



GEOLOGIA DE YACIMIENTOS DE ARCILLAS PLÁSTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE CERÁMICA BLANCA Y REFRACTARIOS EN LAS REGIONES VI Y VII, CHILE

CARRASCO, R.¹, GAJARDO, A.¹ Y MENDOZA, J.L.¹

¹ Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Providencia, Santiago, Chile.
rcarrasco@sernageomin, agajardo@sernageomin y jmendoza@sernageomin.cl

INTRODUCCION

Las arcillas plásticas caoliníticas reconocidas en las Regiones VI y VII, constituyen uno de los recursos no metálicos más importantes para la elaboración de cerámicas de mesa y de revestimiento, sanitarios, porcelana decorativa y ladrillos refractarios. Los yacimientos ubicados en estas dos regiones abastecen a las fábricas ubicadas entre las Regiones Metropolitana y VIII. Los minerales arcillosos que integran estas arcillas corresponden, fundamentalmente, a caolinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), sericita (illita?) ($\text{KAl}_2(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$) y montmorillonita ($(\text{Mg}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (Gajardo y Carrasco, 1997). La caolinita es el mineral arcilloso principal, cuya composición química teórica es 46,54% SiO_2 , 39,5% Al_2O_3 y 13,95% H_2O . Además, presentan proporciones variables de minerales no arcillosos, fragmentos líticos, micas, feldespato, cuarzo, calcopirita y materia orgánica (lignito).

El presente trabajo tiene por objetivo dar a conocer parte de los resultados de la investigación efectuada por la Sección Rocas y Minerales Industriales del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), relacionada con el marco geológico, origen, características y propiedades de las arcillas de los yacimientos de estas regiones, y que incluye los resultados de un estudio de carácter tecnológico, realizado el año 2001, mediante un convenio suscrito entre el SERNAGEOMIN y la empresa GIS-GEOINDUSTRY de la República Checa, destinado a conocer sus posibilidades de aplicación industrial.

UBICACION DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

Las áreas de estudio se localizan en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa de las Regiones VI y VII (Figura 1), específicamente en una franja de 15 km de largo en dirección NW y 3 a 5 km de ancho, ubicada al sur de la ciudad de Pichilemu, y en una franja de 20 km de largo en igual dirección y 5 a 10 km de ancho, ubicada inmediatamente al norte de la ciudad de Cauquenes, a 152 y 400 km al sur de Santiago, respectivamente.

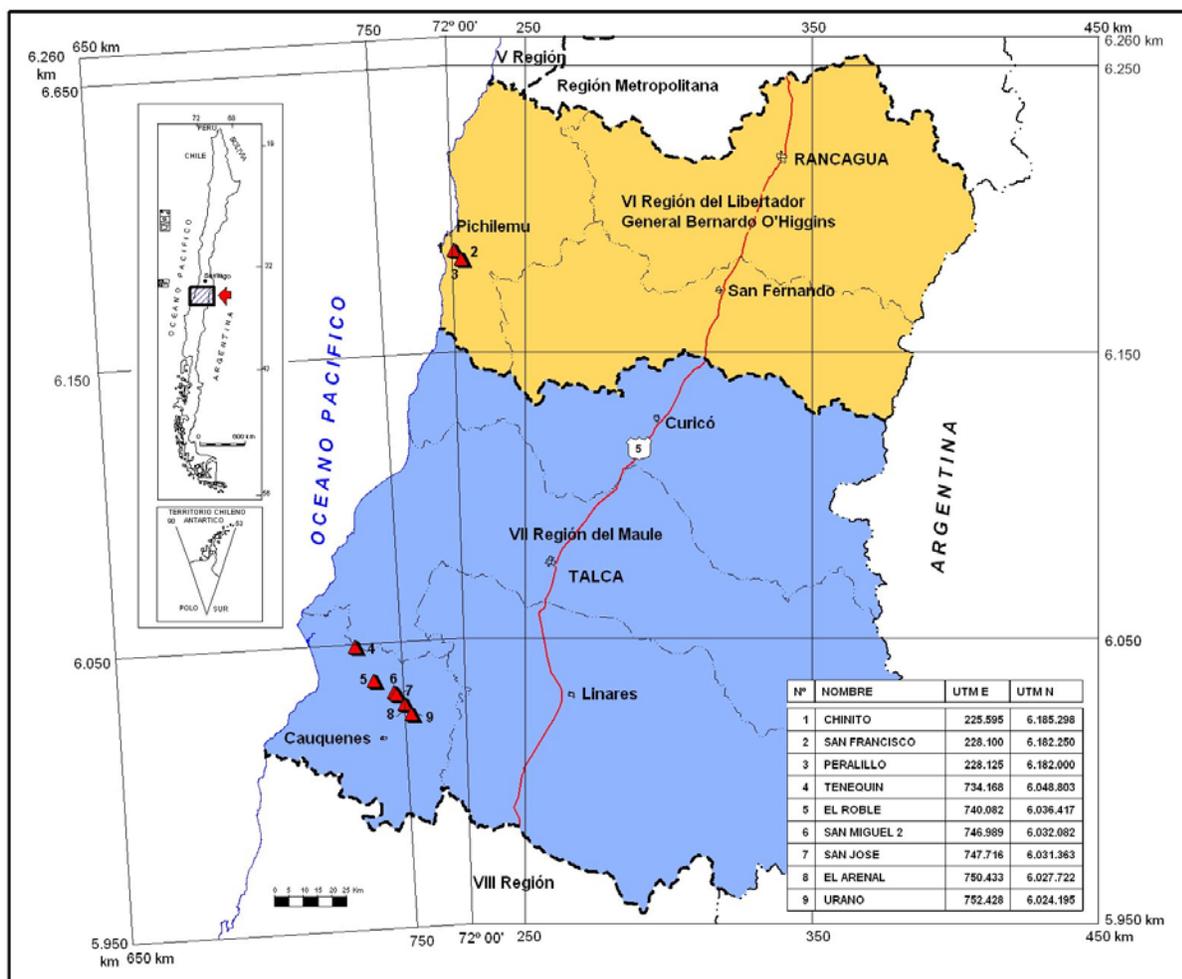


Figura 1 Mapa de ubicación

MARCO GEOLOGICO

Las rocas más antiguas que afloran en las áreas de estudio corresponden a rocas del Basamento Metamórfico del Silúrico?-Carbonífero, constituida por pizarras, filitas y metaareniscas, que presentan una gran distribución geográfica, desde los 33° a los 38° latitud sur. Intruyendo a las rocas del Basamento Metamórfico, afloran rocas del Basamento Granítico de composición principalmente granítica y tonalítica del Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma) (SERNAGEOMIN, 2002). En el sector de Pichilemu, las rocas que constituyen el basamento corresponden, principalmente, a rocas metamórficas. En el sector de Cauquenes en cambio, existe un predominio del basamento granítico sobre el basamento metamórfico.

En discordancia angular sobre las rocas del basamento ígneo-metamórfico aflora una secuencia sedimentaria clástica asignada tentativamente al Terciario Superior (Gajardo, 1991) compuesta por arenas, arenas arcillosas, conglomerados de cuarzo, limos y horizontes carbonosos, con intercalaciones de arcillas plásticas en mantos de hasta 20 m de espesor (Gajardo, 1991; Carrasco y Gajardo, 2000).

Las características litoestratigráficas de esta secuencia evidencian su depositación en ambientes marinos y lagunares paludales (Gajardo, 1991), y no obstante su importante distribución no ha sido representadas en los mapas geológicos publicados para este sector del país.

LOS YACIMIENTOS DE ARCILLAS PLASTICAS CAOLINITICAS

SECTOR PICHILEMU

Los yacimientos estudiados en el sector de Pichilemu, corresponden a yacimientos de génesis sedimentaria clástica (1) que se ubican a lo largo de una franja de aproximadamente, a 15 km de largo al sur de esa ciudad (Figura 1), e incluye los siguientes depósitos:

1.- Chinito: ubicado a 6 km al sur de Pichilemu y a 130 m s.n.m. Está constituido por un manto de arcilla de color gris azulado, de hasta 20 m de potencia y 100 m de corrida visible que se dispone en discordancia sobre el Basamento Metamórfico. Presenta una sobrecarga de sedimentos clásticos de unos 4 m de espesor.

2.- San Francisco: ubicado a 9 km al sur de Pichilemu y a 155 m s.n.m.. Comprende dos mantos de arcilla de color gris azulado, el inferior de 2-3 m y el superior de 5 m de espesor, que se disponen entre gravas de clastos graníticos y arenas limosas, de hasta 2 m de espesor y de base desconocida.

3.- Peralillo: ubicado a 10 km al sur de Pichilemu y a 140 m s.n.m. Está compuesto por un manto de arcilla de color gris claro, de 1,5-2 m de potencia y presenta una sobrecarga de materiales clásticos de 5 m de espesor y de base desconocida.

SECTOR CAUQUENES

Los yacimientos del sector de Cauquenes, corresponden a yacimientos de génesis sedimentaria clástica (1) que se ubican a lo largo de una franja de aproximadamente 20 km al norte de esa ciudad (Figura 1), e incluye los siguientes depósitos:

4.- Tenequin: ubicado a 32 km en línea recta al norte de Cauquenes y a 172 m s.n.m. Consiste en dos mantos de arcilla, uno inferior de color gris, de 1,2 m de potencia y uno superior de color gris pardo, de 1,5 m de potencia; su corrida es de aproximadamente 150 m. Se disponen en concordancia sobre una capa de arena de cuarzo, de mala selección, de 1,4 m de potencia visible. La base de la secuencia es desconocida y la sobrecarga corresponde a suelo, de 4 m de potencia.

5.- El Roble: ubicado a 20 km en línea recta al norte de Cauquenes y a 290 m s.n.m. Comprende un manto de arcilla de color gris oscuro, de unos 3 m de potencia visible; su corrida y base es desconocida y su sobrecarga es una capa de maicillo de hasta 6 m de potencia.

6.- San Miguel 2: ubicado a 16 km en línea recta al norte de Cauquenes y a 280 m s.n.m. Consiste en dos capas de arcilla, la superior de color gris amarillenta, de 1,5 m de potencia; la inferior, de color gris, de 2 m de potencia visible. La base de la secuencia es desconocida y la sobrecarga corresponde a suelo vegetal de 1 m de espesor.

7.- San José: ubicado a 16 km en línea recta al norte de Cauquenes y a 280 m s.n.m. Consiste en dos capas de arcilla de 4 m de potencia total, la superior de color gris amarillenta y la inferior gris clara. La base y corrida son desconocida. La sobrecarga corresponde a una arena conglomerádica de hasta 10 m de potencia.

8.- El Arenal: ubicado a 14 km en línea recta al norte de Cauquenes y a 267 m s.n.m. Compuesto por cuatro capas de arcillas, de un espesor total de 9 m, que sobreyacen a una capa de arena de cuarzo en parte conglomerádica; su corrida es desconocida. La sobrecarga es una cubierta vegetal de aproximadamente 2 m de potencia.

9.- Urano: ubicado a 13 km en línea recta al norte de Cauquenes y a 250 m s.n.m. Consiste en un manto de arcilla de color gris, de base desconocida, con un espesor superior a 1,5 m y una corrida entre 100 y 150 m. El manto de arcilla está cubierto por una sobrecarga de maicillo de hasta 4 m de potencia.

COMPOSICION MINERALOGICA, QUIMICA Y GRANULOMETRICA

Las arcillas plásticas caoliníticas de la VI Región están compuestas por caolinita, cuarzo, illita, montmorillonita, vermiculita y feldespato potásico (Gajardo y Carrasco, 1997), y las arcillas de la VII Región presentan caolinita, cuarzo, sericita (illita?), montmorillonita, feldespato potásico, sanidina, pirofilita, calcopirita y hematita (Carrasco y Gajardo, 2000). La presencia de caolinita e illita en estas arcillas, confirma su clasificación como arcilla plástica caolinítica-illítica, y determina sus propiedades cerámicas.

Las arcillas del sector de Pichilemu presentan contenidos de SiO_2 que varían entre 60% y 78%, de Al_2O_3 entre 10,24% y 20,31%, y de Fe_2O_3 entre 3,99% y 14,09%, siendo los yacimientos Chinito y San Francisco los que tienen los más altos contenidos en SiO_2 y Fe_2O_3 y más bajos en Al_2O_3 (Tabla 1).

Las arcillas del sector de Cauquenes presentan contenidos de SiO_2 que varían entre 42,87% y 66,89%, de Al_2O_3 entre 19,37% y 32,46%, y de Fe_2O_3 entre 1,64% y 9,14% (Tabla 1). Los yacimientos Tenequin, El Roble y El Arenal, se caracterizan por presentar los más bajos contenidos de SiO_2 y los más altos contenidos de Al_2O_3 (29,12-32,46%) (Tabla 1).

Los altos contenidos de Fe_2O_3 y TiO_2 de las arcillas de la VI Región (promedio 7,06% y 1,09%, respectivamente) (Tabla 1) determinan una fuerte coloración rojiza a pardo rojiza de estas arcillas después de la cocción, a diferencia de aquellas de la VII Región (promedio 3,63% y 0,96%, respectivamente) que presentan coloraciones más clara en tal situación (Tabla 2). Los contenidos más altos de SiO_2 (promedio 67,19%) (Tabla 1) de los yacimientos de la VI Región, presentados en este estudio, difieren de los análisis de estudios anteriores (Gajardo y Carrasco, 1997), probablemente debido a que estas muestras corresponden a sectores más arenosos de los mantos de arcilla. Los contenidos más altos en Al_2O_3 de las arcillas de la VII Región favorecen su utilización como materias primas para refractarios.

Con respecto a la granulometría, los materiales de la VI Región, se caracterizan por presentar un mayor porcentaje de la fracción gruesa, en el rango 2,0-0,09 mm; en cambio las arcillas de la VII Región tienden a presentar fracción más finas, en el rango 0,09-0,063 mm (Gráfico 1). La concentración de fracciones más gruesas en las arcillas de la VI Región, se explicaría por la

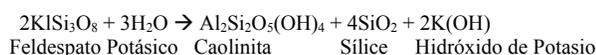
presencia de arena de cuarzo en ellas, y concordaría con los resultados obtenidos de los análisis químicos, según los cuales su contenido de sílice es mayor que el de arcillas de la VII Región (Tabla 1). Por su parte, el menor tamaño relativo de las arcillas de la VII Región implica una mayor proporción en ellas de la fracción de minerales de arcilla, lo que contribuye a explicar su mayor contenido de Al_2O_3 .

ORIGEN DE LAS ARCILLAS

Las características geológicas de los yacimientos y su composición mineralógica y química, anteriormente indicadas, permiten señalar que su origen se relaciona con un proceso de alteración supérgena de las rocas de los Basamentos Metamórfico y Granítico, proceso que implicó la caolinización de los feldespatos y micas de tonalitas, granitos y pizarras.

Este proceso permitió la lixiviación de K y SiO_2 , y la neoformación principalmente de caolinita, a partir de Al_2O_3 presentes en el sistema, debido a que la primera es insoluble con pH entre 4 y 9, y la segunda es débilmente soluble en dichas condiciones (Murray, 1988).

En consecuencia, la ecuación representativa de la formación de la caolinita, es la siguiente (Galán y Espinoza de los Monteros, 1984).



SECTOR PICHILEMU (en %)

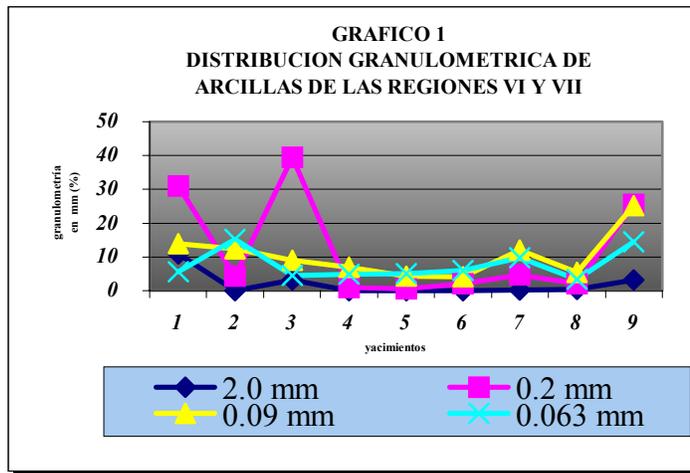
Nº	Nombre	P.P.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
1	Mina Chinito	3,25	77,93	10,24	3,99	1,35	0,18	0,43	0,66	1,07		
2	Mina San Francisco	6,21	64,60	20,31	3,09	1,19	0,21	0,46	0,61	2,54		
3	Mina Peralillo	6,53	59,03	15,42	14,09	0,74	0,29	0,44	0,36	2,25		
	promedio		67,19	15,32	7,06	1,09	0,23	0,44	0,54	1,95		

SECTOR CAUQUENES (en %)

Nº	Nombre	P.P.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
4	Mina Tenequin	14,01	52,20	25,80	2,87	1,15	0,26	0,80	0,11	1,06	0,76	0,10
	Mina Tenequin	14,32	42,87	30,33	9,14	0,97	0,25	0,63	0,14	0,60		
5	Mina El Roble	10,82	51,88	29,12	3,18	1,05					0,48	
	Mina El Roble	10,14	55,23	27,77	2,43	1,01						
6	Mina San Miguel 2	9,61	55,91	26,70	3,23	0,93	0,24	0,60	0,17	1,83		
7	Mina San José	9,72	56,67	26,64	2,62	0,95	0,19	0,50	0,18	1,69	0,17	0,20
	Mina San José	9,38	56,23	23,33	7,36	0,88	0,09	0,24	0,08	1,43	0,01	0,23
	Mina Arenal	8,55	59,53	24,72	2,15	0,97	0,16	0,39	0,13	2,64		
8	Mina Arenal	11,91	50,43	31,17	2,63	1,07	0,18	0,44	0,07	1,17		
	Mina Arenal	12,32	48,68	32,46	2,63	1,08	0,11	0,62	0,07	1,16	0,01	0,26
9	Mina Urano	5,92	66,89	19,37	1,64	0,53	0,15	0,26	0,17	4,21		
	promedio		54,23	27,04	3,63	0,96	0,18	0,50	0,12	1,75	0,29	0,20

Tabla 1 Composición química de arcillas plásticas de las Regiones VI y VII

Región	No	Nombre	2.0 mm	0.2 mm	0.09 mm	0.063 mm
VI	1	Mina Chinito	11,0	31,0	14,0	5,7
	2	Mina San Francisco	0,0	4,4	12,4	15,3
	3	Mina Peralillo	3,2	39,4	9,0	4,5
VII	4	Mina Tenequin	0,0	1,0	6,9	4,9
	5	Mina El Roble	0,0	0,6	4,4	5,1
	6	Mina San Miguel 2		2,0	4,1	6,0
	7	Mina San José	0,2	4,7	12,1	9,7
	8	Mina Arenal	0,4	2,2	5,4	3,4
	9	Mina Urano	3,2	25,6	25,1	14,5



N°	Nombre	REFRACTARIEDAD CPE	CONTRACCION t (secado (S) y horneado (H)) (%)				RESISTENCIA A LA FIEXION POR CONTRACCION [kat/cm2]	ABSORCION (%)				EVALUACION			
			S=100°C	H=950°C total	H=1050°C total	H=1180°C total		H=1280°C total	seco	950	1050	1180	1280	Arcilla (posthorneado)	Utilización orientativa
SECTOR PICHILEMU															
1	Mina Chinito	<12	5,2	5,6	5,8	6,4	9,0	15,03	15,50	14,40	12,40	9,90	colorada (rojo intenso), arenosa	Ladrillos, macetas, tejas, cacharrería, baldosas, klinker	
2	Mina San Francisco	14/15	6,2	7,0	8,0	9,0	9,8	11,72	17,30	13,30	12,30	7,90	colorada de gres, arenosa	Ladrillos, macetas, cacharrería, baldosas, tubos	
3	Mina Peralillo	<12	7,4	6,6	9,2	11,0	13,0	13,96	21,70	17,40	14,32	11,80	colorada de gres, arenosa	Ladrillos, macetas, cacharrería, azulejos, baldosas, tubos	
SECTOR CAUQUENES															
4	Mina Tenequin	19	7,0	8,0	10,2	12,0	15,4	8,32	21,90	16,80	13,10	6,40	clara de gres con pirlita	Ladrillos, macetas, placas, revestimientos	
	Mina Tenequin	20	7,0	9,6	13,5	16,0	19,6	10,88	16,60	8,60	4,80	0,40	clara de gres	Cacharrería, baldosas, azulejos, tubos	
5	Mina El Roble	23											clara de gres débilmente refractario	Vajilla, baldosas, azulejos, tubos, orisoles, chamota	
	Mina El Roble	23-26											clara de gres débilmente refractario	Vajilla, baldosas, azulejos, tubos, orisoles, chamota	
6	Mina San Miguel 2	20-23	8,6	10,6	13,4	16,0	17,8	23,86	17,00	11,10	5,50	3,10	clara de gres	Baldosas, azulejos, vajillas, tubos	
7	Mina San José	20-23	7,0	8,0	11,3	14,0	15,8	14,74	18,70	12,30	9,40	4,20	clara de gres	Azulejos, baldosas, cacharrería, vajillas tubos	
	Mina San José	14	5,8	6,0	9,2	10,6	14,0	8,21	21,60	19,30	17,60	9,90	colorada, arenosa	Ladrillos, macetas, tejas, cacharrería, baldosas tubos	
8	Mina Arenal	23	6,0	6,4	9,2	10,8	12,0	13,10	20,30	17,20	15,80	10,40	clara de gres, arenosa	Ladrillos, macetas, gres, klinker, vajillas, azulejos	
	Mina Arenal	27	6,6	9,0	14,3	15,0	17,8	11,30	21,40	12,20	10,30	3,80	clara, refractario	Ladrillos refractarios orisoles, vajillas, azulejos	
	Mina Arenal	27-28	7,6	10,0	14,2	15,2	19,0	16,58	18,40	9,10	6,90	4,60	clara, aglutinante refractario	Ladrillos refractarios, vajillas, baldosas, azulejos	
9	Mina Urano	20	4,0	3,9	5,1	6,8	7,6	7,47	40,10	18,20	16,60	12,70	clara, porosa, arenosa	Azulejos, cacharrería, chamota, refractorio	

Tabla 2 Propiedades tecnológicas básicas de arcillas de las regiones VI y VII

La presencia de illita y montmorillonita se debe a una incompleta lixiviación del potasio y del calcio, respectivamente (Galán y Espinoza de los Monteros, 1984).

Las condiciones climáticas y morfológicas que permitieron el origen de las arcillas plásticas en las Regiones VI y VII, correspondieron, a un ambiente templado a cálido, con precipitaciones superiores a 1.500 mm/año, y a la existencia de un relieve suave con una abundante cubierta de vegetación (Vicente, 1972). Esta última habría facilitado la infiltración de las aguas meteóricas, permitiendo los procesos de lixiviación de las rocas del basamento ígneo y metamórfico, favoreciendo la hidrólisis de los feldespatos y la neoformación de minerales para originar, como producto principal, arcillas plásticas caoliníticas. Los posteriores procesos de erosión, transporte y depositación en pequeñas cuencas bajo ambientes de tipo lagunar paludal, de acuerdo al contenido de materia orgánica (Carrasco y Gajardo, 2000), dieron lugar a los yacimientos sedimentarios. La actividad tectónica cenozoica (Frutos *et al.*, 1986) ha sido responsable de la ubicación de estos yacimientos a alturas que varían entre 130 y 290 m s.n.m. y ha contribuido, junto con los sedimentos de sobrecarga, a preservarlos de los efectos de la erosión.

La información geológica y analítica actualmente disponible de las arcillas de VII Región, permite establecer, en forma preliminar, una separación de los yacimientos sedimentarios entre aquellos formados, fundamentalmente, a partir del producto de la meteorización de rocas metamórficas y aquellos formados a partir de rocas ígneas, o bien de rocas volcánicas.

En efecto, la presencia de feldespato potásico en las arcillas de algunos de los yacimientos de esta región (Carrasco y Gajardo, 2000), así como un contenido de sílice que guarda directa correspondencia con el de las rocas graníticas (Collao y Alfaro, 1982), indicaría su relación genética, principalmente con rocas graníticas paleozoicas. Sin embargo, la presencia de calcopirita en fragmentos líticos (Kerr, 1959), en otros yacimientos de la VII Región, indicaría una componente parental de tipo metamórfico. Por su parte, la presencia de sanidina y pirofilita, indicaría el aporte de minerales desde una fuente externa al Basamento Granítico y Metamórfico, constituida por rocas volcánicas intermedias a ácidas del Triásico Superior (Moreno *et al.*, 1976), afectadas por alteración hidrotermal (Gajardo y Carrasco, 1997) que afloran al oriente del área de estudio (Martínez-Pardo, 1990).

EDAD PROBABLE DE LAS ARCILLAS PLÁSTICAS

La tectónica distensiva que afecta a los yacimientos de arcillas plásticas de las Regiones VI y VII, se relaciona con el evento de diferenciación morfoestructural del territorio nacional, que se habría iniciado, al menos, durante el Mioceno temprano, alcanzando su máxima expresión en la Fase Geográfica (ca. 3,5 M.a) (Frutos *et al.*, 1986). En consecuencia, el proceso de alteración supérgena se habría iniciado en el Mioceno Inferior tardío, abarcando hasta el Mioceno Medio, coincidentemente con el establecimiento de condiciones climáticas favorables a este tipo de procesos en el Margen Pacífico de Sudamérica (Gajardo, 1998). Estas condiciones han estado presentes en un amplio tramo del sector centro-sur del país, incluyendo la Cordillera de la Costa y las Planicies Litorales, y se evidencian por la gran diversidad de yacimientos de arcillas y caolín relacionados genéticamente con dicho proceso, existentes entre los 33° y los 38° latitud sur (Gajardo, 1998).

La edad máxima del proceso sedimentario generador de los yacimientos de arcilla plástica correspondería al Mioceno Medio, edad indirectamente determinada por la edad mínima del

proceso de alteración supérgena. Su edad mínima debe ser anterior al evento de diferenciación morfoestructural de la Cordillera de la Costa, no obstante no es posible precisarla con exactitud.

PROPIEDADES TECNOLOGICAS Y APLICACION INDUSTRIAL

El estudio llevado a cabo según el convenio suscrito entre SERNAGEOMIN y GIS-GEOINDUSTRY, abarcó pruebas tecnológicas para determinar, en forma preliminar, las propiedades tecnológicas y las aplicaciones industriales posibles para las arcillas en estudio, las que están relacionadas, en gran medida, con su composición mineralógica, química y granulométrica.

Estas pruebas tecnológicas incluyeron determinaciones de Refractariedad, mediante el método del Cono Pirométrico Equivalente (CPE), Contracción al secado natural y al horneado, Resistencia a la Flexión por Contracción, y Absorción, cuyos resultados han permitido definir los siguientes usos para las arcillas en estudio.

Las arcillas de la VI Región presentan propiedades que permiten su utilización, principalmente, en la fabricación ladrillos, tejas, maceteros, artefactos decorativos, baldosas y klinquer (Tabla 2). En efecto, el mayor contenido en Fe_2O_3 de estas arcillas favorece su utilización en la fabricación estos productos, que tienen un color de cocido rojo. La factibilidad de elaborar baldosas proviene de sus altos valores de resistencia a la flexión por contracción que están íntimamente relacionados con su granulometría, ya que presentan un mayor porcentaje de fracción gruesa, entre 2,0 y 0,09 mm, que las arcillas de la VII Región. Consecuentemente, tienen menor proporción de minerales de arcilla y, por ende, sus valores de absorción son más altos que los de la VII Región.

Las arcillas de la VII Región presentan propiedades que permiten su utilización en la fabricación principalmente de ladrillos refractarios, vajillería, baldosas y azulejos (Tabla 2), es decir, productos de mayor requerimiento técnico y mayor valor agregado. El mayor contenido en Al_2O_3 de estas arcillas que alcanzan un CPE entre 23 y 28, favorecen su utilización en la elaboración de ladrillos refractarios y sus bajos contenidos en Fe_2O_3 permiten elaborar productos que cuezan claro, como baldosas y azulejos. La elaboración de estos productos está favorecida por los elevados valores de resistencia a la flexión por contracción y bajos valores de absorción de gran parte de las arcillas, las que presentan las características de un gres cerámico. Los reducidos valores de absorción están relacionados con una densidad más alta de las arcillas, en parte determinada por una mayor presencia de la fracción arcillosa, evidenciada por un mayor porcentaje relativo de fracción fina, en el rango 0,09-0,063 mm.

Los resultados obtenidos permiten, al menos en forma preliminar, orientar de mejor manera las principales aplicaciones tecnológicas para las arcillas estudiadas en las Regiones VI y VII y facilitar la realización de futuros estudios de mayor detalle en estos yacimientos.

CONCLUSIONES

- Las arcillas plásticas caoliníticas de las Regiones VI y VII se distribuyen en dos franjas de interés para la ocurrencia y prospección de nuevos yacimientos, localizadas en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, una de 15 km de largo en dirección NW y de 3 a 5 km de ancho, al sur de Pichilemu, y otra de 20 km de largo en igual dirección y entre 5 y 10 km de ancho, al norte de Cauquenes.

- Las arcillas han sido originadas por procesos de alteración supérgena en rocas intrusivas y metamórficas paleozoicas, de la Cordillera de la Costa de las regiones en estudio, y por el posterior transporte y depositación en ambientes de tipo lagunar-paludal, constituyendo yacimientos sedimentarios de hasta 20 m de potencia, intercalados en una secuencia sedimentaria de probable edad terciaria superior. El proceso de alteración habría ocurrido entre el Mioceno Inferior tardío y el Mioceno Medio, y el proceso sedimentario entre el Mioceno Medio y el evento de diferenciación morfoestructural de la Cordillera de la Costa.
- Las arcillas del sector de Pichilemu contienen 60-78% SiO₂, 10,24-20,31% Al₂O₃ y 3,99-14,09% Fe₂O₃, están compuestas por caolinita, cuarzo, illita, montmorillonita, vermiculita y feldespato potásico y se caracterizan por presentar un mayor porcentaje de la fracción gruesa, en el rango 2,0-0,09 mm. Las arcillas del sector de Cauquenes contienen 42,87-66,89% SiO₂, 19,37-32,46% Al₂O₃ y 1,64-9,14% Fe₂O₃, están compuestas por caolinita, cuarzo, sericita (illita?), montmorillonita, feldespato potásico, sanidina, pirofilita, calcopirita y hematita, y presentan fracciones más finas, en el rango 0,09-0,063 mm
- De acuerdo a los resultados de las pruebas tecnológicas, los que están relacionados con su composición mineralógica, química y granulométrica, las aplicaciones industriales posibles para las arcillas en estudio son las siguientes: las arcillas de la VI Región en la fabricación de ladrillos, tejas, maceteros, artefactos decorativos, baldosas y klinquer; las arcillas de la VII Región, principalmente en la fabricación de ladrillos refractarios, vajillería, baldosas y azulejos.
- Los resultados obtenidos permiten, al menos en forma preliminar, orientar de mejor manera las principales aplicaciones tecnológicas para las arcillas estudiadas en las Regiones VI y VII y facilitar la realización de futuros estudios de mayor detalle en estos yacimientos.

REFERENCIAS

- Carrasco, R. y Gajardo, A. 2000. Arcillas plásticas caoliníferas de la Provincia de Cauquenes, VII Región del Maule, Chile. *In* Congreso Geológico chileno, No. 9, Actas Resúmenes Expandidas, p. 171-175, Puerto Varas, Chile. Mason, B. 1952. Principles of Geochemistry. John Wiley and Sons, New York. 274 p.
- Collao, S. y Alfaro, G. 1982. Mineralización sulfurada de hierro, cobre y zinc en la cordillera de la costa, sur de Chile. *In* Revista Geológica de Chile. N° 15, p. 41-47, 7 figs., 3 tablas. Santiago, Chile.
- Frutos, J., Oyarzún, R. y Pincheira, M. 1986. Geología y Recursos Minerales de Chile. Editorial Universidad de Concepción, 3 Vols.: il. Santiago, Chile.
- Gajardo, A. 1991. Arcillas plásticas caoliníferas de las Planicies Litorales de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile. *In* Congreso Geológico chileno, No. 6, Actas, Vol. 1, p. 456-459, Viña del Mar, Chile.
- Gajardo, A. 1998. Estudio Técnico-Económico de minerales no metálicos entre las Regiones I y X. Servicio Nacional de Geología y Minería; Ministerio de Minería. Informe Registrado IR-98-13, 2 Vols., Santiago, Chile.
- Gajardo, A. y Carrasco, R. 1997. Recursos no metálicos de la Región del Maule. Servicio Nacional de Geología y Minería; Gobierno Regional del Maule. Informe Registrado IR-97-11, 221 p., 2 mapas pleg. Santiago, Chile.
- Galán, E. y Espinoza de los Monteros, J. 1984. El caolín en España. Edición Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 230 p. Madrid, España.
- Kerr, P. F. 1959. Optical Mineralogy. Mac Graw Hill. 442 p., New York, Estados Unidos.
- Martínez-Pardo, R. 1990. Major neogene events of the southeastern Pacific: the Chilean and Peruvian record. *In* Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, Elsevier Science Publishers, 77, p. 263-278, Amsterdam.
- Moreno, M.; Herve, F.; Godoy, E.; Parada, M. A. 1976. Reconocimiento geológico del área de Pocillas, Cauquenes, VII Región. Departamento de Geología, Universidad de Chile. Informe Interno, 10 p., 1 mapa, 1 perfil.
- Murray, H. 1988. Kaolin Minerals. Their Genesis and Occurrences. *In* Reviews in Mineralogy (Bailey, S W.; editor). Mineralogical Society of America, Vol. 19, p. 67-89.

SERNAGEOMIN, 2002. Mapa Geológico de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica No 75, 1 mapa en 3 hojas, escala 1:1.000.000. Santiago.

Vicente, J. C. 1972. Aperçu sur l'organisation et l'évolution des Andes argentine-chilennes centrales au parallèle de l'Aconcagua. *In* International Geologic Congress of Canada, N° 24, Vol. 3, p. 423-436.