Revista de la Asociación Geológica Argentina, 55 (1-2): 3-14 (2000)

Génesis de los niveles arcillosos de sierra de la Tinta, Tandilia

María Cristina FRISICALE[1,2] y Jorge A. DRISTAS[1,3]

[1]*Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca*
[2]*CONICET*
[3]*C.I.C.*
E-mail: cfrisica@criba.edu.ar
jdristas@criba.edur.ar

ABSTRACT. *Genesis of the clay deposits of Sierra de La Tinta, Tandilia.* Clays interbedded with sandstones from a sedimentary sequence in the Sierra de La Tinta area, Tandilia, Buenos Aires province were studied using. X-ray diffraction, chemical and petrographical techniques. Four vertical alteration zones in the thickest clay bed of Cantera 1, were identified on the basis of their mineral assemblages: "pyrophillitic zone", "kaolinitic zone", "kaolinitic-pyrophillitic zone" and "zeolitic zone". Also, a horizontal zonation of clay minerals was recognized with a nucleus of greatest alteration (pyrophillite and kaolinite) in Cantera 1, and grading outward through lower temperature paragenesis including sericite, kaolinite, smectite, feldespar, zeolite and baryte. The clays of this area originated by hydrothermal alteration of pyroclastic rocks interbedded with the sandstones. The primary textures of the pyroclastic rocks, are preserved in some detail, especially in the less altered zones. The original pyroclastic fragments are replaced by pyrophillite, kaolinite, sericite and rutile.

Key words: *Clay deposits, Tandilia, Province of Buenos Aires, Argentina*
Palabras clave: *Arcillas, Tandilia, Provincia de Buenos Aires, Argentina*

Introducción

La sierra de la Tinta forma parte de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires y se encuentra ubicada 11 km al oeste de la localidad de Barker. Está constituida por una serie de lomadas de poca altitud, con una disposición noreste-sudoeste. En estas lomadas existen varias canteras y excavaciones menores abandonadas, donde es posible observar y muestrear las unidades litológicas presentes. La cantera de mayores dimensiones estuvo sujeta a una intensa explotación económica.

En cuanto a la estratigrafía de Tandilia existen una serie de controversias, que se pueden resumir en dos hipótesis principales; aquellos que sostienen la existencia de una sola unidad sedimentaria denominada Formación La Tinta que se apoya sobre el basamento cristalino, denominado Complejo Buenos Aires; y quienes proponen la existencia de 4 o 5 secuencias sedimentarias pertenecientes a diferentes eventos sedimentarios. Una reseña esquemática sobre la bibliografía de la secuencia sedimentaria de Tandilia es posible encontrarla en Iñiguez *et al.* (1989).

Leveratto y Marchese (1983) mantienen para Tandilia la existencia de una secuencia estratigráfica única denominada Formación La Tinta; en la localidad de sierra de la Tinta reconocen que sobre el basamento Complejo Buenos Aires se deposita la sección basal de la Formación La Tinta. Zalba *et al.* (1988) e Iñiguez *et al.* (1989) proponen para un área cercana a la sierra de la Tinta, una secuencia estratigráfica integrada por un basamento Precámbrico conformado por el Complejo Buenos Aires sobre el que se deposita el Grupo Sierras Bayas, perteneciente al Precámbrico Superior, integrado por las Formaciones Villa Mónica y Cerro Largo; a continuación se ubica la Formación Las Aguilas, también asignada al Precámbrico Superior y por último la Formación Balcarce, perteneciente al Ordovícico. No es el objetivo de este trabajo tomar parte de esta controversia, sino ubicar estratigraficamente los niveles arcillos sujetos a estudio en la sierra de la Tinta. Estos niveles arcillosos estarían ubicados en la sección basal de la Formación La Tinta si se tiene en cuenta una única unidad sedimentaria (Leveratto y Marchese1983) y según el esquema estratigráfico propuesto por Zalba *et al.* 1988 correspondería a la Litofacies 2 de la Formación Las Aguilas.

En lo que se refiere a la génesis de algunos minerales arcillosos intercalados en la secuencia sedimentaria de Tandilia existen al menos dos posiciones diferentes. Iñiguez y Zalba (1974), Zalba (1979a y b, 1988a y b) en sus estudios sobre las arcillas de la zona de Barker,

0004-4822/00 $00.00 + $00.50 © 2000 *Asociación Geológica Argentina*

Material protegido por derechos de autor

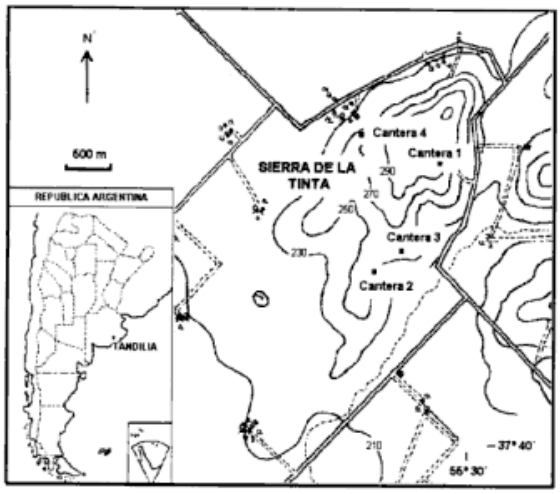


Figura 1: Mapa de ubicación de las canteras estudiadas.

consideran que las paragénesis de minerales arcillosos como caolinita, pirofilita, sericita, dickita y minerales accesorios como diásporo, alunita, son el resultado de procesos detríticos, diagenéticos y evaporíticos. Por otro lado, Marchese y Di Paola (1975) describen en la sierra de la Tinta, una secuencia integrada por cuarcitas, arcilitas, y en la base domos pelíticos alineados y silicificados, los cuales se habrían originado por movimientos tectónicos que provocaron fallamiento y deslizamiento de bloques de sierra, acompañados por movilización de líquidos hidrotermales; según estos autores, tanto la illita presente en el miembro pelítico como la pirofilita asociada a sílice en los "domos" habrían sido originadas por actividad hidrotermal. Dristas y Frisicale (1987, 1991, 1992, 1996), Frisicale (1991) y Frisicale y Dristas (1996) explican las paragénesis arcillosas estudiadas en diferentes localidades cercanas a Barker, como el resultado de la alteración hidrotermal de rocas piroclásticas intercaladas en la secuencia sedimentaria de Tandilia.

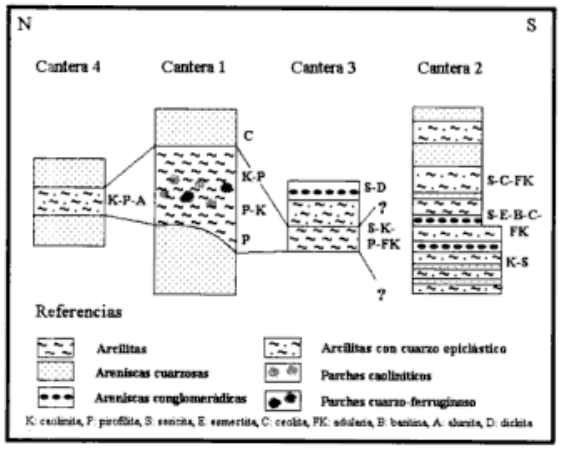


Figura 2: Corte N-S que muestra los perfiles esquemáticos de las cuatro canteras estudiadas.

El propósito de esta contribución es determinar las condiciones de formación de los yacimientos de arcilla de la sierra de La Tinta, como así también establecer las relaciones geológicas que existen con los niveles arcillosos presentes en localidades vecinas las cuales han sido objeto de estudios detallados en trabajos previos. Para ello, se estudiaron cuatro perfiles pertenecientes a otras tantas canteras que se encuentran en las laderas de la sierra de la Tinta, (Fig. 1). En el sector sur de la sierra, la secuencia sedimentaria se encuentra buzando en dirección sudoeste, y está cubierta por relleno moderno. El basamento cristalino no fue observado en ninguna de las canteras visitadas.

En la Fig. 2 se muestran los perfiles esquemáticos de las 4 canteras estudiadas. Se comparan regionalmente los niveles litológicos presentes en cada una de ellas, teniendo en cuenta su mineralogía y texturas características.

La cantera de mayores dimensiones está ubicada en el flanco este de la sierra y ha sido identificada como Cantera 1; se reconoció la siguiente secuencia: areniscas cuarzosas inmaduras en la base, seguido por un nivel arcilloso de base irregular, con un espesor máximo de 3 m, y areniscas cuarzosas maduras en la parte superior del perfil.

Sobre el mismo flanco de la sierra, 2 km al sur de la cantera 1, está ubicada la cantera 2, caracterizada por una alternancia de niveles arcillosos impuros y areniscas cuarzosas, seguida por areniscas conglomerádicas, y en la parte superior del perfil un nivel arcilloso con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de 1,30 m de espesor aproximado.

La cantera 3 es un destape de reducidas dimensiones ubicado a 500 m en dirección NE de las canteras anteriores, tiene escaso desarrollo y está constituido por un nivel arcilloso en la parte inferior seguido por areniscas conglomerádicas.

La cantera 4 está ubicada a 1,5 km al oeste de la cantera principal, sobre una falla de dirección NO-SE que atraviesa la sierra de la Tinta. En este perfil se reconoce un nivel arcilloso de escaso espesor, intercalado entre areniscas cuarzosas.

Metodología

La ubicación de los yacimientos se realizó teniendo como base las fotografías aéreas y los mapas topográficos disponibles. Se efectuaron muestreos sistemáticos de las canteras visitadas, tratando de reconocer las unidades litoestratigráficas presentes en cada perfil. Se confeccionaron cortes delgados de las rocas que in-

Material protegido por derechos de autor

tegran cada uno de los perfiles, con la finalidad de caracterizarlas petrográficamente.

Los minerales arcillosos se estudiaron mediante difractometría de rayos X sobre muestras no orientadas, para identificar las distintas especies minerales arcillosas presentes; para confirmar la presencia de esmectita se realizaron difractogramas sobre muestras naturales sin orientación y posteriormente tratadas con etilen glycol; el espaciado basal (001) de este mineral está ubicado en 15 Å y al ser tratado con etilen glycol se expande a 17 Å. Todos los diagramas de rayos X se realizaron para valores de 2θ entre 2° y 65°.

Se efectuaron análisis químicos de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas de los diferentes niveles identificados en la cantera 1, y de los niveles arcillosos de las canteras 2 y 3. Estos análisis fueron realizados mediante técnicas de fusión-ICP y digestión-ICP por Actlabs, Canadá, con la finalidad de caracterizar geoquímicamente y evaluar la evolución del material arcilloso. Los elementos mayores, Ba, Sr, Y y Zr fueron analizados por fusión ICP-AES; Cu, Pb, Zn, Ag, Ni y V usando ICP-AES por digestión total de las muestras, mientras que Co, Cr, Hf, Sc, Th, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb y Lu fueron analizados por INAA.

Se realizaron análisis con microsonda electrónica y EDAX para la identificación de adularia y baritina.

Resultados obtenidos

Petrografía

Cantera 4. En la base de este pequeño destape se desarrolla un nivel arcilloso de 30 cm de espesor, formado principalmente por caolinita, sericita y esmectita con escasa proporción de cuarzo epiclástico.

En la parte superior de la secuencia expuesta en esta cantera, existe una arenisca cuarzosa con escasa matriz arcillosa de caolinita y escasa proporción de sericita y pirofilita; los bordes de los granos de cuarzo están reemplazados generalmente por caolinita, y en algunos casos por sericita y/o pirofilita. Se observan agregados de cuarzo microcristalino asociados a cristales de caolinita que reemplazan los bordes del cuarzo. Entre los granos de cuarzo se detectaron finos cristales seudocúbicos de alunita, y agregados de cristales de un mineral prismático, de alto relieve, que corresponderían a baritina.

Cantera 1. En el sector sur de esta cantera existe un pilar rocoso donde se conserva una porción limitada de la sucesión estratigráfica de la zona. El perfil está constituido por areniscas cuarzosas en la base, que en algunos sectores adquieren forma de domos silicificados (Marchese y Di Paola 1975).

Sobre esta base irregular se observa un nivel arcilloso de color blanquecino y espesor variable entre 2 y 4 metros, constituido por pirofilita laminar, caolinita y pequeños cristales de rutilo. En la parte inferior y superior de este nivel, es posible reconocer relictos de la textura original de la roca, que corresponderían a fragmentos de pumicitas actualmente reemplazados por caolinita, similares a los que fueron ampliamente descriptos y documentados por Dristas y Frisicale (1987, 1991, 1992) y Frisicale (1991), para otras localidades de Tandilia (Figs. 3a-d). De acuerdo con las texturas relícticas observadas, la roca original de estos niveles arcillosos serían tobas y areniscas tobáceas, las cuales podrían ser consideradas como equivalentes distales de los lapillis observados en la zona de cerro del Corral, sierra de la Tigra y cerro Nuevo (Dristas y Frisicale 1987). Estas rocas habrían sido retrabajadas y en la mayoría de los casos están mezclados con cuarzo epiclástico.

En el sector central del nivel arcilloso existen parches (*patches*) o agregados de caolinita prácticamente pura y parches cuarzo-ferruginosos en una matriz de caolinita y pirofilita, similares a los descriptos por Allen (en Cas y Wright 1988), para sucesiones volcánicas antiguas alteradas hidrotermalmente.

En esta matriz de caolinita y pirofilita se observan venillas muy pequeñas (50 μm) discordantes con respecto a la estratificación, formadas por cristales de caolinita con una disposición perpendicular a los bordes de la venilla (Fig. 4). En el contacto con las areniscas suprayacentes el material arcilloso está compuesto por caolinita, pirofilita y rutilo.

Las areniscas cuarzosas superiores están formadas por granos de cuarzo parcialmente reemplazados en sus bordes por caolinita. Dristas y Frisicale (1988), describen cristales de ceolita y de baritina que se encuentran rellenando oquedades y cubriendo tanto cristales de cuarzo como de caolinita. Esta ceolita corresponde a una heulandita portadora de Ba, con alta relación Si/Al según la clasificación de Alietti (1972).

Cantera 3. La base del perfil está constituida por un nivel arcilloso compuesto por sericita, caolinita, pirofilita, y esmectita. Dentro de esta matriz arcillosa es posible observar algunos relictos de pumicita reemplazados por material arcilloso, que conservan sus formas originales. Hacia arriba aumenta la proporción de pirofilita y disminuye notablemente la sericita, manteniéndose constante la caolinita; se observan granos de cuarzo epiclástico, cuyos bordes están parcialmente reemplazados por los minerales arcillosos.

La parte superior de la secuencia aflorante está constituida por una arenisca conglomerádica, compuesta por cuarzo epiclástico, agregados de cuarzo secundario microcristalino y escasa matriz sericítica. Los granos de cuarzo epiclásticos tienen sus bordes reemplazados por dickita. Los agregados de cuarzo microcristalino están atravesados por finas venillas de dickita (Fig. 5), determinada por difratometría de rayos X.

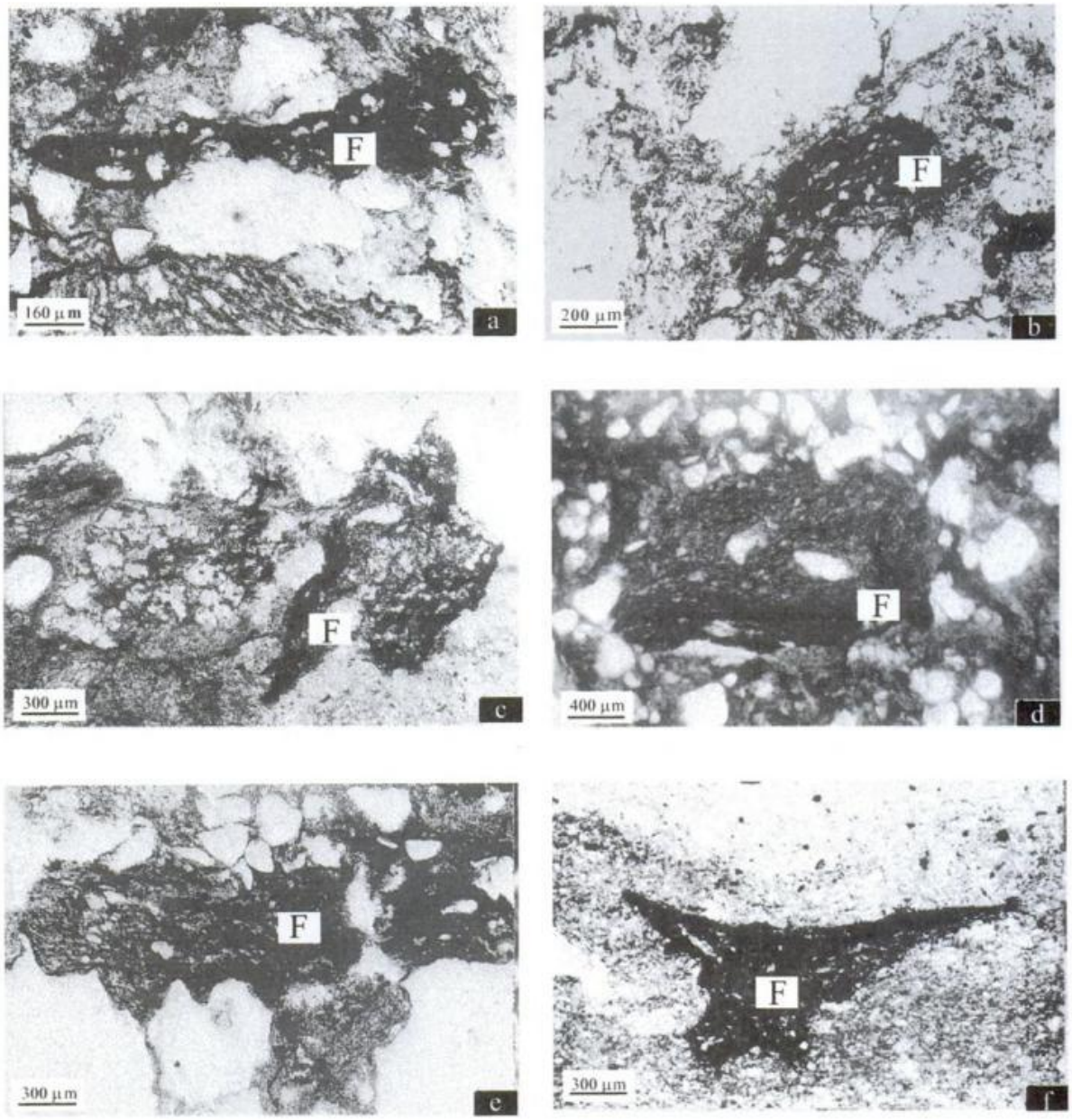
Cantera 2. La parte inferior del perfil está constituído por una secuencia alternante de niveles arcillosos y

Material protegido por derechos de autor

de areniscas cuarzosas, en los que se conservan escasos fragmentos reemplazados de pumicitas; el material arcilloso está formado por caolinita y menor proporción por sericita, con escaso cuarzo.

Sobre esta secuencia yace un nivel de areniscas conglomerádicas de base irregular compuesto por sábulos subangulosos a subredondeados de cuarzo, unidos por una matriz de cuarzo de grano más fino y material arcilloso. Los clastos mayores de cuarzo están parcialmente reemplazados por caolinita y sericita. Sobre las areniscas conglomerádicas existe un nivel arcilloso de escaso espesor, compuesto por sericita, caolinita y cuarzo epiclástico.

Hacia arriba continúa una arenisca conglomerádica



Figuras 3a-f: Microfotografías: detalles de fragmentos piroclásticos (F), reemplazados por material arcilloso y marcados por la presencia de rutilo, presentes en la sección basal y superior del nivel arcilloso en la Cantera 1. Nicoles cruzados.

Material protegido por derechos de autor

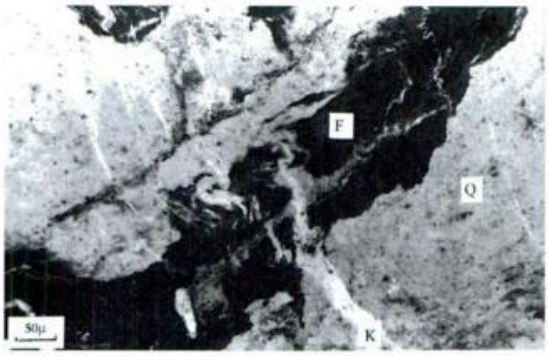


Figura 4: Microfotografía de seudomorfos de fragmentos piroclásticos (F) atravesados por venillas discordantes de caolinita (K). Q: cuarzo. Nivel arcilloso Cantera 1. Nicoles cruzados.

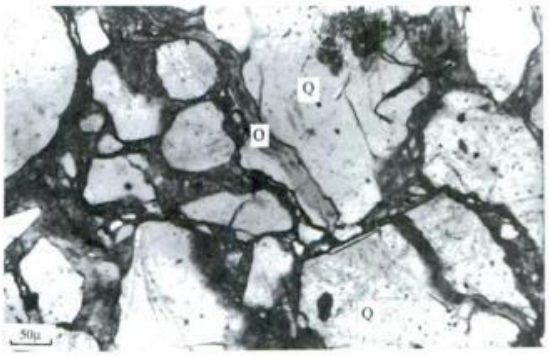


Figura 6: Microfotografía donde se muestra una arenisca conglomerádica cuyos granos de cuarzo (Q) y matriz arcillosa se encuentran atravesados por venillas de esmectita (S) y de ópalo (O), en areniscas conglomerádicas de la Cantera 2. Sin nicol analizador.

poco seleccionada, compuesta por granos de cuarzo subangulosos inmersos en una matriz de sericita, cuarzo y abundante esmectita. Los bordes de los granos de cuarzo están reemplazados por la matriz arcillosa con textura de caries. Se observan venillas de esmectita y otras de ópalo (25 µm de espesor) que atraviesan los granos de cuarzo epiclásticos (Fig. 6); en algunos casos se determinó la presencia de cristobalita en el interior de las venillas de esmectita. Existen pequeñas cavidades tapizadas por ópalo o por cuarzo idiomórfico; a veces recubriendo al ópalo se observa cristobalita en forma bandeada y radiada, con su típica apariencia craquelada, relieve muy bajo, con índices de refracción menor que el bálsamo y birrefringencia muy baja, con elongación positiva. En otros casos se identificó un mineral radiado de elongación positiva, relieve bajo e índices similares al bálsamo que correspondería a calcedonia. Tapizando pequeñas cavidades de la roca, se

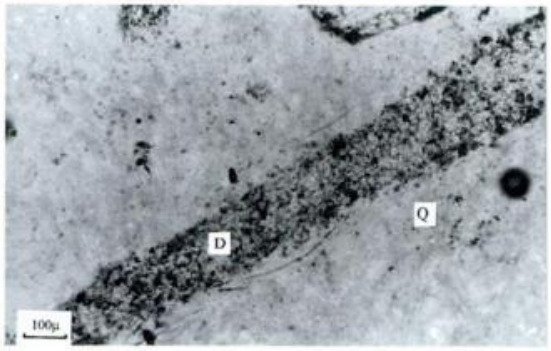


Figura 5: Microfotografía de una venilla de dickita (D) que corta un agregado de cuarzo microcristalino (Q), en arenisca conglomerádica de Cantera 3. Sin nicol analizador.

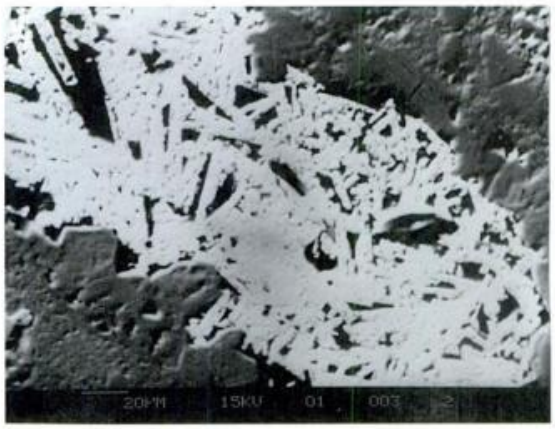


Figura 7: Fotografía de microscopía electrónica de un agregado de anatasa-rutilo que reemplaza seudomórficamente una titanomagnetita original, presente en niveles arcillosos superiores de la Cantera 2.

Material protegido por derechos de autor

determinaron cristales tabulares de feldespato potásico, de 20 µm de largo promedio, con maclas polisintéticas según ley de Albita; también se presentan como cristales subhedrales, con macla tipo Albita-Periclino, parcialmente reemplazados por ópalo y cristobalita. Estos cristales tienen un largo máximo de 40 µm, y fueron identificados en base a sus propiedades ópticas y químicas como adularia. Dentro de la matriz arcillosa y rellenando pequeñas cavidades se identificaron cristales de heulandita similares a los descriptos por Dristas y Frisicale (1988) en las cuarcitas de la cantera 1, generalmente se encuentra asociada a esmectita. Algunas de estas cavidades presentan en su interior, agregados de cristales prismáticos, de elongación positiva, determinados por EDAX como baritina. Se reconoció ópticamente la presencia de calcita asociada a cristobalita.

Sobre esta arenisca conglomerádica yace una secuencia alternante de niveles arcillosos con contenidos de cuarzo y de areniscas cuarzosas. Las areniscas están constituidas por granos de cuarzo inmersos en una matriz sericítica; los bordes de los granos de cuarzo están parcialmente reemplazados por sericita. Se observan cavidades rellenas de ópalo, cristobalita y/o calcedonia, cristales idiomórficos de cuarzo y agregados de óxidos de titanio (anatasa y/o rutilo) seudomórficos de minerales opacos, similares a los determinados por Dristas y Frisicale (1987) como titanomagnetita con desmezcla de ilmenita (Fig. 7).

Sobre este nivel de areniscas cuarzosas yace una arenisca de grano fino, formada por cuarzos angulosos a subangulosos y cristales de feldespato asociados a ópalo y caolinita.

La sección superior del perfil está constituida por una arenisca donde los bordes de los clastos de cuarzo se encuentran corroidos por el material arcilloso: sericita y caolinita.

Mineralogía y zonación de alteración

La caolinita que predomina es del tipo débilmente desordenadas en el concepto de Brindley y Brown (1980). La dickita de sierra de la Tinta corresponde a una dickita estructuralmente bien ordenada, según Brindley y Porter (1978), mostrando la totalidad de las reflexiones esperadas para dickita. Se confirmó la presencia de esmectita mediante los difractogramas realizados con etilen-glycol.

Se realizaron 8 análisis químicos con microsonda electrónica sobre un mineral que en base a sus características ópticas fue determinado como feldespato; los resultados obtenidos fueron volcados en la Tabla 1. De estos análisis se deduce que se trata de un feldespato potásico practicamente puro, con escasa proporción de Na y una moderada proporción de Ba. Nissen y Rybach (1971) reportan, en Suiza, la presencia de adularias con un porcentaje de BaO de hasta 1,7 % en peso. En la Fig. 8 se vuelcan los resultados de los distintos cristales de adularia analizados; en todos los casos se trata de términos muy ricos en ortosa con un máximo de 6,29 de proporción atómica de albita, y 2,54 de hialofana (análisis 3).

Los estudios mineralógicos y petrográficos permitieron establecer una zonación de alteración vertical para la cantera 1 integrada por las siguientes zonas, desde abajo hacia arriba: pirofilítica, caolinítica, caolinítica - pirofilítica y la zona ceolítica en la arenisca cuarzosa superior.

La zona pirofilítica ubicada en la parte inferior del nivel arcilloso, está formada por abundante pirofilita y menor proporción de caolinita. A pesar de la intensa alteración hidrotermal se conservan algunos relictos de pumicita, reemplazados por arcillas y un agregado fino de rutilo que remarcan las formas primigenias y muestran la vesicularidad del material pumicítico original.

En la zona caolinítica ubicada en la parte central del nivel arcilloso, la sílice ha sido mayormente lixiviada por la circulación de soluciones, lo que permite la cristalización de parches (*patches*) o agregados de caolinita pura, que destruyen las texturas relícticas de la pumicita. Existen venillas de caolinita y por difractometría de rayos X se detectó la presencia de alunita.

La zona caolinítica-pirofilítica se encuentra en la

Tabla 1: Elementos mayoritarios (% en peso) del feldespato potásico presente en cantera 2.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
SiO_2	65.188	64.901	65.478	65.551	65.470	65.078	65.273	65.357
Al_2O_3	18.363	18.479	18.556	18.677	18.129	18.257	18.518	18.567
Na_2O	0.469	0.404	0.710	0.679	0.00	0.577	0.567	0.568
K_2O	15.978	16.149	15.573	15.822	16.476	15.926	15.653	16.073
BaO	0.00	0.00	0.705	0.00	0.00	0.618	0.588	0.00
Total	99.998	99.933	101.022	100.730	100.075	100.355	100.600	100.564
Or	95.71	96.47	91.17	93.90	100.00	92.71	92.80	94.88
Ab	4.29	3.53	6.29	6.10	-	5.10	5.08	5.12
Hy	-	-	2.54	-	-	2.19	2.12	-

Material protegido por derechos de autor

parte superior del manto arcilloso; en ella predomina la caolinita, existe un aumento relativo en la proporción de pirofilita respecto de la zona central. Tanto en el nivel arcilloso como en las areniscas cuarzosas es constante la presencia de rutilo, que deriva del material piroclástico original. En las areniscas cuarzosas que se encuentran en la parte superior de la secuencia, es posible observar la presencia de relictos de material pumicítico reemplazados seudomórficamente por arcillas. La presencia de heulandita permite definir una zona ceolítica.

Si se compara la mineralogía de las arcillas entre canteras cercanas surge claramente que existe también una zonación mineralógica lateral, siendo el núcleo de mayor alteración la Cantera 1, y a medida que nos alejamos de la misma, la mineralogía varía hacia paragénesis de menor temperatura, y cambian las proporciones relativas de los minerales (Fig. 2).

Composición Química

En la Tabla 2 se muestran los resultados de 4 análisis químicos efectuados sobre las rocas pertenecientes a un perfil de la cantera 1, una muestra de la cantera 2 y una muestra de la cantera 3. Las muestras analizadas corresponden a los niveles arcillosos del perfil, no se incluyeron en el análisis las cuarcitas superiores, donde se encuentra alojada la ceolita, ni las inferiores.

Con los datos de los elementos mayoritarios se determinó la transferencia de masa entre la roca considerada fuente del evento piroclástico por Dristas y Frisicale (1987, 1996) y las rocas piroclásticas alteradas hidrotermalmente de la sierra de La Tinta. Se utilizó el método de Barth (1948). Según los resultados obtenidos en el balance de cargas, se puede decir que en el perfil existe una pérdida importante de iones Si, Fe^{3+} $_{tot}$, Mg, Ca y Na, mientras que el K sufre una ligera pérdida; existe un marcado aumento de iones Al e H, y el Ti tiene poca variación. En el caso de las canteras 2 y 3 existe una pequeña variación, ya que el balance de cargas señala una ganancia relativa de K. Esto es consecuente con las observaciones microscópicas y difractométricas que indican la presencia de sericita entre los minerales arcillosos de estas canteras. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Dristas y Frisicale (1996), para las rocas piroclásticas intercaladas en la cubierta sedimentaria de Tandilia, sujetas a una intensa alteración hidrotermal. Las rocas de la zona pirofilítica, deben su alto contenido en sílice al predominio de pirofilita sobre caolinita, mientras que en la zona caolinítica existe un consecuente aumento de alúmina y de agua, revelando una mayor circulación de fluidos y por ende una mayor lixiviación.

La Fig. 9 muestra un diagrama triangular discriminatorio que relaciona los contenidos de Zr, V y Cr, propuesto por Dristas y Frisicale (1996). Estos autores utilizan este diagrama considerando la baja movilidad de estos elementos en condiciones hidrotermales. Los datos obtenidos para la localidad de sierra de La Tinta fueron volcados en este diagrama, para comparar los resultados de las distintas localidades.

Figura 8: Diagrama de composición Ab-Or-Hy donde están volcados los datos obtenidos para la adularia de sierra de La Tinta.

Como se puede observar las muestras de la sierra de la Tinta se ubican mayoritariamente en el área III, donde están incluídas las tobas mezcladas con material epiclástico. Sin embargo la muestra ubicada en el nivel más alto del manto arcilloso de la cantera 1 (0419), que es la que mejor conserva los rasgos texturales de la roca original, cae en el área I que corresponde al campo de la roca fuente de sierra de los Barrientos (microgabro SDLB) y de los lapillis con escaso contenido de material epiclástico (lapilli Cerro Nuevo y SDLT). La muestra de la cantera 2 (1330) tiene contenidos moderados de material epiclástico, por lo que conserva buena parte de sus características originales.

El diseño de los diagramas de ETR de las arcillas de las distintas canteras (Fig. 10), es bastante similar para todas las muestras entre si como con aquellas de áreas vecinas: Cuchilla de las Aguilas, La Siempre Verde o sierra de los Barrientos (Dristas y Frisicale, 1996). La variación entre ellas se refiere primordialmente al grado de dilución por la presencia de mayor o menor proporción de cuarzo epiclástico incorporado, así como la presencia o ausencia de una leve anomalía negativa en Ce. Esta anomalía como lo expresaron Bau y Möller (1992) y Dristas y Frisicale (1996) podría ser asignada a condiciones oxidantes de las soluciones hidrotermales en los estadios tardíos.

La muestra perteneciente a la cantera 2 escapa al patrón anterior y con relación a la roca considerada fuente por Dristas y Frisicale 1987 (microgabro de

Material protegido por derechos de autor

Tabla 2: Elementos mayoritarios (% en peso) y contenido de elementos traza (ppm) de los niveles arcillosos de la cantera La Tinta.

	Cantera N° 1	Cantera N° 1	Cantera N° 1	Cantera N° 1	Cantera N° 2	Cantera N° 3
Muestra	0119	0219	0319	0419	1330	1930
SiO_2	53.86	52.13	46.06	42.45	54.64	47.39
TiO_2	1.60	1.94	0.76	0.91	1.26	1.90
Al_2O_3	30.24	31.13	35.11	34.55	27.77	32.99
Fe_2O_3	3.99	2.54	0.32	6.79	1.46	1.16
MnO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
MgO	0.09	0.10	0.37	<0.01	0.78	0.61
CaO	0.14	0.18	0.36	0.26	0.26	0.27
Na_2O	0.06	0.07	0.06	0.13	0.08	0.21
K_2O	0.15	0.11	0.05	<0.01	2.49	5.72
P_2O_5	0.18	0.19	0.27	0.32	0.05	0.19
Pérdida por ignición	9.09	9.94	14.53	13.72	11.31	8.77
Total	99.39	98.33	97.88	99.12	100.10	99.21
Ba	84.0	102.0	119.0	110.0	278.0	1214.0
Co	5.0	3.0	4.0	2.0	4.0	5.0
Cr	77.0	61.0	50.0	67.0	132.0	120.0
Cu	39.0	8.0	8.0	60.0	10.0	8.0
Hf	10.9	11.2	4.6	1.0	6.8	13.1
Ni	15.0	15.0	52.0	46.0	25.0	32.0
Pb	32.0	42.0	34.0	82.0	22.0	56.0
Sc	24.0	18.0	14.0	11.0	21.0	25.0
Sr	269.0	338.0	439.0	439.0	90.0	421.0
Th	30.3	33.3	17.8	5.1	16.3	31.0
U	5.7	5.4	4.2	1.0	2.3	2.6
V	118.0	118.0	33.0	333.0	116.0	129.0
Y	78.0	96.0	48.0	47.0	19.0	153.0
Zn	20.0	10.0	17.0	40.0	29.0	13.0
Zr	425.0	421.0	180.0	190.0	241.0	507.0
La	109.0	231.0	349.0	124.0	48.7	148.0
Ce	240.0	280.0	280.0	84.0	80.0	275.0
Nd	138.0	197.0	296.0	99.0	35.0	235.0
Sm	26.1	33.8	40.5	13.0	5.2	53.9
Eu	5.8	5.9	5.7	2.8	1.3	8.8
Tb	3.7	4.4	3.7	0.9	<0.5	4.5
Yb	11.3	12.4	5.9	1.4	2.8	13.8
Lu	1.58	1.80	0.34	0.22	0.41	2.13
Total REE	524.18	753.9	975.24	323.92	171.11	727.33

SDLB), muestra un enriquecimiento en los ETR livianos (La, Ce, Nd y Sm), mientras que los ETR medianos y pesados (Eu, Tb, Yb y Lu) no presentan variación. Esto es coincidente con la menor alteración de este material piroclástico (baja relación fluído hidrotermal/roca y/o menor temperatura de las soluciones) lo que impidió el enriquecimiento en los ETR medianos y pesados, que son los menos móviles bajo condiciones hidrotermales. A esto debe sumarse el contenido moderado de material epiclástico indicado por el diagrama triangular (V-Zr-Cr), lo que hace que sea la muestra con la menor sumatoria de ETR (171,11ppm).

Existe un marcado paralelismo entre el comportamiento de la muestra superior (0419) de la cantera 1 de la sierra de La Tinta (área I del diagrama Zr-V-Cr) con una muestra de arcillas del cerro del Corral (Yacimiento San Ramón), con excepción de una anomalía negativa de Ce presente en la muestra de sierra de La Tinta, lo que indicaría condiciones póstumas más oxidantes para este yacimiento.

Discusión

Cuomo *et al.* (1983) mencionan la presencia de niveles de tobas y tufitas intercaladas entre pelitas de la Formación Sierras Bayas, en el área de Olavarría. Sostienen que los niveles tobáceos intercalados presentan

Material protegido por derechos de autor

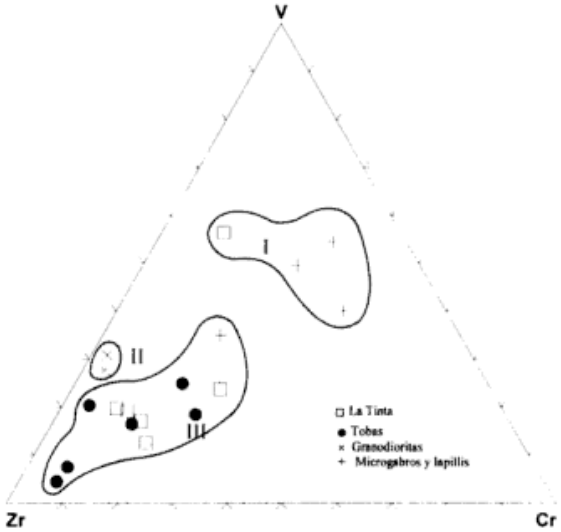


Figura 9: Diagrama triangular discriminatorio que relaciona los contenidos de Zr, V y Cr, utilizado por Dristas y Frisicale (1996), en él se volcaron los datos obtenidos para la localidad de sierra de La Tinta. El área (I) muestra microgabros alterados y no alterados y lapillis con baja contaminación; el área (II) incluye granodioritas alteradas y no alteradas; el área (III) comprende tobas con una progresiva contaminación epiclástica.

textura clástica angulosa, con formas características de trizas volcánicas, abundante material pulverulento y láminas de micas deformadas.

Dristas y Frisicale (1987), dan a conocer el hallazgo de rocas piroclásticas intercaladas entre niveles cuarcíticos en las localidades de San Ramón, cerro Nuevo, sierra de la Tigra y sierra de los Barrientos. Los estudios macro y microscópicos indican una textura fragmental, en sentido piroclástico; la presencia de vitroclastos con alta vesiculación, sugiere un proceso de eyección de origen piroclástico subaéreo, (Fischer y Schmincke 1984). Los fragmentos vítreos originales están reemplazados por caolinita, preservando delicados detalles texturales de vesiculación. La relación TiO_2/Al_2O_3 de estas rocas es similar a los valores obtenidos para los *tonsteins* europeos, derivados de tefras máficas. Los autores concluyen en base a las numerosas evidencias observadas que los yacimientos caoliníticos ubicados en esta zona, se originaron por la alteración hidrotermal *in situ* de rocas piroclásticas básicas que incluyen desde lapillis a tobas.

Dristas y Frisicale (1991, 1992), Frisicale (1991) y Frisicale y Dristas (1996) describen rocas piroclásticas intercaladas en la secuencia sedimentaria de Tandilia, en el área oeste de Barker y en Cuchilla de las Aguilas. Los autores consideran, en base a evidencias mineralógicas, texturales, geoquímicas y paragenéticas, que una alteración de origen hidrotermal afectó estos niveles piroclásticos prexistentes y condujo a su transformación en capas arcillosas. Consideran que estas rocas piroclásticas no son exclusivas de la zona sureste de Tandilia, sino que estas rocas o rocas cogenéticas se encuentran presentes con contenidos variables de material epiclástico y/o con diferente grado de alteración en el área oeste de Barker. Las paragenésis descriptas por estos autores son principalmente de dos tipos: una alteración argílica avanzada compuesta por pirofilita, caolinita-dickita y diasporo, y una alteración argílica intermedia formada por caolinita, sericita y esmectita.

Los rangos de temperatura sugeridos por Frisicale (1991) y Dristas y Frisicale (1992) para una paragénesis que incluye pirofilita, caolinita, dickita, sericita, diasporo, alunita indican valores de 270 y 330°C en el caso de la alteración argílica avanzada, y entre 200 y 260°C, mientras que la presión fluctuaría entre 160 y 500 bars.

Teniendo en cuenta la similitud existente entre la mineralogía, texturas relícticas, texturas de reemplazo y geoquímica de los niveles arcillosos de la sierra de la Tinta y de los niveles arcillosos intercalados en la secuencia sedimentaria de Tandilia previamente estudiados, se interpreta un origen común para ambos niveles, resultado de la alteración hidrotermal de las rocas piroclásticas intercaladas entre las areniscas cuarzosas. La solución hidrotermal habría circulado a través de las rocas piroclásticas más permeables originando un reemplazo metasomático de las mismas y reemplazos parciales en las areniscas cuarzosas inferiores y superiores, por su menor reactividad a las soluciones.

Este nivel arcilloso es similar al "manto" arcilloso de cerro del Corral y cerro Nuevo, en lo que se refiere a su aspecto macroscópico textural y rocas de los contactos superior e inferior. Existen algunas diferencias ya que la presencia de pirofilita y la zonación vertical arcillosa presentes en La Tinta están ausentes en cerro del Corral y cerro Nuevo.

En la zona central de mayor alteración no se conservan restos de la textura pumicítica original, existe lixiviación de sílice y los granos relícticos de cuarzo epi-

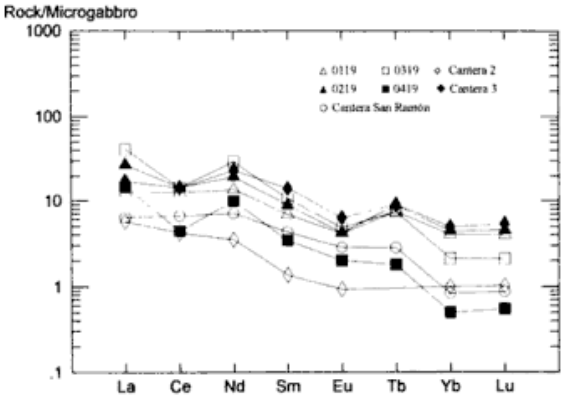


Figura 10: Diagrama de tierras raras de las arcillas pertenecientes a las canteras 1, 2, 3, y cerro del Corral (Yac. San Ramón), normalizadas al microgabro de sierra de los Barrientos.

Material protegido por derechos de autor

clástico están parcialmente reemplazados por minerales arcillosos, con desarrollo de texturas de caries en sus bordes. La sílice que no pudo ser completamente lixiviada cristalizaría como cuarzo secundario en este mismo nivel junto con hematita, generando parches cuarzo-ferruginosos. Las areniscas cuarzosas que limitan el nivel arcilloso muestran claras evidencias de reemplazos, a pesar de ser menos permeables y quimicamente poco reactivas a la alteración hidrotermal.

Existe una zonación regional de alteración fácilmente reconocible al comparar la composición arcillosa de los perfiles de la cantera principal respecto de las canteras 2 , 3 y 4. La cantera 1 es la zona de mayor alteración, con una paragénesis de mayor temperatura de carácter ácida, constituida por pirofilita y caolinita principalmente. Las canteras más alejadas del foco de alteración, 2 y 3, tienen una alteración menor y en ambas se observa una paragénesis arcillosa de menor temperatura y carácter neutro a alcalino. La cantera 2 presenta una mineralogía bastante compleja que incluye esmectita, sericita, caolinita, ópalo, cristobalita, ceolita, baritina, calcita, cuarzo secundario y feldespato potásico. La cantera 4, presenta una paragénesis levemente ácida y temperatura intermedia que incluye, caolinita, escasa pirofilita y alunita.

En la cantera principal, cantera 1, donde el grado de alteración hidrotermal es mayor, se observa una zonación de alteración local vertical. En la zona central del manto arcilloso, se desarrolla una paragénesis levemente ácida, de mayor temperatura, con pirofilita, caolinita y sericita, coincidente con la zona de mayor circulación de fluídos. En la parte superior del perfil, dentro del nivel cuarcítico, la mineralogía es de menor temperatura, de carácter levemente alcalino con ceolitas y cuarzo.

Este tipo de zonación fue reconocida por diversos autores para distintos yacimientos minerales del mundo: Summi (1966), Grim (1968), Iwao (1969), Nakamura *et al.* (1970); y en particular para Tandilia: Frisicale (1991), Frisicale y Dristas (1993). Swindale y Hughes (1968) describen una asociación hidrotermal en el área de Coromandel, Nueva Zelanda, constituida por pirofilita, caolinita, diasporo, dickita y cuarzo; entre los minerales accesorios de esta asociación reconocen ceolitas y feldespato.

La cristalización de feldespato potásico, adularia, se considera relacionada con la actividad hidrotermal tardía, probablemente posterior a la formación de esmectita. La presencia de heulandita, calcita y baritina rellenando microporos de cuarcitas y de areniscas conglomerádicas estaría indicando un carácter claramente póstumo. Los microporos de estas rocas son originados por una lixiviación previa.

Dong y Morrison (1995) describen cuatro tipos de adularia en venas epitermales de Queensland, reconocen una adularia tabular, similar a la que se observa en La Tinta, de grano muy fino, transparente a translúcida, asociada a cuarzo de grano fino; los datos de inclusiones fluidas para este tipo de adularia varían entre 264°C y 278°C.

Steiner (1970) menciona la presencia de feldespato potásico puro, adularia, como incrustaciones en la roca de caja de ambientes geotermales activos; los cristales tienen simetría triclínica, con maclas polisintéticas tipo microclino. Usualmente, existe una intensa cristalización de cuarzo asociada con la formación de adularia hidrotermal. Estas características son similares a los observadas en la sierra de la Tinta.

Hayase *et al.* (1974) mencionan la presencia de heulandita en una toba andesítica en cercanías de Mina Tres Picos, y consideran que fue originada por la misma acción hidrotermal que formó el yacimiento de caolín, en áreas externas de menor alteración.

Según Hay (1981) algunas ceolitas, como clinoptilolita, mordenita, analcima, heulandita, laumontita y wairakita se encuentran ampliamente distribuidas en áreas de alteración hidrotermal y exhiben un comportamiento zonal; algunos ejemplos ampliamente conocidos son: Yellowstone Park, Wyoming; Wairakei, Nueva Zelanda, y Onikobe, Japón. Boles (1981) indica que en muchos casos las ceolitas se originan como producto de alteración de vidrio volcánico, como consecuencia de metamorfismo de bajo grado, ya sea por alteración hidrotermal o bien por soterramiento. Teniendo en cuenta la continuidad con asociaciones paragenéticas de alteración argílica avanzada previamente descriptas, es claro que estas ceolitas serían originadas por actividad hidrotermal y corresponderían al halo más externo de carácter levemente alcalino.

Conclusiones

Los niveles arcillosos presentes en la sierra de la Tinta, se habrían originado por la acción de fluidos hidrotermales sobre rocas piroclásticas preexistentes intercaladas entre cuarcitas de la Formación La Tinta o Formación Sierras Bayas.

Las cuarcitas, rocas de baja permeabilidad y reactividad, habrían limitado la circulación de estos fluidos. Ellos habrían circulado a través de las rocas piroclásticas más reactivas y permeables. La llegada de los fluídos a esos niveles de alta reactividad y por ende permeabilidad, se habría realizado por medio de fallas (área de la sierra de La Tinta) (Marchese y Di Paola 1975) o por brechas hidráulicas (Dristas y Frisicale 1990a, b, 1991, 1992).

En los sectores de mayor alteración, tanto el material pumicítico original como el material epiclástico han sido reemplazados totalmente por minerales arcillosos: caolinita, pirofilita y sericita borrando la textura original. En los sectores con menor grado de alteración y donde la proporción del material pumíceo original sería menor, el reemplazo habría sido parcial, como consecuencia se reconocen seudomorfos de formas pumicíti-

Material protegido por derechos de autor

cas y granos de cuarzo parcialmente reemplazados con texturas de caries.

El estudio petrográfico, difractométrico y químico de los niveles arcillosos presentes en la sierra de la Tinta, permitió determinar una zonación de alteración vertical para la cantera 1, que incluye las siguientes zonas: pirofilítica, caolinítica, caolinítica - pirofilítica y ceolítica. Se estableció además, una zonación de alteración de tipo regional, entre todas las canteras estudiadas.

La ceolita y calcita presentes en poros de las areniscas cuarzosas superiores se habrían formado como productos más externos de la actividad hidrotermal de carácter neutro o levemente alcalina que favoreció la formación de esmectitas y feldespato potásico.

La presencia del radical sulfato en los fluidos hidrotermales póstumos dió lugar a la formación de baritina y alunita.

La existencia de minerales con bario como baritina, adularia y heulandita, estaría indicando que las soluciones hidrotermales eran portadoras de este elemento, el cual cristalizó como silicato o sulfato según las condiciones prevalecientes.

Las rocas originales a partir de las cuales se formaron estos niveles arcillosos, corresponderían a tobas esencialmente vítreas, con aportes variables de material epiclástico, de acuerdo a lo observado en el diagrama triangular discriminatorio que relaciona los contenidos de Zr, V y Cr. Estas rocas se habrían formado por el depósito de material piroclástico posteriormente retrabajado y con aportes parciales de material epiclástico de la cuenca original. El material piroclástico correspondería a los términos distales del mismo material descripto por Dristas y Frisicale (1987) para la zona de cerro del Corral y cerro Nuevo.

Los resultados geoquímicos obtenidos para las canteras de esta área son coincidentes con lo observado para rocas volcaniclásticas intercaladas en otras áreas de la cubierta sedimentaria de Tandilia.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y especialmente a Laura E. Grecco por su desinterasada colaboración en la realización de los análisis de microsonda. Se agradece a L. Dimieri y a los revisores de la revista la lectura crítica del trabajo y las correcciones sugeridas.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Alietti, A., 1972. Polimorphism and crysal chemistry of heulandites and clinoptilolites. American Mineralogist, 57: 1448-1462.

Barth, T.F., 1948. Oxigen in rocks: A basis for petrographic calculations. Journal of Geology, 56: 20-60.

Bau, M. y Möller, P., 1992. Rare earth element fractionation in metamorphogenic hydrothermal calcite, magnesite and siderite. Mineralogy and Petrology, 45: 231-246.

Boles, J.R., 1981. Geology of zeolites in sedimentary rocks. En: Mumpton, Frederick A. (Ed.): Mineralogy and Geology of Natural Zeolites, pp. 103-135. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America.

Brindley, G.M. y Brown, G., 1980. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, Monograph, 5, 455 p.

Brindley, G.M. y Porter, A.R., 1978. Ocurrence of dickite in Jamaica-ordered and disordered varieties. American Mineralogist, 63: 554-562.

Cas, R.A.F. y Wright, J.V., 1993. Volcanic Successions, Modern and Ancient. Chapman and Hall, 528 p. London.

Comité Argentino de Estratigrafía, 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie "B" Didactica y Complementaria, 20: 1-64. Buenos Aires.

Cuomo, J.R., del Mónaco, A.N. y Maruca, E.A., 1983. Nuevos yacimientos subterráneos de caliza en el área de Olavarría, Provincia de Buenos Aires. Actas 2º Congreso Nacional de Geología Económica, 1: 319-331. San Juan.

Di Paola, E.C. y Marchese, H.G., 1974. Relación entre la tectosedimentación, litología y mineralogía de arcillas del complejo Buenos Aires y la Formación La Tinta (Prov. de Buenos Aires). Revista de la Asociación de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, 5(3-4): 45-58.

Dong, C. Y Morrison, G.W., 1995. Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. Mineralium Deposita, 30: 11-19.

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1987. Rocas piroclásticas en el sector suroeste de las Sierras Septentrionales de la Prov. de Buenos Aires. Revista de la Asociación de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, 18: 33-45.

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1988. Ceolita con bario en las cuarcitas del Co. La Tinta, Sas. Septentrionales de la Prov. de Buenos Aires. Actas 2º Jornadas Geológicas Bonaerenses: 319-331. Bahía Blanca.

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1990a. Breccias associated with hydrothermal clay deposits. Tandilia. Buenos Aires. Argentine. 12 Geowissenschaftliches Lateinamerika Kolloquium: 22, Munich.

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1990b. Génesis de las brechas asociadas a los yacimientos de arcillas hidrotermales, Tandilia, Buenos. Aires. Argentina. 6º Reunión sobre Microtectónica, Actas: 8. Buenos Aires.

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1991. Breccias associated with hydrothermal clay deposits, Barker, Tandilia, Buenos Aires, Argentina. Zentralblatt fur Geologie und Paleontologie, 1(6): 1901-1915. Stuttgart.

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1992. Hydraulic fracturing as a probable mechanism in the formation of the western Barker breccias. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Monografías, 8: 135-138. Buenos Aires

Dristas, J.A. y Frisicale, M.C., 1996. Geochemistry of an altered pyroclastic suite interbedded in the sedimentary cover of the Tandilia Area, Buenos Aires, Argentina. Zentralblatt fur Geologie und Paleontologie, 1(7/8): 659-675.

Fischer, R.V. y Schmincke, H.V. 1984. Pyroclastic Rocks. Springer Verlag, 472 p. Berlín.

Frisicale, M.C., 1991. Estudio de algunos yacimientos de arcilla originados por actividad hidrotermal, en las Sas. Septentrionales de la Prov. de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 217 p. (inédito).

Frisicale, M.C., y Dristas, J.A., 1993. Alteración hidrotermal en

Material protegido por derechos de autor

el contacto entre el basamento y la secuencia sedimentaria, en el Cerrito de la Cruz, Tandilia. Actas 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 222-228. Mendoza.

Frisicale, M.C., y Dristas, J.A., 1996. Génesis de las arcillas de Sa. de La Tinta, Tandilia. Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 281. Buenos Aires.

Grim, R.E., 1968. Clay Mineralogy. Mc. Graw Hill, 596 p., New York.

Hay, R.L., 1981. Geology of zeolites in sedimentary rocks. En: Mumpton, Frederick A. (Ed.): Mineralogy and Geology of Natural Zeolites, pp. 53-63. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America.

Hayase, K., Más, G. R. y Maiza, P.J., 1974. Estudio mineralógico de una heulandita hallada en Mina Tres Picos; Provincia de Neuquén, Rep. Argentina. Revista Minera, Geología y Mineralogía. Sociedad Argentina de Mineralogía y Geología, 32: 3.

Iwao, S., 1968. Zonal structure in some kaolin and associated deposits of hydrothermal origin in Japan. 23° International Geological Congress, 14: 107-113. Praga.

Iwao, S. y Udagawa, S., 1969. Pyrophyllite and "roseki"clays. En: International Clay Conference: The Clays of Japan, pp. 71-88. Geological Survey of Japan.

Iñiguez, A.M, Del Valle, A., Poire, D.G., Spalletti, L. A., y Zalba, P.E., 1989. Cuenca precámbrica / paleozoica inferior de Tandilia, Prov. de Buenos Aires. En: Chebli, G. y Spalletti, L. (Ed.): Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica, 6: 245-264.

Jackson, J.A., 1997. Glossary of Geology. Fourth Edition. American Geological Institute, 769 p. Virginia.

Leveratto, M.A. y Marchese, H.G., 1983. Geología y estratigrafía de la Formación La Tinta (y homólogas) en el área clave de Sierra de la Tinta - Barker - Villa Cacique - Arroyo Calaveras, Prov. de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 38: 235-247.

Marchese, H.G. y Di Paola, E.C., 1975. Miogeosinclinal Tandil. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 30: 161-179.

McPhie, J., Doyle, M. y Allen, R. 1993. Volcanic Textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, 198 p.

Nakamura, H., Sumi, K., Katagiri, K. y Iwata, T., 1970. The geological environment of Matsukawa geothermal area, Japan. Geothermics (Special Issue 2), 2(1): 221-231.

Nissen , H. y Rybach, L. 1971. Feldespar analysis by neutron activation. En: Activation analysis in geochemistry and cosmochemistry. Proceedings NATO Advanced Study Inst., Universitetsforlaget, pp. 437-443, Oslo.

Steiner, A., 1970. Genesis of hydrothermal K-feldespar (adularia) in an active geothermal environment at Wairakei, New Zealand. Mineralogical Magazine, 37 (292): 916-922

Sumi, K., 1969. Zonal distribution of clay minerals in the Matsukawa Geothermal Area, Japan. Proceedings of the International Clay Conference, Tokyo, 1: 501-512.

Swindale, L.D. y Hughes, I.R., 1968. Hydrothermal association of pyrophillite, kaolinite, diaspore, dickite, and quartz in the Coromandel area, New Zeland. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 11: 1163-1183.

Zalba, P.E., 1979a. Sobre la presencia de diasporo y halloysita, en las arcillitas de la zona de Barker, prov. de Buenos Aires. Actas 7° Congreso Geológico Argentino, 2: 337-350.

Zalba, P.E., 1979b. Clay deposits of Las Aguilas Formation, Barker, Buenos Aires province, Argentina. Clay and clay Minerals, 27 (6): 433-439.

Zalba, P.E., 1981. Alunite in association with diaspore and halloisite in the Las Aguilas Formation, Argentina, and its significance. 7th. International Clay Conferences (AIPEA), 346. Italia.

Zalba, P.E., 1988a. Clasificación de arcillas de las Sierras Septentrionales de la Provinica de Buenos Aires. Actas Primeras Jornadas Bonaerenses, Tandil, pp. 69-86. Bahía Blanca.

Zalba, P.E., 1988b. Arcillas de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires. CETMIC, Publicación Especial 1, 62 p. Provincia de Buenos Aires.

Zalba, P., Andreis, R. e Iñiguez, A.M., 1988. Formación Las Aguilas, Barker, Sierras Septentrionales de la prov. de Buenos Aires, nueva propuesta estratigráfica. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 43(2): 198-209.

Zalba, P., Andreis, R. y Lorenzo, F., 1982. Consideraciones estratigráficas y paleoambientales de la secuencia basal eopaleozoica, en Cuchilla de Las Aguilas, Barker, Argentina. Actas 5° Congreso Latinoamericano de Geología, 2: 389-409. Argentina

Recibido: 22 de noviembre, 1997
Aceptado: 15 de marzo, 2000

Material protegido por derechos de autor