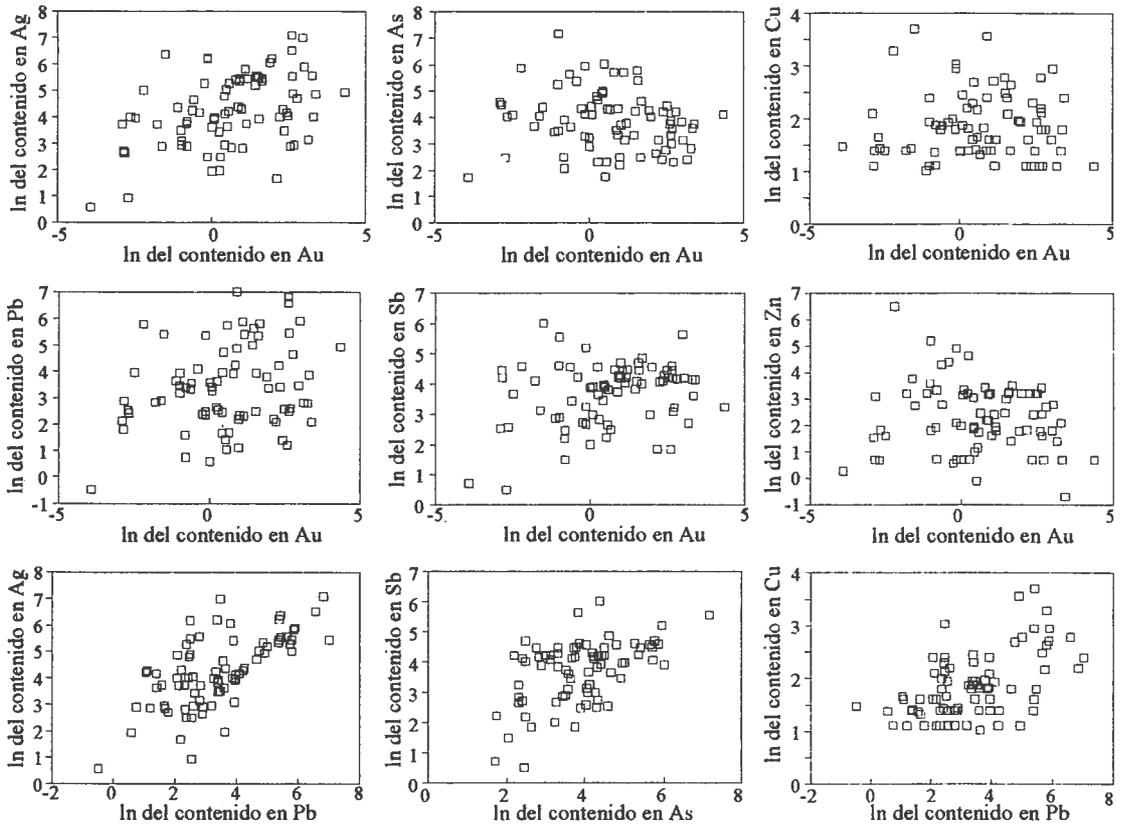


FIG. 5. Gráficos tipo x-y donde se relacionan los logaritmos naturales (ln) de los contenidos de distintos elementos en vetas de cuarzo del sector Monserrat.

cálculo del estadístico 't de student' (Merodio, 1985) se ha establecido que las diferencias observadas en la distribución del Au entre las texturas de reemplazo y maciza con relación a la bandeada, son

significativas al nivel del 5%, mientras que para el resto de los elementos estudiados no existen discrepancias.

En el caso del Au, éste precipita preferencial-

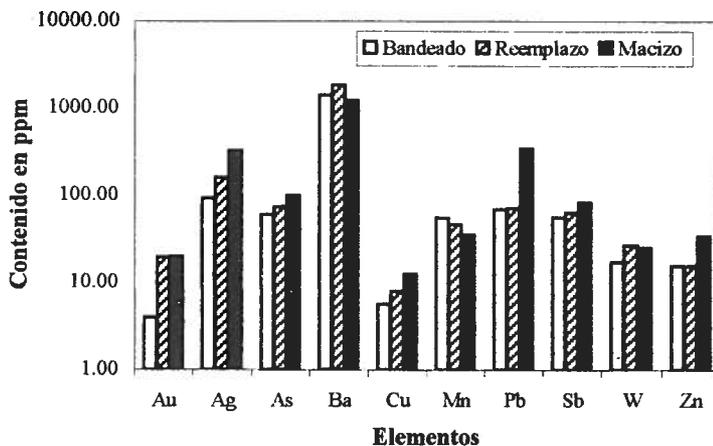


FIG. 6. Diagrama de barras donde se comparan las medias verdaderas de los distintos elementos traza en el cuarzo con textura bandeada, de reemplazo y maciza del área Monserrat.

TABLA 3. RESULTADO DE LOS CALCULOS ESTADISTICOS LLEVADOS A CABO EN MUESTRAS DE CUARZO CON TEXTURA DE REEMPLAZO (R), MACIZA (M) Y BANDEADA (B) DEL SECTOR MONSERRAT*.

		Ag	As	Au	Ba	Cu	Mn	Pb	Sb	Zn
No. de determinaciones	R	26	26	26	21	26	22	26	26	26
	M	16	16	16	11	16	11	16	16	16
	B	23	23	23	15	23	15	23	23	23
Máximo	R	490	320	77,10	8.500	35	104	330	130	43,10
	M	1200	410	26,30	3.200	40,60	79	913,40	413	664
	B	1100	300	19,50	3.200	15	86	1.090	280	74
Mínimo	R	2,56	10	0,06	230	3	0,56	6	1,66	0,50
	M	15,00	10,00	0,06	320	3,00	14,00	5,20	15	2
	B	17	5,70	0,07	440	3	20	2,12	4,44	0,90
Media aritmética	R	129,20	71,37	9,71	1.945,26	8,13	36,80	70,32	54,59	13,22
	M	260,13	95,69	8,60	1.177,50	12,19	35,36	214,98	85,23	54,26
	B	114,07	60,61	3,43	1.376,67	5,63	44,6	80,93	61,68	15,43
Desviación típica	R	134,48	71,51	16,15	2.503,04	6,79	26,11	92,35	34,54	12,61
	M	320,10	118,35	9,20	969,5	10,12	22,09	267,60	91,05	162,91
	B	226,79	80,75	4,82	926,61	2,98	22,83	231,22	57,94	16,24
Media ponderada	R	124,30	76,63	8,40	1.538,08	7,52	33,23	74,22	57,98	13,58
	M	255,50	115,81	7,63	750,80	12,27	27,74	229,86	83,72	79,03
	B	91,65	39,46	2,78	732,96	4,65	42,24	37,62	53,07	11,54
Desviación típica ponderada	R	103,89	82,49	7,84	2.232,93	4,47	25,04	81,70	36,78	11,21
	M	214,87	92,26	5,03	1.109,55	6,57	23,66	220,78	39,01	139,37
	B	242,52	47,40	4,86	1.134,91	3,10	25,98	111,31	73,41	12,62
Media verdadera	R	159,45	73,33	19,20	1.835,77	7,93	46,49	71,46	63,63	15,52
	M	325,32	99,48	19,83	1.225,67	12,53	35,64	344,95	82,97	33,82
	B	91,65	60,11	3,95	1.410,46	5,59	46,48	55,40	68,90	17,12

* Expresado en ppm.

mente en las estructuras de cuarzo que presentan texturas de reemplazo y macizas, alcanzando una media verdadera de 19,20 y 19,83 ppm, respectivamente. Mientras en las vetas con textura bandeada el promedio es menor (3,95 ppm).

2. Vetas de baritina

Se analizaron 14 muestras en vetas de baritina, sobre las cuales también se han realizado cálculos estadísticos (Tabla 4).

Las vetas de baritina poseen bajos contenidos de Au, con una media verdadera de 0,47 ppm, mientras que la de Ag llega a 72,76 ppm de media verdadera.

Realizando una comparación con las vetas de cuarzo (Fig. 7), se puede deducir que existe una baja relación Ag/Au para las vetas de cuarzo, en tanto que ésta es elevada para las de baritina. Esto significaría que hay una precipitación preferencial del Au en las estructuras cuarcíferas, mientras que las barfíticas se ven enriquecidas en Ag con respecto al Au.

SECTOR EL DORADO

En este sector se han reconocido 16 estructuras de cuarzo y una zona de alteración, en las cuales se ha efectuado un muestreo preliminar de esquilas, recolectándose un total de 17 muestras. Las mues-

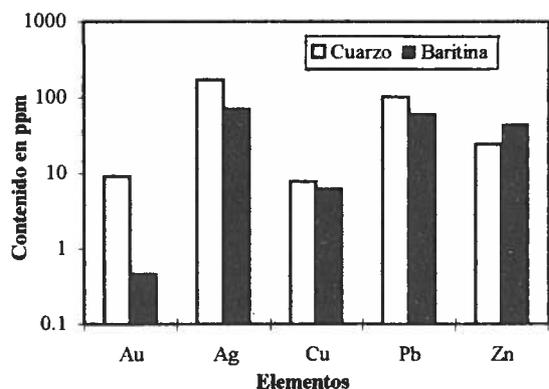


FIG. 7. Gráfico de barras donde se comparan las medias verdaderas de los distintos elementos traza en las vetas de cuarzo y baritina del sector Monserrat.

TABLA 4. RESULTADO DE LOS CALCULOS ESTADISTICOS EFECTUADOS SOBRE MUESTRAS DE VETAS DE BARITINA, EXPRESADOS EN PPM.

	Ag	Au	Cu	Pb	Zn
No. de determinaciones	14	14	14	14	14
L.D.	0,4	0,02	1	1	1
N.D.	0	5	0	4	1
Máximo	270	2,36	14,60	528	154
Mínimo	1,40	0,02	2,50	1	8,10
Media aritmética	51,51	0,32	6,43	50,95	44,17
Desviación típica	75,61	0,61	3,70	139,35	41,90
Coefficiente variación (%)	146,77	189,50	57,62	273,50	94,86
Asimetría (A)	2,21	3,20	1,14	3,56	1,68
Curtosis (A)	5,18	10,96	0,14	12,99	2,69
Asimetría(ln)	0,09	0,02	0,55	0,55	0,81
Curtosis(ln)	-1,44	-1,13	-0,80	-0,17	-0,25
Media ponderada	34,54	0,18	5,93	43,06	25,00
Desviación típica ponderada	18,26	0,12	2,19	44,37	30,09
Coefficiente variación ponderada	52,87	67,65	36,98	103,03	120,35
Media verdadera	72,76	0,47	6,45	62,28	45,08

El cálculo de asimetría y curtosis se ha realizado con los valores no transformados (A) y transformados en logaritmos naturales (ln). L.D.: límite de detección del método empleado. N.D.: número de muestras con contenidos por debajo del límite de detección.

tras recolectadas en este sector son de cuarzo fino y/o calcedonia, y poseen características muy similares entre sí por lo cual no se han subdividido.

Los resultados obtenidos difieren grandemente con aquéllos del sector Monserrat. En El Dorado, los contenidos de metales nobles son realmente bajos, 11 de las 17 muestras analizadas han arrojado valores de Au por debajo del límite de detección (0,02 ppm), siendo la media para este metal de 0,09 y el valor máximo de 0,15 ppm (Tabla 5). Para la Ag ocurre algo similar, ya que su media verdadera es de 14,56 ppm, valor muy inferior al obtenido en la zona de Monserrat. En general, todos los elementos se encuentran en una proporción mucho menor en las vetas de este sector, con excepción del Hg. Mientras en el sector Monserrat la relación Ag/Hg es de 371,06 y la relación Au/Hg de 12,51 (considerando solamente las muestras cuyo valor de Hg es superior al límite de detección), en el área de El Dorado la relación Ag/Hg es de 10,54 y 0,22

la de Au/Hg (considerando en este último caso solamente las muestras que arrojaron valores en Au superiores al límite de detección). Cabe consignar que estas diferencias son significativas al nivel del 1% al realizar el cálculo del estadístico 't de student' para comparación de 2 medias poblacionales de diferente tamaño y desvío típico, que se distribuyen lognormalmente (Merodio, 1985).

Observando la matriz de correlación realizada para este sector (Tabla 6), se observa que no se ha tenido en cuenta al Au, ya que muy pocas muestras han arrojado valores superiores al mínimo detectable con el método utilizado. De los otros elementos sólo el As arrojó valores de correlación significativos con el Sb y Zn, mientras que el Hg se correlaciona con la Ag.

La correlación entre As y Sb puede ser explicada como en el caso de la zona Monserrat, debido al comportamiento similar que poseen estos elementos en el ciclo endógeno y exógeno.

CONSIDERACIONES FINALES

En las vetas del área Monserrat, el Au y la Ag presentan valores interesantes, con medias verdaderas de 9,15 y 171,3, respectivamente. Los contenidos en metales base son bajos, hecho que concuerda con la ausencia en superficie de sulfuros portado-

res de dichos cationes. La mayoría de los elementos muestra una distribución lognormal, con colas hacia los valores más elevados.

La fuerte zonación composicional que presentan los granos de Au, así como la débil correlación

TABLA 5. RESULTADO DE LOS CALCULOS ESTADISTICOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS DEL SECTOR DE VETAS DE CUARZO EL DORADO.

	Ag	As	Au	Cu	Hg	Mo	Pb	Sb	Zn
No. determinación	17	17	17	17	17	17	17	17	17
L.D.	0,4	1	0,02	1	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5
N.D.	0	0	11	0	5	0	0	0	0
Máximo	101,00	172,00	0,15	26,20	9,82	17,70	199,00	126,00	91,20
Mínimo	0,5	5,11	0,02	2,79	0,13	2,80	0,55	1,52	0,80
Media aritmética	9,52	77,32	0,09	9,79	1,77	10,71	27,64	34,72	14,66
Desviación típica	25,86	61,54	0,04	5,65	2,79	4,16	49,37	35,03	22,67
Coefficiente de variación (%)	271,49	79,59	50,41	57,73	158,23	38,86	178,59	100,90	154,66
Media ponderada	42,00	53,40	0,03	13,59	0,66	11,23	25,81	78,11	12,27
Desviación típica ponderada	19,75	122,19	0,14	15,07	0,56	6,33	48,25	43,95	31,08
Coefficiente de variación ponderada	47,02	228,81	421,70	110,92	86,10	56,37	186,92	56,27	253,29
Media verdadera	14,56	0,29		1,40	0,84	1,35	17,62	11,29	4,32

Valores en ppm. L.D.: límite de detección del método empleado. N.D.: número de muestras con contenidos por debajo del límite de detección.

TABLA 6. MATRIZ DE CORRELACION REALIZADA CON LAS 17 MUESTRAS DE VETAS DE CUARZO DEL SECTOR EL DORADO.

	Ag	As	Cu	Hg	Mo	Pb	Sb	Zn
Ag	1							
As	0,308	1						
Cu	0,010	0,544	1					
Hg	0,641	0,511	0,181	1				
Mo	0,214	0,174	0,381	0,431	1			
Pb	0,460	0,450	0,025	0,324	-0,116	1		
Sb	0,165	0,838	0,561	0,454	0,198	0,507	1	
Zn	0,342	0,656	0,478	0,456	0,105	0,349	0,409	1

Los valores de correlación significativos al nivel del 1% se consignan en negrita.

existente del Au con la Ag y metales básicos, junto a la fuerte correlación entre Ag, Pb, Sb y Cu, sugieren, para el sector Monserrat, la presencia de dos pulsos mineralizantes. De esta manera, se ha establecido un evento de mineralización el que aporta la Ag, junto con antimonio y los escasos metales base detectados, en esta etapa precipita poca cantidad de Au, evidenciada por la composición del centro de los granos de metales preciosos reconocidos. El segundo pulso es rico en Au, disminuyendo considerablemente el contenido en Ag. La baritina, por su parte, se depositaría en etapas tardías con aportes menores de metales preciosos y base.

También se observa una distribución preferencial del Au y la Ag en las texturas de reemplazo y maciza, sobre la bandeada. Este hecho podría ser debido a las temperaturas a las cuales se forman

cada una de las diferentes texturas. Las muestras con texturas de reemplazo están constituidas por cuarzo de grano medio, de forma euhedral, sobre el cual se han realizado estudios de inclusiones fluidas que arrojaron valores de temperatura de homogeneización entre 190° y 280°C (Schalamuk *et al.*, 1995b). Las muestras con texturas bandeadas del sector Monserrat, al igual que todas las muestras recolectadas en el sector El Dorado, están compuestas por cuarzo calcedónico o calcedonia, lo que estaría indicando una precipitación a temperaturas menores que 180°C (Fournier, 1985). Esta correlación entre la mineralización aurífera y la temperatura de formación de las vetas en el Macizo del Deseado ya ha sido destacada por Schalamuk *et al.* (1995b), quienes señalaron que el Au precipita, preferencialmente, a temperaturas superiores a los 200°C.

En la mayoría de las vetas, los valores medios de los metales nobles, ponderados por la potencia muestreada, son menores que los valores sin ponderar, lo que se debe a que las mayores concentraciones se encuentran en estructuras pequeñas, generalmente de cuarzo de grano grueso, con gran cantidad de espacios abiertos. Generalmente, en los tramos donde el espesor de las vetas aumenta, éstas están constituidas por sílice fina, cerrada, de textura maciza a tenuemente bandeada, donde los contenidos en Ag y Au son significativamente más bajos. Ello resulta en una disminución de los contenidos medios de dichos elementos al ponderarlos por la potencia de las vetas muestreadas.

A pesar de la débil alteración hidrotermal, textural y mineralógicamente no destructiva, la signatura geoquímica de las rocas de caja muestra los efectos del evento mineralizador, que confiere, en la franja estudiada, la irregularidad en los patrones de distribución de los metales en las rocas encajantes, puesta de manifiesto en los perfiles tipo araña.

Las diferencias observadas en las concentraciones de los elementos considerados en el estudio, entre los sectores de Monserrat y El Dorado, principalmente los contenidos de Au, Ag y Hg, sugieren que existe, entre ambos, una diferencia de nivel de emplazamiento dentro del sistema epitermal. Mientras, como ya se mencionara, el área Monserrat presenta altos tenores de metales nobles, la mayor parte de las muestras recolectadas en el sector El Dorado han arrojado valores por debajo del límite de detección del Au. Por el contra-

rio, en este último sector, el Hg, se encuentra en proporciones más elevadas que en el área Monserrat. Estas evidencias pondrían de manifiesto condiciones de formación a distintos niveles dentro del sistema epitermal, correspondiendo al sector El Dorado un emplazamiento somero, a relativamente baja temperatura, a partir de fluidos que ya han descargado en profundidad los metales nobles que podrían haber contenido, encontrándose enriquecidos en elementos de precipitación póstuma, como es el caso del mercurio. Por el contrario, se ubica al sector Monserrat en niveles más profundos, formado a temperaturas más elevadas, donde se produce la precipitación de los elementos de importancia económica, como el Au y la Ag. La diferencia de nivel de emplazamiento también queda reflejada en las texturas de cuarzo de las vetas de ambos sectores (Echavarría, 1997b), en El Dorado predominan las texturas de grano fino, calcedonia maciza y texturas de recristalización, mientras que en el Sector Monserrat, la mayor profundidad de formación, se manifiesta en texturas de cuarzo de grano grueso y reemplazo de carbonatos, con adularia y sulfuros (pirita) diseminados. El reemplazo por sílice de carbonatos de textura hojosa y la presencia de pequeños cristales euhedrales de adularia de secciones rómbicas, evidencian cambios repentinos de las condiciones de las soluciones durante la evolución del sistema hidrotermal, los que podrían ser atribuidos a un proceso de ebullición, lo cual habría favorecido la precipitación de los metales preciosos.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos se han ejecutado en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo No. 122 del BID-CONICET, que están llevando a cabo investigadores del Instituto de Recursos Minerales de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Los autores quieren expresar su agradecimiento al Dr.

R. Fernández y a los evaluadores de la Revista Geológica de Chile, por la lectura crítica del manuscrito y sugerencias en beneficio del mismo. Asimismo a la empresa Fomicruz SE. y al ingeniero R. Ruiz por la ejecución de los análisis químicos.

REFERENCIAS

Annels, A.E. 1991. Mineral Deposit Evaluation: a practical approach. *Chapman & Hall*, 436 p. Londres.

Arribas Jr., A.; Schalamuk, I.B.; de Barrio, R.E.; Fernández,

R.R.; Itaya, T. 1996. Edades radimétricas de mineralizaciones epitermales auríferas del Macizo del Desierto, Provincia de Santa Cruz, Argentina. Simposio

- IGCP Project 342: Age and Isotopes of South American Ores. In *Congreso Brasileiro de Geología, No. 39, Actas*, Vol. 7, p. 254-256. Bahía.
- de Barrio, R.E. 1993 El vulcanismo ácido jurásico en el noroeste de Santa Cruz, Argentina. In *Congreso Geológico Argentino, No. 12, Actas*, Vol. 9, p. 189-198. Buenos Aires.
- Del Bianco, M.; Echavarría, L.E.; Echeveste, H.; Etcheverry, R.; Tessone, M.; Mondelo, R. 1994 Estancia La Josefina, un nuevo prospecto aurífero en el Macizo del Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina. In *International Mining Meeting, Actas*, p. 93-99. Buenos Aires.
- Di Persia, C.A. 1960. Acerca del descubrimiento del Precámbrico en la Patagonia Extraandina (provincia de Santa Cruz). *Jornadas Geológicas Argentinas, No. 1, Actas*, Vol. 2, p. 65-68.
- Dong, G.; Morrison, G.W.; Jaireth, S. 1995. Quartz textures in epithermal veins in Queensland: classification, origin and implication. *Economic Geology*, Vol. 90, p. 1841-1856.
- Echavarría, L.E. 1997a. Estudio geológico-minero del depósito El Dorado-Monserrat, Provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral (Inédito), *Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo*, 310 p.
- Echavarría, L.E. 1997b. Texturas de cuarzo del depósito epitermal El Dorado-Monserrat, provincia de Santa Cruz. Descripción e implicancias genéticas. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 52, No. 4.
- Fernández, R.R.; Echeveste, H.; Echavarría, L.E.; Schalamuk, I.B. 1996. Control volcánico y tectónico de la mineralización epitermal del área La Josefina, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. In *Congreso Geológico Argentino, No. 13, Actas*, Vol. 3, p. 41-54. Buenos Aires.
- Fournier, R.O. 1985. The behavior of silica in hydrothermal solutions. In *Geology and geochemistry of epithermal systems* (Berger, B.R.; editor *et al.*). *Reviews in Economic Geology*, Vol. 2, p. 45-61.
- Hawkes, H.E.; Webb, J.S. 1962. *Geochemistry in mineral exploration*. Harper and Row, 415 p. New York.
- Merodio, J.C. 1985. Métodos estadísticos en geología. *Asociación Geológica Argentina, Serie 'B' Didáctica y Complementaria*, No. 13, 230 p. Buenos Aires.
- Morrison, G.W.; Dong, G.; Jaireth, S. 1989. Textural zoning in epithermal quartz veins in Queensland. Manual de campo. AMIRA Project P247. *James Cook University of North Queensland*, 25 p. Townsville.
- Nash, T.J. 1994. Geochemical signatures of silver and gold deposits, Tonopah 1° X 2° Quadrangle, Nevada-Description and applications to exploration. *U.S. Geological Survey, Bulletin*, No. 2077, 46 p. Washington.
- Pankhurst, R.J.; Sruoga, P.; Rapela, C. 1993. Estudio geocronológico Rb/Sr de los Complejos Chon Aike y El Quemado a los 47° 30' L.S. In *Congreso Geológico Argentino, No. 12, Actas*, Vol. 4, p. 171-178. Mendoza.
- Panza, J.L. 1995. Hoja Geológica 4969-II, Tres Cerros, Provincia de Santa Cruz. *Servicio Geológico Nacional, Secretaría de Minería, Boletín*, No. 213, 103 p. Buenos Aires.
- Sander, M.V.; Black, J.E. 1988. Crystallization and recrystallization of growth-zoned vein quartz crystals from epithermal systems- implications for fluid inclusions studies. *Economic Geology*, Vol. 83, p. 1052-1060.
- Schalamuk, I.B.; Etcheverry, R.; Echeveste, H. 1994. Consideraciones geológicas y metalogénicas del área comprendida entre los 69° 24' a 69° 45' de Longitud Oeste a los 48° 45' a 48° 49' de Latitud Sur, Provincia de Santa Cruz, Argentina. In *International Mining Meeting, Actas*, p. 87-92. Buenos Aires.
- Schalamuk, I.B.; Fernández, R.R.; Etcheverry, R.O. 1995a. Gold-Silver epithermal veins in the Macizo del Deseado, Argentina. Third Biennial SGA Meeting. In *Mineral Deposits from their origin to their environmental impacts*. (Pasava, Kribek & Zak.; editors). *A.A. Balkema/ Rotterdam/Brook Field*, p. 385-388.
- Schalamuk, I.B.; Ríos, F.J.; Fuzikawa, K.; Pimenta, M.A. 1995b. Fluid inclusion studies in epithermal auriferous-quartz veins of Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. In *Ecrofi (European Current Research on Fluid Inclusions)*, No. 13, *Abstracts, Volumen Especial del Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, Vol. 18. p. 220-221. Barcelona.
- Schalamuk, I.B.; Zubia, M.; Genini, A.; Fernández, R.R. 1997. Jurassic epithermal Au-Ag deposits of Patagonia, Argentina. *Ore Geology Reviews*, Vol. 12, p. 173-186.
- Theodore, T.; Jones, G.M. 1992. Geochemistry and Geology of gold in jasperoid, Elephant Head Area, Lander County, Nevada. *U.S. Geological Survey, Bulletin*, No. 2009, 53 p. Washington.