

Geología y controles estructurales de las áreas de alteración del portezuelo de las Burras (Cordillera Frontal, San Juan)

Constantino KARKANIS¹ y Eduardo A. ROSSELLO^{1,2}

¹Depto. Cs. Geológicas, Universidad de Buenos Aires. Pabellón II, Ciudad Universitaria - 1428 - Buenos Aires, Argentina. E-mail: constantino@argentina.com

²CONICET. E-mail: rossello@gl.fcen.uba.ar. Telefax: (011) 4372-9368

RESUMEN. Se describen las características estratigráficas, petrográficas y estructurales de la comarca del portezuelo de las Burras, localizada en la Cordillera Frontal (San Juan, Argentina). Está constituida por un basamento de sedimentitas de la Formación La Puerta (Carbonífero superior - Pérmico inferior) y grandes espesores volcánicos y sedimentarios subordinados del Grupo Choiyoi (Pérmico - Triásico), niveles lávicos andesíticos de la Andesita Las Vizcachas (Mesozoico superior ? - Terciario ?), volcanitas de carácter más ácido de la Formación Arroyo de las Chinchas (Oligoceno - Mioceno) y de volcanitas andesíticas de la Formación Entrecordilleras (Mioceno superior - Pleistoceno). En relación intrusiva se ha identificado al Plutón Entrecordilleras (Neógeno) y a otros cuerpos dacíticos pertenecientes presumiblemente a otra facies del mismo plutón. Los cursos del río Manantiales y arroyo Las Burras se disponen sobre una zona de fallamiento transcurrente senestral principal expresado por fallas sintéticas y antitéticas, donde el sector próximo al portezuelo de las Burras constituye un resalto de alivio de transferencia tectónica con características dilatantes. Éste habría controlado la circulación y emplazamiento de fluidos hidrotermales mineralizantes, responsables de las anomalías cromáticas, mineralógicas y geoquímicas detectadas, asociadas a alteraciones hidrotermales de tipo arcillosa y silícea, que alientan un interés sobre la posibilidad de alumbrar acumulaciones económicas de minerales preciosos.

Palabras clave: Control estructural, Alteraciones hidrotermales, Mineralización, Portezuelo de las Burras, Cordillera Frontal

ABSTRACT. *Geology and structural controls on areas of alteration of Portezuelo de las Burras (Cordillera Frontal, San Juan, Argentina).* The main stratigraphical, petrographical and structural features of the Portezuelo de Las Burras altered area, located in the Cordillera Frontal (San Juan Province, Argentina), are described. The area is composed of the La Puerta Formation (Upper Carboniferous - Lower Permian), thick volcanic and subordinate sedimentary layers of the Choiyoi Group (Permian - Triassic), levels of andesitic lava of Andesita Las Vizcachas (Upper Mesozoic? - Tertiary?), more acidic rocks of the Arroyo de las Chinchas Formation (Oligocene - Miocene) and andesitic rocks of Entrecordilleras Formation (Upper Miocene - Pleistocene), intruded by the Entrecordilleras stock (Neogene) and smaller dacitic bodies probably related to it. The courses of the Manantiales and Las Burras rivers are located on a main sinistral wrench zone expressed by synthetic and antithetic faults where the area next to the Portezuelo de las Burras constitutes releasing orerstep in a tectonic transfer with dilatance behavior. This structure controlled the circulation and emplacement of the mineral-bearing hydrothermal fluids, which were responsible of the chromatic, mineralogical and geochemical anomalies detected between the Portezuelo de las Burras and Cerro Manrique. The anomalies are related to argillic and siliceous hydrothermal alterations that increase the possibility of there being economic precious-mineral accumulations.

Key words: Structural control, Hydrothermal alteration, Mineralisation, Portezuelo de las Burras, Cordillera Frontal, Argentina

Introducción

El portezuelo de las Burras se localiza al noroeste de la ciudad de Calingasta, en el departamento homónimo de la provincia de San Juan (Fig. 1) y queda incluido en la Hoja Paraje Castaño Nuevo (Espina *et al.* 1998). La comarca exhibe un fuerte relieve y entre sus rasgos morfológicos más relevantes se destacan la quebrada de las Burras (Fig. 3a) y el curso superior del río Los Manantiales. Estos cursos ocupan profundos valles separados por el portezuelo de las Burras que sirve de divisoria de aguas entre ellos. La mayor parte del sector tratado se encuentra por encima de los 4000 m y alcanza su máxima cumbre en el cerro Manrique con 5026 m s.n.m. (Fig. 1).

El objetivo del presente trabajo es el de describir las características geológicas, con énfasis en los controles estructurales de las áreas de alteración hidrotermal próximas al portezuelo de las Burras (Fig. 2), que pueden ser determinantes de una actividad prospectiva minera escasamente conocida (García Ferrari 1995 y Karkanis 1999), ya que existe una gran potencialidad para la determinación de depósitos hidrotermales que se agreguen a los ya conocidos en Chile y Argentina (Donnari *et al.* 1994). Con este fin se efectuó una interpretación preliminar de aerofotografías e imágenes satelitales con el consiguiente control de campo y toma de muestras para análisis químicos y la preparación de cortes petrográficos. Posteriormente, mediante los programas ER Mapper® 6.1 y Arc View® GIS 3.2, se reali-

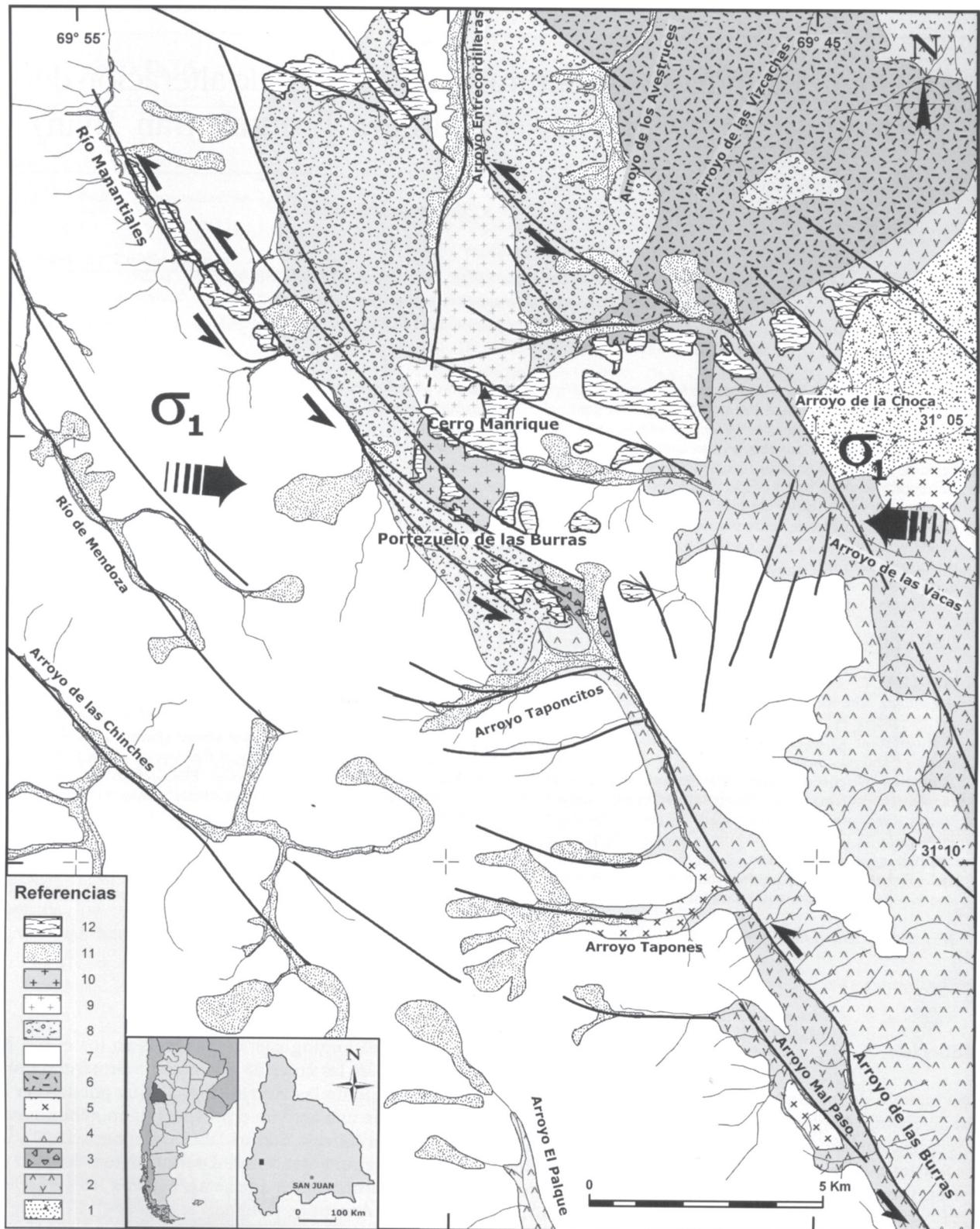


Figura 1: Mapa geológico. 1- Fm. Castaño (Grupo Choiyoi) [Pérmico inferior]; 2- Fm. Vega de los Machos (Grupo Choiyoi) [Pérmico superior]; 3- Fm. Castaño y Fm. Vega de los Machos, indiferenciadas; 4- Fm. El Palque (Grupo Choiyoi) [Pérmico superior - Triásico medio]; 5- Plutones Gondwánicos [Pérmico - Triásico]; 6- Andesita las Vizcachas [Mesozoico superior? - Terciario?]; 7- Fm. Arroyo de las Chinchas [Oligoceno - Mioceno]; 8- Fm. Entrecordilleras [Mioceno superior - Pleistoceno]; 9- Plutón Entrecordilleras - Facies monzodiorítica [Neógeno]; 10- Plutón Entrecordilleras - Facies dacítica [Neógeno]; 11- Sedimentos cuaternarios indiferenciados; 12- Áreas con intensa alteración hidrotermal. **Línea gruesa:** falla.

zó un levantamiento geológico-estructural a partir del procesamiento y análisis digital de la imagen satelital Landsat TM y la elaboración de un mosaico aerofotográfico digital georeferenciado, integrados en un sistema de información geográfica, junto a la información geoquímica y mineralógica de las muestras y datos recogidos en campo. Así pues, se describen las principales características estratigráficas, petrográficas y estructurales de las unidades magmáticas que ajustan la definición de objetivos exploratorios, aún pobremente desarrollados en este tramo de la Cordillera Andina.

Estratigrafía

El área del portezuelo de las Burras pertenece al dominio morfoestructural de la Cordillera Frontal (Caminos 1979), donde intervienen varias unidades con edades comprendidas entre el Carbonífero superior al Reciente (Espina *et al.* 1998). Estas unidades se encuentran afectadas por intrusivos pertenecientes al ciclo Ándico cuya caracterización resulta muy importante puesto que tienen gran interés prospectivo al estar vinculados con las áreas de alteración hidrotermal, al igual que en la porción chilena contigua (véanse mayores detalles en Makshev *et al.* 1984).

A pesar que en los últimos años se han publicado algunos trabajos regionales referidos a este sector de la Cordillera (Heredia *et al.* 2002 y otros), continúan investigándose debido a la complejidad litoestratigráfica, difícil accesibilidad e incipientes programas de dataciones radiométricas, algunas indefiniciones temporales y cartográficas importantes. Por ello, en este trabajo se ha intentado así reseñar con cierta reserva las unidades presentes en la área del portezuelo de las Burras, añadir algunas nuevas observaciones y establecer posibles correlaciones con comarcas mejor conocidas, incluso de la margen chilena, aunque se estima que los eventos y formaciones equivalentes son algo más jóvenes en la vertiente argentina de la Cordillera.

Formación La Puerta (Caballé 1986)

La Formación La Puerta constituye el basamento escasamente aflorante en la comarca (Cegarra *et al.* 1998). Inicialmente fue definida con tres miembros: a) Miembro Villa Corral (pelitas y psamitas), b) Miembro La Vaquita (areniscas y pelitas) y c) Miembro Manrique (areniscas, conglomerados y calizas). Sin embargo, Rodríguez Fernández *et al.* (1996) asignan al último miembro de esta sucesión a la Formación Castaño, con la cual se inicia el Grupo Choiyoi. Tanto Cegarra *et al.* (1998) como Caballé (1986) han relacionado los depósitos más orientales de esta unidad con facies sedimentarias marinas de variada profundidad y los más occidentales con facies más someras, incluso de tipo continental.

Sobre la base del contenido fosilífero reconocido y a dataciones radimétricas de la base del Grupo Choiyoi se ha restringido la edad de esta unidad al Carbonífero superior-Pérmico inferior (Cegarra *et al.* 1998).

Grupo Choiyoi (Stipanovic *et al.* 1968)

El Grupo Choiyoi se compone de un conjunto efusivo-piroclástico, con manifestaciones sedimentarias o mixtas locales, que varían desde facies andesíticas o dacíticas hasta riolíticas (Sato y Llambías 1993). Se dispone en discordancia angular sobre el basamento de las sedimentitas neopaleozoicas subyacentes, afectadas por la fase sanrafaélica (Azcu y Caminos 1986). De acuerdo a sus diferencias petrográficas y estructurales, Caballé (1986) ha reconocido como parte de este grupo, entre otras, las formaciones: a) Vega de los Machos, b) El Palque, c) Andesita Las Vizcachas y d) Arroyo de las Chinchas. Sin embargo, las dos últimas fueron excluidas y redefinidas por Cegarra *et al.* (1998) y Espina *et al.* (1998), y han identificado como formación basal del grupo a la Formación Castaño.

Formación Castaño (Rodríguez Fernández *et al.* 1996)

La Formación Castaño constituye la sección basal volcano-sedimentaria del Grupo Choiyoi y se compone

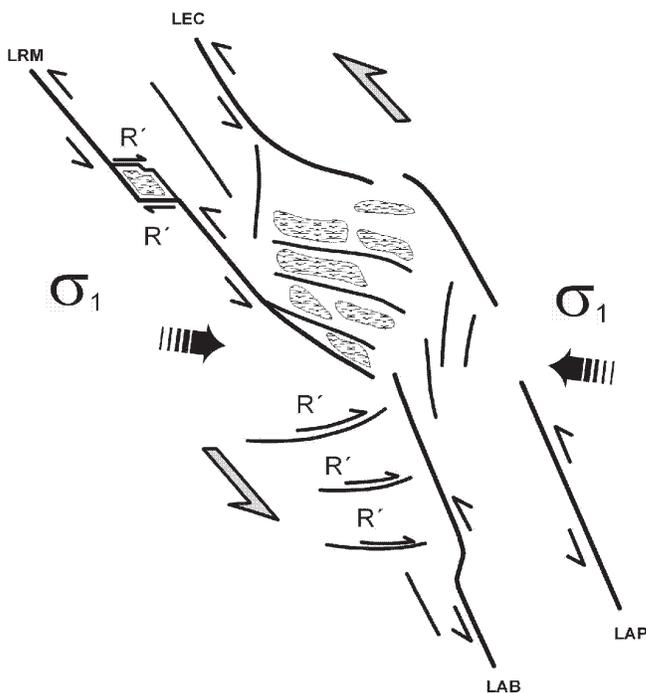


Figura 2: Esquema Estructural de las zonas de alteración. **LAB:** Lineamiento Arroyo Las Burras, **LAP:** Lineamiento Arroyo La Puerta, **LEC:** Lineamiento Entrecordilleras, **LRM:** Lineamiento Río Manantiales. **σ_1 :** Vector de esfuerzo principal máximo.

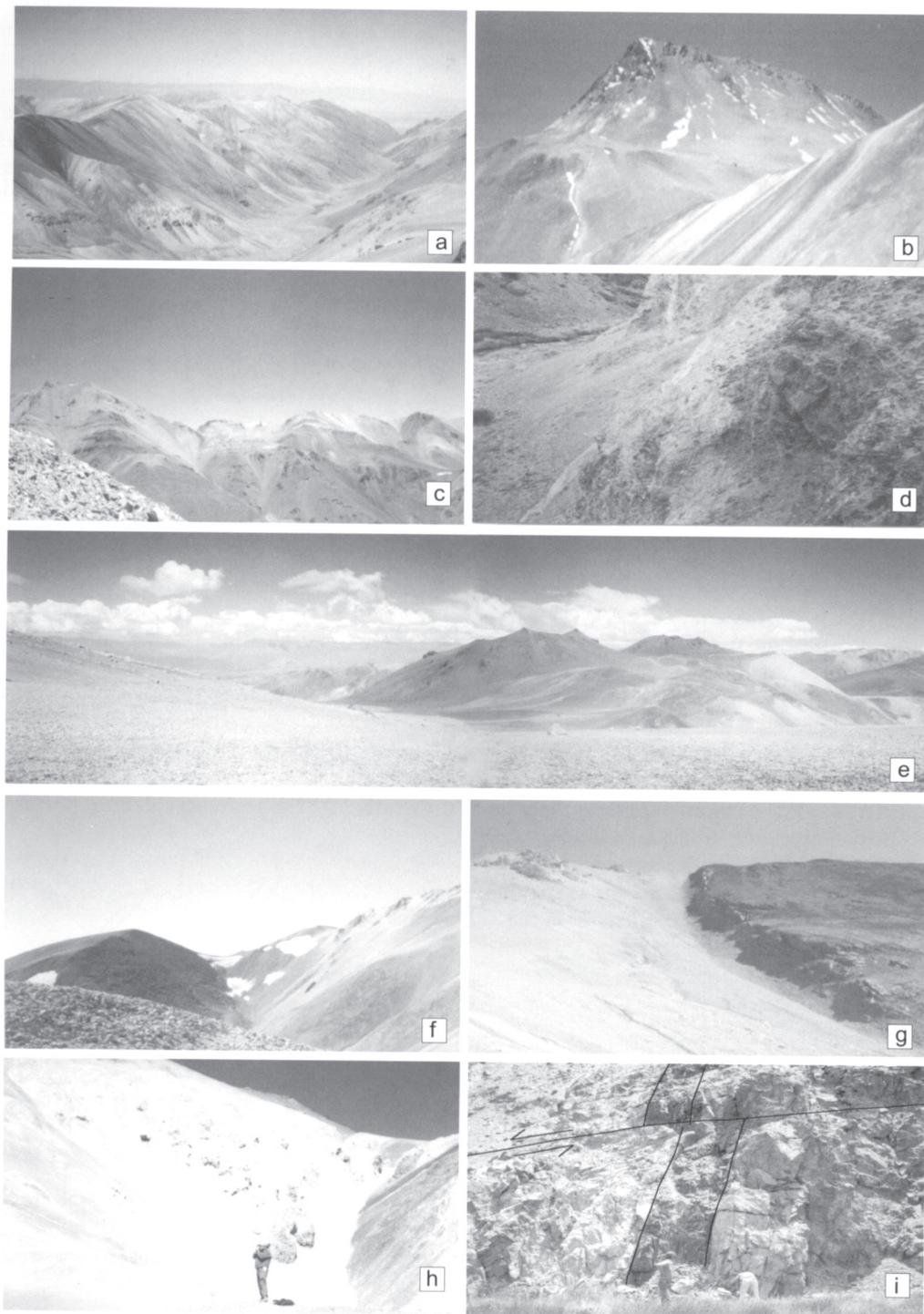


Figura 3: Lámina de fotos. **a,** Vista al sudeste aguas abajo del arroyo de las Burras. Se observa en primer plano los conos y taludes de las volcanitas de tonos claros (rojizos) pertenecientes a la Fm. Arroyo de las Chinchas, por detrás las volcanitas pertenecientes a la Fm. El Palque de tonos más oscuros (morados), y sobre el horizonte la Pampa de la Puerta y la silueta de la Precordillera. **b,** Vista del cerro Manrique y los sedimentos de talud que cubren las andesitas de la Fm. Entrecordilleras. **c,** Vista al oeste desde la quebrada Los Manantiales donde se aprecian los términos inferiores andesíticos oscuros (verdosos) y los superiores dacíticos más claros (violáceos) de las volcanitas de la Fm. Arroyo de las Chinchas. **d,** Detalle de un afloramiento de brechas volcánicas perteneciente a la Fm. Entrecordilleras afectadas por la alteración hidrotermal. **e,** Vista de las volcanitas de la Fm. Entrecordilleras de tonos oscuros (castaños) afectadas por la alteración hidrotermal y por cuerpos dacíticos semicubiertos. En un segundo plano y en un nivel inferior aparecen las volcanitas más claras (rojizas y violáceas) de la Fm. Arroyo de las Chinchas. De fondo se aprecia la pampa de la Puerta y la Precordillera. **f,** Cuerpo subvolcánico de composición básica, sobre una quebrada cercana al cerro Manrique. **g,** Borde de una colada reciente donde se aprecia a pesar de la erosión los rasgos de fluidalidad. **h,** Área con intensa alteración arcillosa al norte del portezuelo de las Burras. **i,** Falla sobre la margen derecha del río Los Manantiales que desplaza lateralmente en sentido senestral a los diques ácido (izquierda) y básico (derecha).

de dos miembros: a) Miembro volcánico (conglomerados, areniscas y volcanitas andesíticas) y b) Miembro Manrique (areniscas, areniscas tobáceas, calizas y piroclastitas), y su distribución predominante se encuentra en el sector oriental de la comarca. Sin embargo, en la ladera sudeste del portezuelo de las Burras fue reconocido un nuevo afloramiento calcáreo parcialmente cubierto por glaciares de roca y depósitos de talud (Fig. 1), compuesto por calizas grises finamente laminadas con lentes y nódulos de sílice microcristalina atribuida a la desvitrificación de fragmentos de ceniza volcánica. Presentan una disposición aproximada E-O e inclinación 30° al norte y muestran signos de deformación con microcabalgamientos. Conjuntamente aparecen interestratificadas tobas de flujo dacíticas, grises claras y areniscas tobáceas, en bancos de 20 a 30 centímetros de potencia. Ottone y Rossello (1996) distinguen para este afloramiento una asociación de palinomorfos que restringen su edad al Pérmico inferior.

Esta formación puede correlacionarse por su litología con la “Sección Basal Sedimentaria” del Grupo Choiyoi en la Cordillera de Colangüil (Llambías *et al.* 1990a). Cegarra *et al.* (1998) le asignan una edad pérmica inferior baja a superior basal.

Formación Vega de los Machos (Caballé 1986)

La Formación Vega de los Machos constituye una potente sucesión de volcanitas lávicas y piroclásticas andesíticas a dacíticas, que suprayacen a la anterior unidad en el borde oriental del área y en otros dos afloramientos aislados, uno junto a las calizas arriba mencionadas y el otro en la margen derecha del arroyo de las Burras a la altura de la quebrada del Mal Paso (Fig. 1). Este último afloramiento aunque no siempre es mapeado observa las características propias de los depósitos piroclásticos de esta formación. Se compone de unos 500 m de piroclastitas con niveles minoritarios de volcanitas andesíticas y sedimentitas. Exhibe pasajes de facies transicionales laterales y verticales, y está integrado *a grosso modo* de una sucesión de dos hemicyclos con las siguientes facies (Cas y Wright 1987; Fisher y Smith 1991): i) Facies de brechas y aglomerados volcánicos verdosos, clasto-sostenidos, andesítico cuarzosos pertenecientes a depósitos de flujos piroclásticos densos. ii) Facies de ignimbritas de composición dacítica con una marcada estratificación cruzada, de tonos claros verdosos y azulados, con rasgos de elevada fluidalidad, pertenecientes a depósitos de surges y flujos inflados de alta energía. iii) Facies de tobas laminadas de tonos verdosos y azulados, algo más oscuros, compuesta de una pasta afanítica verdosa, pertenecientes a tobas de caída o flujos laminares de baja energía, posiblemente transicionales a facies sedimentarias o mixtas.

Esta formación puede correlacionarse por su litología con la “Sección Inferior Andesítica” que Sato y Llambías (1993) describen en la Cordillera de Colangüil.

A partir de dataciones radiométricas (Sato y Llambías 1993; Cegarra *et al.* 1998) es asignada al Pérmico inferior tardío al superior.

Formación El Palque (Caballé 1986)

La Formación El Palque se compone de un complejo volcánico-piroclástico estratificado, de alrededor de 400 m de potencia, de composición dacítica a riolítica y coloraciones moradas y rojizas oscuras (Fig. 3a). Manifiesta un aumento, de base a techo, de las facies lávicas riolíticas en detrimento de las facies ignimbritas y brechosas dacíticas. Los afloramientos se distribuyen en todos los casos al sur del portezuelo de las Burras a ambos márgenes del arroyo de las Burras (Fig. 1). En la margen izquierda del arroyo de las Burras a la altura la quebrada del Mal Paso presenta una sucesión estratificada de ignimbritas brechosas con mantos riolíticos interestratificados. En cambio, en niveles superiores, próximos a la intersección con la quebrada del arroyo Taponcitos, los afloramientos exhiben una mayor participación de mantos lávicos.

Sobre la base de edades radiométricas (Vilas y Valencio 1982; Linares y González 1990; Espina *et al.* 1998) se asigna una edad probable del Pérmico superior bajo al Triásico medio. De acuerdo a su composición petrográfica y edad puede correlacionarse con la “Sección Superior Riolítica” que Sato y Llambías (1993) describen en la Cordillera de Colangüil.

Andesita Las Vizcachas (Caballé 1986)

La Andesita Las Vizcachas se dispone en discordancia angular, labrada sobre las unidades anteriores, y es cubierta en concordancia por las Formaciones Arroyo de las Chinchas y Entrecordilleras. Según las descripciones de Caballé (1986) realizadas sobre la quebrada de Las Vizcachas presenta un espesor máximo de unos 400 m de mantos lávicos andesíticos y de piroclastitas hacia el tope de la secuencia. Sin embargo, este trabajo ha restringido esta unidad a la sección inferior netamente lávica, y sus afloramientos se disponen casi exclusivamente al este del arroyo de los Avestruces (Fig. 1).

Esta unidad presenta gran indeterminación que surge de la inexistencia de dataciones congruentes, por lo que subsisten aún dificultades en la definición de su edad y correlación. Al norte, esta unidad ha sido renombrada Formación Las Vizcachas (Heredia *et al.* 2002) y atribuida por sus relaciones estratigráficas al Oligoceno-Mioceno. No obstante, sobre la base de su ubicación estratigráfica podría corresponder a un evento volcánico comprendido entre el Jurásico y el Oligoceno. En caso de pertenecer al Mesozoico se vincularía a las formaciones volcánicas del Mesozoico superior del sector chileno contiguo, y de ser terciaria a la Formación Doña Ana (Maksaev *et al.* 1984).

Formación Arroyo de las Chinchas (Caballé 1986)

La Formación Arroyo de las Chinchas se dispone subhorizontalmente sobre las anteriores unidades con una potente sucesión que se compone: i) en sus términos inferiores, de espesor variable, de rocas andesíticas, y ii) continúa la secuencia con bancos de tobas, ignimbritas, brechas piroclásticas y cuerpos subvolcánicos esencialmente dacíticos a riolíticos. Sus litologías muestran coloraciones verdosas, grises, rojizas, o violáceas, y con frecuencia presentan una alteración hidrotermal que en ocasiones llega a decolorar y obliterar completamente los rasgos primarios de la roca (Figs. 3a, c y e). A pesar de que constituye la unidad más importante por su extensión dentro del área de estudio (Fig. 1), ésta puede verse reducida sustancialmente debido a la dudosa pertenencia de sus términos inferiores andesíticos, o parte de los mismos. Cegarra *et al.* (1998) y Espina *et al.* (1998) coinciden en apartar estos depósitos y asignarlos a un evento final del Grupo Choiyoi, representado por la Formación Atutia, en el Triásico medio y superior. Sin embargo, cabe la posibilidad de su vinculación con las volcanitas de la Andesita Las Vizcachas o incluso con eventos posteriores. La única relación estratigráfica reconocida, ya que la base de estas andesitas no es aflorante, es que son cubiertas en concordancia por los términos riolíticos y dacíticos de esta misma formación y por las volcanitas de la Formación Entrecordilleras. De este modo se ha optado por no modificar la filiación original de Caballé (1986) de los términos inferiores andesíticos hasta contar con mayores precisiones.

Esta formación puede ser correlacionada en base a sus características litológicas bimodales y ubicación estratigráfica con la Formación Doña Ana en el sector chileno contiguo (Maksaev *et al.* 1984), y con las volcanitas de características más ácidas del Grupo Melchor en el área de Castaño Viejo (Heredia *et al.* 2002). En la actualidad se cuenta con una sola datación radiométrica de estas volcanitas (Rodríguez Fernández *et al.* 1996) lo que imposibilita una definición precisa aunque se considera una probable edad oligocena-miocena.

Formación Entrecordilleras (nom. nov.)

Se propone esta nueva denominación para asignar los eventos volcánicos más recientes de la comarca. En esta formación se han agrupado los términos superiores piroclásticos de la Andesita Las Vizcachas, definida por Caballé (1986), y sus depósitos suprayacentes antes asignados a la Formación Arroyo de las Chinchas. Entre estos depósitos se observa una gran afinidad común y un marcado contraste con la Andesita Las Vizcachas y la Formación Arroyo de las Chinchas tanto en su aspecto petrográfico como en la disímil respuesta espectral que presentan en las imágenes satelitales. Por otro lado re-

sulta evidente la vinculación geográfica de estos depósitos con las manifestaciones volcánicas más recientes, donde estarían ubicados los centros de emisión póstumos en el área (Figs 3e, f y g).

Se trata de una secuencia volcánica andesítica de unos 500 m de potencia, que cubre las áreas más elevadas (por encima de los 4200 m de altitud) del cordón de Manrique y parcialmente los cursos superiores de las quebradas Los Manantiales y Entrecordilleras (Fig. 1). Las tonalidades predominantes de estas rocas son gris azuladas y verdosas oscuras que por efecto de la alteración adquiere tonos castaños oscuros (Figs 3b, d y e). Presentan tanto términos lávicos como piroclásticos, los cuales varían lateral y verticalmente desde facies de brechas, aglomerados volcánicos, ignimbritas, y tobas de composición andesítica a dacítica. Pueden contener según sea la facies: líticos volcánicos muy angulosos a bien redondeados, fenocristales y fragmentos astillosos de cristales que en ocasiones aparecen aplanados con textura de fiames.

Aunque no existen dataciones de estas volcanitas, de acuerdo a su posición estratigráfica superior y a la asociación con manifestaciones magmáticas cuaternarias, se estima una edad miocena superior al pleistoceno. Esta formación podría correlacionarse por sus características litológicas y edad, en el área del cordón de Olivares con las volcanitas de las formaciones superiores del Grupo Olivares: Barrancas de Olivares y Volcancitos (Bastías 1991) y en el sector limítrofe argentino-chileno con la Formación Cerro de las Tórtolas (Maksaev *et al.* 1984).

Cuerpos intrusivos

El área estudiada se encuentra afectada por intrusivos tanto pertenecientes al ciclo Gondwánico como al Ándico. Los intrusivos gondwánicos (Llambías y Sato 1990) más antiguos suelen tener una composición granodiorítica, y granítica los más jóvenes (Fig. 1).

El Plutón Entrecordilleras (Caballé 1986), localizado en las proximidades del cerro Manrique, es el único representante plutónico terciario reconocido (Fig. 1). Hasta el presente se ha descrito el mismo con una composición central mayoritariamente monzodiorítica y tonalítica en sus bordes y textura porfiroide. Sin embargo, al sur del mismo se han reconocido una serie de cuerpos de composición dacítica con características subvolcánicas (Figs. 3e y f) y algunas manifestaciones lávicas asociadas (Fig. 3g), que extienden el registro de la actividad volcánica del área al Plioceno-Pleistoceno. Debido a la extensa área de alteración que los circunda y la falta de dataciones, estudios geoquímicos y contactos definidos entre ambas litologías impidieron su vinculación genética. Por ello, se pueden asignar tanto a dos intrusivos distintos o a uno con dos pulsos magmáticos diferentes. Sin embargo, por la relación de vecindad y el hecho que ambas intruyen a las

volcanitas terciarias superiores se considera que podría tratarse de dos facies distintas del mismo plutón (Fig. 1): i) Facies monzodiorítica: ubicada al norte del área de alteración del cerro Manrique, caracterizada por una intensa alteración carbonática y arcillosa, que sin embargo permite distinguir una textura porfírica con fenocristales de plagioclasa albitizada y feldespato potásico y mafitos alterados inmersos en una mesostasis felsítica. ii) Facies dacítica: situada al sur del área de alteración del cerro Manrique, presenta texturas porfíricas y brechosas compuestas de fenocristales y fragmentos de cristales de plagioclasas zonadas, anfíboles, y en menor medida minerales opacos y cuarzo. La mesostasis vítrea evidencia una marcada fluidalidad, en ocasiones atravesada por venulaciones formadas de fragmentos felsíticos microcristalinos. Asimismo, conjuntamente aparecen numerosos diques mayoritariamente tonalíticos a riolíticos rosados claros y otros más escasos de composición básica asociados ambos al Plutón Entrecordilleras, presentando una disposición predominante con rumbos NO a submeridional y son subverticales.

La analogía observada del Plutón Entrecordilleras con los plutones miocenos de la Unidad Infiernillo (Maksaev *et al.* 1984) por su posición estratigráfica, heterogénea composición litológica y alteración hidrotermal asociada, sugiere una probable correlación con éstos. Posiblemente, también se correlacione con los plutones miocenos de la Unidad Pircas (Bastías 1991) y la Unidad Los Médanos (Llambías *et al.* 1990b), en la vertiente argentina de la cordillera. Si bien no existen hasta el momento dataciones del pórfiro, a partir de la relación estructural y de su probable correlación se puede asignar una edad miocena superior-pliocena

Depósitos cuaternarios

Los depósitos fluviales más importantes se disponen preferentemente como el relleno superior de la cuenca de la pampa de La Puerta (Figs. 3a y e). Quedan representados en estos depósitos dos niveles de sedimentación de abanicos aluviales que expresan los pulsos de ascenso plio-pleistocenos del frente cordillerano. Existen asimismo depósitos glaciares y glaci-fluviales distribuidos de manera dispersa en los pisos de los valles de mayor altura (Fig. 1). Finalmente, se disponen depósitos holocenos compuestos por sedimentos de ladera, talud, y glaciares de roca; terrazas, conos y planicies aluviales en las quebradas, y pequeños glaciares y campos de nieve en los filos más elevados de los cordones de La Totorá y Manrique.

Áreas de alteración hidrotermal

A partir de la interpretación de aerofotogramas e imágenes satelitales fueron detectadas zonas con caracte-

terísticas distintivas con la roca no alterada que pueden evidenciar la presencia de sectores con alteración hidrotermal. De este modo, se han mapeado las áreas de más intensa alteración según la diferente respuesta espectral que muestran en las imágenes satelitales. Las principales zonas de alteración se distribuyen en las inmediaciones del cerro Manrique hasta el faldeo sur del portezuelo de las Burras y en menor medida dispuestas saltuariamente en la quebrada del río Los Manantiales (Fig. 1).

Los trabajos de campo han podido determinar que estas alteraciones afectaron casi exclusivamente a las volcanitas de la Formación Arroyo de las Chinchas y de la Formación Entrecordilleras (Fig. 1). Las coloraciones de las especies alteradas de estas formaciones presentan tonos más pálidos que su respectivo protolito (Figs. 3a, b, c, d, e y h): rosados, anaranjados y blancos las primeras; y verdosos, castaños, ocre y blancos las segundas. Los fenocristales de feldespatos se encuentran remplazados completamente por arcillas y suelen contener cristales, de orden milimétrico, idiomorfos de pirita. Estos sulfuros, en ocasiones han sido lixiviados, quedando pequeños *boxworks* con huecos cúbicos en la roca. El cuarzo abunda tanto en la pasta como en fenocristales incoloros de hábito subhedral. En algunos casos asociada a la caolinización se ven venillas de carbonatos, sulfatos o fluorita en agregados equigranulares finos, que suelen conforma gruesas costras que recubren los afloramientos y cementan el brechamiento desarrollado a expensas de la roca primaria.

Entre el portezuelo de las Burras y el cerro Manrique se han reconocido áreas de: i) alteración predominante de tipo arcillosa muy intensa (Fig. 3h) que ha transformado completamente al protolito, petrográficamente irreconocible, en un regolito compuesto por una masa de arcillas y costras de sulfatos, y ii) de silicificación particularmente intensa cercanas al cerro Manrique, donde las volcanitas afectadas sólo permiten reconocer los contornos de los fenocristales del protolito. En otros casos la silicificación se presenta en brechamientos rellenos de sílice lechosa afanítico y cavernosa por sectores o en rellenos masivos de sílice gris clara con abundante porosidad (*vuggy silica*).

Sobre el río Los Manantiales (Fig. 1) se localizan varios sectores que exhiben coloraciones amarillentas muy pálidas a rojizas y en mucho menor proporción blanquecinas, caracterizados por un menor grado de alteración y por una textura mucho más brechosa que el área anterior. Los espacios abiertos son parcialmente ocupados esencialmente por agregados finos de limonitas, caolinita, sílice y sulfatos. La abundancia de limonitas presente entre los fragmentos del brechamiento otorgan a los afloramientos su color típico.

Fue realizado un muestreo geoquímico (García Ferrari 1995; Karkanis 1999) en las áreas de alteración hidrotermal con el objeto de detectar áreas con potencial económico por metales preciosos y básicos. La dis-

tribución del muestreo no siguió un trazado regular sino que se concentró en los sectores con las más intensas anomalías cromáticas, como parte de una etapa de prospección minera estratégica inicial. Esta actividad confirmó objetivos mineros con indicios y anomalías metalíferas que pudieran concentrar la búsqueda más profunda en una etapa más avanzada de la prospección. De esta manera, se ha podido reconocer algunas concentraciones metalíferas anómalas, cuyas distribuciones más relevantes aparecen en las áreas próximas al cerro Manrique y al portezuelo de las Burras, con valores de 205 ppm en Mo, 220 ppb en Au y 83 ppm en Cu; mientras que en cambio en las áreas de alteración del río Manantiales se observaron tan solo valores máximos de 57 ppm en Mo, 50 ppb en Au y 45 ppm en Cu.

A partir de la asociación mineralógica y los resultados que surgen de la correlación estadística (García Ferrari 1995) y geográfica (Karkanis 1999) de una veintena de cationes minoritarios, se evidencia que gran parte de los sectores afectados por la alteración hidrotermal corresponden a facies superiores de sistemas epitermales de tipo *hot spring* (Pirajno 1992). La presencia importante en las proximidades del cerro Manrique de una alteración silícea muy intensa se asocia a niveles superiores de depósitos tipo *sinter cap* con ligeras anomalías de Au. Asimismo en niveles inferiores las áreas con intensa alteración arcillosa se encuentran vinculadas por sectores a anomalías algo más importantes de Au, Mo, Ag, As, Hg, Sb y Bi, aunque lo más destacable son las manifestaciones de sulfuros diseminados y brechas hidrotermales con las mayores anomalías registradas de Mo, Au y Cu (véase arriba). Como característica más relevante del análisis de la distribución tanto estadística como geográfica de los cationes muestreados surge una clara correlación directa entre las anomalías de Au y Mo. Así pues, este último catión por su mayor potencial de dispersión relativa con respecto al Au constituye una mejor herramienta como elemento guía en las siguientes etapas exploratorias que se encaren en la comarca.

Controles estructurales de las mineralizaciones

Marco tectónico

La subducción subhorizontal de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana provoca una importante convergencia, ligeramente oblicua, que levanta a la Cordillera de los Andes y deforma una extensa porción de su antepaís. De este modo, se reestructura una faja ancha que incluye a la Cordillera Frontal y que afecta reactivando e invirtiendo a todos los rasgos tectónicos previos (véanse más detalles en Jordan y Allmendinger 1986; Cahill e Isacks 1992; Jordan *et al.* 1993; Urreiztieta *et al.* 1996; Ramos *et al.* 2002).

Por lo tanto, el contexto deformativo regional de la Cordillera de los Andes en esta latitud determina que la

Cordillera Frontal exhiba una tectónica neógena de tipo piel gruesa (*thick skinned*) con componentes transcurrentes subordinadas. Este contexto define un verdadero mosaico de bloques, variablemente basculados y rotados, limitados preferencialmente por fallas inversas dispuestas NNO de alto ángulo y componentes transcurrentes senestrales subordinadas que se manifiestan en los mapeos regionales (Rodríguez Fernández *et al.* 1996; Cegarra *et al.* 1998).

Según Snyder *et al.* (1990) la deformación principal data de unos 7 Ma aunque fue más intensa entre 4 y 3,4 Ma. Si bien no se cuenta con determinaciones precisas de la edad de las alteraciones de la comarca del portezuelo de las Burras se las puede correlacionar con otras mejor conocidas de la Cordillera Frontal que se vinculan preferencialmente con las manifestaciones volcánicas neógenas (Maksaev *et al.* 1984; Donnari *et al.* 1994; Jones *et al.* 1996). De este modo, es posible interpretar una contemporaneidad entre los procesos volcánicos mineralizantes y la tectónica que determina su control estructural.

Fallamiento Las Burras-río Manantiales

La estructura de la comarca del portezuelo de las Burras se encuentra controlada por un fallamiento principal que se dispone con rumbo NO de expresión regional, coincidente con el trazado de los valles profundos del río Los Manantiales, hacia el Norte, y el arroyo de las Burras, hacia el Sur (Fig. 1). Resulta evidente que estos rasgos morfotectónicos, al igual que muchos otros subparalelos que exhibe la Cordillera Frontal responden a un fuerte control estructural determinado por la tectónica Andina.

Estos fallamientos se extienden en forma rectilínea según el rumbo mencionado, sin embargo, es posible reconocer otros de magnitud subordinada que pueden considerarse mecánicamente conjugados. En la zona del portezuelo de las Burras se determinó la presencia de tres juegos principales de falla con magnitudes kilométricas y disposiciones diferentes que se pueden agrupar en los siguientes tipos:

1) *Fallamiento NO-NNO*: Se localiza de modo subparalelo siguiendo el trazo de las quebradas del río Manantiales (LRM) y el arroyo de las Burras (LAB) y los lineamientos Entrecordilleras (LEC) y arroyo La Puerta (LAP) y observa las mayores magnitudes (Fig. 2). Se han determinado brechamientos, jaboncillos de falla y espejos de falla afectando a las Formaciones Entrecordilleras y Arroyo de las Chinchas cuyos componentes de desplazamiento principal son de transcurrencia senestral.

2) *Fallamiento N-NNE*: Está caracterizado por estructuras con diseño rectilíneo y magnitudes más discretas que se manifiestan en proximidades del cerro Manrique y en la quebrada del arroyo Entrecordilleras. Una de estas estructuras, dispuesta con rumbo N 10° y subverti-

cal, afecta al sector occidental del Plutón Entrecordilleras (Fig. 1) y presenta componentes de desplazamiento de tipo inverso y transcurrente dextral.

3) *Fallamiento E-ENE*: Estas estructuras exhiben diseños ligeramente curvos y magnitudes muy subordinadas a las anteriores que controlan rasgos morfotectónicos asociados con cursos tributarios (Fig. 1). De esta manera, sobre la ladera de la margen derecha del arroyo Taponcitos, cerca de su confluencia con el arroyo de las Burras, se aprecian espejos de falla con superficies estriadas y una intensa silicificación y brechamiento de la roca que corresponde a la Formación El Palque. El rumbo medido oscila entre los 80° a 90° y su inclinación entre los 60° a 70° al norte y se lo considera de tipo inverso por la relación espacial existente entre la Formación El Palque con el Miembro Manrique y con desplazamiento de rumbo dextral. Por lo tanto, se lo puede considerar como juegos antitéticos de tipo AntiRiedel (R').

A pesar que en algunos sitios la cubierta de aluvio y coluvio en las quebradas impide determinar los planos de falla, la cinemática se comprueba también a partir de la no coincidencia geológica de los afloramientos en varios sitios donde las formaciones y diques no tienen continuidad en las laderas opuestas de los valles. Además, es posible identificar estos lineamientos a partir de i) la disposición de los contactos observados entre la Formación Entrecordilleras y Formación Arroyo de las Chinchas con las áreas de alteración en la zona del Portezuelo de las Burras, ii) la disposición de los lineamientos principales observados en las imágenes satelitales, y iii) la vinculación genética con algunos de los fenómenos de remoción en masa existentes.

La zona dilatante Manrique-portezuelo de las Burras

El área de alteración hidrotermal definida entre el cerro Manrique y el portezuelo de las Burras se localiza en una zona de empalme limitado por los fallamientos NNO del río Manantiales (LRM) y Entrecordilleras (LEC) por el norte, y el arroyo de las Burras (LAB) y arroyo La Puerta (LAP), por el sur (Fig. 2).

Ambos trenes de estructuras mayores considerados en conjunto, determinan un corredor de un par de kilómetros de ancho que presenta un resalto de tipo izquierdo sobre el portezuelo de las Burras. Es posible determinar allí condiciones preferenciales dilatantes ya que la variación en la disposición del plano de falla principal se desarrolla subparalelamente al esfuerzo principal máximo σ_1 responsable de la componente transcurrente izquierda (véanse mayores detalles teóricos en Rossello 2001).

Del mismo modo, en todo el sector alterado localizado entre el portezuelo de las Burras y el cerro Manrique se reconocen fallamientos subordinados que se disponen con rumbo oeste- noroeste a sublatitudinal. Éstos expresan también extensión ya que se disponen con la di-

rección del esfuerzo principal máximo regional y es posible reconocerlos como juegos Riedel sintéticos R que limitan las fajas de alteración que allí se disponen (Fig. 2).

Estas áreas transpresivas debido a una variación geométrica del plano principal del fallamiento define ambientes extensivos dentro de los cuales se desarrollan variados tipos de estructuras subordinadas que pueden afectar a diferentes escalas las litologías adyacentes (Christie-Blick y Biddle 1985). No se descarta, que este ambiente dilatante haya podido controlar también el ascenso y disposición de los cuerpos magmáticos más recientes (Figs 3e, f y g) ya que su presencia coincide con estos sectores (Fig. 1).

La zona dilatante del río Manantiales

Es común que los afloramientos de las volcánicas aflorantes a lo largo la quebrada del río Manantiales exhiban áreas con un intenso fracturamiento puesto de manifiesto por un apretado diaclasamiento. Donde el este alcanza su mayor densidad, el resultado es una verdadera brecha tectónica con microlitones de hasta 10 cm de diámetro que otorgan estructuras tipo *stockwork*.

Sobre el tramo medio del río Manantiales se destaca una zona de alteración que muestra en planta una conspicua geometría ligeramente semiromboidal. Está limitada por tramos de fallas subverticales con rumbos que varían entre azimuth 130°-140° y tramos sublatitudinales subordinados. Los indicadores cinemáticos observados a lo largo de la estructura principal (Fig. 3i) permiten considerarla como de carácter transcurrente senestral. Esta cinemática resulta coherente con el desarrollo de resaltos izquierdos subordinados de naturaleza extensiva determinantes de un sector distensivo equivalente a un *pull-apart* que pudieron haber sido aprovechados preferencialmente por los fluidos mineralizantes (Fig. 2).

Discusiones y conclusiones

Los estudios y relevamientos realizados en la comarca del portezuelo de las Burras, permiten establecer las siguientes discusiones y conclusiones que contribuyen a su conocimiento litoestratigráfico, estructural y geoeconómico.

Resulta interesante el hallazgo de una serie de cuerpos dacíticos subvolcánicos definidos preliminarmente como pertenecientes al Plutón Entrecordilleras, integrado así por dos facies petrográficas diferentes: facies monzodiorítica y facies dacítica. Asimismo fueron reconocidas manifestaciones volcánicas recientes, excepcionales en estas latitudes que se caracterizan por pertenecer al tramo amagmático de la Cordillera (Mahlburg Kay y Mpodozis 2002).

Ha sido redefinida la unidad Andesita Las Vizcachas

restringiéndola a su sección inferior netamente lávica, y se designa Formación Entrecordilleras a los términos superiores netamente piroclásticos de la Andesita Las Vizcachas junto a los niveles suprayacentes andesíticos antes atribuidos a la Formación Arroyo de las Chinchas, vinculados ambos a un vulcanismo plioceno-pleistoceno, más joven que la edad asignada a estas dos últimas formaciones.

No obstante, quedan aún sin definición clara algunas cuestiones estratigráficas. Persisten aún las dificultades en la definición temporal y correlación del vulcanismo terciario en el área, particularmente de la Andesita Las Vizcachas y los términos inferiores andesíticos de la Formación Arroyo de las Chinchas. Este trabajo no ha podido confirmar ni descartar la hipótesis de Cegarra *et al.* (1998) y Espina *et al.* (1998) respecto a un evento magmático andesítico de edad triásica media y superior perteneciente al Grupo Choiyoi, por lo que no se ha optado por no modificar la filiación original de las andesitas basales de la Formación Arroyo de las Chinchas. Por otra parte tampoco existen hasta el momento definiciones precisas respecto a la edad de los procesos de alteración y de las mineralizaciones observadas, aunque se estiman neógenas.

Desde el punto de vista estructural, los fallamientos principales se vinculan con el contexto tectónico transpresivo andino regional que afecta rasgos tectónicos preexistentes de la Cordillera Frontal. De este modo, se reconoce sobre estos lineamientos NNO, localizados a lo largo de los cursos principales, una deformación compresiva que exhibe componentes transcurrentes senestrales a los cuales se asocian otras estructuras subordinadas conjugadas.

La zona comprendida entre el portezuelo de las Burras y el cerro Manrique y la porción semi-romboidal del tramo medio del río Manantiales constituyen sectores anormalmente extensivos debidos a resaltos izquierdos de la superficie del fallamiento principal con componentes senestrales. Estas condiciones dilatantes pudieron haber focalizado la circulación y emplazamiento de fenómenos magmáticos relacionados con las soluciones hidrotermales mineralizantes, responsables de las anomalías cromáticas, mineralógicas y geoquímicas allí detectadas. Contrariamente, las flexuras derechas, como la presente en el arroyo Las Burras próxima a su confluencia con el arroyo Mal Paso (Fig. 1), no exhibe áreas con intensa alteración asociada, lo que permite confirmar una vinculación directa entre los sectores dilatantes y la localización de la alteración hidrotermal.

Cuando los sistemas transcurrentes temporo-espacialmente relacionados con magmatismos fértiles en mineralizaciones exhiben sectores que evolucionan hacia una expansión determinan ambientes ideales para controlar un sistema metalogenético potencialmente económico. Este escenario es mucho más importante en depósitos de tipo epitermal y freatomagmático ya que otorga las mejores condiciones estructurales para la cir-

culación y precipitación de minerales y sus procesos de alteración hidrotermal relacionados.

La distribución de este conspicuo sistema de fallas en el área próxima al portezuelo de las Burras permite definir un modelo de control estructural asociado a unidades volcánicas que puede utilizarse como una valiosa herramienta prospectiva de la implantación de áreas de alteración con interés minero. A través del procesamiento digital y posterior análisis de las imágenes de sensores remotos se logra la clara visualización tanto de los elementos estructurales como de las áreas con intensa alteración hidrotermal. Esto, conjuntamente con el consiguiente control y relevamiento en campo, permite una interpretación geológica más ajustada de la comarca y su relación con otras áreas vecinas de la Cordillera Frontal semejantes en su constitución geológica y tectónica. Por tanto las anomalías minerales de las cercanías del cerro Manrique resultan *a priori* interesantes económicamente por ellas mismas y por las oportunidades de hallazgos de otros objetivos semejantes en comarcas aledañas de la Cordillera Frontal. No obstante, las dificultades de acceso a las áreas de interés, el escaso conocimiento geoquímico y geológico regional y la lejanía de infraestructuras básicas indispensables para la actividad continúan aún penalizando este promisorio potencial minero.

Agradecimientos

Se agradece especialmente al Depto. de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires y a la Empresa Minera Argentina Gold S.A., en particular al Dr. J.P. Jones, por el apoyo logístico brindado.

Asimismo, la CNEA, a través del Lic. Luis López (Jefe de la Unidad de Actividad de Geología) y el colega Oscar Comito, facilitó el acceso a los equipos y programas informáticos para el procesamiento de la información de base. El Lic. J. Mendía y la Lic. G. Marín (IGRM, SEGEMAR) cedieron la imagen digitalizada Landsat referida al área tratada. La Dra. S. Poma colaboró con los estudios petrográficos. A los árbitros por sus acertadas y valiosas sugerencias. A todos ellos se desea dejar constancia de nuestro agradecimiento por su inestimable colaboración.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Azcuy, C.L. and Caminos, R., 1986. Diastrofismo. In: S. Arcángelsky, ed., *The Carboniferous System in the Argentine Republic: Subcommittee on Carboniferous Stratigraphy* (Córdoba), 225-237.
- Bastías, H.E., 1991. Complejo volcánico Olivares: un gran evento magmático mio-plioceno en los Andes a 30° de latitud Sur. 6° Congreso Geológico Chileno. Actas 1, 520-524.
- Caballé, M.F., 1986. Estudio geológico del sector oriental de la Cordillera Frontal, entre los ríos Manrique y Calingasta (Provincia de San Juan). Tesis Doctoral de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de La Plata, 205 p (Inédita).

- Cahill, T. e Isacks, B.L., 1992. Seismicity and shape of the subducted Nazca Plate. *Journal of Geophysical research*, 97, N°B12: 17,503-17,529.
- Caminos, R., 1979. Cordillera Frontal. En: J.C.M. Turner (Ed.): 2 Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 1: 397-453.
- Cas, R.A.F. y Wright, J.V., 1987. Volcanic successions, modern and ancient, a geologic approach to processes, products and successions. Allen & Unwin (Publishers) Ltd. (London), 528 p.
- Cegarra, M.I., Ragona D., Garcia Espina R., Gonzalez P.D., Lo Forte G.L. y Sato A.M., 1998. Estratigrafía de la región de Castaño Nuevo, Cordillera Frontal de San Juan. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica. Actas 1: 85-90.
- Christie-Blick, N. y Biddle K.T., 1985. Deformation and basin formation along strike-slip faults. En Biddle, K.T. and N. Christie-Blick (eds): Strike-slip deformation, Basin formation and sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (Tulsa), Special Publication 37: 1-34.
- Donnari, E.I., Peralta E.H., Segal S.J., Zanettini J.C., Maksaev V. y Mpodozis C., 1994. Mapa metalogénico de la frontera Argentino-Chilena, entre los 22° y los 34° de latitud Sur. Secretaría de Minería de la Nación. Anales 21.
- Espina, R.G., Cegarra, M.I., Ragona, D., González, P.D., Lo Forte, G.L., Escuer, J. y Arias, D., 1998. Descripción Geológica de la Hoja "Paraje Castaño Nuevo", Provincia de San Juan. Escala 1:100.000. Secretaría de Minería de la Nación, 85 p (Inédita).
- Fisher, R.V. y Smith G.A., 1991. Sedimentation in volcanic settings. SEPM (Society for sedimentary geology) Special Publication 45 (Tulsa), 257 p.
- García Ferrari, P., 1995. Caracterización geológica y geoquímica de las cabeceras del río Los Manantiales, Calingasta, Provincia de San Juan, Argentina. Trabajo final de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 112 p (Inédito).
- Heredia N., Rodríguez Fernández L.R., Gallastegui G., Busquets P. y Colombo F., 2002. Geological setting of the Argentine Frontal Cordillera in the flat-slab segment (30° 00' - 31° 30' S latitude). *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 79-99.
- Jones, J.P., Martínez R.D. y Rossello E.A., 1996. La faja volcánica terciaria del valle del Cura (San Juan, Argentina): sus alcances y potencial para localizar World Class Deposits. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Hidrocarburos (Buenos Aires). Actas: 3, 55-71.
- Jordan, T.E. y Allmendinger R.W., 1986. The Sierras Pampeanas of Argentina: a modern analogue of Rocky Mountain foreland deformation. *American Journal of Sciences*, 286: 737-764.
- Jordan, T.E., Allmendinger R.W., Damanti J.F. y Drake R.E., 1993. Chronology of motion in a complete thrust belt: the Precordillera, Andes Mountains (30°- 31° S). *Journal of Geology*, 101: 137-158.
- Karkanis, C., 1999. Geología del área del Portezuelo de las Burras, Cordillera Frontal, Calingasta, Provincia de San Juan, Argentina. Trabajo Final de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 62 p (Inédito).
- Linares, E. y Gonzalez R.R., 1990. Catálogo de edades radiométricas de la República Argentina 1957-1987. Asociación Geológica Argentina (Buenos Aires). Serie B Didáctica y Complementaria N° 19, 628 p.
- Llambías, E.J. y Sato A.M., 1990. El Batolito de Colangüil (29° a 31° Sur), Cordillera Frontal, Argentina, Estructura y Marco Tectónico. *Revista Geológica de Chile*, 17 (1): 89-108. Santiago.
- Llambías, E.J., Sato A.M. y Castro C.E., 1990a. Relaciones entre el Grupo Choiyoi y el Batolito de Colangüil. 11° Congreso Geológico Argentino (San Juan), Actas 1: 79-82.
- Llambías, E.J., Shaw S. y Sato A.M., 1990b. Lower Miocene plutons in the Eastern Cordillera Frontal of San Juan (29.75° S, 69.30° O). 11° Congreso Geológico Argentino (San Juan), Actas 1: 83-86.
- Maksaev, V., Moscoso R., Mpodozis C. y Nasi C., 1984. Las unidades volcánicas y plutónicas del Cenozoico superior en la Alta Cordillera del Norte Chico (29°-31° Sur): Geología, Alteración Hidrotermal y Mineralización. *Revista Geológica de Chile*, 21: 11-51. Santiago.
- Mahlburg Kay, S. y Mpodozis C., 2002. Magmatism as a probe to the Neogene shallowing of the Nazca plate beneath the modern Chilean flat-slab. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 39-57.
- Ottone, E.G. y Rossello E.A., 1996. Palinomorfos Pérmicos de la Formación La Puerta, Cordillera Frontal, Argentina. *Ameghiniana* 33 (4): 453-455. Buenos Aires.
- Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits, principles and fundamental concepts for the exploration geologist. (Ed) Springer-Verlag, 709 p.
- Ramos, V.A., Cristallini E. y Pérez D., 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 59-78.
- Rodríguez Fernández, L.R., Heredia N., Marín G., Quesada C., Robador A., Ragona D. y Cardó R., 1996. Tectonoestratigrafía y estructura de los Andes Argentinos entre los 30° 30' y 31° 00' de Latitud S. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Buenos Aires), Actas 2: 111-124.
- Rossello, E.A., 2001. Sistemas tectónicos transcurrentes: una síntesis de sus condiciones mecánicas y aplicaciones geoeconómicas. En: Cortes, J.M., E.A. Rossello & L. Dalla Salda (eds). Avances en Microtectónica. Asociación Geológica Argentina (Buenos Aires, Argentina), Serie D, Publicación Especial 5: 19-43.
- Sato, M.A. y Llambías, E.J., 1993. El grupo Choiyoi, provincia de San Juan: equivalente efusivo del Batolito de Colangüil. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4: 156-165.
- Snyder, D.B., Ramos, V.A. y Allmendinger, R.W., 1990. Thickskinned deformation observed on deep seismic reflection profiles in western Argentina. *Tectonics*, 9 (4): 773-788.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F.O.L. y Martínez, C.G., 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. Asociación Geológica Argentina, *Revista*, 23 (2): 67-98. Buenos Aires.
- Urreiztieta, M. de, Gapais, D., Le Corre C., Cobbold P.R. y Rossello E.A., 1996. Cenozoic dextral transpression and basin development at the southern edge of the Altiplano-Puna, northwestern Argentina. *Tectonophysics* 254: 17-39.
- Vilas, J.F. y Valencio, D.A., 1982. Implicancias geodinámicas de los resultados paleomagnéticos de formaciones asignados al Paleozoico tardío-Mesozoico temprano, del centro Oeste Argentino. 5° Congreso Latinoamericano de Geología (Buenos Aires), Actas 3: 743-758.

Recibido: 21 de mayo, 2002

Aceptado: 13 de agosto, 2003