

YACIMIENTOS DE HALLOYSITA EN MAMIL CHOIQUE, PROVINCIA DE RÍO NEGRO, PATAGONIA

Fernanda CRAVERO¹, Gabriel Alexis MARTÍNEZ², y Fernando PESTALARDO²

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, Ingeosur (UNS-CONICET), Bahía Blanca. E-mail: fcravero@uns.edu.ar

² Biotec Argentina SRL. Parque Industrial Cinco Saltos (8303). Río Negro.

RESUMEN

En la provincia de Río Negro, al norte de la localidad de Mamil Choique, se explotan depósitos minerales cuyo material se comercializa como caolín. Mediante estudios mineralógicos se determinó que el mineral principal es halloysita-(10 Å) acompañado por cantidades menores de esmectita y cristobalita, siendo el primer yacimiento en la Argentina de este mineral y uno de los pocos en el mundo. La halloysita se presenta en cristales tubulares, cilíndricos, menores a 0,5 µm de largo y con diámetros menores a 0,2 µm. La identificación de la halloysita-(10Å), corroborada mediante la intercalación con formamida, fue además posible debido al cuidado puesto en el embalaje y traslado de las muestras pues este mineral se deshidrata a temperatura ambiente transformándose en halloysita-(7 Å), la cual es fácilmente confundida con caolinita. El mineral se presenta en zonas alteradas, sobre rocas ignimbríticas de composición riolítica pertenecientes a la Formación Huitrera de edad eocena. Este proceso se caracteriza principalmente por una intensa lixiviación de los elementos alcalinos y alcalinos térreos, y un incremento en la concentración relativa de alúmina. El origen de la alteración no se ha establecido con precisión, pero la mineralogía simple, la ausencia de minerales característicos y de elementos minoritarios o trazas de ambientes epitermales, sumado a la existencia de un clima templado húmedo a partir del Eoceno, permite suponer una formación de tipo meteórico. La determinación de halloysita plantea la revisión en la utilización de material de este depósito, ya que este mineral posee propiedades muy diferentes a las de los otros minerales del grupo del caolín.

Palabras clave: *Halloysita (10 Å), Formación Huitrera, Eoceno, Patagonia.*

ABSTRACT: *Halloysite deposits in Mamil Choique, province of Río Negro, Patagonia.* A white material in Río Negro Province, Patagonia, has been mined as kaolin. Through mineralogical studies, the main mineral has been identified as halloysite-(10 Å) with minor amounts of smectite and cristobalite. Halloysite tubes and cylinders are about 0.5 µm long and 0.2 µm in diameter. This is the first occurrence of an halloysite deposit in Argentina and one of the few in the world. Positive determination of halloysite-(10 Å), was possible using the technique of formamide intercalation and also due to the extreme care taken during storage and transportation which avoided dehydration. Once dehydrated, halloysite-(7 Å) is formed and easily mistaken for kaolinite. The alteration is developed on rhyolitic pyroclastic rocks of the Huitrera Formation (Eocene) where alkali lixiviation and alumina concentration were the main processes. The origin of the alteration has not been unequivocally established but the absence of minerals and minor and trace elements characteristics of epithermal deposits and a favourable humid temperate climate since the Eocene favours a meteoric origin. Being halloysite the main mineral of the deposit, it makes the utilization of the mined material to be revised since the properties of halloysite are different to those of kaolinite.

Keywords: *Halloysite (10 Å), Huitrera Formation, Eocene, Patagonia.*

INTRODUCCIÓN

La halloysita, $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$ es un mineral que presenta una estructura y composición química semejante a la de la caolinita, dickita y nacrita. En este mineral las láminas están separadas por una capa de moléculas de agua (Joussein *et al.* 2005), de esta manera, la halloysita hidratada tiene una distancia basal de 10Å (halloysita 10 Å) la cual, cuando se deshidrata, se re-

duce rápidamente y en forma irreversible a 7 Å. Las partículas de halloysita pueden adoptar formas muy variadas, siendo las más comunes los tubos elongados. Este mineral puede formarse a partir de procesos meteóricos pedogenéticos o por la alteración hidrotermal de rocas ultramáficas, vidrio volcánico o pumicitas (Joussein *et al.* 2005). Generalmente se la encuentra formando parte de un suelo o como mineral acompañante de la altera-

ción argílica avanzada. Cuando es de origen meteórico la halloysita está asociada a un ambiente húmedo y de alta actividad de sílice formándose por precipitación directa, a partir de la disolución ya sea del vidrio a de algún mineral (Joussein *et al.* 2005) En el ambiente hipógeno relacionado a yacimientos epitermales de alta sulfuración, la halloysita es un componente de la alteración argílica avanzada más cercana a la superficie, y se encuen-

tra acompañada de alunita y sílice. La presencia de halloysita en áreas muy húmedas destaca la importancia que tiene la formación de halloysita en zonas de meteorización saturadas en agua.

En el mundo son escasos los yacimientos de halloysita en producción, siendo los más importantes los de Nueva Zelanda. En estos depósitos la halloysita se ha formado por meteorización de riolitas, mientras que la caolinita es la fase dominante en la zona hidrotermal (Harvey 1997). En Japón, los principales depósitos, que se han desarrollado en rocas vítreas, son los de Omura e Iki, donde la halloysita se ha formado por soluciones hidrotermales bastante cercanas a la superficie, por lo que no se puede descartar una influencia meteórica (Sato, en Iwao 1969). Wilson (2004) menciona que en China, en el área de Dafang, existe un depósito muy pequeño de halloysita formado por alteración hidrotermal de rocas volcánicas controladas por fracturas y en cercanía de calizas. Este mismo autor, indica que los depósitos de Turquía y Dragon Mine en USA son similares a los de China tanto en la génesis como en el tamaño. Estos tipos de depósitos son tan pequeños que la explotación se realiza manualmente.

En la Argentina la halloysita ha sido detectada en los yacimientos de caolín de la Patagonia (Cravero y Domínguez 1992, Domínguez *et al.* 2007) en bajas proporciones y como mineral subordinado a la caolinita. Rossi (1969, en Domínguez y Maiza 1984), menciona que los yacimientos La Buitrera I y II situados en la provincia de Río Negro se trata de un bolsón de unos 1.000 m³ de tobas riolíticas alteradas, compuesto por halloysita, caolinita y sericita con cristobalita y cantidades menores de sanidina, señala además que el mismo tipo de mineralización se encuentra en los yacimientos de Mamil Choique ubicados a aproximadamente 40 km al oeste de La Buitrera. Hayase (1970) menciona que en sectores arcillosos de este yacimiento determinó valores de hasta 35 % de Al₂O₃ y los relaciona con volcanitas terciarias.

Actualmente, en el área de Mamil Choique,

se explota un depósito de un material que se comercializa como caolín. En la página *web* del Servicio Geológico Minero de Argentina, dentro de la oferta de minerales industriales de caolín, se encuentra la información sobre el yacimiento San Martín del área de Mamil Choique y en este informe se hace referencia que estos depósitos son "*de tipo bolsónar donde el caolín se ha originado por alteración hidrotermal de volcanitas*".

Análisis preliminares de rayos X realizados sobre muestras del área determinaron que el mineral principal era halloysita y no caolinita, tal como lo había señalado Rossi (1969). Es por ello que en este trabajo se procura caracterizar la mineralogía de estos depósitos y a su vez conocer el proceso de alteración que dio origen a este mineral. Este, y otros estudios subsiguientes, permitirán definir mejor las posibles aplicaciones ya que el comportamiento industrial de la halloysita es diferente al de la caolinita.

GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

El área en estudio se ubica a unos 6 km al norte de la localidad de Mamil Choique en la provincia de Río Negro, aproximadamente a los 41°41'S de latitud y 70°9'O de longitud (Fig. 1). Se diferencian dos sectores, divididos por un cañadón de rumbo norte (Cañadón Mamil Choique). En el sector oeste aflora el basamento representado por pórfidos graníticos de la Formación Mamil Choique de edad carbonífera (Pankhurst *et al.* 2006). En ambos sectores aflora la Formación Huitrera de edad eocena, compuesta casi exclusivamente de volcanitas y rocas piroclásticas de composición riolítica a dacítica a las cuales se vinculan los yacimientos en estudio. Estas rocas se asocian a la facies ignimbrítica de la faja oriental o extra-andina de la provincia volcánica andino patagónica de edad paleocena-eocena (Serie Andesítica). En el sector oeste, basaltos cenozoicos cubren la secuencia. El cañadón de Mamil Choique probablemente sea la expresión topográfica de una falla posterior a la alteración que ha permitido que el basamento aflore en el sector oeste en una posición topográfica más alta que la que la Formación Huitrera tiene en el sector este.

En el sector este, alineadas en sentido N-S, se han abierto varias canteras (Pama, Belgrano, San Martín y Santiago). En el sector oeste actualmente existe un solo frente, perteneciente a la mina Rosas.

La alteración se presenta como bolsones de espesores variables de colores blancos, a blanco amarillento (Fig. 2); hacia la parte superior, la coloración se hace más rojiza, donde se evidencian rasgos de edafización (Fig. 2 e), tales como textura blocosa, venillas de yeso, oxidación intensa, raíces, etc. Fallas posteriores a la alteración producen brechas, y pequeños desplazamientos (Fig. 2), que ponen en contacto a las zonas blancas con las zonas oxidadas.

Se observan dos tipos diferentes de material alterado, uno masivo de grano muy fino, con fantasmas de una textura fluidal (Fig. 2 c) y otra de grano más áspera al tacto, con bloques redondeados (Fig. 2 b). Aleatoriamente, dentro del material alterado, se encuentran núcleos o zonas verdosas, masivas, muy plásticas, de tamaño variable, desde algunos milímetros hasta 50 cm de diámetro (Fig. 2 a). En sectores no alterados, y en clastos de brechas (Fig. 2 d) o en la base de perforaciones realizadas en los sectores más alterados, se reconoce una roca fresca esencialmente vítrea, de color azulado, con textura fluidal y *flammas* orientados semejante a la observada en el material más fino.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo más exhaustivo se centralizó en la mina Pama. Se muestrearon los afloramientos de roca fresca de los alrededores y del fondo de algunos pozos de exploración y los frentes de explotación tanto de Pama como de las canteras circundantes (Belgrano, San Martín, Rosas y Santiago). Rattigan (1967, en Joussein *et al.* 2005) halló que la deshidratación de la halloysita-10Å puede producirse parcial o

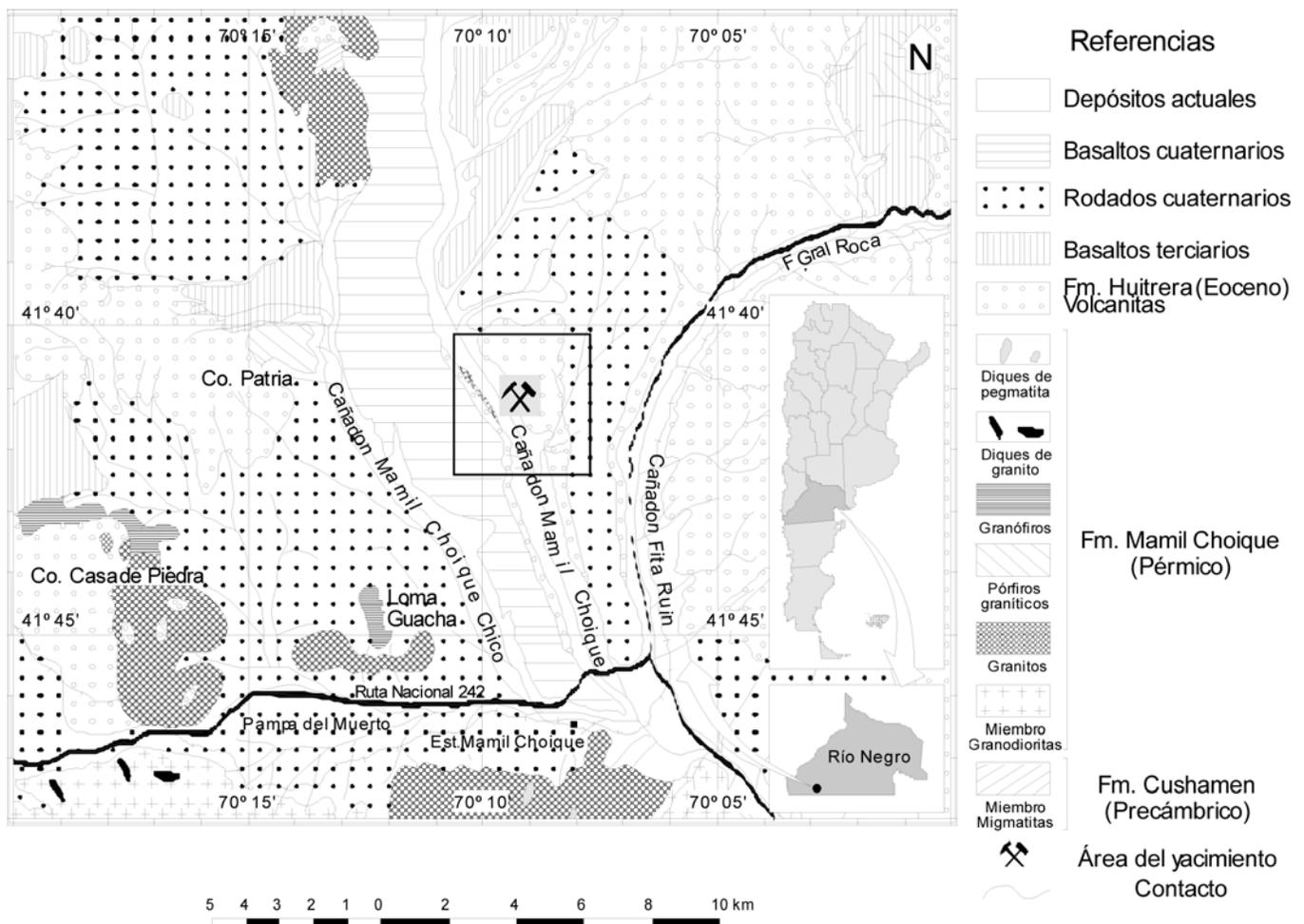


Figura 1: Ubicación y mapa geológico del área del depósito. Tomado de la hoja geológica 41C Río Chico, Ravazzoli y Sesana (1977) y actualizado según Pankhurst *et al.* (2006)

totalmente durante el transporte y almacenamiento, por lo cual, las muestras alteradas fueron transportadas en bolsas cerradas al vacío. La petrografía de las rocas frescas o parcialmente alteradas se estudiaron mediante microscopio petrográfico sobre secciones delgadas. Para la identificación de los minerales de alteración se utilizó un difractor de rayos X, *Rigaku-Denki Geiger Flex Mac III*. La distinción entre halloysita (7 Å) y caolinita, se realizó mediante la intercalación con formamida, (Churchman *et al.* 1984) mediante la cual, la halloysita se expande a 10 Å en menos de una hora y la caolinita recién lo hace después de unas 4 hs. Además se calculó la proporción entre halloysita y caolinita según la fórmula: $I_{10}/(I_7+I_{10})$, donde I es la intensidad de los picos de 10 y 7 Å. La

morfología de la halloysita se estudió mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM). Los análisis químicos de elementos mayoritarios se realizaron en los laboratorios de AC-TLABS mediante ICP.

RESULTADOS

En el área, la roca fresca presenta una textura semejante a la roca alterada, se caracteriza por una textura vítrea, fluidal, con *fiammes* y escasos (10%) cristaloclastos de sanidina, cuarzo, bitotitas, y litoclastos. Los *fiammes* están desvitrificados presentando texturas esferulíticas y axiolíticas (Fig. 3 a). En el centro de las mismas y en huecos se encuentran cristales de tridimita y cristobalita globular, así

como hidroxiapatito y hematita euhedral. Es común la presencia de litofisas, resultado de la degasificación durante la desvitrificación, donde crecen cristales euhedrales de tridimita y se reconocen además glóbulos de cristobalita (Fig. 3 b) ambos minerales típicos de la fase vapor. El vidrio se encuentra desvitrificado en un agregado muy fino imposible de identificar al microscopio petrográfico. Los difractogramas de rayos x muestran que se trata de un agregado de cristobalita y ortoclasa. Los análisis químicos (Cuadro 1) plotados en los diagramas TAS y de saturación de alúmina (ASI), indican una roca de composición riolítica, subalcalina, de tipo peraluminosa (Fig. 4 a, b). Al microscopio petrográfico la alteración se manifiesta como un agregado muy

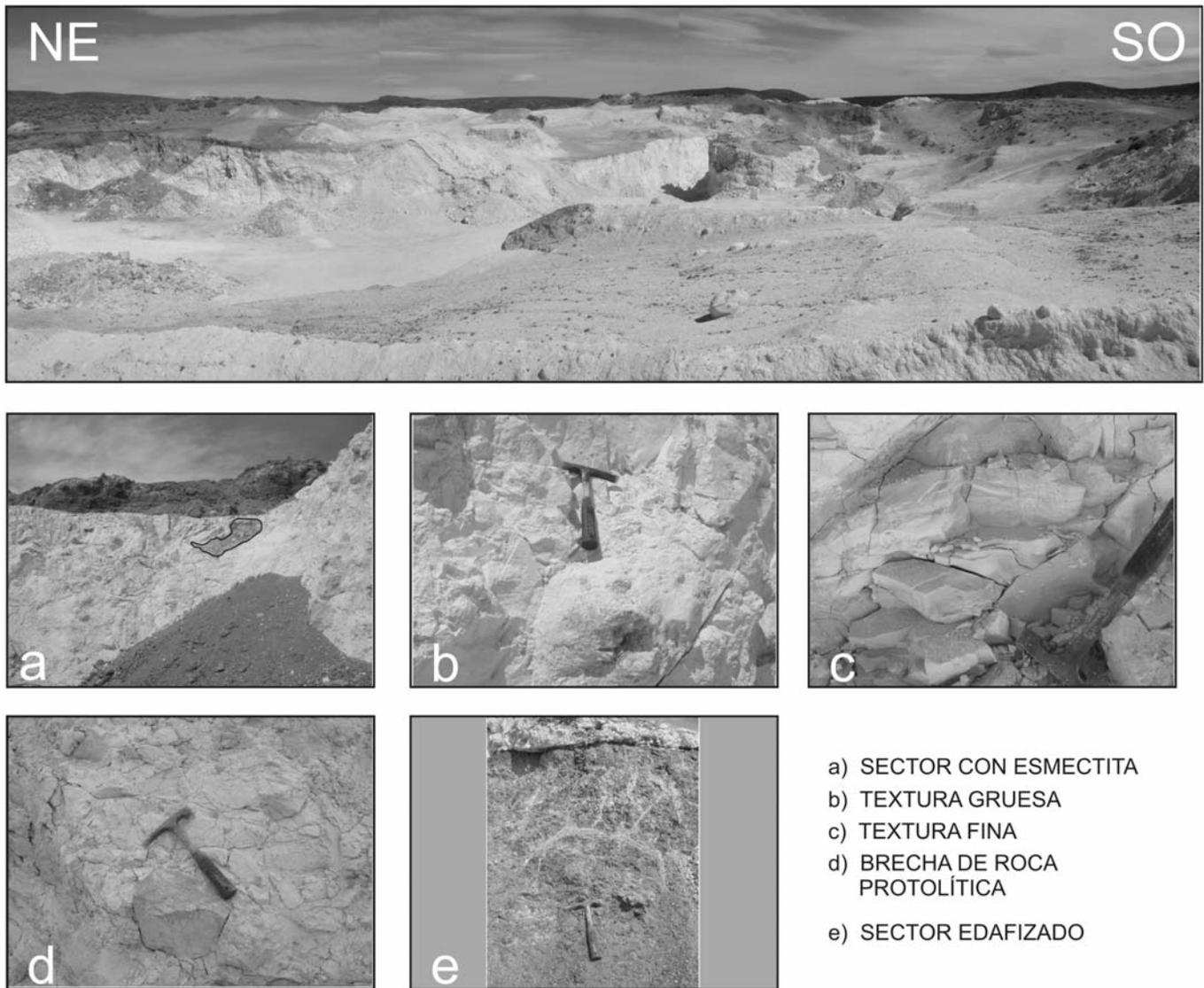


Figura 2: Vista panorámica NE-SO del frente de explotación de mina Pama con detalle de sus distintos aspectos.

fino casi isótropo tanto en la matriz como en los cristaloclastos de feldespato, en estos últimos la alteración se produce de forma centrífuga, quedando solamente los bordes del cristal original, las esferulitas desvitrificadas muestran un aspecto turbio (Fig. 3 c).

Cuando se comparan los difractogramas de rayos X realizados en las muestras alteradas, tanto en húmedo y luego de secarla a estufa a 60°, se observa en la primera el pico en 10 Å el cual se contrae a 7 después del secado (Fig. 5 a). La intercalación con formamida, corrobora la presencia de halloysita, ya que, después de una hora de haberse realizado la inter-

calación con formamida el pico de 7 Å se expandió a 10 Å (Fig. 5 b), desdoblándose en algunos casos en dos (uno en 10 Å y otro en 7 Å), indicando la existencia de halloysita y caolinita; la relación entre estos dos minerales es mayor que 75-25 con un 100% de halloysita en la mayoría de los casos. Al microscopio electrónico, la halloysita se presenta en tubos de tamaños menores de 0,5 µm de largo y menor de 0,2 µm de ancho (Figs. 3 d, f) es común encontrarla formando agregados globulares de unos 5 µm. (Fig. 3 e) Las inclusiones verdes están compuestas principalmente por esmectita

Los análisis químicos realizados en roca

fresca y alterada (Cuadro 1, Fig. 4 c), muestran que durante la alteración, tanto a halloysita como a esmectita, hay una fuerte disminución en la concentración de los óxidos de sodio y potasio, una leve caída de la sílice y una alta concentración de la alúmina, acompañado de un fuerte aumento en la pérdida por calcinación (LOI). El magnesio y el hierro tienden a mantenerse constante en las rocas alteradas a halloysita y muestran un aumento relativo en las alteradas a esmectita. El titanio se concentra principalmente en las rocas alteradas a halloysita. Los elementos minoritarios no muestran cambios entre la roca fresca y alterada (Cuadro 1)

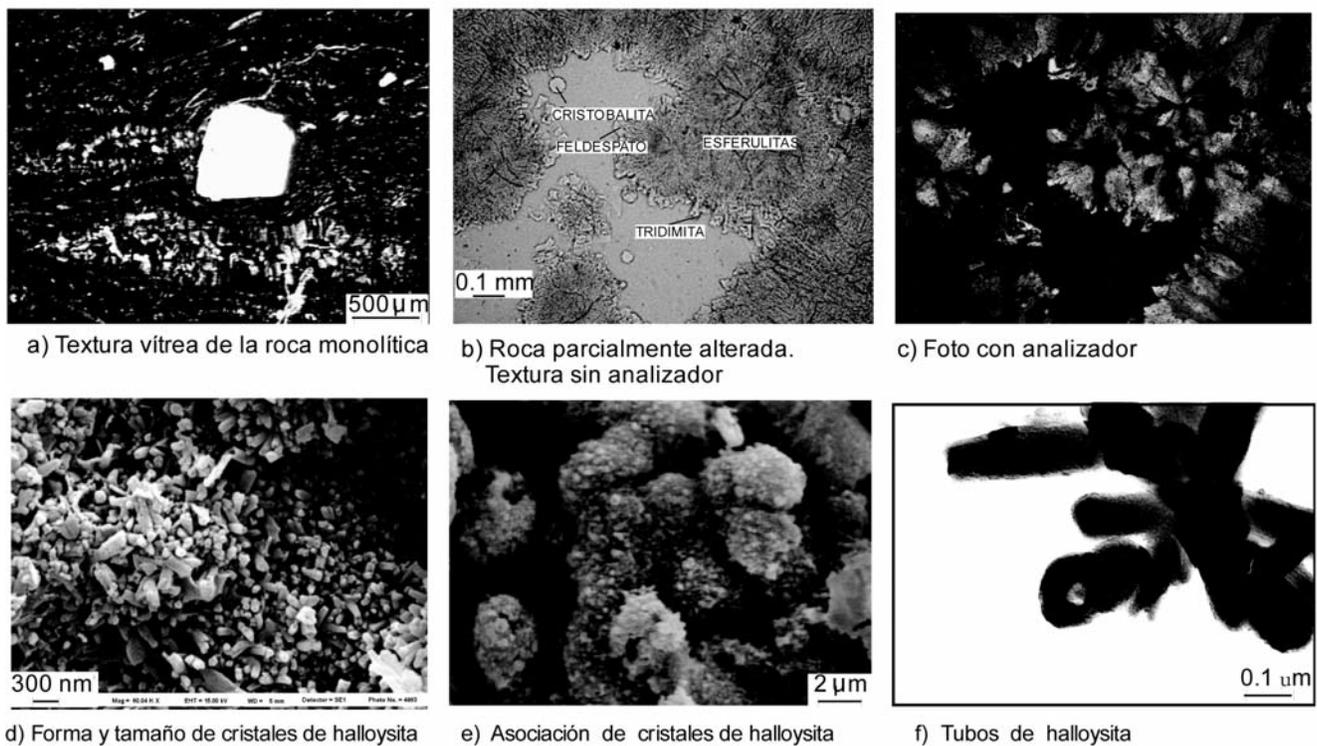


Figura 3: Microfotografías de la roca madre y los productos de la alteración: a), b) y c) tomadas con microscopio petrográfico sobre secciones delgadas; d) y e) con SEM sobre esquirlas del material alterado y f) con TEM sobre polvo del material alterado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El cuidado en aislar las muestras durante el embalaje y transporte del material permitió determinar la naturaleza primaria y la presencia de halloysita 10 Å, y las proporciones en que esta se encuentra respecto a la caolinita.

Los principales productos de alteración son halloysita/caolinita, cristobalita y esmectita subordinada. La alteración se produce sobre rocas ignimbríticas de composición riolítica, sin evidencias de una zonación o transición entre la roca fresca y la roca alterada. La halloysita/caolinita se forma por reemplazo del feldespato, que junto con la cristobalita, es producto de la desvitrificación del vidrio. Los elementos alcalinos y alcalino térreos se lixivian y parte de la sílice reprecipita en huecos formando glóbulos. Los altos valores de alúmina y la pérdida por calcinación son coherentes con la formación casi exclusiva de minerales arcillosos durante la alteración. La esmectita se encuentra como núcleos cuya forma seme-

ja a los fragmentos pumíceos. La formación de halloysita y esmectita se produce bajo condiciones muy diferentes de drenaje y permeabilidad. La coexistencia de estos dos minerales, estando la esmectita restringida a núcleos aislados, podría deberse a que los fragmentos pumíceos originales no hayan permitido la circulación libre de las aguas, actuando de esta manera como compartimientos estancos y formándose así esmectita por falta de una permeabilidad y drenaje adecuados.

En las zonas superiores, rojizas, los altos contenidos de hierro están asociados a la formación de goethita y hematita de hábito globular, típicas de procesos de edafización, por lo tanto es un fenómeno que no guarda relación con el proceso de alteración principal.

A pesar que las rocas pertenecen a un ambiente volcánico, no se han encontrado minerales diagnósticos que permitan asociar la formación de halloysita a un ambiente epitermal, tales como son la alunita, jarosita o yeso. En estos ambientes, Sillitoe y Hedenquist (2003) señalan al Au-Ag, Cu, As-Sb como metales prin-

cipales y al Zn, Pb, Bi, W, Mo, Sn y Hg, como metales menores. En el Cuadro 1 se observa que las rocas alteradas no se encuentran enriquecidas en ninguno de estos metales, ni presentan una variación de otros elementos minoritarios y trazas que permitan pensar en un aporte hidrotermal. Por otro lado, la presencia de posibles canales para la circulación de fluidos como son las fracturas y fallas son claramente posteriores a la alteración.

Los estudios paleoclimáticos (Aragón y Romero 1984) indican que, en el área cubierta por la Serie Andesítica, el clima, entre el Paleoceno superior y Eoceno inferior, fue sumamente húmedo y templado cálido de carácter estacional. Durante el Eoceno medio y Oligoceno inferior continuaron las mismas condiciones climáticas y hacia el Oligoceno medio comenzó un período de mayor sequedad que se hizo más seco hacia el final del Oligoceno y probablemente se extendió hasta el Mioceno inferior. Las condiciones climáticas reinantes durante e inmediatamente después de la solidificación de las rocas de la Formación Huitrera resultan

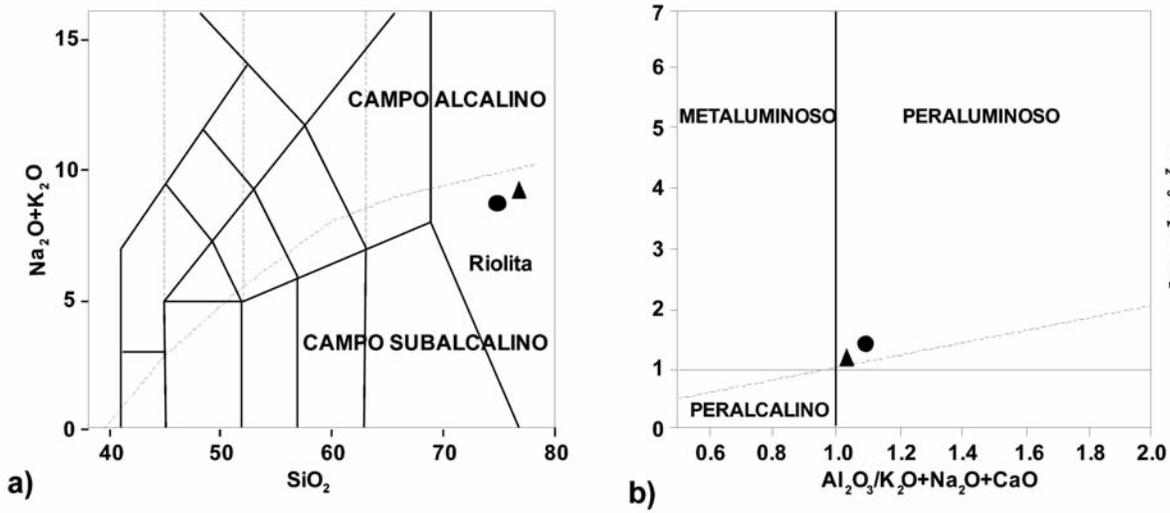


Figura 4: Clasificación de la roca madre, ● Roca Fresca 1. ▲ Roca Fresca 2: a) Diagrama TAS (Le Maitre, 1989); b) Diagrama de saturación de alúmina según los parámetros de Shand; c) Variación de los óxidos mayoritarios durante la alteración. Roca fresca 1 y 2: roca madre aflorante en Pama y en fondo de pozo en el frente de explotación. Pama 1, 2, 3 y trinchera: material blanco alterado a halloysita en distintos sectores de Mina Pama. Verde 1 y Verde 2: material verde, esmectítico en mina Pa-ma. Santiago: muestra del yacimiento Santiago alterada totalmente a halloysita.

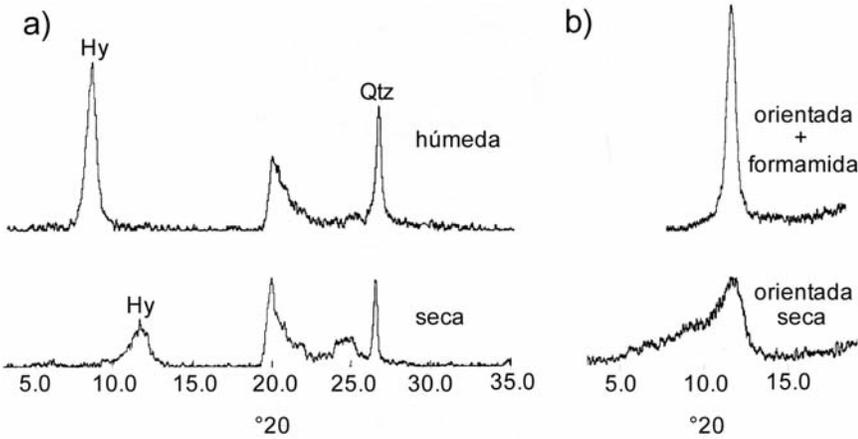
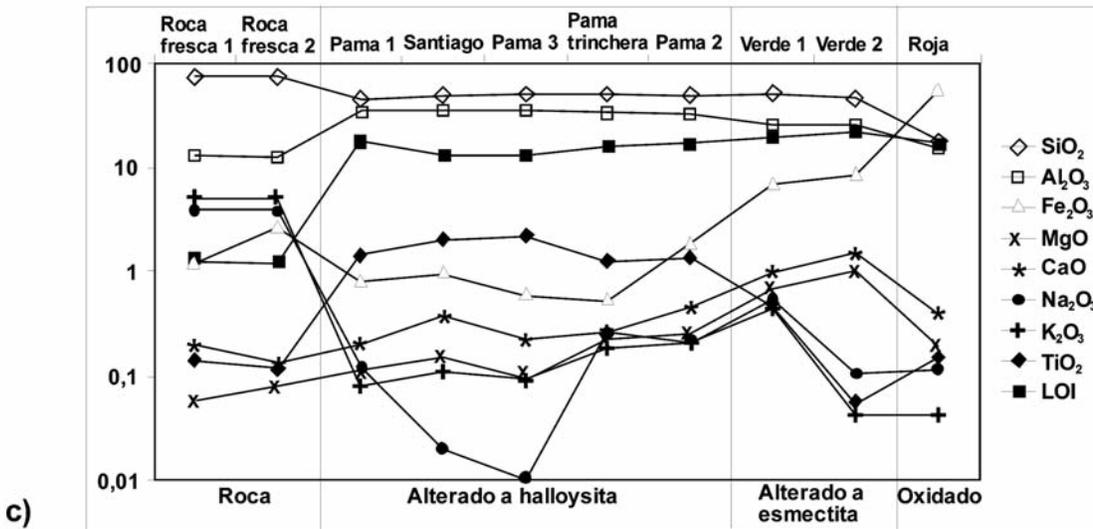


Figura 5: Diagramas de rayos X mostrando la incidencia de la hidratación en la reflexión basal de la halloysita y la identificación de la misma en muestras deshidratadas mediante la intercalación con formamida.

sumamente favorables para la formación de halloysita, teniendo en cuenta que la presencia de la misma en la zona de me-

teorización saturadas en agua (Joussein *et al.* 2005) Con los elementos que hasta ahora se

cuenta, no es posible aseverar el origen de la alteración aunque las evidencias parecen indicar un origen de tipo meteórico.

Estos yacimientos se han explotado por caolín, y se los utiliza en la industria cerámica. La halloysita, por su estructura, forma y tamaño tiene propiedades físicas muy diferentes a la caolinita, y por ende sus aplicaciones son diferentes. La escasez de yacimientos de halloysita ha hecho que las compañías que utilizan este mineral como nanotubos de halloysita (HNT™) para la fabricación de polímeros hayan tenido que salir a buscar yacimientos para poder continuar con su producción. Las características distintivas de este mineral hacen necesario continuar con los estudios para determinar sus

CUADRO 1: Yacimientos de halloysita en Mamil Choique, provincia de Río Negro, Patagonia.

	Roca fresca 1	Roca fresca 2	Pama 1	Santiago	Pama Trinchera 3	Pama Verde 2	Verde 1	Verde 2	Roja	
SiO ₂	75,65	74,89	43,61	48,57	50,39	48,68	47,77	48,58	44,51	16,75
Al ₂ O ₃	12,84	12,4	34,24	34,69	33,6	32,08	31,7	23,97	23,96	14,46
Fe ₂ O ₃	1,16	2,64	0,79	0,94	0,58	0,5	1,72	6,57	8,1	52,19
MgO	0,06	0,08	0,11	0,15	0,09	0,22	0,24	0,64	0,92	0,18
CaO	0,2	0,13	0,2	0,38	0,22	0,26	0,44	0,94	1,4	0,37
Na ₂ O	3,84	3,88	0,12	0,02	0,01	0,25	0,2	0,52	0,1	0,11
K ₂ O	4,9	4,89	0,08	0,11	0,09	0,18	0,2	0,42	0,04	0,04
TiO ₂	0,144	0,121	1,411	1,93	2,13	1,191	1,313	0,43	0,052	0,145
LOI	1,26	1,19	17,95	12,93	12,68	15,29	16,45	18,11	21,29	15,81
Ba	43	27	135	218		59	87	21	143	
Sr	10	9	38	34		27	43	44	30	
Y	22	102	7	78		17	68	98	61	
Zr	362	346	505	393		396	475	211	341	
Be	5	6	<1	3		1	3	2	2	
V	9	14	104	96		83	43	61	154	
Au	13	<5	<5	<5		<5	6	<5	<5	
As	5	8	9	8		6	4	<2	47	
Br	<1	<1	<1	2		5	<1	<1	1	
Co	2	<1	1	3		3	8	11	20	
Cr	24	<2	17	11		14	<2	22	99	
Cs	4,9	6,3	<0,5	1,4		1	1,9	<0,5	2,2	
Hf	12,1	12,3	16,1	12,3		11,3	17,6	3,6	5	
Ir	<5	<5	<5	<5		<5	<5	<5	<5	
Mo	7	<5	<5	<5		<5	14	13	68	
Rb	219	224	<20	<20		<20	<20	<20	<20	
Sb	<0,2	0,5	0,7	0,7		0,5	<0,2	<0,2	3	
Sc	2,5	2,3	30,3	21,9		18,7	21,4	29,2	60,3	
Se	<3	<3	<3	<3		<3	<3	<3	<3	
Ta	3	5	1	2		1	5	<1	<1	
Th	13	21,5	13,6	14,6		14,5	36,2	1,8	2,7	
U	3,8	4,6	4,7	5,8		4,4	3,6	4,3	9,1	
W	<3	<3	<3	<3		<3	<3	<3	<3	
La	15,4	73,5	3,5	13,5		10,4	114	104	20,3	
Ce	34	172	14	42		28	266	200	205	
Nd	20	69	<5	27		18	119	58	81	
Sm	2,9	11,3	1,2	4		2,2	13	7,6	10	
Eu	<0,1	0,8	0,5	1,5		0,9	2,9	1,5	3	
Tb	1	2,8	<0,5	1,7		<0,5	2,9	2,5	208	
Yb	3	10,8	1,4	10,3		2,7	7,3	14,4	10,2	
Lu	0,46	1,55	0,23	1,55		0,41	1,13	2,14	1,5	

propiedades físicas y analizar sus posibles aplicaciones industriales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las Dras. Cristina Gómez y Mirta Garrido por la lectura crítica del trabajo, así como a la Lic. Lilitiana Luna por las sugerencias aportadas. Al Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur, a la Dra. Wanda Alló, Lic. Miguel Valente y Dr. Eduardo Domínguez por la colaboración en las

tareas preliminares y de campo. La revisión constructiva de los árbitros permitió mejorar este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aragón, E., Romero, E.J. 1984. Geología, paleoambientes y paleobotánica de yacimientos terciarios del occidente de Río Negro, Neuquén y Chubut. 9º Congreso Geológico Argentino (S.C. Bariloche), Actas 4: 475-507.
 Cravero, M.F. y Domínguez, E. 1992. Origin of kaolin deposits. Baqueró Formation (Lower

Cretaceous). Santa Cruz Province, Patagonia. Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 6(4): 223-235
 Churchman, G.J., Whiton, J.S. Claridge, G.G.C y Theng, R.K.G. 1984. Intercalation method using formamide for differentiation halloysite from kaolinite. *Clays and Clay Minerals* 32: 241-248.
 Domínguez, E.A. y Maiza, P.J. 1984. Yacimientos no metalíferos y de rocas de aplicación. 9º Congreso Geológico Argentino (S.C. de Bariloche), Relatorio 3(3): 611-628.
 Domínguez, E., Iglesias, C. y Dondi, M. 2007. The geology and mineralogy of a range of kaolins from the Santa Cruz and Chubut Provinces, Patagonia (Argentina). *Applied Clay Science* 40 (1-4): 124-142.
 Harvey, C.C. 1997. Exploration and assessment of kaolin clays formed from acid volcanic rocks on the Coromandel Peninsula, North Island, New Zealand. *Applied Clay Science* 11: 381-392.
 Hayase, K. 1970. Informe sobre los yacimientos de caolín de Los Menucos, Prov. de Río Negro. Dirección de Minas de la Prov. de Río Negro, (inérito), 30 p., Viedma.
 Iwao, S. 1969. The clays of Japan. Geological Survey of Japan, 209 p., Tokio.
 Joussein, E., Petit, S., Churchman, J., Theng, B., Righi, D. y Delvaux, B. 2005. Halloysite clay minerals - a review. *Clay Minerals* 40: 383-426.
 Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. y Marquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews* 76: 235-257
 Ravazzoli, I.A. y Sesana, F.L. 1977. Descripción geológica de la Hoja 41c, Río Chico. Provincia de Río Negro. Ministerio de Economía, Secretaría de Estado de Minería, Servicio Geológico Nacional, Boletín 148, 77 p., Buens Aires.
 Sillitoe, R.H. y Hedenquist, J.W. 2003. Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal, precious metal deposits. En Simmons S.F. y Graham, I. (eds.) *Volcanic, geothermal, and ore-forming fluids; rulers and witnesses of processes within the Earth*. Society of Economic Geologists, Special Publication 10: 315-343.
 Wilson, I.A. 2004. Kaolin and halloysite deposits of China. *Clay Minerals* 39: 1-15.
 Recibido: 17 de junio, 2009
 Aceptado: 22 de septiembre, 2009