



SITIOS INTERES GEOLOGICOS

de la República Argentina

VALLE DEL CURA

El camino del oro

Raúl Cardó e Iris Nancy Díaz



SegemAR

Servicio Geológico Minero Argentino

Anales 46 | Buenos Aires 2008



**INSTITUTO DE
GEOLOGIA Y
RECURSOS
MINERALES**

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina

EDITOR

Comisión Sitios de Interés Geológico de la República Argentina (CSIGA):
Gabriela Anselmi, Alberto Ardolino, Alicia Echevarría, Mariela Etcheverría, Mario Franchi,
Silvia Lagorio, Hebe Lema, Fernando Miranda y Claudia Negro

COORDINACIÓN

Alberto Ardolino y Hebe Lema

DISEÑO EDITORIAL

Daniel Rastelli

Referencia bibliográfica

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. CSIGA (Ed.) Instituto
de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino,
Anales 46, I, 446 págs., Buenos Aires. 2008.

ISSN 0328-2325

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción
Publicado con la colaboración de la Fundación Empremin



INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y
RECURSOS
MINERALES

Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 14 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 25 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina

www.segemar.gov.ar | comunicacion@segemar.gov.ar | csiga@segemar.gov.ar

BUENOS AIRES - 2008

■ RESUMEN

El Valle del Cura está situado en el noroeste de la provincia de San Juan, en la cordillera, a casi 5.000 metros de altura sobre el nivel del mar. En esta región, en general desprovista de vegetación, se observan las diferentes unidades geológicas típicas de la Cordillera Frontal, que conforman un basamento de rocas ígneas y sedimentarias paleozoicas y una cubierta de rocas volcánicas y volcanoclásticas de edad cenozoica. Las volcanitas constituyen los afloramientos más importantes, no sólo por su excelente exposición en superficie, sino también por presentar zonas de alteración con mineralizaciones de oro, las que generaron yacimientos de importancia internacional, como Veladero y Pascua-Lama, este último caracterizado por ser el único proyecto minero binacional entre nuestro país y Chile. Este sitio tiene interés no sólo por sus yacimientos de oro, sino también por la presencia de numerosas fuentes termales.

■ ABSTRACT

Valle del Cura is located in the northwest of the province of San Juan, in the ranges, at almost 5,000 meters above the sea level. In this region, which generally lacks vegetation, there are different typical geological units of the Cordillera Frontal, which form a basement of Paleozoic sedimentary and igneous rocks and a layer of Cenozoic volcanoclastic and volcanic rocks. The volcanic rocks constitute the most important outcrops, not only because of their excellent exposure on the surface, but also because they present some alteration zones with gold mineralizations, which generated important international deposits such as Veladero and Pascual-Lama; the latter is the only binational mining project between our country and Chile. This site is not only interesting for its gold deposits but also for the presence of numerous thermal springs.

INTRODUCCIÓN

El Valle del Cura es uno de los sitios de mayor potencial minero de nuestro país, donde los principales yacimientos son Veladero y Lama.

Aquí se pueden observar las características zonas de alteración hidrotermal con mineralización de oro asociada a cobre y plata, correspondientes a la denominada faja metalífera de El Indio, llamada así por ser una franja de rocas volcánicas cenozoicas ricas en minerales metalíferos, que continúa en Chile, y cuya principal mina de oro es conocida como El Indio.

Además, este valle se destaca por la existencia de numerosas fuentes termales: Baños de los Despoblados, del Gollote, de San Crispín, del Chollay, del Cortaderal y las termas de Los Bañitos.

UN VALLE ENTRE CORDILLERAS

Ubicación, vías de acceso y clima

El Valle del Cura, situado entre los paralelos 29° y 30° de latitud Sur, se localiza en el noroeste del departamento Iglesia, en la provincia de San Juan (Figura 1).

Se extiende entre las cordilleras de Colangüil, del Zancarrón, de La Brea y de La Ortiga por el este, y por los cordones montañosos del límite internacional con Chile por el oeste.

Para acceder al valle se deben recorrer 150 kilómetros desde la ciudad de San Juan, por la ruta provincial 436 hasta la localidad de Pismanta -centro de aguas termales- y luego hacia el oeste, unos 65 kilómetros por camino consolidado, hasta el portezuelo de Conconta que se encuen-

tra a 5.000 metros sobre el nivel del mar. Desde este punto puede observarse toda la quebrada de Conconta hacia el este. En dirección oeste se baja al Valle del Cura por la vega de Aguilar. Las alturas del valle varían entre 3.000 y 4.000 metros sobre el nivel del mar.

El valle se puede recorrer a partir de un camino principal y varias huellas más hechas por la creciente actividad minera de la región.

El clima es variado, agradable durante el verano; en cambio, durante el invierno es muy cru-

do por las frecuentes nevadas, intensos fríos y fuertes vientos del oeste. El período de acceso al valle depende en primer término del derretimiento de la nieve acumulada en los pasos. En general, ya desde septiembre es posible acceder, y en noviembre las condiciones son óptimas.

Para tener en cuenta

La empresa Barrick S.A. controla el acceso al Valle del Cura desde la localidad de Pismanta.

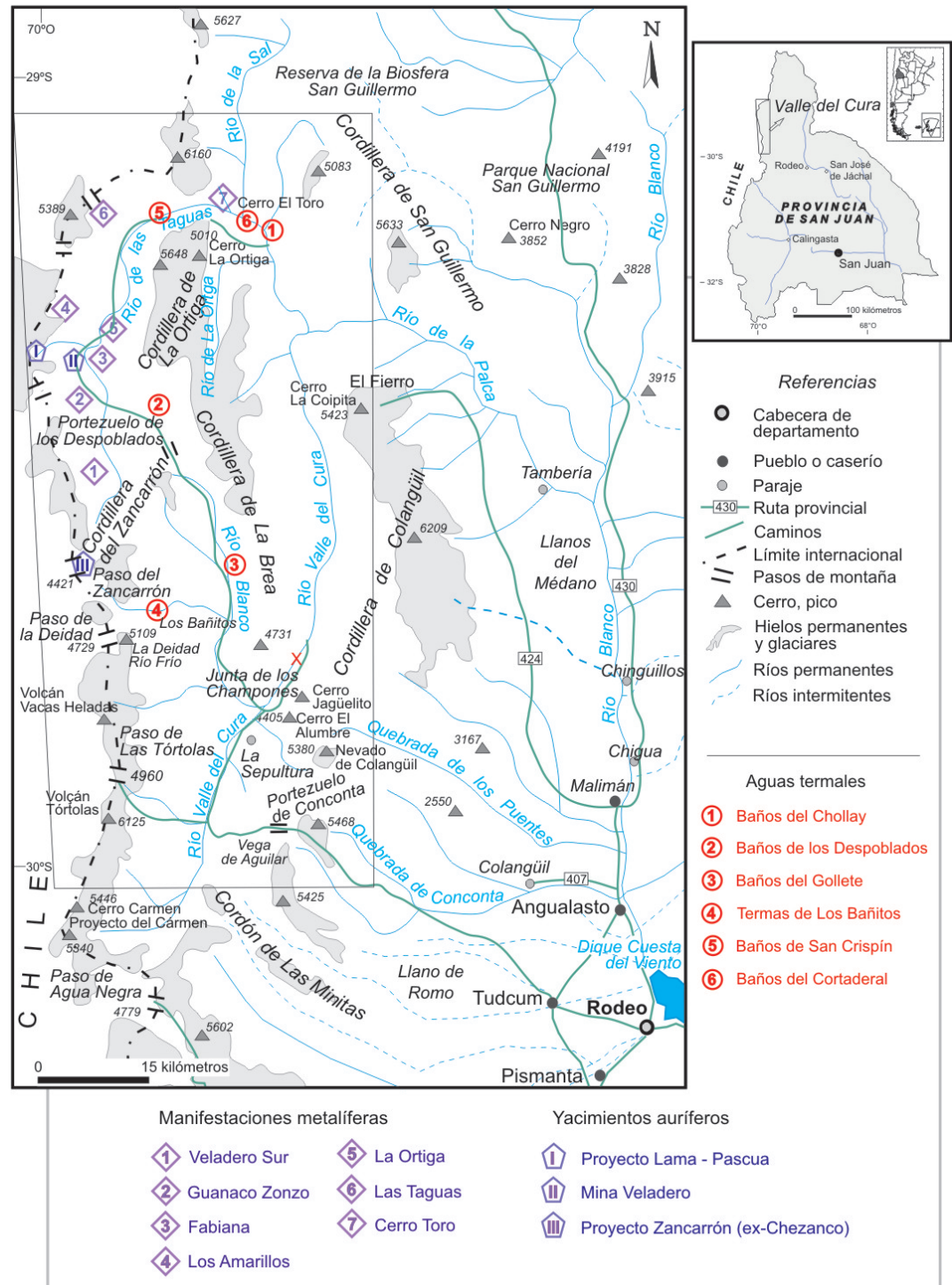


Figura 1. Mapa de ubicación.

Sólo se puede ingresar al valle en vehículo contando con la autorización de dicha empresa, la que también efectúa rigurosos controles del vehículo, y exige la portación de distintos elementos, entre los que se incluyen: linterna en buen estado, matafuego tipo ABC, radio/antena de comunicaciones, tubo de oxígeno y manómetro, botiquín de primeros auxilios, adecuada provisión de alimento y agua para supervivencia, cadenas para hielo, pala, pico y ropa de invierno para todos los pasajeros.

Estudios previos

Los primeros antecedentes geológicos se remontan a fines del siglo XIX, con la publicación del Mapa del Interior de la República Argentina de Brackebush (1891). Posteriormente, Groeber (1951 y 1963) realizó observaciones en esta región. En 1968, Minera TEA y el Departamento de Minería de la provincia realizaron, en la Alta Cordillera de San Juan, un reconocimiento geológico mediante la interpretación de fotos aéreas, y prospección geoquímica.

A partir de 1980 comenzaron a efectuarse tareas de prospección geológica y geoquímica en el Valle del Cura, por parte del Servicio Minero Nacional (Petrelli, 1983 y 1985; Marcos, 1987; Cardó y Martos, 1987 y 1988). De estos estudios surgieron numerosos *blancos* de alteración hidrotermal (puntos de potencial interés minero), que luego fueron denominados áreas de reservas mineras provinciales, donde aparecieron los grandes yacimientos de oro epitermal. Paralelamente, el Servicio Geológico inició los relevamientos sistemáticos de hojas geológicas de la zona, en el marco del Programa Nacional de Cartas Geológicas.

Otros trabajos más detallados caracterizaron la geología (Ramos y otros autores, 1987, 1989; Marín y Nullo, 1988; Nullo, 1988; Nullo y Marín, 1992; Otamendi y otros, 1994; Limarino y otros, 1999; Litvak, 2004) y el potencial minero de la región (Angelelli, 1942; Ramos, 1988, 1995; Martínez y otros, 1993; Jones y otros, 1996, 1999). En cuanto a los antecedentes de las fuentes termales, se cuenta con el catálogo de manifestaciones termales de la República Argentina (Pesce y Miranda, 2000), el cual es una compilación de estudios, publicados e inéditos, realizados por organismos gubernamentales, instituciones científicas, empresas privadas y trabajos realizados por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) sobre los recursos geotérmicos del país.

Geología regional

La unidad geológica más antigua que aflora en el Valle del Cura es la **Formación Cerro Agua Negra** (Figura 2) constituida por rocas sedimentarias -areniscas y pelitas- que se formaron en un antiguo ambiente costero durante el Carbonífero superior (hace unos 320 a 292 millones de años atrás). Estas rocas se extienden principalmente en la cordillera de Colangüil. Posteriormente, durante los períodos Pérmico y Triásico se produjo una importante actividad magmática que dio lugar a la formación de rocas ígneas intrusivas (plutónicas) conocidas como **Granodiorita Las Piedritas**, **Granito Los Puentes**, **Granito El Chollay** y **El Colorado**, y de rocas volcánicas denominadas **Grupo Choiyoi** (292 a 200 millones de años). Estos granitoides y volcanitas también pueden ser reconocidas en la cordillera de Colangüil.

Las unidades descritas constituyen el basamento de la Cordillera Frontal. Sobre ellas se apoyan volcanitas y piroclastitas representantes de los eventos volcánicos que caracterizaron el Cenozoico (menos de 65 millones de años) y que constituyen los afloramientos más extensos e importantes de la región.

Las unidades volcánicas aflorantes son las **formaciones Doña Ana**, **Cerro de Las Tórtolas** e **Ignimbrita Vacas Heladas**. Estas unidades se depositaron desde el Oligoceno hasta el Mioceno superior - Plioceno (24 a 5 millones de años) (Figura 2).

Las unidades volcanoclásticas y sedimentarias del Cenozoico comprenden las **formaciones Río de La Sal**, **Tobas Multicolores Valle del Cura** y **La Ollita**. Esta última contiene importantes depósitos de yeso que generalmente están plegados y deformados.

En términos generales, en los cordones de la frontera chileno-argentina predominan las rocas volcánicas y en el valle y hacia el norte las rocas volcánicas y sedimentarias. Las primeras se caracterizan por los colores ocres y amarillos, producto de la intensa alteración hidrotermal que revela la mineralización aurífera objeto de las principales explotaciones en la región. Las rocas volcánicas y sedimentarias resaltan por sus variados colores, en la gama de los verdosos y violetas, que le confieren una particular belleza al lugar; los niveles de yeso de la Formación La Ollita se destacan por su color blancuzco.

Sobre las unidades anteriores se depositaron los conglomerados y areniscas fluviales, de

tonalidades rojas y de edad más reciente, conocidas como **Formación Los Baños**. Los depósitos cuaternarios predominantes son de origen glaciar y fluvio-glaciar.

El paisaje actual del Valle del Cura es el resultado de la deformación de las rocas producidas por el levantamiento de la cordillera de los Andes a partir del período Cretácico (60 millones de años). Estas deformaciones se manifiestan en pliegues y fracturas en sentido norte-sur

que determinan la existencia de valles alargados en esa dirección y cordones montañosos dispuestos en forma paralela.

La ubicación de estas fracturas reviste interés, ya que se vinculan con zonas mineralizadas. A su vez, estas fracturas longitudinales están interrumpidas por otras laterales, de orientación predominante noroeste y noreste, como la de los Despoblados, a la cual se asocia el origen de los yacimientos de oro de Veladero y Lama, y el de las fuentes termales de los Despoblados y del Gollete.

LOS YACIMIENTOS MINERALES Y EL PROCESO HIDROTHERMAL

El Valle del Cura es uno de los sitios de mayor potencial minero de nuestro país, pero ¿cómo es que se forman estos yacimientos minerales?

Si bien en la formación de los yacimientos minerales intervienen distintos procesos y factores, uno de los más importantes es el llamado proceso hidrotermal. Durante este proceso, los fluidos magmáticos finales, producto de la diferenciación magmática (ver recuadro «El magma y las rocas»), tienden a concentrar los metales presentes en el magma. Estos fluidos, llamados hidrotermales, portan los metales desde la intrusión hasta el sitio de depositación final del metal.

Estos fluidos van perdiendo calor a medida que se alejan de la intrusión magmática, dando lugar a la formación de depósitos hidrotermales originados a elevada temperatura cerca de la intrusión, a temperatura intermedia a mayor distancia de la intrusión y a baja temperatura en sitios más distantes del cuerpo intrusivo, conocidos como *hipotermiales*, *mesotermiales* y *epitermiales*, respectivamente.

Los fluidos hidrotermales pueden precipitar su contenido mineral rico en metales en diferentes aberturas (espacios porosos, vesículas, cavidades de brechas volcánicas, fracturas, entre otras) de las rocas por las que circulan, formando un *depósito mineral por relleno* de cavidades, o puede formar *depósitos de sustitución*, cuando reemplazan minerales preexistentes en las rocas que atraviesan durante su trayecto.

Los depósitos epitermales

Estos depósitos minerales se forman a partir de fluidos hidrotermales calientes, con temperaturas de entre 100° y 320° C y a presiones

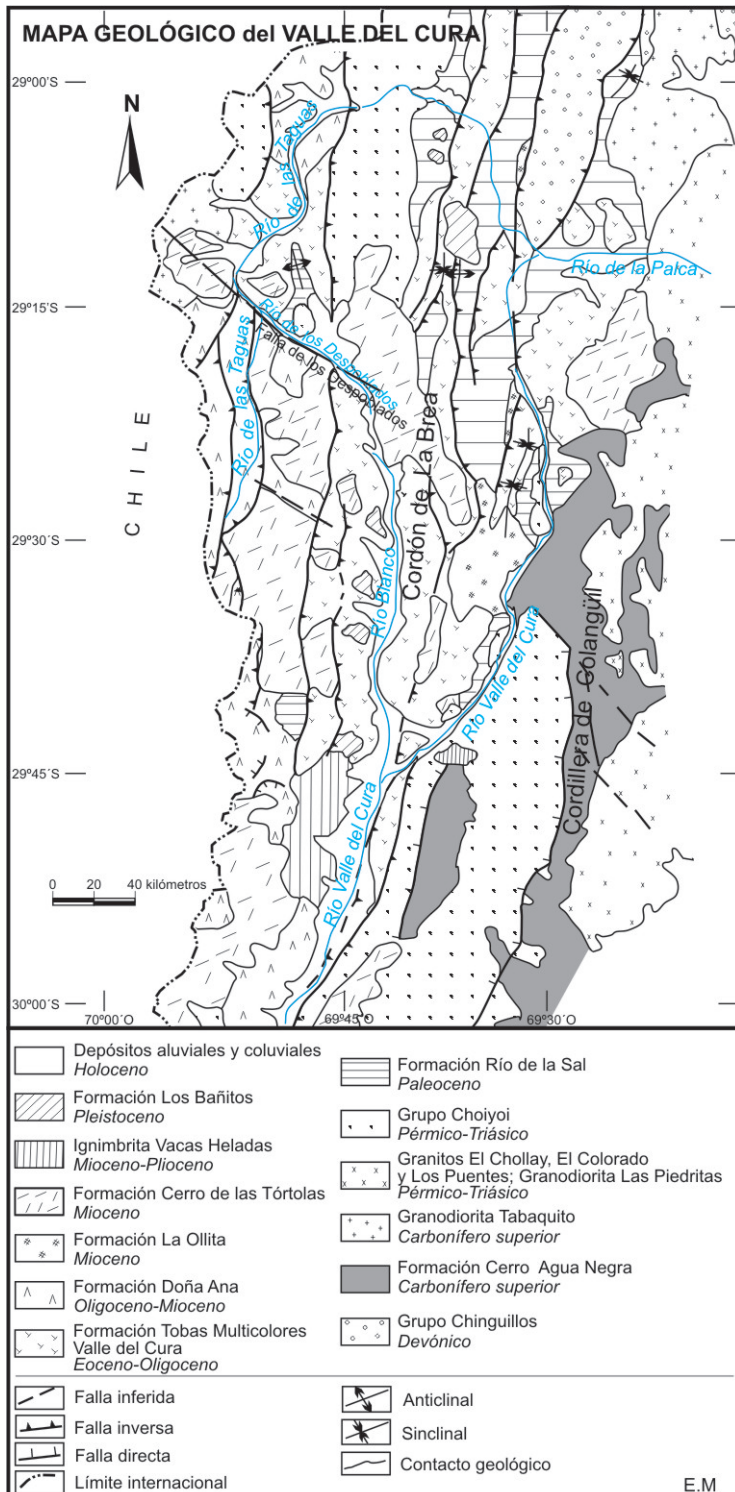


Figura 2. Mapa geológico de la región de Valle del Cura.

EL MAGMA Y LAS ROCAS

El magma es material fundido situado dentro de la corteza terrestre, a partir del cual cristalizan las rocas ígneas. Cuando el material magmático se va enfriando, los minerales más densos son los primeros en formarse y caen al fondo de la cámara magmática, modificándose la composición de la fase fundida a medida que se separan los distintos minerales. Cuando el fundido restante solidifica, la composición de la roca resultante es diferente de la composición del magma inicial, proceso que se conoce como diferenciación magmática. El magma líquido tiende a desplazarse principalmente hacia arriba, ya que se dirige a lugares o puntos donde la presión es menor. En su desplazamiento puede remover e incorporar bloques de las rocas que atraviesa o puede meterse entre fracturas o entre los planos de los distintos estratos que encuentra en su recorrido. Así, puede salir a la superficie dando origen a erupciones volcánicas o puede solidificarse en el interior de la corteza formando rocas ígneas intrusivas.

de hasta varios centenares de bares. Se los puede encontrar desde la superficie hasta los 2 kilómetros de profundidad. Cuando alcanzan la superficie terrestre, estos fluidos hidrotermales, se manifiestan como *fuentes termales* o como fumarolas o solfataras.

Los depósitos epitermales se generan preferentemente en zonas de subducción activa, donde una placa oceánica se hunde por debajo de otra, ya sea continental u oceánica. Por tal motivo, resulta importante identificar las distintas zonas de subducción que hubo a lo largo de las diferentes épocas geológicas.

Los *metales preciosos* que se encuentran en los depósitos epitermales son oro y plata, aunque también pueden tener enriquecimiento en arsénico, boro, mercurio, azufre y antimonio, entre otros. Teniendo en cuenta las características químicas de los fluidos hidrotermales, existen dos tipos principales de depósitos epitermales, denominados como de *baja o alta sulfuración*. En los primeros, los fluidos mineralizantes son reducidos y tienen pH cercano a la neutralidad (pH: medida de concentración de iones de hidrógeno). A su vez, se caracterizan por ascender lentamente hacia la superficie, manteniendo el equilibrio con las rocas que atraviesan. Estos depósitos derivan de intrusiones

localizadas hasta 5 ó 6 kilómetros de profundidad y se ubican a cierta distancia de los volcanes, con los que pueden estar o no asociados. Por su parte, los de *alta sulfuración* presentan fluidos mineralizantes eminentemente ácidos y oxidados, son muy reactivos y desequilibrados en relación a las rocas que atraviesan. Estos provienen de intrusiones próximas a la superficie y que también pueden llegar a ser eruptivas, situándose en zonas cercanas a aperturas volcánicas por las que se produce la descarga de gases a la superficie. Su expresión en superficie la constituyen las fumarolas de alta temperatura (Camprubí y Albinson, 2006).

Las alteraciones hidrotermales

Los fluidos hidrotermales, en su circulación por rocas o fisuras, sufren cambios químicos, de temperatura, de presión y también reaccionan con las rocas que atraviesan o con las paredes de las grietas por las que fluyen. Estos cambios pueden provocar la depositación de minerales y generar además una faja de alteración, resultado de las reacciones entre los fluidos y las rocas que los alojan. Tanto la intensidad como la naturaleza de la alteración van a depender de cuán reactiva sea la roca y de las características mencionadas de los fluidos. En el caso que la mineralización se aloje en una grieta, la zona alterada puede ser paralela y estar restringida a su pared, variando el espesor en relación con el de la grieta.

La identificación de zonas de alteración es utilizada en la búsqueda de yacimientos minerales, ya que a veces los minerales de interés pueden haber sido eliminados de la superficie por erosión, pero su presencia es detectada por las alteraciones presentes.

RECORRIENDO EL VALLE

Desde el portezuelo de Conconta, que como ya se dijo está a unos 5.000 metros sobre el nivel del mar, se tiene una imponente vista panorámica del Valle del Cura, distinguiéndose a lo largo de todo su borde oeste las zonas de alteración hidrotermal por los colores amarillos y rojizos producto de la oxidación de los minerales de hierro. Las rocas alteradas corresponden a las volcanitas de la Formación Doña Ana, que están dispuestas subhorizontalmente y cubiertas por rocas andesíticas oscuras de la Formación Cerro de Las Tórtolas.

Estas rocas alteradas, vinculadas con zonas mineralizadas, han sido objeto de intensa exploración en las últimas décadas. En la actualidad, las zonas de interés minero se denominan, de sur a norte: Bañados del Carmen, ubicada en el flanco sur del volcán Tórtolas, Río Frío, en la zona de los Despoblados del arroyo Río Frío, La Deidad, próxima al arroyo homónimo y Los Bañitos, en cercanías del cerro del mismo nombre.

Sobresale en el paisaje el volcán Tórtolas, con un glaciar en su cráter, como se ve en la fotografía 1. Hacia el norte se exponen las ignimbritas provenientes del volcán Vacas Heladas, extendiéndose sus afloramientos hasta la margen derecha del río Valle del Cura (cerro Jagüelito).

Desde varios puntos de la bajada del portezuelo de Conconta hacia el Valle del Cura, se tiene una vista panorámica de la estructura de la Cordillera Frontal, caracterizada por una serie de valles y cordones de rumbo norte-sur limitados por fallas inversas. Se observa parte del valle del Indio, donde se localizan los principales depósitos auríferos de Argentina y Chile.

El camino principal del Valle del Cura se extiende desde el portezuelo de Conconta hasta el campamento Veladero, con un recorrido de aproximadamente 100 kilómetros.

Al ingresar al valle, y luego de pasar la vega de Aguilar, se abren caminos que conducen a distintos puntos de la cordillera del Límite con interés minero. Por ejemplo, hacia el suroeste se extiende la huella que permite llegar hasta los bañados del Carmen, donde se localizan importantes zonas de alteración que han sido exploradas en búsqueda de oro. En este sector existen pequeñas lagunas y vegas, donde suelen pastar los guanacos que se muestran confiados ante la presencia de gente y el tránsito de vehículos.

En el trayecto a Veladero se accede a La Sepultura, puesto de Gendarmería Nacional. Al llegar a la confluencia de los ríos Valle del Cura y Blanco, el camino sigue hacia el norte bordeando este último río hasta el portezuelo de los Despoblados. En este tramo pueden observarse afloramientos de la secuencia cenozoica, integrada por las formaciones Tobas Multicolores Valle del Cura y La Ollita, cuyos estratos o capas se disponen en dirección norte-sur e inclinan al este. Estas capas conforman el multicolor cordón de La Brea, en el que predominan los verdes, grises, amarillos, blancos y rojos, característica que llevó a los pobladores de la región a denominarla como «Cerro Jardín» (Fotografía 2).



Fotografía 1. Vista del volcán Tórtolas.



Fotografía 2. Formación Tobas Multicolores Valle del Cura en el cordón de la Brea. Vista hacia el sur, desde el río Blanco.

Desde La Sepultura hacia el norte, por el río Valle del Cura, se accede al depósito de oro Jagüelito y a la mina de azufre Rey Mago, correspondientes a un depósito epitermal de alta sulfuración y fumarólico, respectivamente. Jagüelito es un área de reserva minera situada en el faldeo occidental del cordón de Colangüil, próxima al cerro El Alumbre, entre las quebradas El Águila y La Flor (afluentes del río Valle del Cura). La principal zona de alteración, predominantemente caolinización, cubre 650 hectáreas y se encuentra en andesitas, brechas e ignimbritas cenozoicas que se ubican sobre las sedimentitas carboníferas (Formación Cerro Agua Negra) y volcanitas permo-triásicas (Grupo Choyoi). La mineralización de oro se halla en vetas con orientación noroeste-sudeste y nortesur. El área de exploración posee 1,5 y 2 kilómetros de diámetro, distribuidos en la ladera oeste del cerro El Alumbre y en el cerro Jagüelito, respectivamente. En cuanto al yacimiento de azufre Rey Mago, está ubicado en el cerro El Alumbre, a 4.100 metros sobre el nivel del mar. Este azufre, de origen fumarólico, se presenta en vetas de formas lenticulares separadas unos 50 metros entre sí; también, en cuerpos de brechas de 250 metros de largo, con espesores de 30 y 40 metros (Angelelli, 1942). El azufre es compacto, de color amarillo, verde claro a oscuro y pardo claro (chocolate); la variedad de coloración se debe a impurezas. En el caso en el que rellena las cavidades de la brecha andesítica, se presenta en nódulos amarillos, de pocos milímetros y hasta 2 centímetros de diámetro.

MOMIA DEL CERRO EL TORO

En el año 1964, los andinistas Erico Groch y Antonio Beorchia hicieron cumbre en el cerro El Toro y descubrieron un cuerpo humano conservado por el frío durante cientos de años. La momia corresponde a la etapa de dominación incaica en San Juan. Actualmente, el cuerpo, conocido como «la momia del cerro El Toro» se encuentra en el Museo «Profesor Mariano Gambier», de la ciudad de San Juan.

Por otra parte, a lo largo del río Blanco se observan varios afloramientos de la Formación Los Baños constituida por conglomerados rojos que se destacan en el paisaje. Estos conglomerados representan depósitos fluviales de un valle que existía durante el Cenozoico y que han quedado «colgados» en las partes altas de los laterales del actual valle por efecto de la *inversión del relieve*. En efecto, estos depósitos que ahora están elevados con respecto al piso actual del valle, en el pasado formaban las planicies de los ríos que fluían por el antiguo valle. La erosión ha tallado en estas rocas formas de tubos verticales llamada *erosión en tubo de órgano*, que les confiere particular belleza (Fotografía 3).

En el valle del río de Las Taguas, de orientación norte-sur, desde sus cabeceras hasta el sector donde se desvía hacia el este, próximo al cerro El Toro (ver recuadro «Momia del cerro El Toro»), se observan amplias zonas de alteración hidrotermal con características, formas, textu-



Fotografía 3. Erosión en tubo de órgano en conglomerados rojos de la Formación Los Baños. Afloramientos ubicados en la margen derecha del río Blanco.

ras, mineralizaciones y alteraciones típicas de los yacimientos auríferos epitermales de alta sulfuración que caracterizan la región. Estas alteraciones afectan a rocas volcánicas cenozoicas, reconociéndose de sur a norte los siguientes depósitos o manifestaciones metalíferas: Zancarrón (ex-Chezanco), Veladero Sur, Guanaco Zonzo, Veladero, Lama, Fabiana, Los Amarillos, La Ortiga y Las Taguas. De estos, Veladero y Lama son los dos depósitos de oro más importantes de la región.

Desde los llanos de Los Despoblados y a través del angosto valle del arroyo de la Ortiga se extiende un camino que conduce hasta la confluencia de los ríos de Las Taguas y de La Sal, donde se desarrolla el proyecto cerro Toro, correspondiente a un depósito epitermal polimetálico (Fotografía 4).

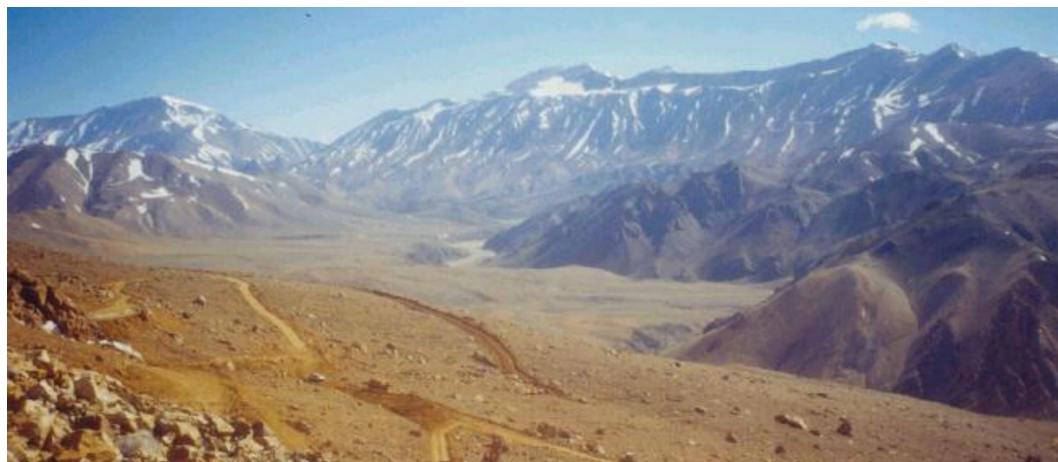
En este trayecto el río recorta un paisaje que se impone por su belleza, observándose la secuencia de rocas cenozoicas de las formaciones Río de La Sal, Tobas Multicolores Valle del Cura y La Ollita (Fotografía 5), que se apoya sobre las volcanitas del Grupo Choiyoi.

LOS GRANDES YACIMIENTOS AURÍFEROS

Proyecto Lama

El yacimiento Lama (Fotografía 6) es sin dudas uno de los mayores depósitos del mundo de su tipología, epitermal de alta sulfuración (epitermal HS). Según datos proporcionados por la empresa Barrick S.A., el yacimiento cuenta con 17,6 millones de onzas de oro (fines de 2004) y 560 millones de onzas de plata (una onza es equivalente a 31,10 gramos). La producción estimada es de 750.000 a 775.000 onzas de oro y 30 millones de onzas de plata por año.

Se localiza en las cabeceras del arroyo Turbio, en la frontera con Chile, a 4.300 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). Es la prolongación en el territorio argentino del depósito chileno denominado Pascua. A los efectos de su explotación, ambos depósitos constituyen una unidad económica binacional conocida como yacimiento Pascua-Lama. Fue explorado por la actividad privada desde fines de la década del 70,



Fotografía 4. Cerro El Toro (izquierda) y cordillera de La Ortiga (derecha). Vista panorámica hacia el norte, desde Mina Veladero.



Fotografía 5. Afloramientos de las formaciones Río de La Sal y Tobas Multicolores Valle del Cura en el río de La Ortiga.

época en que se construyó el camino por la quebrada de Conconta. Actualmente es el único proyecto minero binacional del país.

El depósito se aloja en las volcanitas de la Formación Doña Ana y en fracturas de orientación noroeste y noreste. La mineralización económica está constituida por oro libre y sulfuros que yacen en forma diseminada en una gran zona, de más de 12 kilómetros cuadrados.

Mina Veladero

Se ubica al oeste de la confluencia de los arroyos de Los Despoblados y de Las Taguas, entre los 4.000 y 4.500 metros sobre el nivel del mar, formando parte de la ex área de reserva homónima. Se destaca como un cerro de color castaño, siendo uno de los yacimientos de oro más importantes del país (Figura 1 y fotografía 7).

Este yacimiento se emplaza en dacitas y riolitas fuertemente alteradas de la Formación Doña Ana, y comprende varios cuerpos mineralizados, entre los que se destacan: Brecha Agostina, Filo Federico, Cerro Pelado, Amable, Noroeste y Cuatro Esquinas.

La mineralización está constituida esencialmente por oro libre, electrum (mineral de oro y

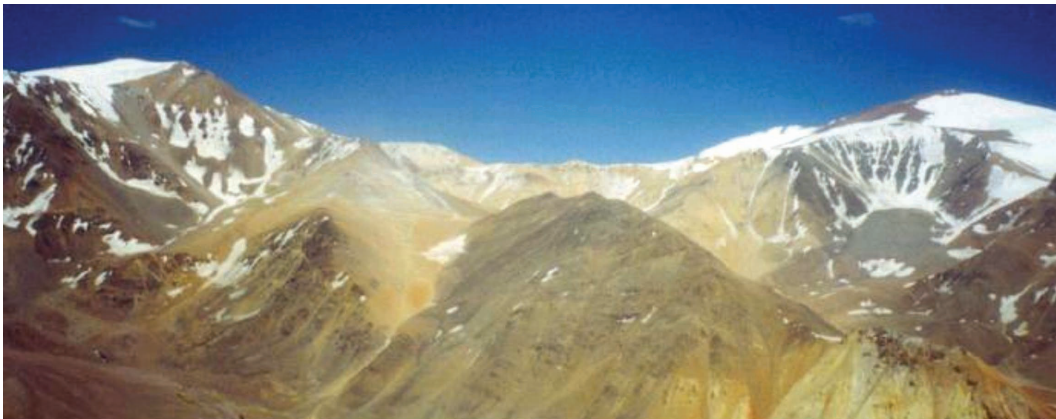
plata), pirita y calcopirita asociados a sílice, alunita y arcillas.

Las reservas -elementos disponibles- totales del yacimiento son 118,3 millones de toneladas con 0,046 onzas de oro por tonelada y 0,7 onzas de plata por tonelada (8,9 millones de onzas de oro y 139 millones de onzas de plata). Uno de los cuerpos más importantes, la brecha Agostina, datada en 13,7 millones de años por Jones y otros (1999), posee reservas de 2.000.000 de onzas de oro y 70.000.000 de onzas de plata, con leyes -contenido de mineral útil- de 3,31 gramos de oro por tonelada y 46,4 gramos de plata por tonelada (Jones y otros 1999). Las reservas totales a fines de 2004 alcanzaban los 12,8 millones de onzas de oro con la inclusión de las reservas de Cuatro Esquinas (Diario De Cuyo, 19/02/2005). Al año 2007 las reservas de oro fueron de 11.368.000 onzas (incluye reservas probadas y probables).

La empresa operadora del Proyecto produce anualmente 510.648 onzas de oro y 566.668 onzas de plata (datos del año 2006).

Proyecto Zancarrón (ex-Chezanco)

Las bonanzas -riquezas- de este depósito aurífero eran conocidas por los pirquineros chilenos,



Fotografía 6. Zona de alteración del Proyecto Lama. Vista al oeste desde el portezuelo de Los Despoblados.



Fotografía 7. Vista del Proyecto Veladero.

quienes extraían oro de vetas, antes que se realizaran los trabajos de prospección regional en el Valle del Cura. Además, Angelelli (1942) mencionó para esta zona la existencia de cobre nativo.

Este yacimiento está ubicado en las cabezeras del arroyo Zancarrón, en las proximidades del hito del mismo nombre (Figura 1). La zona de alteración se extiende a ambos lados del límite internacional. Las coordenadas del yacimiento son 29° 37' 05" latitud sur y 69° 56' 04" longitud oeste, a 4.200 metros sobre el nivel del mar. Pequeñas labores se realizaron a mediados de la década de 1980 y posteriormente fueron exploradas por la actividad privada. La mineralización se aloja en rocas andesíticas de la Formación Doña Ana. Como los demás, corresponde a un yacimiento de oro epitermal de alta sulfuración. La alteración se caracteriza por sílice - alunita asociada a caolín. En las partes altas hay mineralización de sílice y arsenopirita. Las venas de cuarzo que contienen enargita tienen altas concentraciones de cobre (Cu)- arsénico (As)- oro (Au)- plata (Ag), 6,38 y 8,68 ppm Au (partes por millón de oro), 149 y 40,8 ppm Ag (partes por millón de plata), 4,12 % Cu y 1,64 % Cu, 874 ppm Sb (partes por millón de antimonio), 1 % As (arsénico), 7 ppm Hg (partes por millón de mercurio). Como resultado de los estudios de exploración mencionados se han cubicado 2.000.000 de toneladas, con 4 gramos de oro por tonelada en promedio.

ACERCA DE LAS FUENTES TERMALES

Los fluidos hidrotermales, durante la formación de un depósito, pueden alcanzar la superficie terrestre como fuentes termales o como fumarolas o solfataras. Una de las razones de interés en la detección de fuentes termales es que las aguas calientes pueden disolver, transportar y depositar diferentes minerales.

Los manantiales, géiseres, fumarolas, pozas de lodo y suelos vaporizantes, entre otros, son diferentes tipos de manifestaciones termales superficiales (o manifestaciones hidrotermales) ya que implican la descarga de agua o vapor.

La distribución de las fuentes termales en la superficie está relacionada con zonas que provean la fuente de calor para que se manifiesten, y éstas están en la actualidad en áreas donde se produce la convergencia de placas tectónicas, principalmente.

Las manifestaciones superficiales más comunes son los manantiales termales, que varían en temperatura y composición química. Pueden ser de alta o baja temperatura (mayor o menor a 50° C) y de acuerdo al tipo de agua que emana se los denomina como ácidos, alcalinos o neutros, y se los califica como bicarbonatados, sulfatados o clorurados, según la abundancia relativa de bicarbonatos, sulfatos y cloruros en su composición. Hay que tener en cuenta que las aguas de manantiales calientes pueden ser también producto de la infiltración profunda de aguas meteóricas (de lluvias), o mezcla de éstas y aguas de origen magmático.

Por otra parte están los géiseres, que son manifestaciones termales inestables, ya que el agua caliente y el vapor son expulsados al exterior intermitentemente. Los géiseres, además de necesitar una fuente de calor, agua y un camino que la conduzca a la superficie como los manantiales, necesitan un espacio donde el agua se caliente mientras alcanza la temperatura necesaria para provocar la inestabilidad, un orificio de salida del agua de tamaño apropiado y conductos subterráneos que canalicen la recarga de agua después de cada erupción.

En el caso que la descarga de agua caliente sea constante y no intermitente, lo que se tiene es una fumarola. Las fumarolas pueden estar vinculadas con depósitos importantes de azufre y en este caso se llaman solfataras, en tanto que las fumarolas ricas en ácido bórico se denominan soffioni.

Las aguas termales de Valle del Cura

Distribuidos en diferentes puntos de la extensión del Valle del Cura se hallan numerosos manantiales termales, entre los que se destacan las termas de Los Bañitos, y los baños del Gollete, de los Despoblados, de San Crispín, del Chollay y del Cortaderal.

Las termas de Los Bañitos se desarrollan en el arroyo homónimo, a unos 8 kilómetros de su desembocadura (29° 40' 58" latitud sur y 69° 49' 35" longitud oeste) y a 3.870 metros sobre el nivel del mar. En el área se encuentran ocho manantiales con temperaturas que van desde los 30° a los 47° centígrados.

Los baños del Gollete se localizan en un montículo de forma cónica (Fotografía 8), de color amarillo, que se destaca entre las vegas que lo rodean, pasando la confluencia del arroyo Zancarrón y el río Blanco (29° 38' 11" latitud sur y 69° 43' 42" longitud oeste) y a 4.026 me-

tros sobre el nivel del mar. Están constituidos por seis manantiales con temperaturas de 53° a 59° centígrados, cuyas aguas han sido clasificadas como sulfatadas, sódico-cálcicas y cloruradas sódicas.

Los baños de los Despoblados están ubicados a 14 kilómetros del límite con Chile y a 2 kilómetros de la confluencia del arroyo de Los Despoblados y el río de Las Taguas (29° 25´ 10" latitud sur, 69° 51´ 00" longitud oeste) y a 3.657 metros sobre el nivel del mar. Están conformados por nueve manantiales cuyas temperaturas varían entre 35,1° y 78,6° centígrados. Son aguas cloruradas sódicas y cloruradas bicarbonatadas sódicas.

Los baños de San Crispín se ubican sobre el río de Las Taguas, antes de su unión con el río de La Sal, casi al pie del cerro El Toro (29° 10´ 45" latitud sur, 69° 42´ 15" longitud oeste) a unos 3.100 metros sobre el nivel del mar. Posee dos manantiales con temperaturas que van desde 56° a 59,5° centígrados.

Baños del Chollay consiste en un manantial de 62° centígrados que se ubica en el río de Las

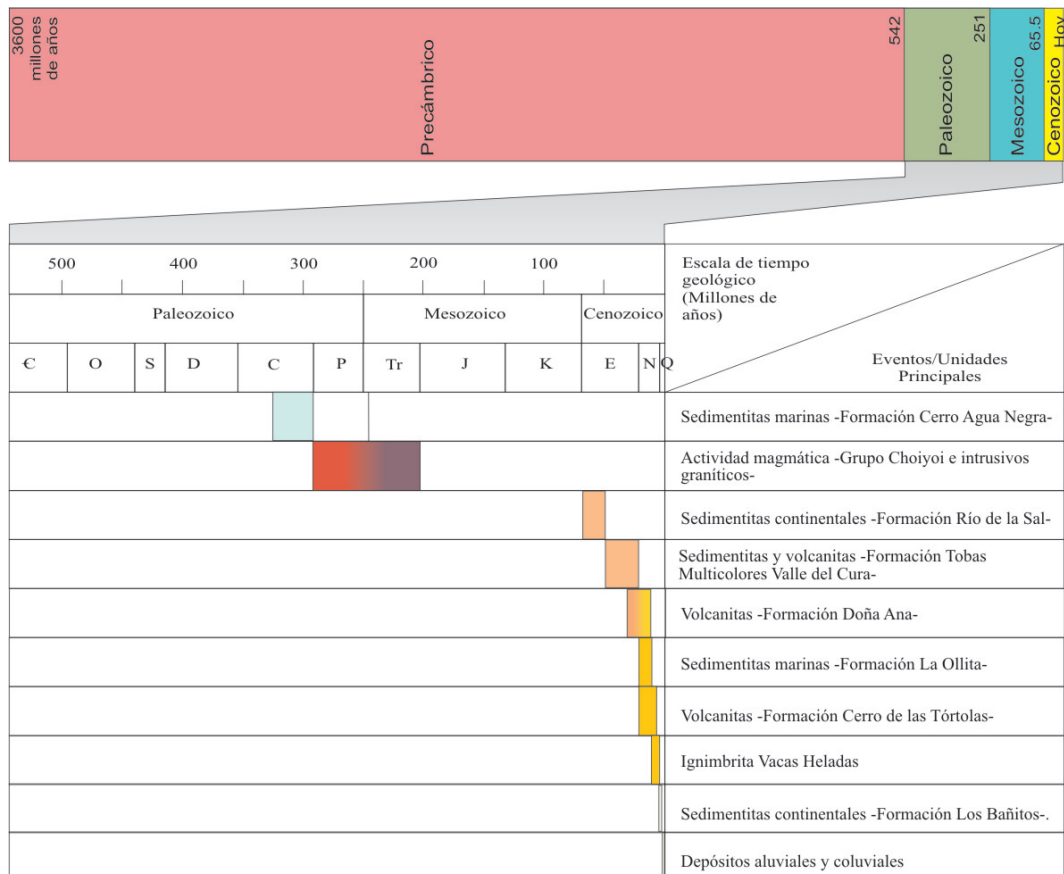
Taguas, aguas abajo de su confluencia con el río de La Sal (29° 13´ 25" latitud sur y 69° 39´ 40" longitud oeste) y a 3.020 metros sobre el nivel del mar.

Por último, los baños del Cortaderal se localizan sobre el río de Las Taguas, a 3 kilómetros de la desembocadura de la quebrada de La Ortiga (29° 16´ 10" latitud sur, 69° 39´ 40" longitud oeste) a 2.950 metros sobre el nivel del mar y consiste en un manantial de 49° centígrados.



Fotografía 8. Baños del Gollete.

UBICÁNDOSE EN EL TIEMPO



C: Cámbrico, O: Ordovícico, S: Silúrico, D: Devónico, C: Carbonífero, P: Pérmico, Tr: Triásico, J: Jurásico, K: Cretácico, E: Paleógeno, N: Neógeno y Q: Cuaternario

AGRADECIMIENTOS

A la licenciada Gladys Díaz por su aporte y colaboración en la lectura del manuscrito.

TRABAJOS CITADOS

- Angelelli, V., 1942. Informes sobre los yacimientos de azufre y alumbre del cerro Jagüelito, de hierro de la quebrada de Agua Negra y de cobre de Antecristo, departamento Iglesia, provincia de San Juan. Dirección de Minas y Geología. Informe inédito, carpeta 100: 23 pp. Buenos Aires
- Brackebusch, L., 1891. Mapa geológico del interior de la República Argentina. Escala 1:1.000.000. Instituto Geográfico C. Hellfart, Gotha (Academia Nacional de Ciencias, Córdoba) 18: 151 pp. Córdoba.
- Cardó, R. y Martos, D., 1987. Área de reserva «El Veladero», zona «Veladero Sur». Informe de avance. Servicio Minero Nacional. Informe inédito, carpeta 2391: 7 pp. San Juan
- Cardó, R. y Martos, D., 1988. Exploración geológica superficial del Sector Veladero Sur. Área de Reserva «Veladeros», Valle del Cura, San Juan. Servicio Minero Nacional. Informe inédito: 49 pp. San Juan.
- Camprubí, A. y Albinson, T., 2006. Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario. Tomo 58, número 1: 27-81. México.
- Groeber, P., 1951. La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29° 30'. Revista del Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales, Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Geología, 1 (5): 235-352. La Plata.
- Groeber, P., 1963. La Cordillera entre 22° 20' y 40°, con mapas en escala 1: 2.500.000. Academia Nacional de Ciencias, Boletín 43 (2-4):111-176. Córdoba.
- Jones, J., Martínez, R.D. y Rossello, E., 1996. La Faja volcánica terciaria del Valle del Cura (San Juan, Argentina): sus alcances y potencial para localizar World Class Deposits. Actas 13° Congreso Geológico Argentino, 3: 55-71. Buenos Aires.
- Jones, J., Martínez, R.D., Vitaller, A.O, Chavez, I., Carrizo, M.M., La Motte, M.G. y Riveros, S.E., 1999. El Depósito epitermal aurífero Veladero, San Juan. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 35: 1673-1684. Buenos Aires.
- Limarino, C.O., Gutiérrez, P.R., Malizia, D., Barreda, V., Page, S., Oster, H. y Linares, E., 1999. Edad de las secuencias paleógenas y neógenas de la cordillera de la Brea y Zancarrón, Valle del Cura, San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 54 (2): 177-181. Buenos Aires.
- Litvak, V., 2004. Evolución del vulcanismo terciario en el Valle del Cura sobre el segmento horizontal pampeano, provincia de San Juan. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Inédito: 270 pp. Buenos Aires.
- Marcos, O.R., 1987. Relevamiento geológico y prospección del área Jagüelito, región Valle del Cura. Cordillera Frontal. Servicio Minero Nacional. Informe inédito, carpeta 2404: 36 pp. San Juan
- Marín, G. y Nullo, F., 1988. Geología y estructura del oeste de la Cordillera de la Ortiga, San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 43 (2):153-162. Buenos Aires.
- Martínez, R.D., Grassi, J.I. y Hernández, M.B., 1993. Consideraciones estructurales sobre las alteraciones epitermales de la región de Valle del Cura, San Juan: sus implicancias en prospección metalífera. Actas 12° Congreso Geológico Argentino, 5: 202-210. Mendoza.
- Minera TEA, 1968. Geología de la Alta Cordillera de San Juan. Su prospección y áreas con posibilidades mineras. Informe del Departamento de Minería de la Provincia de San Juan, 2: 1, 518 p. (inédito). San Juan.
- Nullo, F., 1988. Geología y estructura del área de Guanaco Zonzo y Veladero, oeste de Cordillera de Zancarrón, San Juan. Actas 3° Congreso Nacional de Geología Económica, 2: 501-515. Olavarría.
- Nullo, F. y Marín, G., 1992. Geología y estructuras de las quebradas de la Sal y de la Ortiga, San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 45 (3-4): 323-335. Buenos Aires.
- Otamendi, J., Nullo, F., Godeas, M. y Pezzutti, N., 1994. Petrogénesis del vulcanismo terciario del Valle del Cura, San Juan, Argentina. Actas 7° Congreso Geológico Chileno, 2: 1130-1135. Concepción.
- Pesce, A. y Miranda, F., 2000. Catálogo de manifestaciones Termales de la República Argentina. Volumen 1-Región Noroeste. SEGEMAR, Anales 34, Buenos Aires.

- Petrelli, H., 1983. Valle del Cura. Secretaría de Minería de la Nación, Departamento Centro de Exploración Minera de San Juan. Informe inédito, carpeta 2402: 80 pp. San Juan
- Petrelli, H.A., 1985. Zona N° 2- Jagüelito. Área Valle del Cura. Servicio Minero Nacional- Plan San Juan. Informe inédito, carpeta 2149.09: 7 pp. San Juan.
- Ramos, V.A., 1988. The tectonic of the Central Andes: 30° to 33° S latitude. En: S. Clark y D. Burchfield (Eds.), *Prosseses in continental litospheric deformation*. Geological Society of America, Special Paper, 218: 31-54. Boulder.
- Ramos, V.A., 1995. Evolución tectónica del segmento de subducción horizontal de los Andes Centrales (27-34° S) y su control en las manifestaciones auríferas epitermales. Actas 5° Congreso Nacional de Geología Económica, 82-94. Buenos Aires.
- Ramos, V.A., Page, R., Kay, S.M., Lapido, O. y Delpino, D., 1987. Geología de la región del volcán Tórtolas, Valle del Cura, provincia de San Juan. Actas 10° Congreso Geológico Argentino y Simposium Circumpacific Phanerozoic Granites, 4: 260-263. Tucumán.
- Ramos, V.A., Kay, S.M., Page, R. y Munizaga, F., 1989. La Ignimbrita Vacas Heladas y el cese del volcanismo en el valle del Cura, provincia de San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 44 (1-2): 336-352. Buenos Aires.