

BUNDESANSTALT FUR BODENFORSCHUNG
- Misión Geológica Alemana
en El Salvador -

Minerales no Metálicos, Rocas y Suelos de Uso
Industrial en la República de El Salvador

Reporte Final
(1971 - 1973)
en 10 Partes

Hannover 1973

Indice del Reporte Final sobre Minerales no Metálicos, Rocas y Suelos de Uso Industrial en la República de El Salvador:

- Primera Parte: La Industria de Minerales no Metálicos y de Rocas y Suelos de Uso Industrial en El Salvador
- Segunda Parte: Materias Primas para Cemento, Cal Cáustica y Puzolanas en El Salvador
- Tercera Parte: Yacimientos de Rocas para Piedras Talladas en El Salvador
- Cuarta Parte: Agregados para Hormigón en El Salvador
- Quinta Parte: Materias Primas para Cerámica Fina en El Salvador
- Sexta Parte: Materias Primas para la Fabricación de Vidrio en El Salvador
- Séptima Parte: Materiales para la Construcción de Carreteras en El Salvador
- Octava Parte: Yacimientos de Perlita en El Salvador
- Novena Parte: Materias Primas para Cerámica de Tejas y Ladrillos en El Salvador
- Décima Parte: Yacimientos de Diatomita y Azufre en El Salvador

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG
- Misión Geológica Alemana
en El Salvador -

Minerales No Metálicos, Rocas y Suelos de Uso
Industrial en la República de El Salvador

QUINTA PARTE

Materias Primas de Cerámica Fina en
_____ El Salvador

Autor:

Dr. Volker Stein

Indice

1.	Introducción, Método de Investigación	1
2.	Descripción de los Yacimientos de Materias Primas	2
2.1	Caolines, Arcillas con Alto Porcentaje de Caolinita	2
2.2	Arenas de Cuarzo - Feldespato	8
2.3	Bentonitas	11
3.	Resumen	17

Mapa General de Materias Primas de Cerámica Fina en El Salvador

1. Introducción, Método de Investigación

La fabricación de productos de cerámica fina es todavía hoy, también en los países industrializados, muy intensa en personal, quiere decir, que los costes de personal representan una parte considerable de los costes de producción. Por eso es comprensible, que desde este punto de vista todos los países con salarios relativamente bajos tendrán a largo plazo una considerable ventaja de localización para la fabricación de productos de cerámica fina sobre los países altamente industrializados.

Hasta el presente en El Salvador solo existen primeros principios de una industria de cerámica fina, pero que tiene sin embargo, sobretodo un carácter artesano (comp. cuaderno 1 de este reporte). Sin embargo este potencial de artesano con experiencia puede ser de gran ventaja en el futuro, y debería ser considerado en todos los planeamientos.

Tanto cuanto sabemos, hasta ahora se aprovechan en El Salvador para trabajos de cerámica fina arcillas de meteorización de la región de Ilobasco y lavas descompuestas, caolinizadas, andesíticas, respectivamente andesitas, de la región de Ahuachapán. En la región de Ilobasco son hechas sobretodo figuras, pero también macetas, jarros, etc. El color de cochura de la pasta es gris-marrón hasta marrón. En Quezaltepeque se fabrica vajilla de uso de las andesitas descompuestas. El color de cochura de la pasta es - tanto como es conocida - de color crema. Parece que las impurezas de azufre que provocan pequeñas manchas oscuras en la pasta, son molestas. No se sabe nada sobre el procesamiento de las materias primas.

Durante los trabajos de la Misión Geológica Alemana en El Salvador, mostramos innumerab^{les} materias primas potenciales de cerámica fina. De principio nos limitamos al muestréo y la investigación orientadora en el campo, lo que solo en casos excepcionales permite una valorización económico-geológica de los diversos yacimientos de materia prima. Los análisis mineralógicos, químicos y sedimento-petrográficos fueron efectuados en los laboratorios de la Bundesanstalt für Bodenforschung (analíticos: Dr. Eckhardt, Dr. Fesser, Dr. Mattiat, Dr. Raschka, Dr. Rösch). En casos singulares también se comprobó la idoneidad para la cerámica de las materias primas por ensayos de cochuras en el horno de mufla del laboratorio y en un horno túnel industrial.

Los yacimientos de bentonita investigados quedan abarcados en este

reporte, porque se supone que estas materias primas se puedan utilizar, en cantidades pequeñas, más fácilmente en la industria de cerámica fina, pues una utilización como bentonitas para perforación, para construcción o para fundería queda excluida, después de las investigaciones en el laboratorio de Südchemie A.G.

2. Descripción de los Yacimientos de Materia Prima

2.1 Caolines, Arcillas con Alto Porcentaje de Caolinita

2.1.1 Introducción, Descripción de los Yacimientos

En El Salvador existen muchas rocas originales para la formación de caolines (sobretudo granitos, granodioritas, pórfiros de cuarzo, lavas acidas), también desde el punto de vista geológico había en el pasado condiciones apropiadas para la formación de caolines. Las condiciones de conservación eran, por lo visto, menos favorables, pues según nuestras investigaciones generales casi no se pueden contar con yacimientos de caolín muy grandes en El Salvador. Pero según nuestra opinión, los yacimientos descubiertos hasta el presente tienen un interés económico considerable.

Las siguientes muestras contienen caolinita como componente esencial (generalmente en relación con la fracción <0,063 mm de diámetro):

B 1436: al este (debajo) de Colonia Patricia, al final de la carretera (hoja San Salvador, no. 2357 II, coordenadas 2 65 920, 15 19 240); toba blanca, finamente granulada; parcialmente silificada a lo largo de vías de fallas. Muestra de una sección con 2 m de espesor. El material fué utilizado en parte como adición de vidriado para ladrillos.

B 1471,

B 1472: carretera hacia Cerro Talpetate, aprox. 0,8 km al oeste de la bifurcación de la carretera Troncal del Norte (hoja Tejutla, no. 2358 I, coordenadas 4 84 160, 3 50 160); lava ácida intermedia, meteorizada ("cuarzlatita"), gris blanco,

blanco amarillado claro, amarillo claro, blanco rojizo claro; muestras.

B 1473: carretera hacia Cerro Talpetate, aprox. 1,0 km al oeste bifurcación de la Carretera Troncal del Norte (hoja Tejutla, no. 2358I, coordenadas 4 83 960, 3 0 160); pórfiro de cuarzo meteorizado, gris blanco, muestra.

B 2103: carretera hacia Cerro Talpetate, aprox. 5,8 km al oeste bifurcación de la Carretera Troncal del Norte (hoja Tejutla, no. 2358 I; coordenadas 4 80 400, 3 49 440); pórfiro de cuarzo meteorizado, gris claro; muestra.

M 12: aprox. 1 km al este de La Laguna (hoja Chalatenango, no. 2458 III; coordenadas 5 07 040, 3 37 580); toba aglomerática ácida, blanca, solo poco meteorizada, tiene que ser molida; muestras.

M 26: Caserío Hacienda Vieja; 3,5 km al noroeste de Nueva Trinidad (hoja Chalatenango, no. 2458 III, coordenadas 5 26 120, aprox. 3 29 640).

M 154: 400 m a norte del puente sobre el Río Sucio, al norte de Perulapia, junto a la carretera San Martín-Suchitoto (hoja San Salvador, no. 2357 II; coordenadas 2 80 100, 15 29 640); tobas de pómez blancas, meteorizadas, como bancos en tobas marrones; muestra.

M 509: aprox. 200 m al oeste del Río San José, junto al Cerro Giegüecho, junto a la carretera Metapán-fábrica de cemento (hoja Masahuat, no. 2358IV; coordenadas 4 49 560, 3 56 600); granito meteorizado, granulación gruesa, blanco; muestra.

M 516: Hacienda Santa Rosa (hoja Metapán, no. 2359 III, coordenadas 4 50 120, 3 57 500); granito biotítico muy meteorizado, finamente granulado, gris claro; muestra.

M 531: junto a la estación de nafta Texaco en Metapán (hoja Masahuat; no. 2358 IV, coordenadas 4 56 120, 3 56 200); tufitas meteorizadas, marrón claro; muestra.

2.1.2 Resultados de los Análisis

Los resultados de los análisis son presentados en las tabe-
las siguientes:

Resultados de los análisis petrográficos de sedimentos

- datos en % en peso, diámetro de grano en μ -

Nuestra no.	<2	2 - 6,3	6,3 - 20	20 - 63	>63
B 1471	10,9	19,9	32,1	37,1	32,0
B 1472	11,6	19,2	30,4	38,8	24,0
B 1473	13,8	19,6	29,1	37,5	37,0
B 2103	6,4	10,7	21,3	24,3	37,3
M 12	29,8	27,4	21,6	21,2	32,0

Resultados de las determinaciones de componentes mineralógicos
semicuantitativas con las fracciones <63 μ -
- porcentajes estimados en % en peso -

muestra-no.	> 30 %	10 % - 30 %	<10 %
B 1436	K, Lus	Q,	Mtm
a	Q, K,	I,	F
B 1471	Q,	K,	F
b			
B 1472	Q,	K,	F, Chl, I
B 1473	Q,	K, F	Musk, Mixed L. ?
B 2103	Q, F,		K,
a	Mtm, Q,	K,	F, I
M 12	Q		F, K, Mtm
b			
M 509	K (skr),	F, Lus,	Q, Chl, Mtm
M 516		K(skr), F, Chl, Lus, Dol,	Cc
M 531		K Q	Mtm, F,

Explicación de las abreviaturas:

Chl = clorita, C = calcita, Dol = dolomita, F = feldespatos,
 Gi = yeso, I = illita, K = caolinita, Lus = lussatita (ópalo de
 cristobalita), Musk = muscovita, M-I = mica de muscovita-illita,
 Mtm = montmorillonita, Mixed L. = mixed layer mineral de arcilla,
 Q = cuarzo, mcr = mal cristalizado

Resultados de las determinaciones de componentes mineralógicas
semicuantitativas con las fracciones <20 μ -
- porcentajes estimados en % en peso -

muestra no.	> 30%	10 - 30 %	<10 %
B 1471	K,	Q (± 20%)	F (± 10%), Musk
B 2103	Q,	F, K, M-I,	Chl, Mtm, Gi ?
M 12	Mtm	K(± 20%), Q(± 15%)	F (± 5 %)
M 26	K, F,	Q	
M 154	K,	Mtm,	Q,

Las muestras M 26 y M 154 contienen porcentajes notables de sustancias radioscópicamente amorfas. Para la explicación de las abreviaturas comp. la tabela anterior.

Resultados de los análisis químicos de fracciones <63 μ
- datos en % en peso -

muestra no.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	GV
B 1436	67,3	21,2	0,07	0,00	0,35	0,35	0,36	1,28	8,90
B 1471	67,1	20,1	4,05	0,00	0,08	0,25	0,28	1,00	6,00
B 1472	68,5	19,8	3,65	0,23	0,07	0,09	0,29	0,96	6,00
B 1473	64,6	21,6	4,38	0,69	0,11	0,33	0,29	2,18	6,24
M 12	72,3	14,7	4,13	0,78	0,19	0,64	0,28	1,92	4,89

Color de cochura de muestras escogidas (fracciones <63 μ)

M = cochura en el horno de mufla con aprox. 1 100°C

T = cochura en el horno túnel con un máximo aprox. 1 050°C

(secado en el armario de secado del laboratorio con
aprox. 110° C)

Muestra B 1472 (T): color de la pasta: blanco; muestra no vitrificada todavía, contracción total observada de aprox. 3%, por eso todavía ± igual a la contracción de secado

Muestra B 1473 (T): color de la pasta: rosa hasta blanco rosa; muestra todavía no vitrificada, contracción total observada de aprox. 5 %, por eso todavía \pm igual a la contracción de secado.

Muestra B 2103 (M): color de la pasta: blanco

Muestra M 12 (T): color de la pasta: amarillo claro; bien vitrificada, contracción de secado 10% - 13%, contracción total 14% - 16%.

Muestra M 509 (M): color de la pasta: rosa claro hasta blanco rosa;

Muestra M 516 (M): color de la pasta: gris marrón claro.

2.1.3. Evaluación Económico-Geológica de los Resultados de los Análisis

Al evaluar las muestras y los análisis partimos del principio, que más tarde únicamente material decantado será utilizado industrialmente. Como no sabemos, si los yacimientos justifican la construcción de grandes instalaciones de preparación, partimos de un proceso de decantado sencillo y consultamos por eso sobretodo los resultados obtenidos con las fracciones $< 63 \mu$.

Muestra B 1436: según los resultados de los análisis (radiografía, química) la fracción $<63 \mu$ contiene aprox. 50% - 55% caolinita, aprox. 35% - 40% lussatita, aprox. 5% cuarzo y aprox. 5% montmorillonita. Con esto debe ser seguro que el material es bien apropiado para una utilización en cerámica fina, pues la caolinita aumentará la estabilidad en el fuego, la lussatita debe vitrificar bien y la montmorillonita debe influenciar favorablemente la plasticidad.

Se debe hacer sobresalir el color cochura.

Este yacimiento debería continuar a ser investigado, y no por último a causa de su posición favorable para el transporte.

Muestras D 1471 - 1473, B 2103: según los resultados de los análisis las materias primas son muy bien apropiadas para la fabricación de cerámica fina. Pero podría ser necesario aumentar la plasticidad, por ejemplo por adición de bentonitas o de arcillas bentoníticas.

Estos yacimientos deberían continuar a ser investigados primordialmente y no por último a causa de su posición para el transporte.

Muestra M 12: el material meteorizado es probablemente una arcilla aglutinante con buena plasticidad. Otras investigaciones deberían esclarecer si hay suficiente material meteorizado disposición, o si la materia prima tiene que ser molida.

Muestra M 154: Probablemente apropiada para una utilización en la cerámica fina por su composición mineral. Posiblemente malas condiciones de explotación.

Muestra M 509: según los resultados de los análisis apropiada como materia prima para la cerámica fina. Aconsejables más investigaciones.

Muestra M 516: muy probablemente inapropiada para productos cerámicos de alta calidad.

Muestra M 531: posiblemente un material para cerámica fina con buenas calidades plásticas. Aconsejables más investigaciones.

2.2 Arenas de Cuarzo - Feldespato

En el Departamento de Chalatenango se observaron granitos, respectivamente granodioritas, que afloran por grandes áreas, meteorizados en granulos y parcialmente descoloridos. Algunos de estos yacimientos fueron recorridos y muestreados. Además de muestras de afloramientos naturales, se pudieron también analizar muestras de pozos de sondeo con aprox. 7 m de profundidad.

Estas materias primas fueron investigadas más detalladamente, pues pueden ser utilizadas tanto en la industria de vidrio como en la industria de cerámica fina.

En el laboratorio de la Bundesanstalt für Bodenforschung se examinó además, por medio de ensayos sencillos de la técnica de preparación, en qué se diferencian las composiciones químicas de las diversas fracciones granulométricas.

Muestra B 1467

Muestra de sección junto a la carretera 1 km al norte de San Francisco Morazán (hoja Tejutla, no. 2358 I, coordenadas 4 94 600, 3 40 200).

Composición química:

muestra total: 75,8 % SiO₂; 13,2 % Al₂O₃; 1,2 % Fe₂O₃

fracción <0,63 mm : 68,5 % SiO₂; 16,9 % Al₂O₃; 2,81 % Fe₂O₃

fracción >0,63 mm : 81,9 % SiO₂; 10,2 % Al₂O₃; 0,44 % Fe₂O₃

fracción >1,12 mm : 84,2 % SiO₂; 8,7 % Al^b; 0,33 % Fe₂O₃

La muestra total contenía aprox. 60%-65% de cuarzo, más de 30% de feldespato y menos de 10% de muscovita/caolinita; la fracción > 1,12 mm contenía aprox. 80% de cuarzo y aprox. 20% de feldespato.

Según los análisis presentes los contenidos de Fe₂O₃ estorbantes están ligados sobretodo en las fracciones más finas.

Muestras B 1909 - 1912 (hoja El Paraíso, no. 2358 II);

B 1909 r 2 79 350, h 15 65 080;

B 1910 r 2 79 370, h 15 65 020;

B 1911 r 2 79 400, h 15 64 970;

B 1912 r 2 79 520, h 15 64 960;

(muestras de zanjas de afloramientos)

distribución granulométrica: >2,0 mm: 26,5 % - 44,3 %;

0,63 - 2,0 mm : 22,1 % - 25,0 %; 0,2 - 0,63 mm:

14,8 % - 22,0 %; 0,063 - 0,2 mm: 8,2 % - 13,4 %;

0,002 - 0,063 mm: 9,2 % - 12,2 %; <0,002 mm : 1,4 % - 2,2 %.

Composición química: SiO₂: 71,2 % - 74,1 %; Al₂O₃ : 13,2% - 14,6%;
K₂O : 3,78% - 4,05 %; Na₂O: 3,90 % - 4,19 %; Fe₂O₃ : 1,54 % - 2,09%;
CaO : 0,66 % - 0,74 %; MgO: 0,25 % - 0,40 %.

Composición mineral: componentes principales : cuarzo, feldespato; en conjunto <5 %: clorita, caolinita, mica, horneblenda. La muestra más rica en hierro B 1909 contiene clorita y horneblenda» Las muestras más pobres en hierro B 1912 además de cuarzo y feldespato no contienen otros minerales comprobables radiográficamente y es a la vez la muestra con la granulación más gruesa (66,4 % 0,63 mm Ø).

Muestra B 1916 - 1919 (hoja El Paraíso, no. 2358 II;

B 1916 r 2 79 430, h 15 65 100;

B 1917 r 2 79 520, h 15 65 120;

B 1918 r 2 79 530, h 15 65 030;

B 1919 r 2 79 460, h 15 65 020;

(muestras de zanjas de pozos de sondeo).

Distribución granulométrica: >2 mm: 23,4 % - 35,7 %;

0,63 - 2,0 mm : 24,8 % - 27,2 %; 0,2 - 0,63 mm: 17,1 % -

0,063 - 0,2 mm: 10,0 % - 12,7 %; 0,002 - 0,063 mm : 10,6 - 13,1 %;

< 0,002 mm : 1,6 % - 3,2 %

Composición química: SiO₂: 73,2 % - 74,7 %; Al₂O₃: 12,8% - 14,2%;

K₂O : 3,81 % - 4,28 %; Na₂O : 3,65 % - 4,16 %; Fe₂O₃ : 1,38 %

- 1,83 %; CaO : 0,55 % - 0,76 %; MgO : 0,26 % - 0,4 %;

Composición mineral: componentes principales: cuarzo, feldespato; en conjunto <5% están presentes: clorita montmorillonita, caolinita, mica. La muestra más rica en hierro B 1918 es la vez la muestra con más feldespato. La muestra con menos hierro B 1917 contiene el mayor porcentaje de la fracción > 0,63 mm (60,5 %).

Muestra B 1443 (hoja Ahuachapán, no. 2257 IV;

coordenadas: 4 13 320, 3 08 700)

zanjas junto al Cerro Blanco cerca de Ahuachapán, segunda galería calicata, muestra.

Distribución granulométrica: (2 μ : 24,0 %; 2 - 6,3 μ : 16,9 %;

6,3 - 20 μ: 15,7 %; 20 - 63 μ : 17,1 %; 63-200 μ : 10,8 %;

200 - 630 μ: 6,3 %; 630 - 2000 μ : 6,9 %; >2000 μ : 2,3 %

composición mineral de la fracción >63 μ: componentes principales: cuarzo y plagioclasa; muscovita en vestigios (en el límite de la comprobabilidad).

Composición mineral de la fracción <20 μ : componentes principales: cuarzo y plagioclasa con <10% de muscovita.

Composición química de la fracción <63 μ : 47,0 % SiO_2 ; 24,4 % Al_2O_3 2,72 % K_2O ; 0,48 % Na_2O ; 0,08 % CaO ; 0,06 % MgO ; 1,09 % TiO_2 ; 0,24 % Fe_2O_3 ; 23,88 % GV.

Las muestras investigadas sobresalen todas por sus contenidos altos de SiO_2 y de Al_2O_3 . Los contenidos de Fe_2O_3 son en parte relativamente altos, siendo así de temer coloraciones en la pasta cerámica. Sin embargo parece ser posible obtener, por medio de procesos de preparación sencillos (tamizar, lavar), productos, que satisfacen también exigencias calitativas más elevadas. Sobretudo la muestra B 1443 es de considerar aquí como muy favorable.

Las grandes cantidades comprobadas de arenas de cuarzo-feldespatos son suficientes en todos los casos, para abastecer una industria de cerámica fina con las materias primas necesarias por espacios de tiempo mayores. Una empresa de explotación y de preparación, que suministre tanto la fábrica de vidrio en San Salvador como la industria de cerámica fina con cuarzo y feldespatos, debe ser especialmente económica.

2.3 Bentonitas

2.3.1 Introducción, Método de Investigación

Arcillas o rocas arcillosas, que se componen casi exclusivamente de montmorillonitas de Na, Ca o Mg, así técnicamente de considerar como bentonitas, se forman de preferencia por transformación de vidrios volcánicos ácidos. Rocas originales potenciales para la formación de bentonitas existen en gran número en El Salvador. Primeros resultados de investigaciones confirman esta suposición, sin embargo trabajos intensos analíticos demostraron que la comprobación de bentonitas utilizables técnicamente está ligada a grandes dificultades.

Durante los trabajos en el campo en 1972 prestamos especialmente atención a intercalaciones "arcilladas" en series de rocas con alto porcentaje de vidrios volcánicos ácidos. También buscamos las formas de meteorización parecidas a "popcorn", descritas en los EE.UU., pero en su formación característica solo encontramos insinuaciones. Posiblemente esta diferencia se debe a las condiciones de meteorización distintas en El Salvador o a la compo-

sición mineralógica distinta de las bentonitas.

Las muestras recogidas fueron separadas, parcialmente ya en El Salvador, en sus fracciones $> < 63 \mu$, y la fracción $< 63 \mu$ fué analizada en los laboratorios del Servicio Geológico de la R.F.A. cuanto a su composición mineral. Para más investigaciones escogimos las muestras que en la fracción $< 63 \mu$ contenían más de 70% de montmorillonita.

Además fueron incluídas en los ensayos esas muestras que según el dictamen del campo podrían ser consideradas como bentonitas o rocas parecidas a las bentonitas.

A fin de obtener resultados de investigaciones comparables técnicamente, las muestras originales (muestras de zanjas o muestras representativas) fueron secadas, quebradas y la fracción $< 63 \mu$ fué tamizada (Dr. P. MÜLLER). En la fracción $< 63 \mu$ se determinó la distribución granulométrica, la composición mineral, la composición química y la capacidad de intercambio total así como la capacidad de intercambio de los diversos cationes (analíticos: Dr. Eckhardt, Dr. Fastabend, Dr. Mattiat, Dr. Raschka, Dr. Rösch). Con base en estos resultados se pudieron escoger las muestras interesantes, desde el punto de vista económico, respectivamente tecnológico, para otras investigaciones.

El laboratorio de Südchemie AG. en Moosburg (Dr. Fahn, Dr. Buckl) se encargó de los análisis especiales, habiendo sido comprobado extensamente las exigencias a las bentonitas utilizables técnicamente.

2.3.2 Descripción de las Muestras Investigadas, Resultados de los Análisis

Según los resultados de las investigaciones mineralógicas generales las siguientes muestras contienen mucha montmorillonita:

muestras B 1437, B 1438 y B 1439: El Coco
(varios yacimientos en la localidad y en sus alrededores)

hoja Candelaria de la Frontera, no. 2258 II,

B 1437 : r 4 22 460, h 3 28 200

B 1438 : r 4 22 220, h 3 28 340

B 1439 : r 4 22 360, h 3 28 480

B 1437: tobas con un espesor de hasta 1,1 m, quebrándose en astillas, en parte desintegrándose en pequeños bloques poligonales, marrón medio.

B 1438: tobas ± meteorizadas, verdáceas claras, en parte con descomposición característica de "pop corn"; se muestreó un corte con un espesor de aprox. 1 m.

B 1439: tobas en parte duras (? silificadas, meteorizada por estratos, quebrándose en astillas hasta en cascós, amarillenta clara hasta verdácea clara; se muestreó un corte con espesor aprox. de 5 m.

M 102: Quitasol, hoja El Paraíso, no. 2358 II, coordenadas 2 67 360, 15 56 900.

Toabas y tufitas, en parte con arenas finas intercaladas, blancas, amarillentas claras hasta marrones claras. Espesor: nprox. 10 m.

M 525B: Colonia Guadalupe, en la perifería este de Metapán; hoja Masahuat, no. 2358 IV, coordenadas 4 52 400, 3 56 540.

Toba, rosa claro; banco con 1,5 m de espesor, intercalado en tufitas. Arenas y cascajos de la serie fluvial de Metapán; la muestra se desintegra en el agua para una pasta plástica.

M 551: carretera secundaria hacia Cantón Camones, hoja Candelaria de la Frontera, no. 2258 II, coordenadas 4 44 000, 3 25 900.

M 556: al noroeste de Cerro Tahuilapa, junto a la carretera Metapán-San Antonio; hoja Masahuat, no. 2358 IV, coordenadas 4 57 920, 3 49 060.

Tufita, granulación muy fina, seca de color gris claro hasta gris blanco. Se desintegra en el agua para una pasta plástica.

M 558: Río Tahuilapa, junto a la carretera Metapán - Aldea El Zapote, hoja Masahuat, no. 2358 IV, coordenadas 4 57 480, 3 50 960.

Tufita, granulación fina, gris amarillento claro; se desintegra en el agua para una pasta plástica y ja-

bonosa.

M 559: la misma región y la misma roca que en M 558; hoja Masahuat, no. 2358 IV, coordenadas 4 57 980, 3 50 960.

D 21-III: al este del cruce de carreteras El Cobanito, junto a la carretera Aguilares - Chalatenango; hoja El Paraíso, no. 2358 II, coordenadas 2 79 570, 15 57 380.

Resultados de las determinaciones semicuantitativas de la composición mineralógica con las fracciones <63 μ

muestra no.	>30 %	10% - 30%	<10%
B 1437	Mtm,		Q, Crist, F
B 1438 a	Mtm,		
B	Mtm,		K, Q
B 1439 a	Mtm,		Q, F
B	Mtm,		M-I, K-Chl, Q
M 102	Mtm,		Q, F
M 525 B	Mtm,	F,	Q
M 551	Mtm,		Lus
M 556	Mtm,		Q
M 558	Mtm,		Q, F, Lus
M 559	Mtm, aS		Q
D 21-III-1	Mtm		I, Q, F, K ?
-2		Mtm,	Q, K?
-3		Mtm,	K, Q, I ?
-4		Mtm,	K, Q, I
-5		Mtm,	K, Q, I
-6	Mtm		K, Q, I
-7		Mtm	K, Q, I, F?
-8		Mtm	K, Q, I
-9	Mtm		K, Q, I, F

Explicación de las abreviaturas: Crist = cristobalita, F = feldespato, I = illita, K = caolinita, K-Chl = caolinita-clorita (estadio de transformación), Lus = lussatita (cristobalita - ópalo), M-I = muscovita-illita (estadio de transformación), Mtm - montmorillonita, Q = cuarzo, aS - substancia amorfa radiográficamente.

Resultados de los análisis químicos con las fracciones <63 μ datos en % en peso -

Muestra No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	GV
B 1438	54,3	17,6	0,17	0,23	1,62	2,54	0,58	8,19	14,33
B 1439	59,4	16,4	0,18	0,21	1,22	1,82	0,59	6,81	13,60
D21-III-1	64,4	17,7	1,07	n.b.	0,49	0,63	0,62	5,23	7,92
-2	64,8	17,6	1,05	n.b.	0,47	0,66	0,58	4,96	8,16
-3	65,2	18,3	1,08	n.b.	0,47	0,54	0,54	4,76	7,89
-4	66,6	16,8	1,06	n.b.	0,45	0,51	0,51	4,57	7,29
-5	69,0	15,4	1,05	n.b.	0,45	0,54	0,48	4,14	6,97
-6	66,6	16,6	1,26	n.b.	0,50	0,66	0,50	4,34	7,17
-7	70,0	14,7	1,02	n.b.	0,41	0,33	0,45	3,91	6,95
-8	71,2	13,0	1,05	n.b.	0,44	0,44	0,40	4,13	6,13
-9	71,0	15,1	1,11	n.b.	0,48	0,33	0,45	3,52	6,82

Resultados de las determinaciones de la capacidad de intercambio y de los cationes intercambiables

- datos en mVal/100 g -

muestra No.	valor H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ²⁺	suma	
B 1437	52,5	0,6	33,3	21,4	0,8	2,1	58,2
B 1438 a	72,6	0,5	45,2	27,7	0,7	0,6	74,7
b	81,0	1,2	52,0	33,6	1,0	1,8	89,6
B 1439	55,8	0	32,8	22,3	1,6	0,5	57,2
M 102	29,5	1,2	21,8	6,3	2,3	1,1	32,7

Para más investigaciones fueron escogidas dos muestras (B 1438, B 1439), después de valorizados 1° análisis. De los ensayos en el laboratorio de Südchemie AG. resultó:

Ambas las muestras están compuestas predominantemente de montmorillonita con pequeñas cantidades de cuarzo, mica e iluta. Es de notar que especialmente la muestra B 1439, a pesar de tener un alto contenido de montmorillonita, solo tiene una baja capacidad de intercambio. Por eso esta muestra absorbe en la absorción colorante (azul de metileno) mucho menos colorante de que la muestra D 1438.

La mayoría de los iones intercambiados (B 1438 77,0 mVal/100 g, B 1439 54,5 mVal/100 g) son Ca^{2+} y Mg^{2+} , tratándose así de bentonitas declaradamente de tierras alcalinas.

Para comprobar la idoneidad para la utilización en la industria de fundería, de sondeo o de construcción, se efectuó una activación alcalina con 4% de sosa. Las maestras activadas tenían muy bajo poder de hinchamiento, pues solo una suspensión de 8g de bentonita se sedimentó en 100 g de agua. Por eso se pone de parte una utilización como bentonita de construcción o de sondeo.

En el ensayo como bentonita de fundería ambas las muestras presentaron valores medios de resistencia, pero únicamente una pequeña estabilidad térmica. Sin embargo la estabilidad térmica es una medida para la utilización económica. Con una bentonita con inestabilidad térmica hay que adicionar mayores cantidades de bentonita fresca a las arenas de moldeo usadas de nuevo.

En vista de estos resultados por ahora desistimos de otros ensayos para la utilización técnica. Los extensos análisis mineralógicos permiten observar algunas otras particularidades de las bentonitas investigadas. Casi todas las muestras contienen, en cantidades mayores o menores, sustancias amorfas radiográficamente (probablemente fases de transformación de antiguos vidrios volcánicos). Estas sustancias amorfas radiográficamente no tienen una capacidad de intercambio de iones digna de mención, pero eso significa, que todas estas muestras muy probablemente no son apropiadas como bentonitas técnicas.

2.3.3 Evaluación Económico-Geológica

A pesar de un contenido relativamente alto hasta muy alto de montmorillonita casi todas las muestras tienen una capacidad de intercambio tan pequeña que están fuera de cuestión para una utilización como bentonitas técnicas. Este resultado sorprendente puede tener su causa por un lado en el porcentaje todavía relativamente alto de substancias extrañas, sobretodo de fases amorfas radiográficamente, por el otro se puede deber a que en el retículo de la montmorillonita existan iones no intercambiables (p.ej. Fe^{2+}), sin que se traten de verdaderas nontronitas.

La muestra B 1438 presenta los mejores resultados en su totalidad. Esta muestra presentó - tanto cuanto se sabe - como única la estructura característica de meteorización de las bentonitas. Pero también aquí las calidades técnicas se encuentran en oposición evidente con los resultados mineralógicos, pues la activabilidad es tan pequeña, que hay que excluir una utilización en la industria de sondeo, de construcción y de fundería. También aquí la causa de la mala idoneidad técnica es posiblemente un contenido demasiado de iones no intercambiables en el retículo de la montmorillonita.

Por eso, en el mejor de los casos, las bentonitas descubiertas pueden ser utilizadas como tierras descolorantes relativamente malas y talvez como aditivos a las masas de fusión en la industria de la cerámica fina.

Tanto cuanto se puede juzgar, existen en El Salvador, antes como ahora, buenas probabilidades de descubrir bentonitas utilizables en la técnica. La busca se debería concentrar, desde un punto de vista geológico, a los horizontes más viejos de tobas, debiéndose prestar especial atención a las formas de meteorización características de las bentonitas.

3. Resumen

Aunque la investigación de las materias primas para la cerámica fina en El Salvador no haya terminado, permite ya un primer resumen geológico-económico.

Está asegurada la existencia de arcillas caoliníticas y de caolinas en El Salvador, que pueden ser elaboradas en la industria de la cerámica fina. Algunas materias primas son tan