



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

CARACTERIZACION DE LAS ARCILLAS DE SANTIAGUITO
TLALXILALCALI EDO. DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Q U I M I C O
P R E S E N T A
JORGE ARELLANO HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1991



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CAPITULO 1

INTRODUCCION.

OBJETIVOS.

Los habitantes del pueblo de Santiaguillo Tlalxilalcali se dedican principalmente a la alfarería y a la agricultura, siendo la primera la fuente de ingresos más importante.

Tomando en cuenta que para los habitantes de la zona esta actividad es la principal forma de obtener ingresos, es necesario hacer un análisis completo y detallado de la arcilla utilizada por los mismos, con el objeto de poder conocer las características tanto físicas como químicas de la arcilla. Los resultados obtenidos indicarán de que tipo de arcilla se trata, el contenido y la cantidad de todos y cada uno de los elementos que la constituyen así como sus propiedades físicas; - con lo cual se caracterizará la arcilla.

La totalidad de las piezas cerámicas que son elaboradas con este material son ollas y vasijas para el uso doméstico, por lo que resulta indispensable incluir en el análisis químico la determinación de metales pesados y contaminantes que pudieran existir en dicho material y que pudieran ser dañinos para el organismo humano.

Este trabajo tiene la finalidad de estudiar la arcilla y si ésta es utilizada de la mejor manera posible o si se le puede hacer mejoras añadiendo algunos elementos o algunas sustancias que pudiera mejorar dicho material.

Con esto se busca que las personas que viven de la alfarería, puedan aumentar sus ingresos debido a las mejoras o a los cambios que propongan.

CAPITULO 2

GENERALIDADES.

El pueblo conocido con el nombre de Santiaguito Tlalxilalcali, está ubicado en el Estado de México a aproximadamente 30 minutos, al noroeste de Toluca y al norte de San Miguel Zinacantepec; esto se puede visualizar mejor en los mapas que se encuentran en las hojas siguientes. En el mapa # 1 se ubicará a Toluca y a -- San Miguel Zinacantepec; en el mapa # 2 se observa la ubicación exacta de Santiaguito Tlalxilalcali y en el mapa # 3 se da una visualización más amplia de la zona para poderla ubicar con referencia a la Ciudad de México.

En tiempos prehispánicos, un grupo de Aztecas y Chichimecas se extendieron por toda la meseta central del país estableciéndose en dicha zona; dicho grupo fué conocido como la cultura Náhuatl. Esta cultura estaba formada por numerosas -- castas sociales: nobles, plebeyos y pueblo en común. La base de la sociedad era la familia, formada por los padres e hijos y en la cuál el hombre más anciano era quién desempeñaba las funciones de jefe. La mujer tenía pocas atribuciones, salvo el honor que le daba la maternidad, eran raros los privilegios de que gozaba.

La cultura Náhuatl fué fundamentalmente un pueblo agrícola, el principal fruto que cosechaba y que constituía la base de su economía era el maíz. Entre -- las bebidas alimenticias se encuentra una, formada por granos de Chía mezclados -- con harina de maíz; otra era el delicioso chocolate, oriundo de los territorios -- del pueblo azteca. La bebida alcohólica más difundida era el pulque el cual se obtiene de la fermentación del jugo que se extrae del maguey (agave) hacían también bebidas fermentadas con maíz y con palmas.

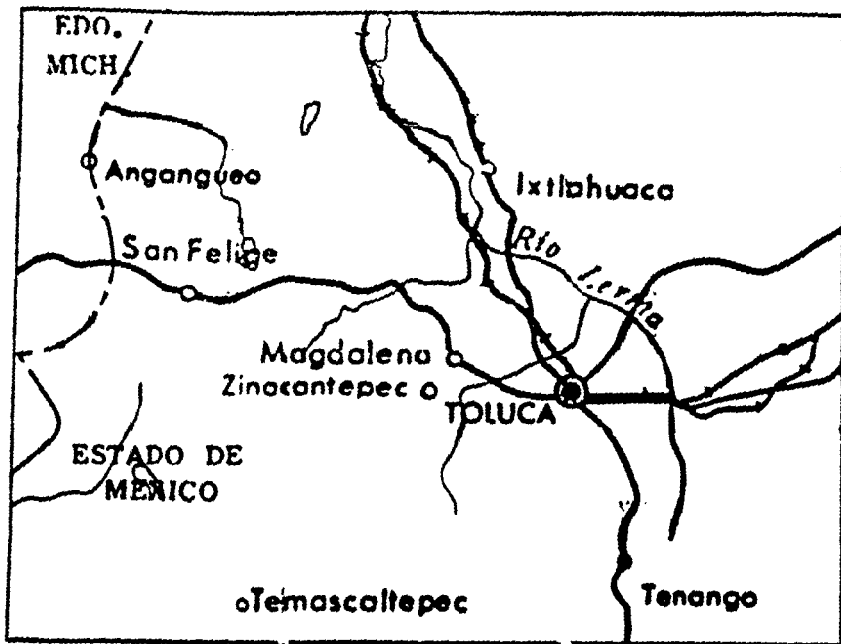
En lo que se refiere a los oficios, se había logrado un notable desarrollo y eficacia técnica, pese a lo limitado y pobre del instrumental, al desconocimiento de los metales duros, del torno del uso de la rueda como elemento de transporte, y a la inexistencia de animales de carga. También eran excelentes lapidarios; tallaron y pulieron toda clase de piedra, desde las más blandas hasta los duros y quebradizos cristales naturales, como la obsidiana. La fundición y trabajo

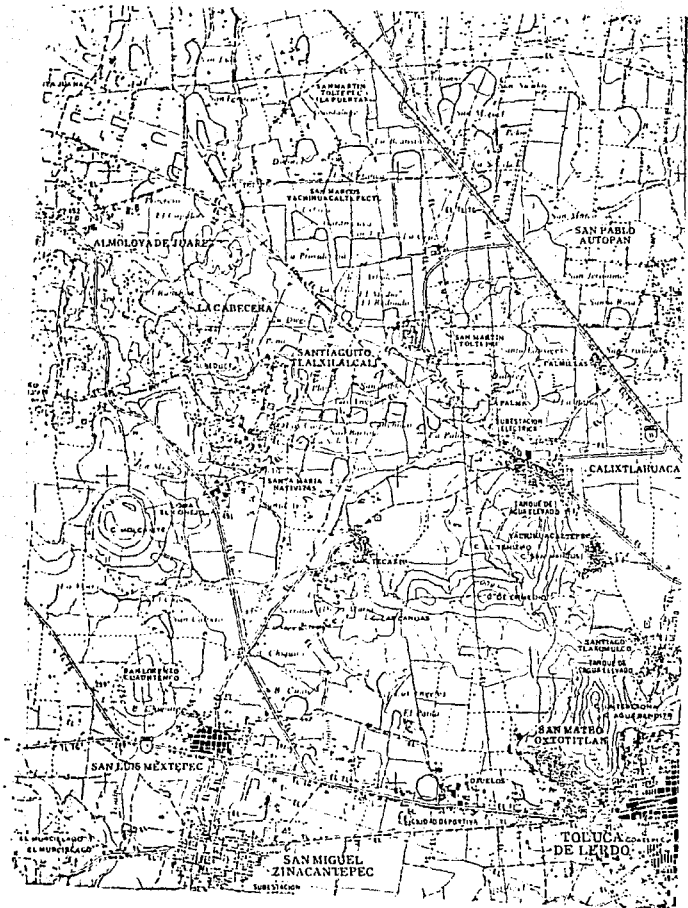
de los metales (cobre, plata y oro), tuvieron un gran desarrollo entre ellos, y aún cuando no lograron el bronce, conocieron aspectos sorprendentes de la técnica metalúrgica, como la soldadura, la filigrana y la fundición a la cera perdida. Estas posibilidades técnicas hicieron de ellos excelentes joyeros, que supieron crear con piedras y metales, complicadas figuras y ornamentos.

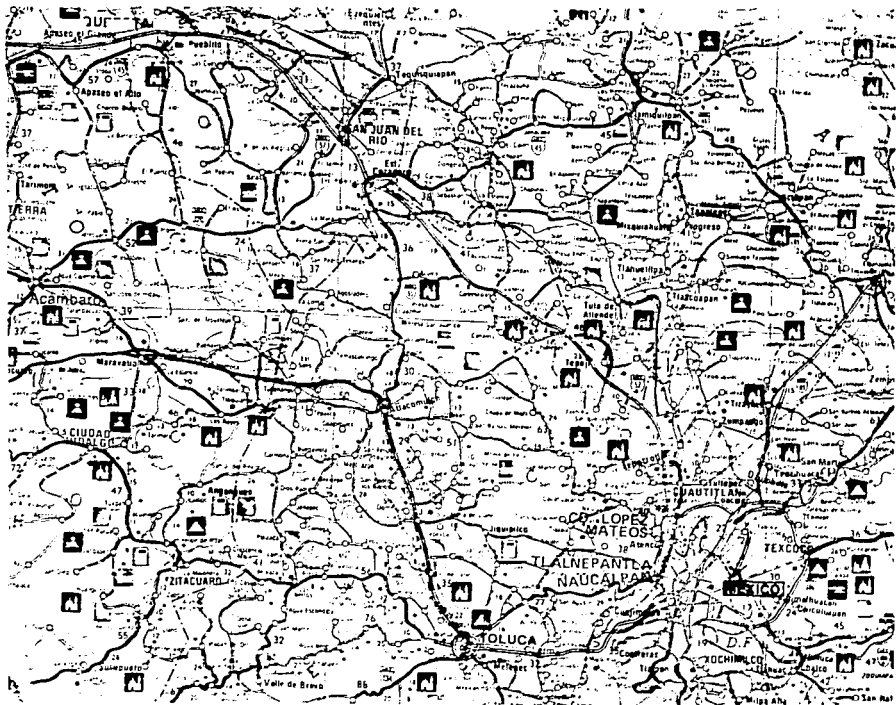
Conocieron diversas técnicas para el hilado y tejido de las fibras vegetales, así como para su adorno ya sea mediante el bordado o el estampado. Poseían tintes de riquísimos matices, los cuales eran extraídos de plantas, animales y minerales.

Fueron también magníficos alfareros, alcanzando gran habilidad en la elaboración de vasijas, por sus caprichosas formas, así como por el policromado con el que solían adornarlas. Sin embargo, nunca alcanzaron un nivel artístico comparable al de su arquitectura y su escultura, aún y cuando en el último período que precedió a la conquista, sus enseres domésticos de barro eran de exquisita elegancia.

En la actualidad, aún y cuando la tecnología ha avanzado enormemente, las condiciones de vida de ciertas zonas siguen siendo deplorables, este es el caso de la zona de Santiaguillo Tlalxilaicali, en donde la gente sigue viviendo principalmente de la agricultura del maíz y de la alfarería, elaborando gran cantidad (dentro de sus posibilidades) de ollas y vasijas para posteriormente comercializarlas en áreas cercanas y más pobladas como es el caso de Toluca por ejemplo.







En los tiempos primitivos y en los inicios de la industria cerámica, las únicas materias primas conocidas eran las arcillas plásticas naturales. Con el paso del tiempo, se fueron conociendo muchas otras materias primas importantes para esta industria; sin embargo, la arcilla es todavía la materia principal.

Se puede definir el término arcilla como el material que existe en todos aquellos depósitos terrestres naturales que poseen la singular propiedad de la plasticidad.

Se debe señalar que existen arcillas en depósitos de naturaleza muy variable y que no existen dos depósitos que tengan exactamente la misma arcilla; - además que en ciertas ocasiones, cuando se extraen distintas muestras de arcilla del mismo depósito estas difieren entre sí.

Las arcillas se forman por envejecimiento de otras rocas; como granitos, feldspatos, pegmatitas, gneiss, etc. El envejecimiento de estas rocas fué ocasionado por la acción mecánica del agua, viento, glaciares y movimientos terrestres; además de la acción química del agua, dióxido de carbono, ácidos húmicos y en ciertas ocasiones por gases de azufre ayudados por temperaturas elevadas.

Las rocas a partir de las cuales se han formado las arcillas, son aluminosilicatos complejos, los cuales durante el envejecimiento han sido hidrolizados, formando sales solubles con los iones alcalinos y alcalinotérreos y quedando en el resto compuestos de aluminio-silicatos hidratados de composición de estructura variable, y de sílice libre; por lo que este residuo es más refractario que la roca ígnea original. Así mismo, permanecen en el residuo partículas de roca intreradas como feldspatos, mica y cuarzo.

Los metasilicatos de aluminio hidratados son la "substancia arcillosa" que dá a las arcillas sus más notables características.

Como se mencionó anteriormente, la arcilla se encuentra en depósitos terrestres, por lo que el muestreo es un poco complejo si se quiere que este sea --

representativo de la zona o del depósito. Para esto, es necesario marcar el área en el cual se hará el muestreo; una vez efectuada esta operación, se dividirá en varias secciones lo más similares posible tanto en tamaño como en forma y se dividirá en tantas secciones como sea posible de manera que haya un número considerable de divisiones y así poder obtener una muestra de cada una de ellas para que el muestreo sea realmente representativo de la zona. Cabe señalar que el tamaño de la zona que se va a muestrear, así como el número de secciones que se hagan, quedan a criterio de la persona que llevará a cabo el muestreo.

Una vez que el área de muestreo ha sido marcado y dividido, se procede a obtener una muestra regular de cada una de las secciones en que se dividió dicha área; la obtención de la muestra debe de realizarse de la misma manera en cada sección, es decir, las condiciones deben de ser las mismas, por ejemplo: la profundidad de la toma debe de ser la misma en todas las secciones; debe limpiarse la superficie antes de tomarse la muestra; debe tomarse aproximadamente la misma cantidad de arcilla de cada sección.

Con todas las porciones de arcilla recolectada en el muestreo, se procederá a realizar el análisis de la misma.

Un análisis completo y detallado de una arcilla puede ser dividido en dos partes principales, el análisis físico y el análisis químico, los cuales se basan en las siguientes pruebas y determinaciones:

Análisis Físico:

- 1.) Tamaño de la partícula
- 2.) Observación al microscópico óptico
- 3.) Plasticidad
- 4.) Encogimiento
- 5.) Color al quemado

Análisis Químico:

| | | |
|------|-------------------------|------------------|
| 1.) | Determinación de sílice | gravimétrico |
| 2.) | " calcio | volumétrico |
| 3.) | " anh. sulfúrico | gravimétrico |
| 4.) | " sodio | flamofotométrico |
| 5.) | " potasio | " |
| 6.) | " litio | " |
| 7.) | " manganeso | colorimétrico |
| 8.) | " titanio | " |
| 9.) | " fósforo | " |
| 10.) | " fierro | " |
| 11.) | " R_2O_3 | gravimétrico |
| 12.) | " calcio+magnesio | volumétrico |
| 13.) | " anh. carbónico | " |
| 14.) | " humedad | gravimétrico |

Para poder obtener resultados confiables, se depende de la buena elaboración de las técnicas empleadas por el manipulador.

Con los resultados obtenidos hasta este momento se puede dar una respuesta sobre que tipo de arcilla es y cuál sería su mejor utilidad (cerámica, para ladrillo, etc.) Sin embargo se puede utilizar otro tipo de análisis, el cual depende de equipo más especializado como es:

- 1.) Rayos X
- 2.) Análisis termico diferencial
- 3.) Espectrofotometría de Infra-rojo

Posteriormente se explicará en que consiste cada una de las pruebas antes mencionadas.

Los métodos gravimétricos están basados en la formación de un producto in soluble, estable y fácil de pesar, en el cual intervenga el elemento por analizar. Del peso del precipitado obtenido se puede calcular la cantidad de dicho elemento de acuerdo con la estequiometría de la reacción. Este tipo de análisis consta de los siguientes pasos:

- 1.- Muestreo: como ya se había mencionado debe ser representativo de la zona, ya que del muestreo del producto por analizar dependen los resultados que se han de obtener en el análisis.
- 2.- Pesada de la muestra: La cantidad de muestra que se ha de emplear para el análisis depende de la concentración aproximada del componente que se desea determinar, y deberá tomarse siempre en tal forma que el precipitado que se obtenga durante el análisis se encuentre dentro de ciertos límites. Si el precipitado es muy grande se dificultarán las operaciones a que se debe someter. Por otro lado, si es muy pequeño puede haber pérdidas durante el proceso. Por tal motivo, debe procurarse obtener una cantidad adecuada a la técnica que se está realizando. En algunos casos hay que determinar varios componentes en un mismo producto; para estos casos es recomendable tomar una muestra, disolverla y diluirla a un volumen conocido, de allí se pueden tomar porciones apropiadas para la determinación de cada componente.
- 3.- Disolución de la muestra: Como generalmente la disolución se efectúa en caliente, se deberá tener cuidado de que la muestra se halle en un recipiente suficientemente grande para impedir que salpique y se obtengan pérdidas.
- 4.- Precipitación del componente deseado: Como ya se indicó anteriormente la determinación gravimétrica está basada en la precipitación del componente que se busca, en forma de un compuesto insoluble. Para esto será necesario agregar a la solución en que se tiene la muestra, un reactivo adecuado para formar dicho

compuesto insoluble. El reactivo debe tener las siguientes características:

- a) Debe ser selectivo, es decir, debe formar un precipitado exclusivamente con el componente que se desea determinar.
- b) Debe formar un compuesto de composición perfectamente definida.
- c) Conviene que sea volátil, pues en esta forma será más fácil eliminar el exceso de reactivo que quede impregnado en el precipitado.
- d) Debe formar con el componente deseado, un compuesto lo menos soluble posible, pues con esto la precipitación será más completa y por tanto más exacto el análisis.

5.- Filtración del compuesto: La filtración se puede efectuar por tres medios diferentes:

- a) Se usa papel filtro y embudo cuando el precipitado puede ser calcinado sin que haya pérdidas por la volatilización del mismo y cuando éste no sufre ninguna alteración en su composición, o en caso de sufrirla ésta se completa y conduce a la formación de un producto de fórmula definida; por ejemplo: cuando se adciona H_2S a una solución que contiene sales de cobre, se forma un precipitado que consiste en una mezcla de sulfuro cúprico, cuproso y azufre; al ser calcinado todo el residuo de la calcinación será óxido cúprico.
- b) Cuando el precipitado no se puede calcinar por el riesgo de una descomposición deberá únicamente secarse; para esto se recomienda hacer la filtración por medio de un crisol de Gooch o por un crisol de Schott. El crisol de Gooch es un crisol de porcelana con el fondo perforado que también puede ser utilizado para calcinación.
- c) El crisol Schott es de vidrio con fondo de porcelana poroso que sirve como medio filtrante y solo se utiliza cuando el precipitado no necesita ser calcinado. Tanto el crisol Schott como el de Gooch necesitan de un medio de succión utilizando un kitasato.

- 6.-Lavado del precipitado: Con las diferentes porciones de agua destilada o del reactivo recomendado que finalmente se agregan para pasar el precipitado al filtro, las impurezas presentes disminuyen, pero siempre será necesario hacer un lavado final del precipitado sobre el mismo filtro.
- 7.-Secado del precipitado: Esta operación es importante cuando el precipitado no va a ser calcinado. Una forma para secar el precipitado, es cuando este se puede calentar a 105-110°C sin peligro de que se altere su composición; al cabo de una hora a esta temperatura, el precipitado estará completamente seco. Cuando el precipitado se descompone por efecto de la temperatura, se deberán hacer 5 lavados consecutivos con alcohol etílico con el objeto de eliminar el agua contenida en el precipitado, inmediatamente después se harán 5 lavados con éter etílico para eliminar el alcohol y posteriormente se colocará el precipitado en un desecador a temperatura ambiente durante mínimo una hora, después de lo cual, el precipitado estará seco.
- 8.-Calcinación del precipitado: Este paso se realiza con el objeto de eliminar el papel filtro en el que fué filtrado el precipitado, el papel se calcina por combustión y en el residuo queda unicamente el precipitado. Además elimina por completo la humedad y en algunos casos se efectúa en el precipitado una transformación química necesaria para que el precipitado quede en forma de un compuesto definido. Unicamente se coloca el precipitado con el papel en un crisol y se mete a una mufla a una temperatura entre los 800 °C y los 1000 °C, al término de 15 minutos, el crisol se pasa a un desecador, se deja enfriar y se pesa.
- 9.-Pesada del precipitado: Una vez frío el crisol con el residuo de la calcinación adentro, se pesa; es conveniente repetir el paso de secado o calcinado para asegurar un peso constante, lo cual asegurará que la calcinación o el secado fué completo.

Los métodos volumétricos se basan en la reacción de la sustancia que se desea determinar con una solución de un reactivo apropiado de concentración conocida; esto se realiza en condiciones que permitan determinar el volumen de reactivo que se requiere para la reacción. El punto final se detecta con indicadores y en algunos casos por la aparición de un precipitado. Posteriormente se hacen los cálculos estequiométricos necesarios para obtener la cantidad del componente buscado.

Según las características de las reacciones que se utilizan en las determinaciones volumétricas, se pueden clasificar de la siguiente forma:

1.- Reacciones de neutralización: Se efectúan cuando se hacen reaccionar sustancias básicas con sustancias ácidas. Cuando la sustancia que se va a determinar es de carácter ácido, se adiciona una solución valorada de una base como hidróxido de sodio. En caso que se quiera determinar una sustancia de carácter básico, se adiciona una solución valorada de un ácido como el ácido clorhídrico. El punto de equivalencia (punto en donde se hallan cantidades equivalentes de ácido y base) se reconoce por medio de indicadores cuyo color varía según el carácter ácido o básico de la solución en que se adiciona.

2.- Reacciones de oxidación-reducción: Se efectúan entre una sustancia oxidante y otra reductora. Cuando la sustancia problema tiene carácter reductor, se puede hacer reaccionar con una solución valorada de permanganato de potasio (solución de carácter oxidante). Si se trata de sustancias oxidantes, se le puede adicionar una solución de yoduro de potasio para liberar el yodo y posteriormente cuantificarlo con una solución valorada de tiosulfato de sodio.

3.- Reacciones de precipitación: Muchas determinaciones volumétricas se basan en la formación de compuestos insolubles por precipitación con una solución valorada de nitrato de plata.

4.- Reacciones de formación de complejos: En este grupo se consideran las reacciones características de algunos iones metálicos con ciertas sustancias orgánicas con las cuales forman complejos.

Con lo que se refiere a los métodos utilizados en el análisis con equipo especializado, se tratará de dar una breve visión de sus fundamentos.

El análisis térmico diferencial se basa en los cambios térmicos (variaciones de calor) asociados con las reacciones químicas o con un cambio de fase, es decir, al aumentar la temperatura a una velocidad constante se produce una transferencia de energía calorífica, la cual puede producir un cambio físico o una reacción química. Se registran las variaciones de temperatura en función de la temperatura del horno de calentamiento; las muestras se calientan en un horno adecuado a una velocidad constante (200°C/hora), registrándose gráficamente la temperatura del medio.

En este método se compara la temperatura de la muestra con la de una masa inerte (generalmente alúmina). Normalmente se registran efectos originados por reacciones químicas (disociación, descomposición, deshidratación, oxidación y reducción), además se registran efectos causados por fenómenos físicos como fusión, inversiones de estructura cristalina, sublimación, ebullición y vaporización; la mayor parte de estos efectos son endotérmicos, excepto la oxidación y ciertas inversiones de la estructura cristalina que son exotérmicos.

La aplicación principal del análisis térmico diferencial, se debe a que el área encerrada bajo la curva es proporcional al calor de reacción, aunque esto no es válido en general. Si se conoce la diferencia de entalpías de la reacción que da origen a un pico dado, puede determinarse aproximadamente la cantidad de un determinado componente en una mezcla. Por otra parte, permite reconocer productos semejantes con facilidad.

El análisis de espectrofotometría infrarroja se basa esencialmente en la superposición de bandas de absorción de grupos funcionales específicos, aunque las interacciones con los átomos que rodean a la molécula, también son registradas en el espectro de cada compuesto. Para el análisis cualitativo, una de las mejores características de un espectro de infrarrojo, es que la absorción o falta de absorción en regiones de frecuencias específicas puede ser relacionada con determinados movimientos de estiramiento y flexión y en algunos casos con el grupo funcional o el resto de la molécula. Así que, con la interpretación del espectro puede establecerse que existen ciertos grupos funcionales en el material y que otros se encuentran ausentes. Con este dato se puede hacer una comparación con un archivo de espectros puros y obtener así una posible identificación.

Por último, el método de Rayos X se basa en tres fundamentos; el primero de ellos es conocido como análisis por absorción, el cual se basa en las diferentes absorciones de estos rayos en cada material. Cuando la energía de los rayos X es suficiente para desprender un electrón de uno de los niveles internos de un átomo, se presentan discontinuidades en la absorción de dichos rayos por parte de un elemento.

El segundo de ellos es conocido como análisis por fluorescencia, y se basa en el hecho de que los rayos X emitidos por un elemento excitado (cuando el átomo se desprende de un electrón de su capa interna), tienen una longitud de onda característica de dicho elemento y una intensidad proporcional al número de átomos excitados. La excitación puede llevarse a cabo por diversas formas; por bombardeo directo del material con electrones o por irradiación del material con rayos X de longitud de onda más corta.

El tercero es llamado análisis por difracción, este se basa en la difracción de los rayos X en los planos de un cristal; esto depende de la característica ondulatoria de los rayos X y del espaciamiento uniforme de los planos del

crystal.

La mayor utilidad de este método radica en la identificación cualitativa de fases cristalinas.

CAPITULO 3

PARTE EXPERIMENTAL.

TAMAZO DE PARTICULA

Para esta prueba existen diferentes técnicas utilizables, como son: Tamizado, Elutriación, Sedimentación por gravedad o sedimentación centrífuga; sin embargo solo se profundizará en la técnica que se utilizará en el análisis, tamizado.

El tamizado es un proceso por el cual se determina las porciones del tamaño de las partículas; esto se hace pasando la arcilla a través de una serie de tamices de diferente malla. Este proceso puede ser reproducible si se toma en cuenta el tiempo el tiempo y el método de tamizado.

El proceso puede llevarse a cabo en seco o en húmedo, siendo el segundo preferente especialmente para partículas finas.

La técnica seguida en el análisis fué: 250 g de arcilla se pulverizaron en un mortero y se hacen pasar por los tamices de 10, 50, 120, 200, 300 y 325 mallas en húmedo, es decir, se hacen pasar con la ayuda de agua; una vez terminado este paso se dejan secar (puede ser con ayuda de la estufa) y se pesa la cantidad de arcilla que quedó en cada tamiz. Con esto se obtiene la abundancia del tamaño de las partículas en la arcilla.

OBSERVACION AL MICROSCOPIO OPTICO.

Al realizar esta prueba se tiene una ligera idea de lo que se puede encontrar en una arcilla. Al observar la arcilla al microscopio se puede diferenciar los cristales que hay, los colores de dichos cristales, la abundancia de los mismos, etc.; con lo que se puede predecir algunos elementos existentes en la misma, por ejemplo: cristales amorfos transparentes podría tratarse de mica; cristales color café-rojizo seguramente se trata de algún compuesto de hierro.

PLASTICIDAD.

La plasticidad indica que tan maleable es o no es la arcilla. Se mezcla la arcilla con agua (gradualmente), amasando la mezcla a mano hasta alcanzar un punto en donde la masa sea maleable (esto es si la arcilla es plástica). Posteriormente se hace una estimación de la plasticidad, es decir, si esta es nula, pobre, mediana, buena o excelente.

ENCOGIMIENTO.

Con un poco de la masa maleable, se forman pequeños ladrillos, los cuales serán medidos con una cinta métrica, posteriormente se meten a la estufa a 100°C durante un período de 1 a 2 horas, al término de este tiempo se sacan de la estufa y se dejan enfriar, se miden nuevamente con la cinta métrica para ver la disminución de tamaño; por último se meten los ladrillos a cocer, se sacan, se dejan enfriar y se miden para ver si cambio de tamaño nuevamente.

COLOR AL QUEMADO.

Esta prueba se refiere al color que adquiere la pieza de arcilla después de haber pasado por la cochura; se realiza la prueba a tres diferentes temperaturas, 900, 1000 y 1150 °C.

Habría que señalar que las pruebas físicas ayudan a obtener una idea de cual puede ser la mejor utilidad de la arcilla.

METODOLOGIA ANALITICA.

Se pesa exactamente 1 g de la muestra molida a 100 mallas, pásansola a un crisol de platino; se le agregan 10 g de mezcla equimolecular de carbonato de sodio y carbonato de potasio, (fundente) mezclado todo perfectamente con una varilla de plástico. Se cubre la mezcla con 2 g adicionales del fundente y se pone el crisol tapado en un triángulo de platino, nicromel o tierra cerámica sobre un mechero tipo Fisher, a toda la temperatura posible hasta lograr una fusión tranquila. En este momento se retira el crisol de la llama y se rota cuidadosamente para lograr que el fundente actúe sobre cualquier partícula que hubiere quedado en las paredes. Se continúa el calentamiento por 10 minutos y se deja enfriar el crisol.

Cuando se ha solidificado la fusión, se sumerge el crisol en agua fría teniendo cuidado que no penetre al interior del mismo, el sólido se pasa a un vaso pyrex de 400 ml.

El crisol se lava cuidadosamente con agua caliente y ácido clorhídrico al 25 %, recibiendo todas las lavadas en el mismo vaso, se le agrega suficiente ácido clorhídrico para descomponer todos los carbonatos y óxidos formados calentando suavemente para que se disuelva la masa y se desprenda todo el dióxido de carbono. El volumen final será aproximadamente de 200 ml, el cual se pone a evaporar en un baño de aire.

DETERMINACION DE SILICE (SiO₂).

El contenido del vaso se humedece con 10 ml. de ácido clorhídrico concentrado, se deja reposar por 10 minutos, al cabo de los cuales se le añade 100 ml. de agua destilada caliente, se tapa y hierve manteniendo ebullición por 10 minutos para disolver todos los cloruros.

Se filtra usando como agua de lavado solución al 2 % de ácido clorhídrico

en caliente. El precipitado y filtro son lavados usando esta misma solución hasta una muestra del filtrado evaporada en un vidrio de reloj no deje residuo salido. El papel filtro con su precipitado, son pasados a un crisol de platino tarado y se pone a calcinar subiendo la temperatura hasta 1000°C. Crisol y precipitado se pasan a un desecador provisto de un deshidratante y una vez fríos se pesan. Se adicionan al precipitado 2ml. de agua, 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado y 5 ml. de ácido fluorhídrico al 48% poniendo en una parrilla de calor moderado hasta total expulsión de los vapores de anhídrido sulfúrico (SO_3). Crisol y residuo -- son calcinados nuevamente en mechero Fisher por 5 minutos y se pesan después de -- enfriarlos en el desecador. La disminución de peso representará al óxido de silice (SiO_2).

La solución que se obtuvo del filtrado de la sílice, se afora a 200 ml. - en matraz volumétrico y de ella se tomarán las alícuotas para la determinación de calcio y anhídrido sulfúrico.

100 ml. para la determinación de calcio

50 ml. para la determinación de anhídrido sulfúrico.

ANHIDRIDO SULFURICO (SO_3).

La alícuota de 50 ml. se pasa a un vaso de precipitado de 100 ml y se - calienta. Se le añaden unos cristales de ácido ascórbico para reducir al hierro férrico, en caliente se le va agregando gota a gota solución de cloruro de bario hasta completar 5 ml. Se retira del calor y se deja toda la noche para lograr -- una precipitación total de sulfato de bario (BaSO_4). Se filtra y lava con una solución caliente de ácido clorhídrico al 2%. Filtro y precipitado se ponene en un crisol de porcelana y se calcinan en mufla elevando la temperatura hasta 700°C - por 10 minutos. Se deja enfriar el crisol en un desecador y se pesa.

CALCIO (CaO).

La alícuota de 100 ml se pasa a un vaso de 400 ml, se le añaden 100 ml de la solución precipitante:

| | |
|---------------------|---------|
| Hidróxido de amonio | 7 ml + |
| Acido sulfúrico | 4 g + |
| Oxalato de amonio | 4 g + |
| Cloruro de amonio | 4 g + |
| Urea | 20 g + |
| Agua destilada | 180 ml. |

Se llevan a ebullición ligera por espacio de 1 hr., se retira del calor, se adicionan 5 gotas de Hidróxido de Amonio y se filtra inmediatamente se lava el vaso y el precipitado en el filtro con agua caliente; se adicionan 100 ml de ácido sulfúrico al 10% y se titula con solución de permanganato de potasio 0.1 N. hasta que la solución adquiera color rosa permanente por 30 seg.

PREPARACION DE LA SOLUCION "B":

Se pesan 0.625 g de la muestra molida a 100 mallas pasársola a un crisol de platino, se le agregan sucesivamente 5 ml de ácido sulfúrico (1:1), 0.5 ml de ácido nítrico concentrado y 10 ml de ácido fluorhídrico al 48%.

Se coloca el crisol en una parrilla evaporado hasta que empiecen a aparecer humos de SO_3 , continuando la evaporación hasta que el residuo seco no desrenda más vapores sulfúricos.

Se pasa el crisol a un vaso de 250 ml, conteniendo 100 ml de agua y 5 ml de ácido perclórico al 72% y se coloca en una parrilla de bajo calor para disolver el residuo. La solución se enfría y se afora en matraz volumétrico a 250 ml.

Haciendo los siguientes calculos:

$$\begin{array}{rcl} 0.625 \text{ g} & - & 250 \text{ ml} \\ X & - & 1 \text{ ml} \end{array}$$

$$0.0025 \text{ g} - 1 \text{ ml}$$

$$2.5 \text{ mg} - 1 \text{ ml}$$

Se obtiene que la concentración de esta solución a la que se llamará solución B es de 2.5 mg/ml. De esta solución se tomarán las alícuotas para las determinaciones restantes.

DETERMINACION DE SODIO, POTASIO Y LITIO POR FLAMOMETRIA.

Se preparan las siguientes series tipo para la construcción de las curvas de calibración (curvas patrón) para cada uno de los tres elementos mencionados:

SODIO

| Matraz | Na ₂ O (ppm) | solución 1 | solución 2 |
|--------|-------------------------|------------|------------|
| 0 | 0 | 10 ml | 0 ml |
| 1 | 10 | 10 | 2.5 |
| 2 | 20 | 10 | 5.0 |
| 3 | 30 | 10 | 7.5 |
| 4 | 40 | 10 | 10.0 |
| 5 | 50 | 10 | 12.5 |
| 6 | 60 | 10 | 15.0 |
| 7 | 70 | 10 | 17.5 |
| 8 | 80 | 10 | 20.0 |
| 9 | 90 | 10 | 22.5 |
| 10 | 100 | 10 | 25.0 |

solución 1: 10 ml de ácido perclórico al 72% deluidos a 250 ml

solución 2: Se pesan 458.2 mg de Na₂SO₄ previamente secados, se disuelven en agua destilada aforando la solución a 1 litro en una matraz aforado.

Una vez que se tenga lista la serie tipo, se procede a leer en un flamómetro provisto de un filtro para sodio, determinándose la emisividad de la llama para cada concentración de la serie y por último para la solución B (problema) preparada con anterioridad.

Con los valores obtenidos se elabora una gráfica en la cual se extrapolará el valor obtenido de la solución problema para obtener la concentración de sodio en ppm.

POTASIO.

| Matraz | K ₂ O (ppm) | solución 1 | solución 2 |
|--------|------------------------|------------|------------|
| 0 | 0 | 10 ml | 0 |
| 1 | 10 | 10 | 2.5 |
| 2 | 20 | 10 | 5.0 |
| 3 | 30 | 10 | 7.5 |
| 4 | 40 | 10 | 10.0 |
| 5 | 50 | 10 | 12.5 |
| 6 | 60 | 10 | 15.0 |
| 7 | 70 | 10 | 17.5 |
| 8 | 80 | 10 | 20.0 |
| 9 | 90 | 10 | 22.5 |
| 10 | 100 | 10 | 25.0 |

solución 1: 10 ml de ácido perclórico al 72 % diluidos a 250 ml

solución 2: Se pesan exactamente 370 mg de K₂SO₄ previamente secado, se disuelven en agua destilada y se lleva a 1 litro en un matraz aforado.

Una vez que esté lista la serie tipo, se procede a hacer la medición de la misma manera que se hizo para potasio.

LITIO.

| Matraz | Li ₂ O (ppm) | solución 1 | solución 2 |
|--------|-------------------------|------------|------------|
| 0 | 0 | 10 ml | 0 |
| 1 | 10 | 10 | 2.5 |
| 2 | 20 | 10 | 5.0 |
| 3 | 30 | 10 | 7.5 |
| 4 | 40 | 10 | 10.0 |
| 5 | 50 | 10 | 12.5 |
| 6 | 60 | 10 | 15.0 |
| 7 | 70 | 10 | 17.5 |
| 8 | 80 | 10 | 20.0 |
| 9 | 90 | 10 | 22.5 |
| 10 | 100 | 10 | 25.0 |

solución 1: 40 ml de ácido perclórico al 72% diluidos a 200 ml

solución 2: Se pesan 214.2 mg de Li₂SO₄ seco, se disuelven en agua destilada y se afora la solución a 1 litro en un matraz aforado.

Con esta serie tipo se realizarán exactamente los mismos pasos que se siguieron para el sodio y el potasio con la variante de que el flamómetro necesita un filtro para litio.

DETERMINACION DE MANGANESO POR COLORIMETRIA.

La alícuota de 10 ml se coloca en un matraz aforado de 25 ml, se le agregan 5 ml de solución ácida especial (12.5 ml de ácido ortofosfórico, 75 ml de ácido sulfúrico y 30 ml de agua destilada), y aproximadamente 0.2 g de metaperiodato de sodio o potasio; se completa el aforo con agua destilada y se calienta el matraz en baño María durante 30 minutos.

La solución se enfría perfectamente y se determina su densidad óptica en un fotocolorímetro provisto de un filtro con transmitancia máxima a 540 nm.* La concentración de manganeso en la solución se lee en una gráfica elaborada con la siguiente serie tipo:

La serie se prepara en matraces volumétricos de 50 ml.

| Matraz | MnO ₄ (mg) | sol. 1 | sol. 2 | sol. 3 | K10 ₄ (g) |
|--------|-----------------------|--------|--------|--------|----------------------|
| 0 | 0 | 20 ml | 0 ml | 10 ml | 0.2 |
| 1 | 0.10 | 20 | 2 | 10 | 0.2 |
| 2 | 0.20 | 20 | 4 | 10 | 0.2 |
| 3 | 0.30 | 20 | 6 | 10 | 0.2 |
| 4 | 0.40 | 20 | 8 | 10 | 0.2 |
| 5 | 0.50 | 20 | 10 | 10 | 0.2 |
| 6 | 0.60 | 20 | 12 | 10 | 0.2 |
| 7 | 0.70 | 20 | 14 | 10 | 0.2 |
| 8 | 0.80 | 20 | 16 | 10 | 0.2 |
| 9 | 0.90 | 20 | 18 | 10 | 0.2 |
| 10 | 1.00 | 20 | 20 | 10 | 0.2 |

solución 1: 10 ml de ácido perclórico al 72.5 diluidos a 200 ml

solución 2: Se pesan 105.5 mg de MnSO₄ secado a 400°C por dos horas y se disuelve en agua destilada aforando la solución a 1 litro.

solución 3: Solución ácida especial (descrita durante la técnica)

* nm significa nanómetros y equivale a 1×10^{-9} metros

DETERMINACION DE FOSFORO POR COLORIMETRIA.

De la solución B se toman 5 ml como alícuota y se pasa a un matraz aforado de 50 ml; se le agregan sucesivamente 40 ml de agua destilada, 5 ml de solución ácida de molibdato de amonio (disuélvase 5 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 250 ml de ácido sulfúrico 10 N), y 2 ml de solución acuosa de sulfato de hidrazina al 0.15% ($\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$); completando al trazo con agua destilada. Se mezcla el contenido del matraz y se somete a baño María en franca ebullición durante 15 min. Se enfría al chorro de agua y se determina la densidad óptica de la solución mediante un fotocolorímetro a 660 nm.

La concentración de fósforo se determina mediante una curva de calibración elaborada a partir de la siguiente serie tipo:

La serie se prepara en matraces de 50 ml.

| Matraz | P ₂ O ₅ (mg) | sol. 5 | sol. 3 | sol. 2 | sol. 1 |
|--------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0 | 0 ml | 5 ml | 5 ml | 2 ml |
| 1 | 0.025 | 2.5 | 5 | 5 | 2 |
| 2 | 0.05 | 5.0 | 5 | 5 | 2 |
| 3 | 0.075 | 7.5 | 5 | 5 | 2 |
| 4 | 0.1 | 10.0 | 5 | 5 | 2 |
| 5 | 0.125 | 12.5 | 5 | 5 | 2 |
| 6 | 0.15 | 15.0 | 5 | 5 | 2 |
| 7 | 0.175 | 17.5 | 5 | 5 | 2 |
| 8 | 0.2 | 20.0 | 5 | 5 | 2 |
| 9 | 0.225 | 22.5 | 5 | 5 | 2 |
| 10 | 0.250 | 25.0 | 5 | 5 | 2 |

Se afora, se mezcla bien y se calienta en baño María por espacio de 15 min., se deja enfriar y se determina la densidad óptica

solución 1: Solución acuosa de sulfato de hidrazina (mencionada durante la técnica)

solución 2: Solución ácida de molibdato de amonio (mencionada durante la técnica)

solución 3: 10 ml de ácido perclórico al 72% diluidos a 250 ml.

solución 4: Se pesan 0.383 g de KH_2PO_4 seco y se disuelven en agua, aforando a 1 litro

solución 5: 25 ml de la solución 4 se aforan a 500ml.

DETERMINACION DE FIERRO TOTAL POR COLORIMETRIA.

Una alícuota de 5 ml de la solución B se pasan a un matraz aforado de 100 ml y se le añaden 100 mg de ácido ascórbico, se agita y deja reposar por 10 min. Se le agregan 20 ml de solución acuosa de ortofenantrolina al 0.1 % y 5 ml de solución acuosa de acetato de amonio al 10% (ajustar el pH a 6 con ácido acético). Se afora el matraz con agua destilada y se deja reposar por espacio de 1 hr. después de haber mezclado perfectamente.

Se determina la densidad óptica en un fotocolorímetro a 555nm. Elaborar una curva de calibración con los datos de la siguiente serie tipo:

La serie tipo se prepara en matraces aforados de 100 ml.

| Matraz | FeO (mg) | Sol. 1 | Sol. 2 | Sol. 3 |
|--------|----------|--------|--------|--------|
| 0 | 0 | 0.1 gr | 5 ml | 0 ml |
| 1 | 0.155 | 0.1 | 5 | 5 |
| 2 | 0.31 | 0.1 | 5 | 10 |
| 3 | 0.465 | 0.1 | 5 | 15 |
| 4 | 0.62 | 0.1 | 5 | 20 |
| 5 | 0.775 | 0.1 | 5 | 25 |
| 6 | 0.93 | 0.1 | 5 | 30 |
| 7 | 1.085 | 0.1 | 5 | 35 |
| 8 | 1.24 | 0.1 | 5 | 40 |
| 9 | 1.395 | 0.1 | 5 | 45 |
| 10 | 1.55 | 0.1 | 5 | 50 |

Mezclar y dejar reposar por 10 min. Adicionar a cada matraz, 20 ml de solución acuosa de ortofenantrolina al 0.1 % y 5 ml de solución acuosa de acetato de amonio (pH=6), aforar con agua destilada, mezclar y dejar reposar por espacio de 1 hr.

solución 1: Acido ascórbico R.A.

solución 2: 10 ml de ácido perclórico al 72% diluidos a 250 ml

solución 3: Pesar 0.1404 g de sal de Mohr ($\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ R.A.) disolverlos en 200 ml de ácido sulfúrico al 1% y aforar a 1 litro.

DETERMINACION DE R_2O_3 POR GRAVIMETRIA.

Una alfcuota de 100 ml se le adicionan 50 ml de solución precipitante (urea 37 g, NH_4OH 26 ml, NH_4NO_3 18.5 g, disolver en agua destilada completando a 370 ml), se calienta a ebullición ligera por espacio de 1 hora. Se retira del calor y se le agregan 5 gotas de hidróxido de amonio (1:1) y unas gotas de rojo de metilo para estar seguros de que la solución tiene un pH ligeramente superior a 5.5. Se filtra la solución utilizando solución de lavado (2 g de NH_4Cl en 100 ml de agua caliente añdase una gota de hidróxido de amonio para bajar lo más posible el precipitado. Filtro y precipitado se colocan en crisoles de porcelana y se cacinan en la mufla hasta 1000° por 10 minutos.

Los crisoles se pasan a desecadores y se dejan enfriar, después se pesa el precipitado. Este precipitado representará la totalidad de fierro, aluminio, titanio y fósforo como óxidos exentos de sílice.

DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO POR VOLUMETRIA.

La solución filtrada de la determinación de R_2O_3 , la cual debe ser totalmente transparente; se le adiciona 1g de ácido ascórbico en caliente y 5 ml de solución de acomplejamiento (64 g de KCN en 600 ml de agua destilada y se le añaden 400 ml de trietanolamina), enfriando inmediatamente al chorro de agua. A la solución se le agregan 5 ml de NH_4OH concentrado y se titula con EDTA 0.05 M, usando como indicador azul-negro de eriocromo T en dispersión sólida (1 g de colorante en 200 g de NaCl). El vire será de rojo a azul si la solución inicial estaba incolora, o de rojizo a verde esmeralda si estaba amarilla.

Como se tiene determinado calcio en la primera porción de la muestra, es posible calcular el magnesio.

DETERMINACION DE CO₂ POR VOLUMETRIA.

Se pesa una cantidad exacta de muestra molida a malla 100, se le adiciona 100 ml de solución de ácido clorhídrico 0.1 N, se agita y se deja reposar en frío durante la noche; se titula con solución valorada de potasa 0.3 N usando como indicador azul de bromofenol (solución acuosa al 0.1%)

DETERMINACION DE HUMEDAD POR GRAVIMETRIA.

Se colocan en la mufla a 900°C 2 crisoles por 10 min. se pasan a un desecador y una vez fríos se pesan (P₁).

Se coloca en el desecador una muestra cercana a 1 g de arcilla molida y se vuelve a pesar (P₂).

Se pone el crisol con su contenido en una estufa de temperatura constante entre 105 y 110°C y se deja cuando menos por 2 horas. Se coloca en el desecador y una vez frío se pesa (P₃).

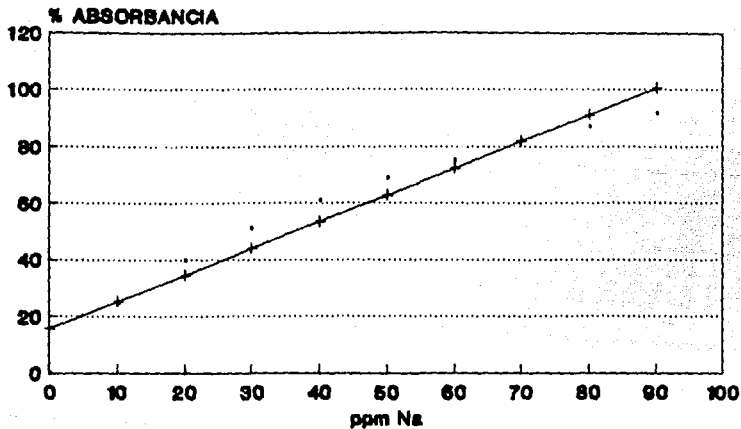
Se coloca el crisol en una mufla eléctrica fría y se calienta dejándola que llegue a 1000°C por 1 hora. Se saca el crisol, se deja enfriar y se pesa (P₄)

$$\text{Humedad adherente: (H}_2\text{O-)\%} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$$

$$\text{Pérdida por calcinación \%} = \frac{P_3 - P_4}{P_2 - P_1} \times 100$$

$$\text{Agua de combinación (H}_2\text{O +)\%} = \text{Pérd. por calc. \%} + 0.111 \times \text{FeO \%} - \text{CO}_2 \% - \text{SO}_3\%$$

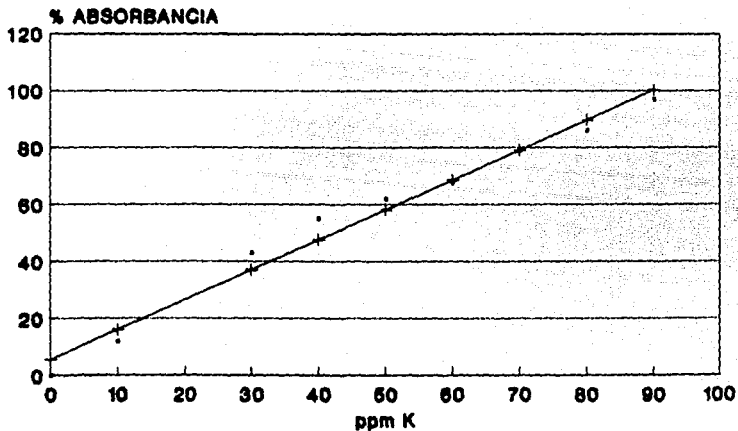
CURVA PATRON PARA SODIO



· Series 1 + Series 2

APARATO: FLAMOMETRO

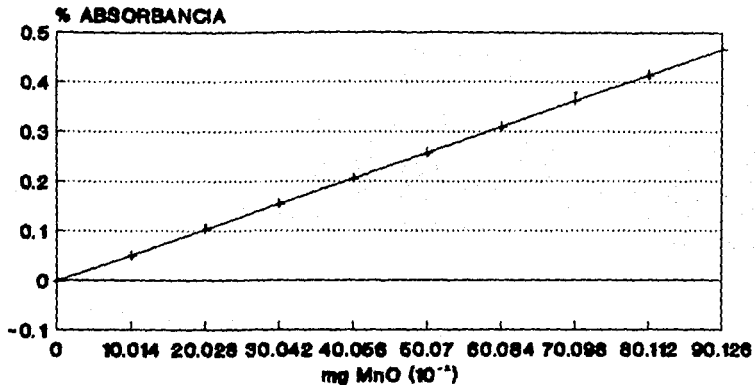
CURVA PATRON PARA POTASIO



• Series 1 + Series 2

APARATO: FLAMOMETRO

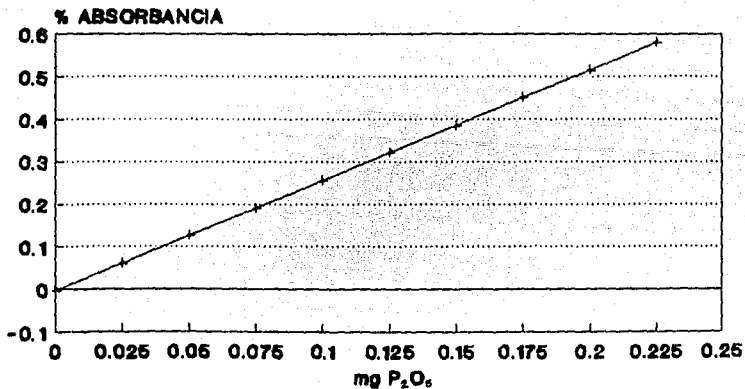
CURVA PATRON PARA MANGANESO



Series 1 — Series 2

APARATO: ESPECTROFOTOMETRO
KLETT SUMMERSON
LONG. ONDA: 540nm

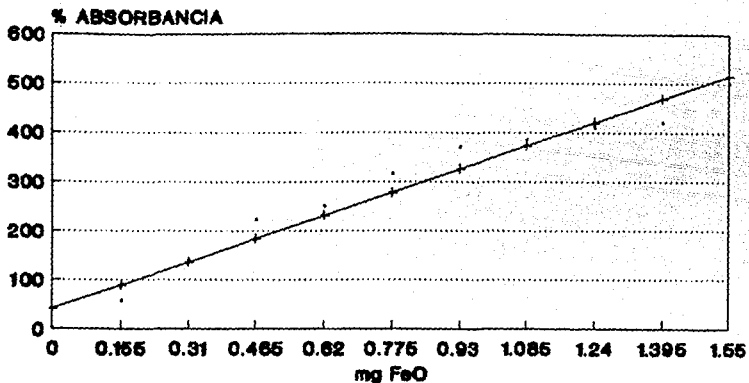
CURVA PATRON PARA FOSFORO



Series 1 + Series 2

APARATO: ESPECTROFOTOMETRO
KLETT SUMMERSON
LONG. ONDA: 660nm

CURVA PATRON PARA FIERRO TOTAL



Series 1 —+— Series 2

APARATO: ESPECTROFOTOMETRO
KLETT SUMMERSON
LONG. ONDA: 555nm

RESULTADOS.

Como se analizaron cuatro muestras diferentes de la misma zona, se marcaron para diferenciarlas como M1, M2, M3 y M4 y así se les mencionará en el presente trabajo.

PRUEBAS FISICAS.

TAMARO DE PARTICULA.

| Malla | M1 | M2 | M3 | M4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 3.3 g | 0.3 g | 6.8 g | 0.7 g |
| 50 | 3.3 | 61.0 | 12.0 | 44.2 |
| 120 | 42.0 | 70.9 | 28.8 | 36.5 |
| 200 | 14.4 | 34.9 | 29.0 | 27.3 |
| 300 | 12.8 | 33.5 | 8.6 | 9.0 |
| 325+ | 174.2 | 49.4 | 164.8 | 132.3 |

OBSERVACION AL MICROSCOPIO OPTICO.

M1: Existe una gran abundancia de cristal amorfo transparente; cristales de color naranja, blanco y café-rojizo.

M2: Se observan cristales de color café-rojizo, blancos, algunos amarillentos y transparentes, todos amorfos.

M3: Hay una gran cantidad de cristales amorfos transparentes; algo de cristales amorfos de color café-rojizo y casi nada de cristales color naranja y blanco.

M4: Predomina el cristal amorfo transparente y el café-rojizo.

PLASTICIDAD.

- M1: A 10 g de arcilla se le adicionó 2.2 ml de agua para obtener una plasticidad buena.
- M2: A 10 g de arcilla se le adicionaron 3 ml de agua para obtener una plasticidad excelente.
- M3: A 10 g de arcilla se le adicionaron 2.6 ml de agua para alcanzar una plasticidad buena.
- M4: A 10 g de arcilla se le adicionaron 4 ml de agua para obtener una plasticidad buena.

ENCOGIMIENTO.

| Muestra | pza. húmeda | pza. seca | pza. cocida |
|---------|-------------|-----------|-------------|
| M1: | 2.4 cm | 2.3 cm | 2.1 cm |
| M2: | 2.4 | 2.3 | 2.2 |
| M3: | 2.5 | 2.3 | 2.2 |
| M4: | 2.7 | 2.5 | 2.3 |

COLOR AL QUEMADO.

Las cuatro muestras dieron los siguientes resultados:

- A 900°C la pieza adquirió un color naranja claro
- A 1000°C la pieza tomó un color naranja oscuro
- A 1150°C la pieza se volvió de color rojo-ladrillo.

PRUEBAS QUIMICAS.

SILICE (SiO₂).

El peso del crisol al iniciar la técnica fué de 23.9378 g y se obtuvieron los siguientes resultados:

| Muestra | Peso crisol + precipitado | Peso crisol con pp. calcinado | SiO ₂ | %SiO ₂ |
|---------|---------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|
| M1: | 25.2048 g | 24.5325 | 0.6723 | 53.06 |
| M2: | 24.6203 | 24.2144 | 0.4059 | 59.47 |
| M3: | 24.4838 | 24.1467 | 0.3371 | 61.34 |
| M4: | 24.6147 | 24.2561 | 0.3586 | 52.98 |

CALCIO (CaO).

La normalidad del KMnO₄ es 0.09935

Los meq. son 0.028; se obtienen de: CaO = 36g/2 = 28 eq. = 0.028 meq.

Para obtener el % de CaO se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CaO} = V N \text{ meq}(100)(2) \quad \text{De donde se obtienen los siguientes resultados:}$$

| Muestra | V (ml) | % CaO |
|---------|--------|-------|
| M1: | 1.9 | 1.057 |
| M2: | 5.4 | 3.004 |
| M3: | 5.1 | 2.837 |
| M4: | 6.9 | 3.839 |

ANHIDRIDO SULFURICO (SO₃).

Para obtener el % de SO₃ se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ SO}_3 = \frac{\text{Peso de BaSO}_4 \text{ en g} \times 0.343 \times 100}{\text{Peso de la muestra en g}} = \text{BaSO}_4 \text{ en g} \times 1.372$$

Los resultados obtenidos se tabulan a continuación:

| Muestra | Alícuota | muestra (g) | crisol con muestra (g) | crisol c/m calcinada | BaSO ₄ (g) | %SO ₃ |
|---------|----------|-------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| M1: | 50 ml | 0.25 | 58.4357 | 58.4381 | 0.0024 | 0.43 |
| M2: | 50 | 0.25 | 52.5894 | 52.6022 | 0.0128 | 2.41 |
| M3: | 50 | 0.25 | 56.3775 | 56.3861 | 0.0086 | 1.62 |
| M4: | 50 | 0.25 | 60.2305 | 60.2368 | 0.0063 | 1.18 |

SODIO (Na₂O).

Se traza una gráfica de calibración con los valores de la serie tipo, en la cual se extrapolan los valores de las muestras obtenidos en el flamómetro, obteniéndose así la concentración de sodio en la muestra. Los valores obtenidos son:

| Muestra | Lectura | ppm o mg/lit | % Na ₂ O |
|---------|---------|--------------|---------------------|
| M1: | 68 | 53.5 | 2.14 |
| M2: | 69 | 54.5 | 2.18 |
| M3: | 75 | 62.0 | 2.48 |
| M4: | 63 | 48.0 | 1.92 |

La solución B tiene una concentración de 2.5 mg/ml para las cuatro muestras, con este dato se calcula el % de óxido de sodio.

Este dato de concentración de la solución B será utilizado para obtener los porcentajes de cada elemento en las muestras.

POTASIO (K₂O).

Se siguen los mismos pasos que para el sodio; los datos obtenidos son:

| Muestra | Lectura | ppm o mg/lit | % K ₂ O |
|---------|---------|--------------|--------------------|
| M1: | 20 | 11 | 0.44 |
| M2: | 25 | 16 | 0.64 |
| M3: | 24 | 15 | 0.60 |
| M4: | 23 | 14 | 0.56 |

LITIO (Li₂O).

Se trabaja de la misma manera que el sodio y el potasio, sin embargo al intentar leer en el flamómetro, no se obtuvo ninguna señal, por lo que se concluyó ausencia de litio en la muestra.

MANGANESO (MnO).

Se elabora una curva de calibración con los datos de la serie tipo, en la misma se extrapolarán los valores de absorbancia de las muestras problema para obtener las concentraciones de MnO en mg.

La solución B tiene 2.5 mg/ml, se utilizó una alícuota de 10 ml, lo que equivale a 25 mg iniciales, por tanto 25 mg equivale a 100 %. Con esta relación se obtendrá el porcentaje de MnO en cada muestra.

| Muestra | A | mg de MnO | % de MnO |
|---------|-------|-----------|----------|
| M1: | 0.039 | 0.0781 | 0.3124 |
| M2: | 0.027 | 0.0549 | 0.2196 |
| M3: | 0.018 | 0.0375 | 0.1500 |
| M4: | 0.040 | 0.0800 | 0.3200 |

FOSFORO (P₂O₅).

Se elabora una curva de calibración en la cual se extrapolarán los valores de absorbancia de las muestras para así obtener los mg de pentóxido de fósforo.

| Muestra | A | mg de P ₂ O ₅ | % de P ₂ O ₅ |
|---------|-------|-------------------------------------|------------------------------------|
| M1: | 0.009 | 0.005 | 0.04 |
| M2: | 0.009 | 0.005 | 0.04 |
| M3: | 0.002 | 0.003 | 0.024 |
| M4: | 0.007 | 0.004 | 0.032 |

Para obtener el porcentaje de pentóxido de fósforo, se toma en cuenta que la alícuota inicial fué de 5 ml de solución B, lo que equivale a 12.5 mg de muestra.

HIERRO (FeO).

Se elabora una curva de calibración con los datos de la serie tipo, se extrapolan los valores de absorbancia obtenidos para las muestras problema, obteniéndose así la concentración de óxido férrico en cada muestra. Para calcular el porcentaje de FeO, se deberá tomar en cuenta que la alícuota inicial fué de 5 ml, lo que equivale a 12.5 mg de muestra. Los valores obtenidos de la gráfica son:

| Muestra | A | mg de FeO | % de FeO |
|---------|----|-----------|----------|
| M1: | 84 | 0.34 | 2.72 |
| M2: | 50 | 0.20 | 1.60 |
| M3: | 33 | 0.13 | 1.04 |
| M4: | 88 | 0.35 | 2.80 |

ALUMINIO (Al₂O₃).

Para obtener la concentración de óxido de aluminio en mg, se necesita la siguiente fórmula:

$$\text{mg Al}_2\text{O}_3 = \text{mg Fe}_2\text{O}_3 + \text{mg P}_2\text{O}_3 + \text{mg Al}_2\text{O}_3$$

Para calcular el porcentaje de óxido de aluminio en la muestra, se debe de tomar en cuenta que la alícuota fué de 50 ml, lo que equivale a 250 mg iniciales; por tanto 250 mg equivale al 100 %.

| Muestra | Crisol (g) | crisol c/m calcinada | g de muestra | mg muestra | mg Al ₂ O ₃ | %Al ₂ O ₃ |
|---------|------------|-------------------------|--------------|------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| M1: | 58.4358 | 58.4977 | 0.0619 | 61.9 | 61.9 | 23.66 |
| M2: | 56.3838 | 56.4476 | 0.0638 | 63.8 | 59.7 | 23.88 |
| M3: | 60.2298 | 60.2893 | 0.0595 | 59.5 | 58.4 | 23.36 |
| M4: | 52.5843 | 52.6529 | 0.0686 | 68.6 | 61.5 | 24.61 |

CALCIO Y MAGNESIO (MgO).

Como el calcio se determinó anteriormente, se puede determinar la cantidad de magnesio en la muestra con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MgO} = (V \cdot M \cdot 8) - 0.7143 \times \% \text{ CaO}$$

V = volumen de EDTA

M = molaridad del EDTA = 0.0498

| Muestra | V EDTA | % CaO | % MgO |
|---------|---------|-------|-------|
| M1: | 10.1 ml | 1.057 | 3.27 |
| M2: | 5.8 | 3.004 | 0.17 |
| M3: | 6.9 | 2.837 | 0.72 |
| M4: | 13.3 | 3.839 | 2.56 |

ANHIDRIDO CARBONICO (CO₂).

El porcentaje de CO₂ en la muestra se obtiene de la siguiente forma:

$$\% \text{ CO}_2 = \frac{(V-v) \cdot N \cdot \text{meq } 100}{\text{g de muestra}}$$

V = volumen de KOH utilizado para titular el ácido solo = 19.3 ml

N = normalidad del KOH = 0.4938

v = volumen utilizado de KOH para la titulación de la muestra.

| Muestra | v | %CO ₂ |
|---------|---------|------------------|
| M1: | 18.5 ml | 0.108 |
| M2: | 18.3 | 0.131 |
| M3: | 17.9 | 0.187 |
| M4: | 16.2 | 0.410 |

HUMEDAD.

HUMEDAD ADHERENTE:

| Muestra | P ₂ - P ₁ | P ₂ | P ₃ | {H ₂ O-} % |
|---------|---------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| M1: | 1.0129 | 43.4751 | 43.4621 | 1.28 |
| M2: | 1.0155 | 43.4739 | 43.4606 | 1.31 |
| M3: | 1.0403 | 43.5016 | 43.5358 | 1.81 |
| M4: | 1.1265 | 43.5861 | 43.5358 | 4.46 |

PERDIDA POR CALCINACION:

| Muestra | P ₄ | P x C |
|---------|----------------|--------|
| M1: | 43.4104 | 5.1041 |
| M2: | 43.3936 | 6.5077 |
| M3: | 43.4097 | 6.3539 |
| M4: | 43.5108 | 2.2193 |

AGUA DE COMBINACION:

Este dato se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\%(H_2O+) = \text{Perd. por calc.} + 0.111 \times (\%FeO - \%CO_2 - \%SO_3)$$

| Muestra | %FeO | %CO ₂ | %SO ₃ | (H ₂ O+) |
|---------|------|------------------|------------------|---------------------|
| M1: | 2.72 | 0.108 | 0.45 | 11.27 |
| M2: | 1.6 | 0.131 | 2.41 | 6.31 |
| M3: | 1.04 | 0.187 | 1.62 | 4.96 |
| M4: | 2.8 | 0.410 | 1.18 | 2.82 |

ANALISIS CON EQUIPO ESPECIALIZADO.

A continuación se anexan todos los espectros corridos de las arcillas y las tablas que se necesitaron para su interpretación, comenzando con rayos X, siguiendo con infra-rojo y terminando con análisis térmico diferencial.

**ANALISIS DE ARCILLA
SANTIAGUITO TLALXILALCALI
RECOPILACION DE RESULTADOS**

| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | MUESTRA 4 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SILICE | 53.06 % | 59.47 % | 61.34 % | 52.98 % |
| ALUMINIO | 23.66 % | 23.88 % | 23.36 % | 24.61 % |
| FIERRO | 2.72 % | 1.60 % | 1.04 % | 2.80 % |
| MANGANESO | 0.312 % | 0.220 % | 0.15 % | 0.32 % |
| MAGNESIO | 3.27 % | 0.17 % | 0.72 % | 2.56 % |
| CALCIO | 1.057 % | 3.004 % | 2.837 % | 3.839 % |
| SODIO | 2.14 % | 2.18 % | 2.48 % | 1.92 % |
| POTASIO | 0.44 % | 0.64 % | 0.60 % | 0.56 % |
| FOSFORO | 0.04 % | 0.04 % | 0.024 % | 0.032 % |
| ANHIDRIDO SULFURICO | 0.45 % | 2.41 % | 1.62 % | 1.18 % |
| ANHIDRIDO CARBONICO | 0.108 % | 0.131 % | 0.187 % | 0.410 % |
| AGUA | 12.55 % | 7.62 % | 6.77 % | 7.28 % |
| | 99.807 % | 101.365 % | 101.128 % | 98.491 % |

TABLA 2.- ANALISIS DE LAS MUESTRAS PATRON DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA

| MUESTRA NUMERO CLASIFICACION | IG-1 TALCO | IG-2 ARENA | IG-3 MULLASTONITA | IG-4 BENTONITA | IG-5 GRANITO | IG-6 BASALTO | IG-7 GADOLIN | IG-8 ULTRINO |
|---------------------------------|---------------|---------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| SiO ₂ | 56.97 % | 53.01 % | 51.04 % | 54.71 % | 72.27 % | 49.71 % | 55.25 | 40.13 % |
| TiO ₂ | 0.04 | 0.13 | 0.13 | 0.19 | 0.12 | 1.66 | 0.75 | 0.15 |
| Al ₂ O ₃ | 0.81 | 0.29 | 1.30 | 18.95 | 12.53 | 11.04 | 20.71 | 2.09 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.05 | 1.24 | 0.16 | 1.40 | 0.27 | 0.52 | 0.47 | 3.33 |
| FeO | 2.74 | N.D. | 1.09 | 1.09 | 1.80 | 3.78 | 0.00 | 5.90 |
| MnO | 0.04 | 0.01 | 0.14 | 0.03 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.12 |
| MgO | 29.61 | 0.17 | 0.00 | 2.30 | 0.84 | 8.72 | 0.25 | 38.03 |
| CaO | 0.20 | 0.00 | 43.81 | 0.97 | 0.00 | 8.12 | 0.30 | 0.58 |
| Na ₂ O | 0.21 | 0.14 | 0.63 | 1.40 | 4.39 | 4.03 | 0.27 | 0.27 |
| K ₂ O | 0.02 | 0.02 | 0.41 | 0.55 | 3.32 | 1.30 | 0.58 | 0.04 |
| P ₂ O ₅ | 0.03 | 0.04 | 0.17 | 0.08 | 0.06 | 0.53 | 0.23 | 0.04 |
| SO ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.42 | 0.00 |
| Cl ₂ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| H ₂ O (+) | 5.11 | 0.14 | 1.19 | 5.02 | 3.70 | 0.49 | 0.79 | 5.24 |
| H ₂ O (-) | <u>0.21</u> | <u>0.00</u> | <u>3.14</u> | <u>13.04</u> | <u>1.43</u> | <u>0.22</u> | <u>1.11</u> | <u>0.72</u> |
| SUMA | 100.00 % | 100.25 % | 100.24 % | 100.22 % | 100.18 % | 100.33 % | 99.94 % | 99.77 % |

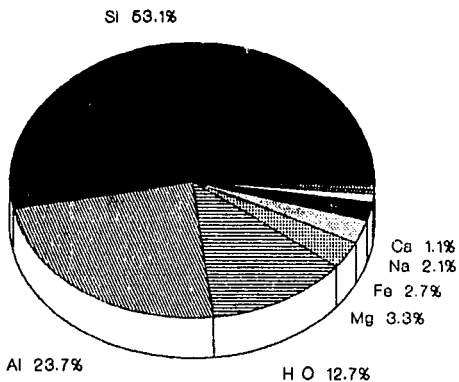
Ciudad Universitaria, marzo 13 1973

Analista: Alberto Obregón Pérez

Composición química de los minerales de arcilla
[según Engelhardt (E19)]

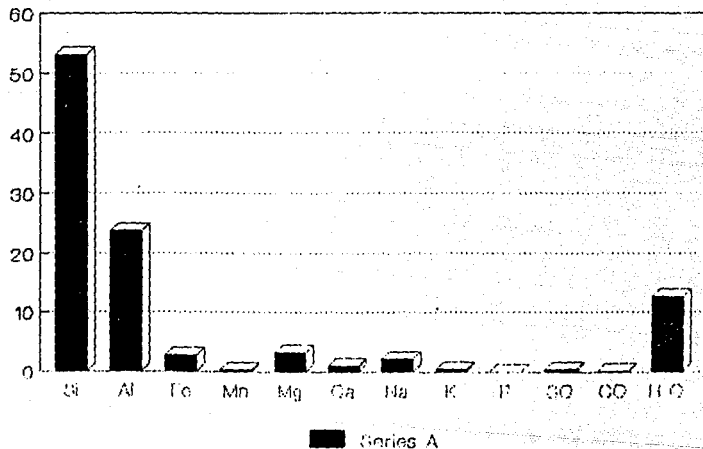
| | Caolinita | Halloysita | Montmorillonita |
|--------------------------------|------------|------------|-----------------|
| SiO ₂ | 43,6-54,7 | 40,0-45,8 | 47,9-51,2 |
| Al ₂ O ₃ | 30,0-40,2 | 33,8-39,2 | 20,0-27,1 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,3- 2,0 | 0 - 0,4 | 0,2- 1,4 |
| MgO | 0 - 1,0 | 0,3- | 2,1- 6,6 |
| CaO | 0,03- 1,5 | 0,1- 0,8 | 1,0- 3,7 |
| K ₂ O | 0 - 1,5 | 0,3 | 0,2- 0,6 |
| Na ₂ O | 0 - 1,2 | 0,1- 0,2 | 0,3- 0,8 |
| TiO ₂ | 0 - 1,4 | — | — |
| H ₂ O | 11,0-14,3 | 13,4-23,7 | 17,1-23,7 |
| | Beidellita | Nontronita | Illita |
| SiO ₂ | 45,3-47,3 | 31,1-47,6 | 50,1-51,7 |
| Al ₂ O ₃ | 12,2-27,8 | 0,4-22,7 | 21,7-32,8 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,8-18,5 | 15,2-40,8 | 0 - 6,2 |
| MgO | 0,2- 3,0 | 0,1- 4,0 | 2,0- 4,5 |
| CaO | 0,5- 2,8 | 0,6- 4,5 | 0 - 0,6 |
| K ₂ O | 0,1 | 0,1- 0,4 | 6,1- 6,9 |
| Na ₂ O | 0,1- 1,0 | 0 - 0,2 | 0,1- 0,5 |
| TiO ₂ | 0,8 | 0 - 0,1 | 0,5 |
| H ₂ O | 17,3-22,6 | 5,1-13,0 | 6,4- 7,0 |

CONTENIDO DE LA ARCILLA MUESTRA 1



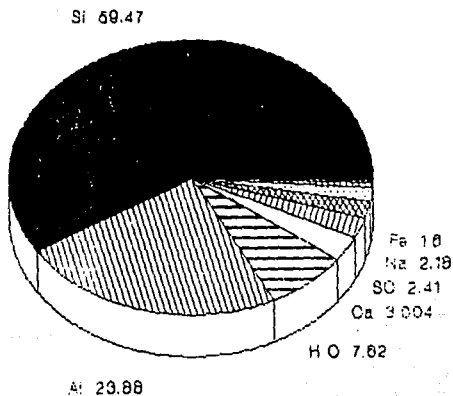
·NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

PORCENTAJE DE ELEMENTOS MUESTRA 1



NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

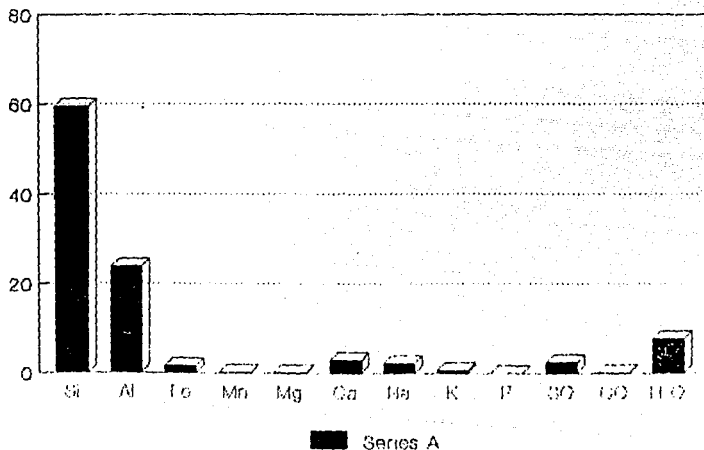
CONTENIDO DE LA ARCILLA MUESTRA 2



NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

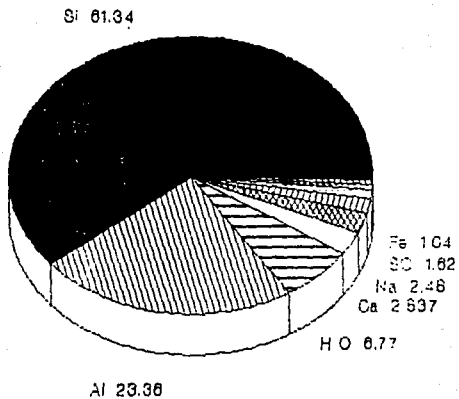
PORCENTAJE DE ELEMENTOS

MUESTRA 2



NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

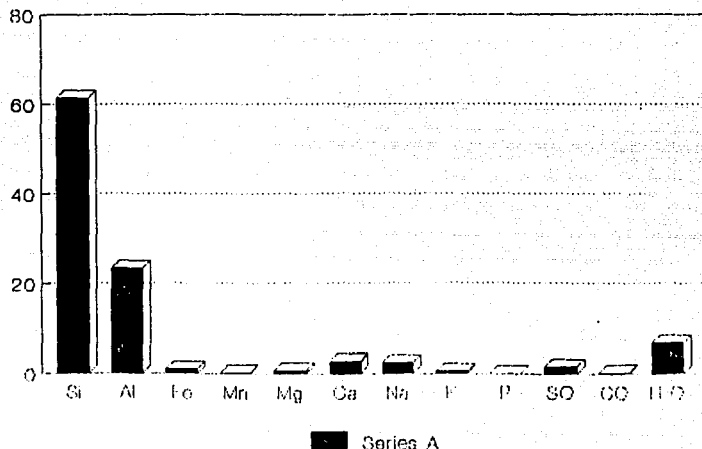
CONTENIDO DE LA ARCILLA MUESTRA 3



NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

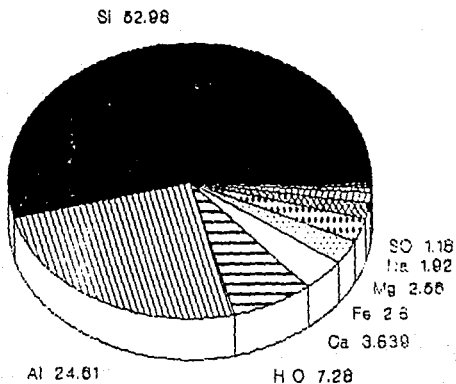
PORCENTAJE DE ELEMENTOS

MUESTRA 3



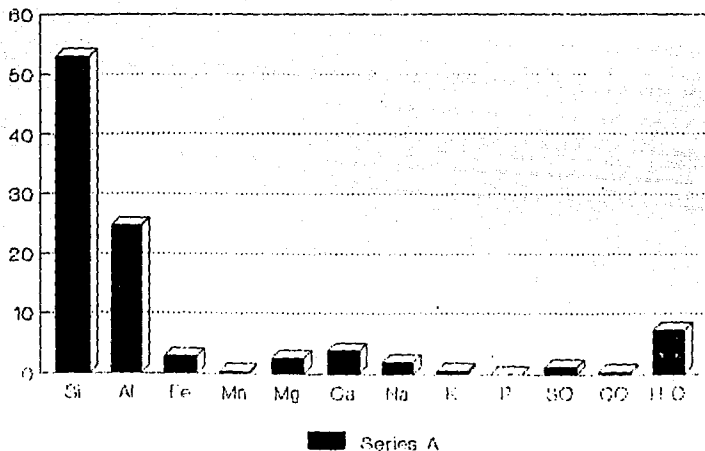
NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

CONTENIDO DE LA ARCILLA MUESTRA 4

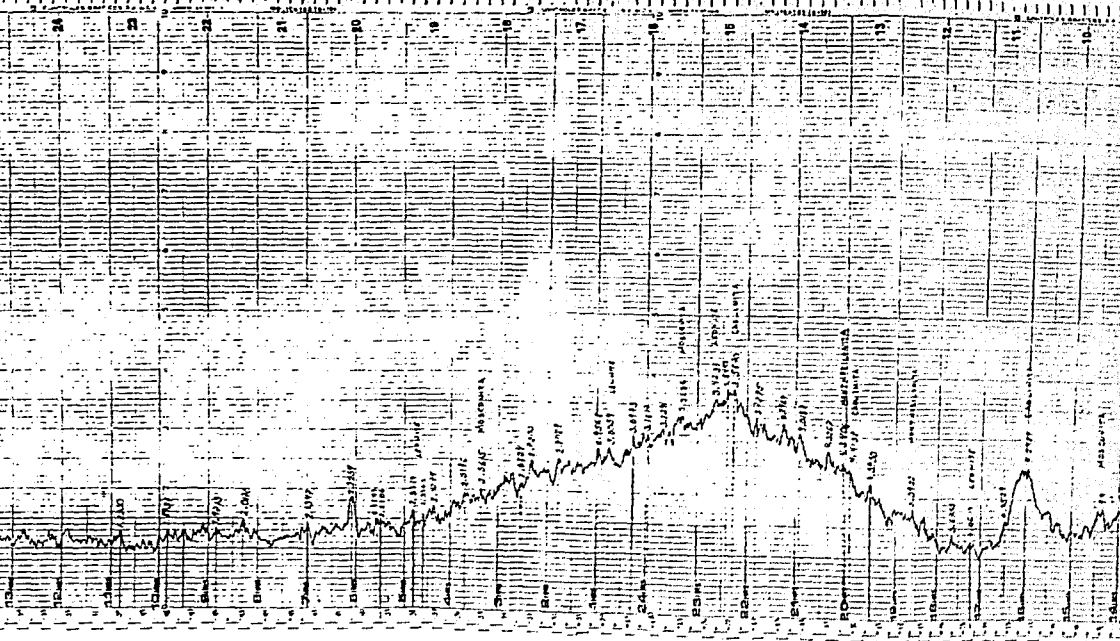


NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS

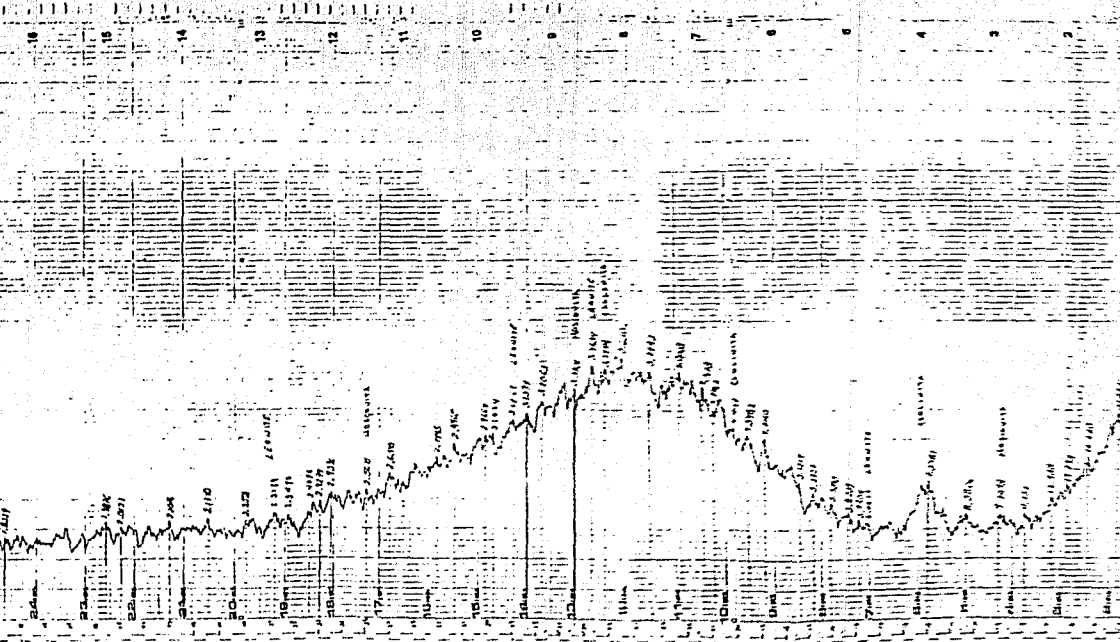
PORCENTAJE DE ELEMENTOS MUESTRA 4



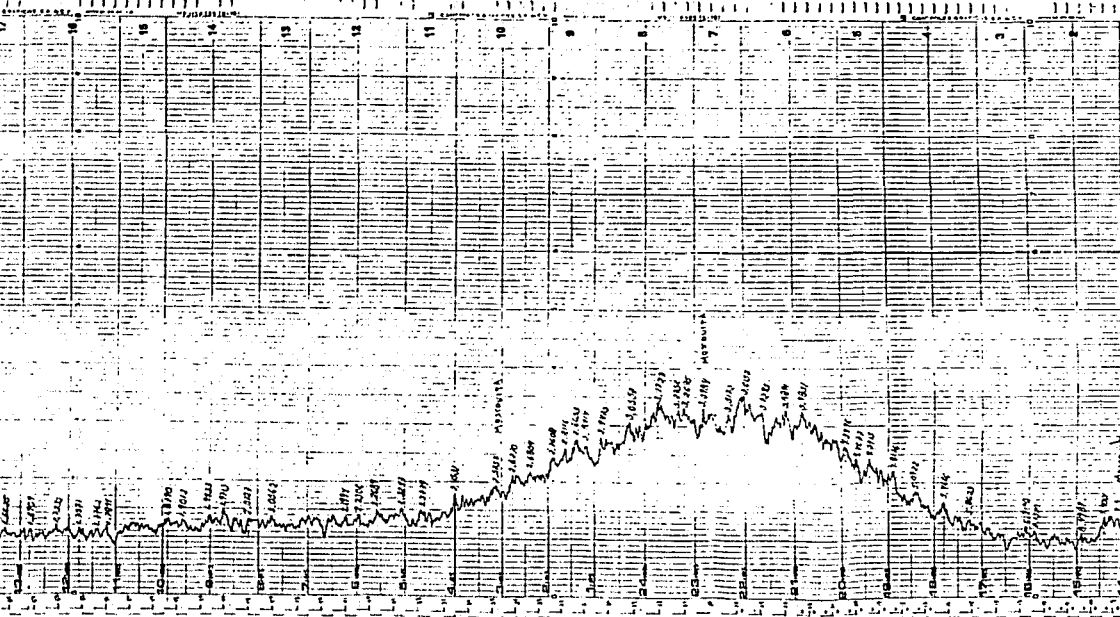
NOTA: TODOS LOS ELEMENTOS
ESTAN COMO OXIDOS



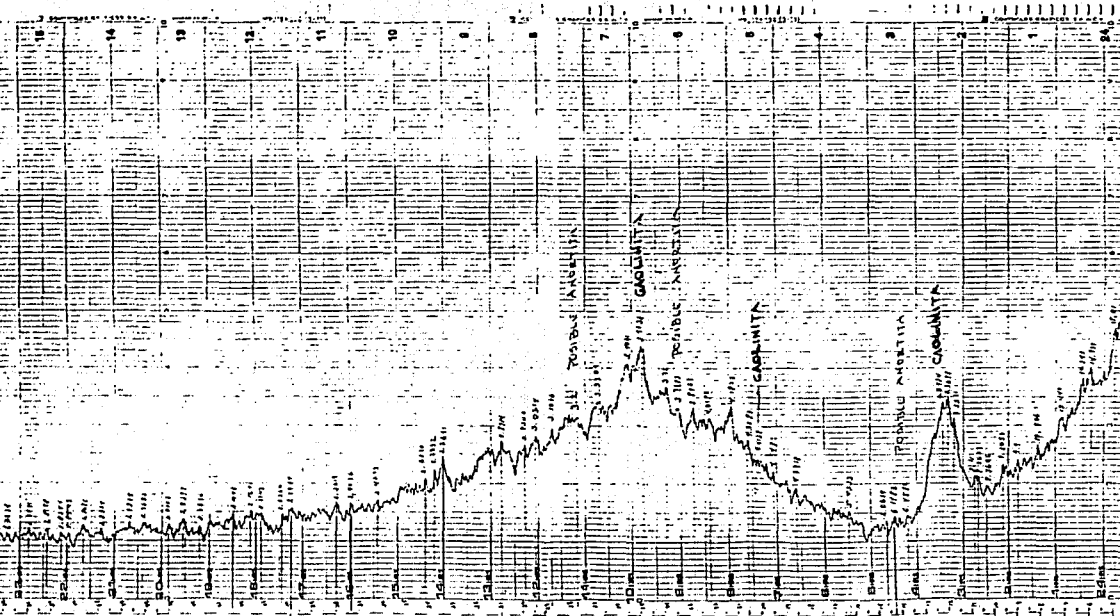
MUESTRA #1 GLICOLASA



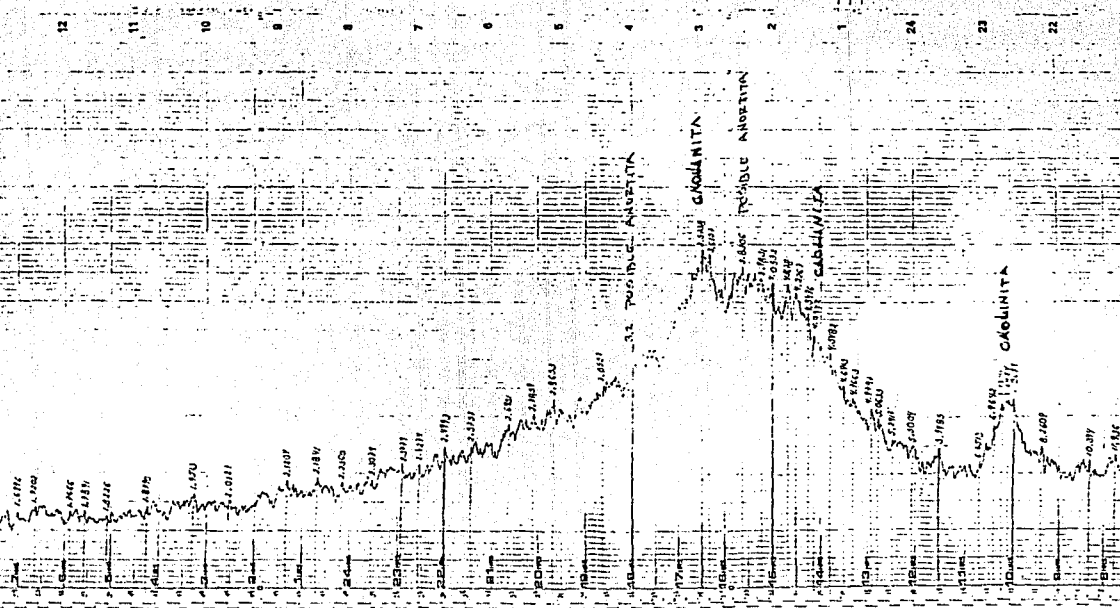
MUESTRA # 1 CALCIUM



MUESTRA # 2 NORMAL

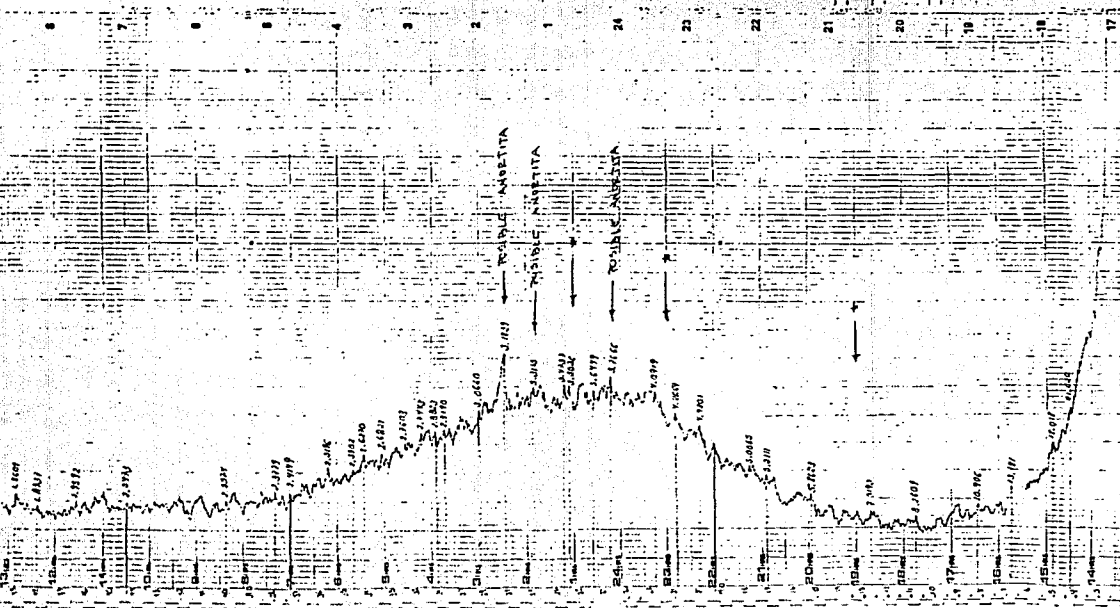


MUESTRA # 2 GLICOLABA.

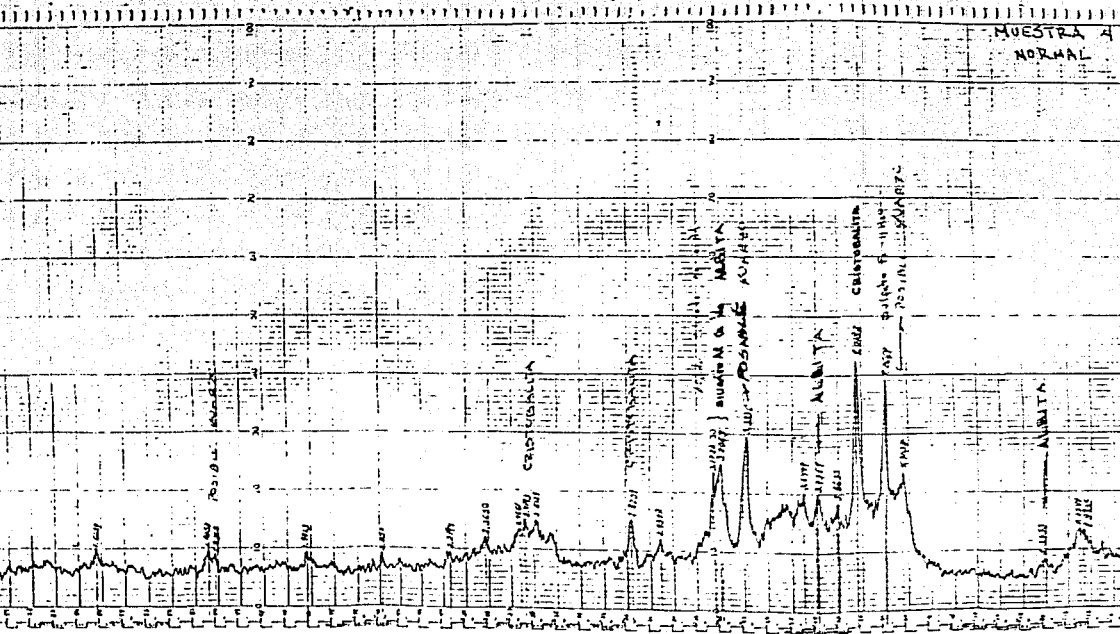


DESAPARECEN LOS Picos en
LA TEMPERATURA

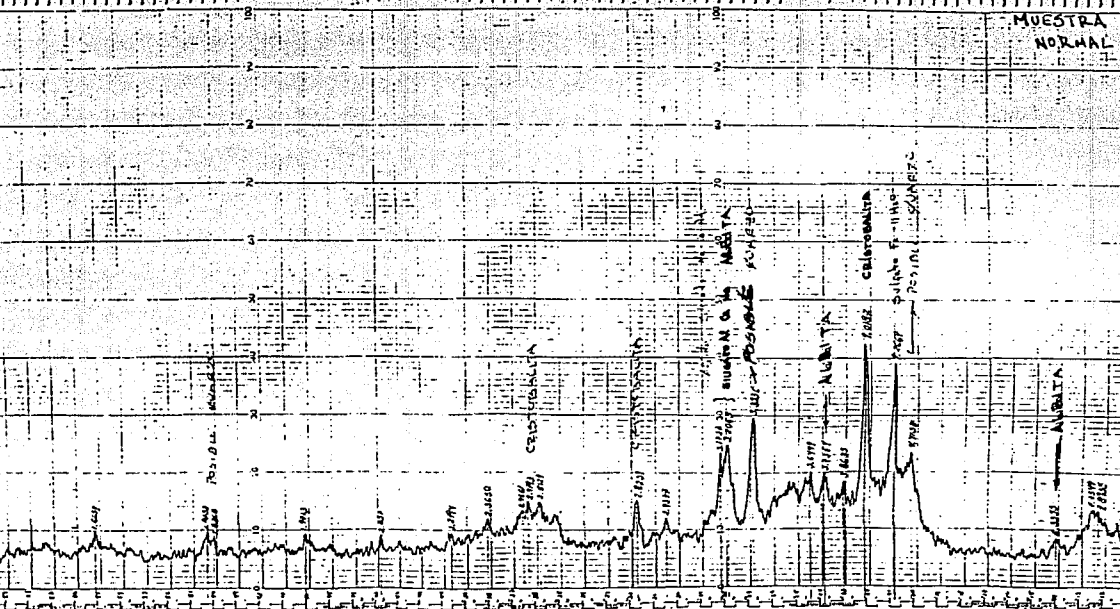
MUESTRA # 2 CALCINADA

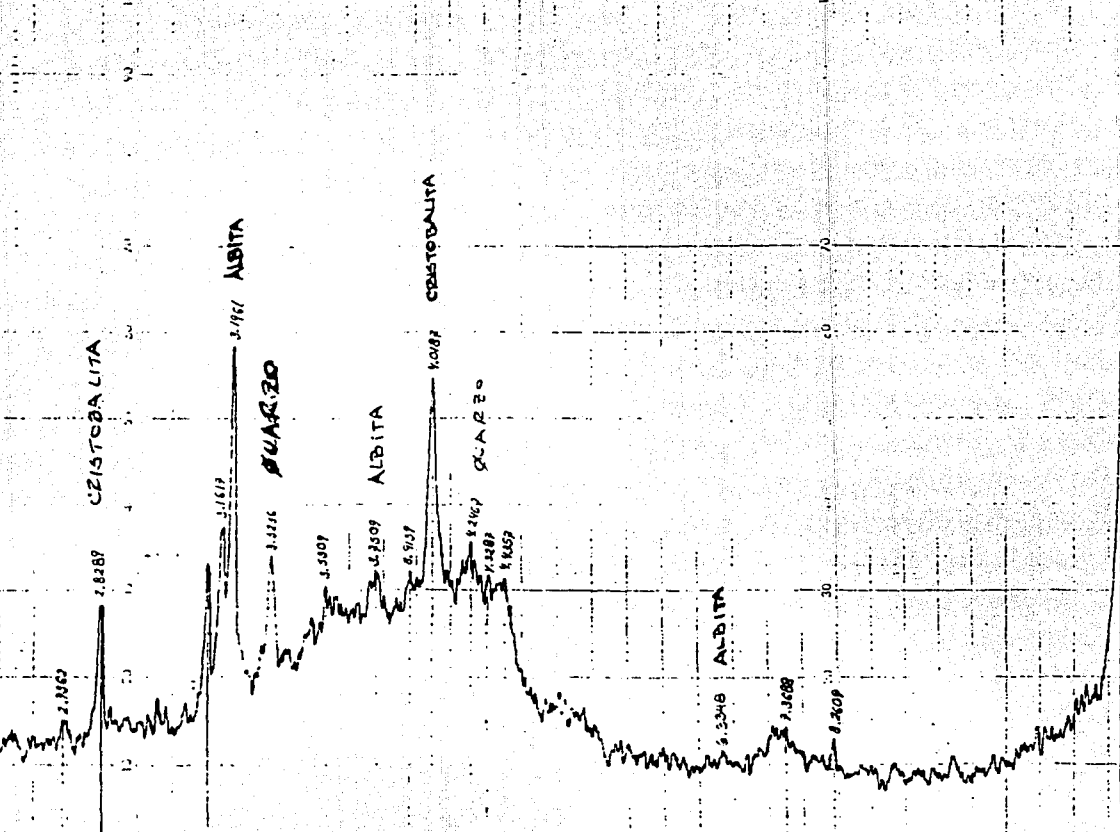


MUESTRA 4
NORMAL



MUESTRA NORMAL





2.6811
2.9180
2.9472
3.1961
3.5206
3.4331
3.5172
3.6167
3.7507
3.7983
4.062
4.106
4.5245
4.758
5.0922
5.3691
5.6184
5.822
6.1551
6.42

CRISTOBALITA

ALBITA

ROSABRE
QUARZO

ALBITA

CRISTOBALITA (SiO₂)

QUARZO

ALBITA

**TABLAS PARA INTERPRETACION
DE RAYOS X**

CAOLINITA (Al₂ Si₂ O₅ (OH)₄)

| SERIAL | INTENSIDAD |
|--------|------------|
| 7.17 | 100 % |
| 1.49 | 90 % |
| 3.58 | 80 % |
| 3.56 | 100 % |
| 4.41 | 60 % |

MONTMORILLONITA

(Na, K, Ca)_x (Al, Mg)₇ (Si, Al)₅ O₂₀ (OH)₁₀ nH₂O

| SERIAL | INTENSIDAD |
|--------|------------|
| 4.53 | 100% |
| 15.00 | 90% |
| 4.97 | 75% |
| 3.00 | 60% |
| 13.60 | 100% |
| 4.47 | 18% |
| 4.50 | 80% |
| 5.01 | 60% |

CRISTOBALITA (SiO_2)

| SERIAL | INTENSIDAD |
|--------|------------|
| 4.05 | 100% |
| 2.49 | 20% |
| 2.84 | 14% |

CUARZO ($\alpha\text{-SiO}_2$)

| SERIAL | INTENSIDAD |
|--------|------------|
| 3.34 | 100% |
| 4.26 | 35% |
| 1.82 | 17% |
| 1.54 | 15% |

ALBITA ($\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$)

| SERIAL | INTENSIDAD |
|--------|------------|
| 4.03 | 100% |
| 3.22 | 65% |
| 3.66 | 60% |
| 6.37 | 12% |
| 2.12 | 16% |
| 1.89 | 20% |

ANORTITA (Ca, Na) (Si, Al)₄ O₈

| SEÑAL | INTENSIDAD |
|-------|------------|
| 3.18 | 100% |
| 3.76 | 70% |
| 3.21 | 70% |
| 3.24 | 40% |
| 3.13 | 35% |
| 2.51 | 40% |
| 2.13 | 35% |

MUSCOVITA (K Al₂ Si₃ AlO₁₀(OH)₂)

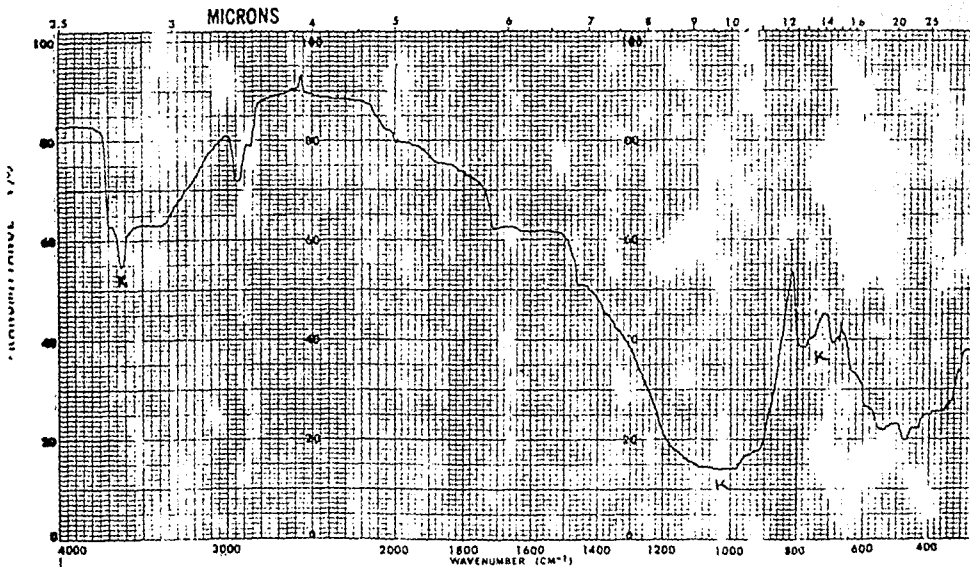
| SEÑAL | INTENSIDAD |
|-------|------------|
| 10.10 | 100% |
| 3.36 | 100% |
| 4.49 | 90% |
| 2.56 | 80% |
| 3.66 | 60% |
| 2.58 | 50% |

Los datos presentados se obtuvieron de las tablas que se utilizan para la interpretación de espectros de rayos X.

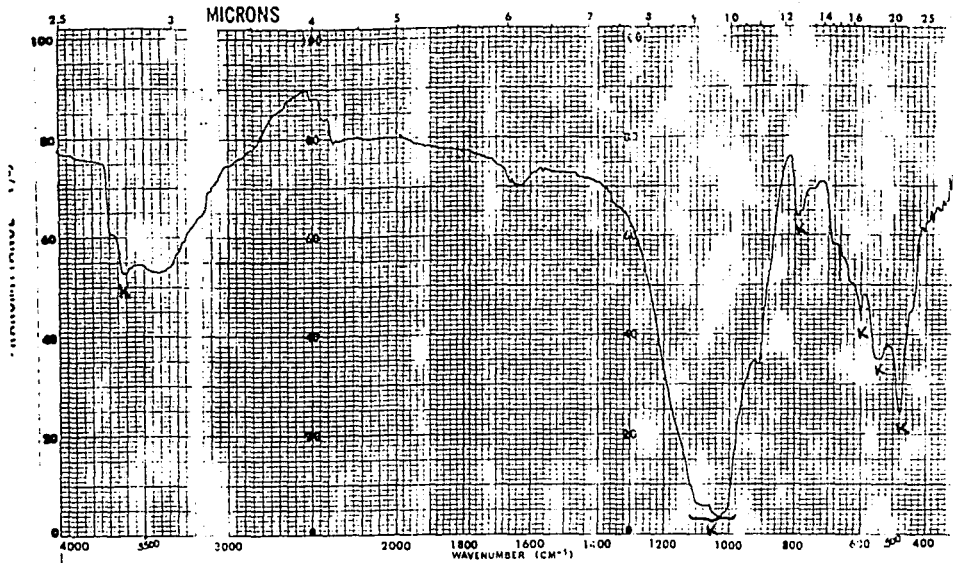
**CARACTERISTICAS DE LOS ESPECTROS
DE RAYOS X**

| MINERAL | NORMAL | GLICOLADA | CALCINADA |
|----------------------|---------------------|------------------------------|--|
| CAOLINITA | SEÑAL: 7.15 3.75 | NO HAY CAMBIOS | SE VUELVE AMORFA A LOS 550-600 C |
| MONTMORILLO- NITA | SEÑAL: 15.0 | LA SEÑAL SE DEFASA A 17 A | A 300 C LA SEÑAL APARECE A 9 A |
| MICA | SEÑAL: 10.0 5.0 | NO HAY CAMBIOS | LA SEÑAL SE VUELVE MAS INTENSA |

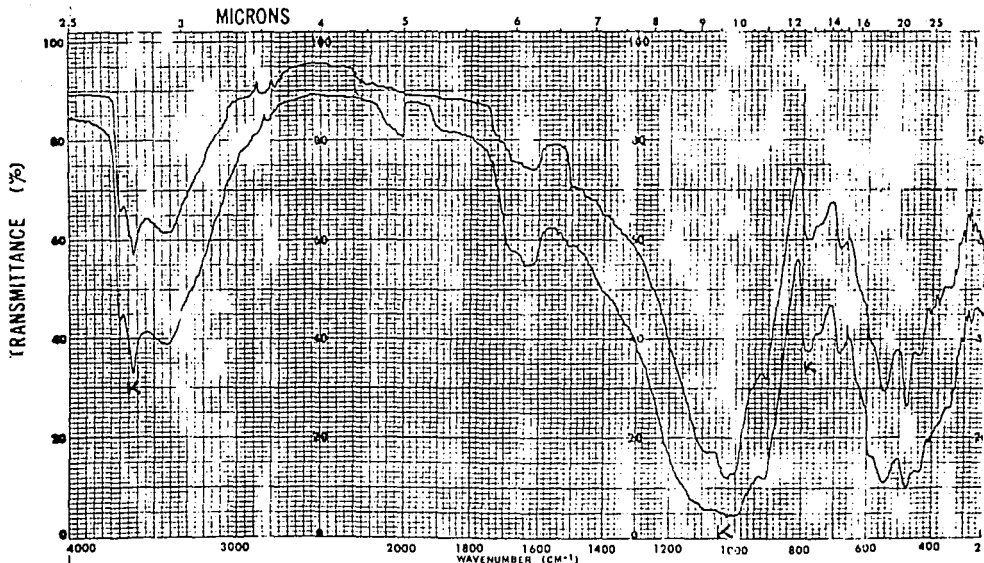
Los datos presentados se obtuvieron de las tablas que se utilizan para la interpretación de espectros de rayos X.



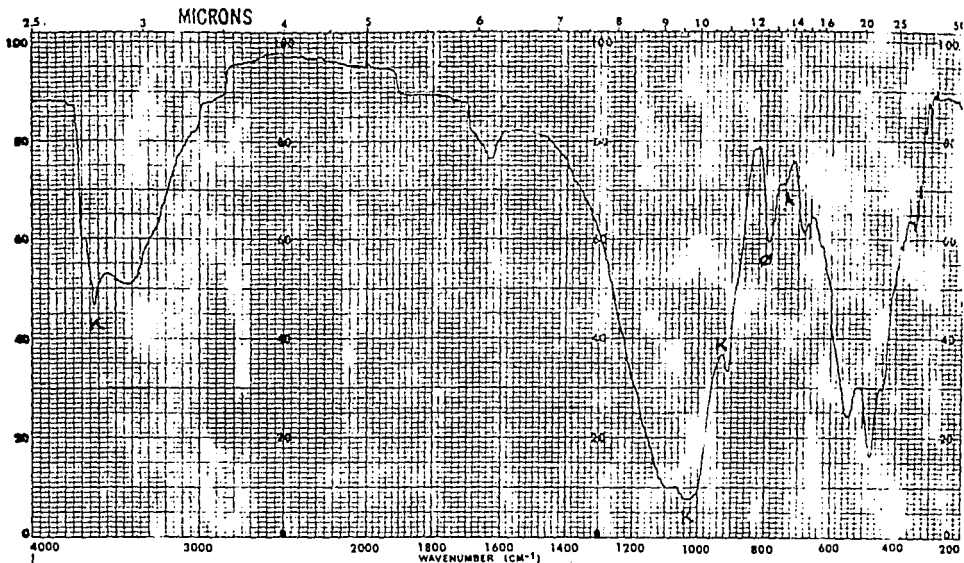
| | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| SAMPLE <i>H-1</i> | SOLVENT <i>petrole</i> | SCAN <i>6</i> | SINGLE B. _____ | REMARKS _____ |
| | CONC. <i>de K Br</i> | SPLIT <i>H</i> | T.O. SPEED. _____ | |
| | CELL PATH _____ | OPERATOR <i>Blida</i> | ORD. EXP. _____ | |
| | REFERENCE <i>air</i> | DATE <i>20-11-58</i> | T.CONST. _____ | |
| ORIGIN <i>Sony Kaitano</i> | PERKIN-ELMER | No. 5102-1000 | REF. No. <i>~ 117</i> | <i>K = CALIBRATION</i> |



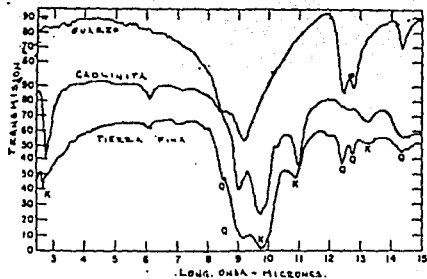
| | | | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------|
| SAMPLE <u>H-2</u> | SOLVENT <u>Acetone</u> | SCAN <u>6</u> | SINGLE B. <input type="checkbox"/> | REMARKS. |
| | CONC _____ | SLIT <u>H</u> | T.D. SPEED. _____ | |
| | CELL PATH _____ | OPERATOR <u>Blair</u> | ORD. EXP. _____ | |
| | REFERENCE <u>air</u> | DATE <u>50-VIII-19</u> | T.CONST _____ | |
| | PERKIN-ELMER | No. 5102-1000 | REF. No. <u>2-777</u> | |
| ORIGIN <u>W. E. C. Co. /</u> | | | | <u>K = CAOLINITA</u> |



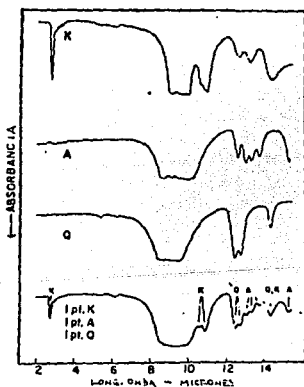
| | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------|
| SAMPLE <i>spectra 3</i> | SOLVENT <i>paraffin</i> | SCAN <i>6</i> | SINGLE B. <input type="checkbox"/> | REMARKS. |
| | CONC. _____ | SPLIT <i>w</i> | T.O. SPEED. _____ | |
| | CELL PATH _____ | OPERATOR <i>Chet</i> | ORD. EXP. _____ | |
| | REFERENCE <i>air</i> | DATE <i>31-VIII-54</i> | T.CONST _____ | |
| ORIGIN <i>Joseph Cellars</i> | PERKIN-ELMER | No. 5102-1000 | REF. No. <i>22723</i> | <i>K = CAOLINITA</i> |



| | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---|
| SAMPLE <i>Specimen 4</i> | SOLVENT <i>Acetone</i> | SCAN <i>12</i> | SINGLE B. | REMARKS. |
| CONC. | CELL PATH | SPLIT <i>1/2</i> | T.D. SPEED. | <i>A = ALDHA</i> <i>B = BUREO</i> <i>K = CALULITA</i> |
| REFERENCE <i>air</i> | PERKIN-ELMER | OPERATOR <i>Chick</i> | ORD. EXP. | |
| ORIGIN <i>Large Cellulose</i> | | DATE <i>31-VIII-59</i> | T.CONST. | |
| | | No. 5102-1000 | REF. No. <i>22724</i> | |



Comparación espectral de cuarzo y caolinita.
Espectro original por H. H. Bailey.

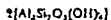


[Identificación mineral] con infra-rojo. Curvas de absorción de caolinita (K), albita (A), cuarzo (Q) y una mezcla de los tres minerales.

Reproducido del Engineering & Mining Journal, volumen 16, fig. 1, 1960.

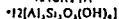
A R C I L L A S

"CAULINITA"



| | |
|--------------------|-------------|
| 366s, sp | 605w, sh |
| 3670-56m, sh | 572-35s |
| 3645w | 475-68s |
| 3630-24s, sp | 435-28m, sh |
| 1117-05s, sh | 347w |
| 1035-30s | 277w |
| 1019-05s } doublet | 202w, sh |
| 940-35m, sh | 190w |
| 918-02s | |
| 800-784w | |
| 760-48w | |
| 700-686m | |

"NACRITA"



| | |
|-----------------|-----------------|
| 3710-3696sp, sh | 794m |
| 3658-54s, sp | 754m, sh |
| 3627 | 700-697m, b, sh |
| 3450 | 605-03sh |
| 1120s, sh | 540-30vs, b |
| 1038-34vs | 472-70vs |
| 1002vs | 430-25m |
| 956vw, sh | 415sh |
| 936-32m, sh | |
| 914s | |

"ANAUXITA"



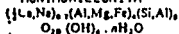
| | |
|------------------|----------|
| 3695 | 792w |
| 3670 | 755w |
| 3652 | 695m, b |
| 3618 | 536s, b |
| 1116 | 468s |
| 1100 } s, sh | 430s, sh |
| 1032vs } doublet | |
| 1010vs } doublet | 415sh |
| 938sh } doublet | |
| 913s | |

"DICKITA"



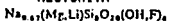
| | |
|---------------|------|
| ca. 3700m, sp | |
| 3660s, sh | |
| 3620s, sp | |
| 1620w | |
| 1130-20s | } |
| 1110-00sh | |
| 1053-36vs, b | } vb |
| 1005-995vs | |
| 945-35m, sh | } |
| 914s | |
| 800-792w, b | } |
| 752-46w, b | |
| 700-676m, b | } |
| 608sh | |
| ca. 540vs, b | } b |
| 475-70s, b | |
| 429s | |
| 415sh | |

"MONTMORILLONITA"



| | |
|--------------|----------------|
| 3644-20a | 630-25m, b, sh |
| 3428-3190a | 540m, sh |
| 1640-35m | 470s |
| 1130-1090sh | 430sh |
| 1040-15vs, b | 278vw |
| 920-09m, sh | 194vw |
| 885-80vw | |
| 850-35w | |
| 800-795w | |

"HECTORITA"



3670-10 doublet?

3450-00 var.

1650-30w

1430m

1075-73s, sh

1011-05vs, b

873-53w, sh

820-780sh

712-696m

655m

533-30sh

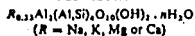
470-65vs, b

"NONTRONITA"



| | | |
|-------------|----------|------|
| 3636-20a | 686m, sh | } vb |
| 3425-00s | 600sh | |
| 1640-35w | 497-90s | |
| 1120-1092sh | 460-55sh | |
| 1050-20s, b | 440-35s | |
| 856-50w, sh | | |
| 824-20w-m | | |
| 781-60w, sh | | |

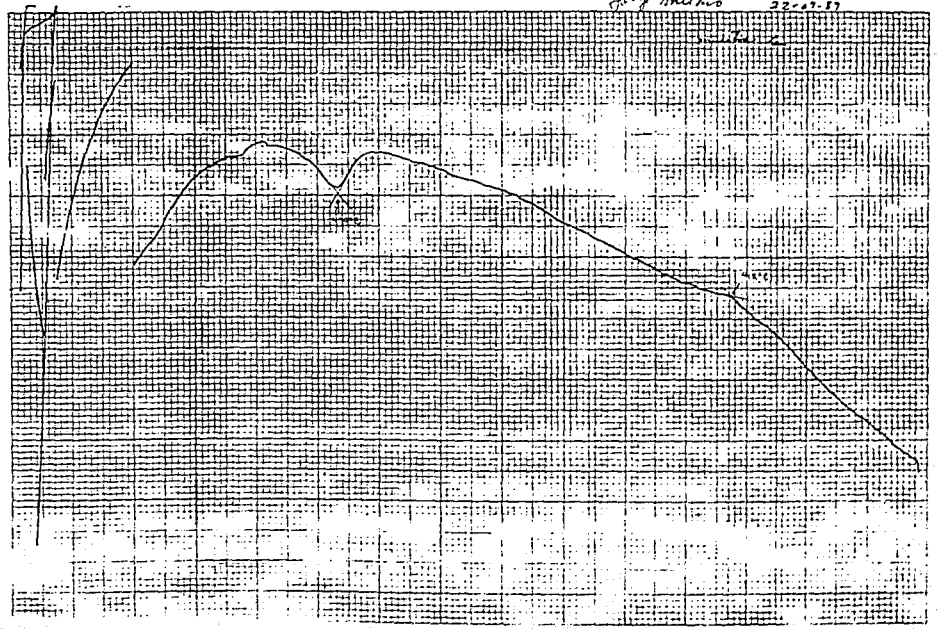
"BEIDELITA"

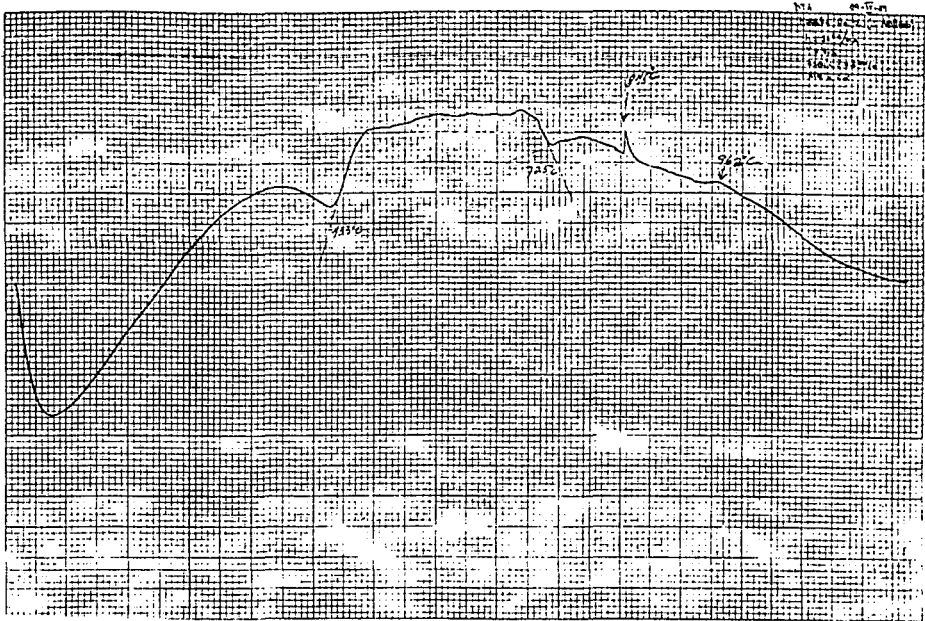


| | |
|-----------|----------|
| 3640m, sp | 776m |
| 3450m, sh | 729vw |
| 1630w | 693vw |
| 1084sh | 624vw |
| 1041-30vs | 566m, sh |
| 1022sh | 537s |
| 942m, sh | 511sh |
| 877w, sh | 479s |
| 819m | 426s |

July Bellmo 22-27-57

no
T
 ΔT
L
end:



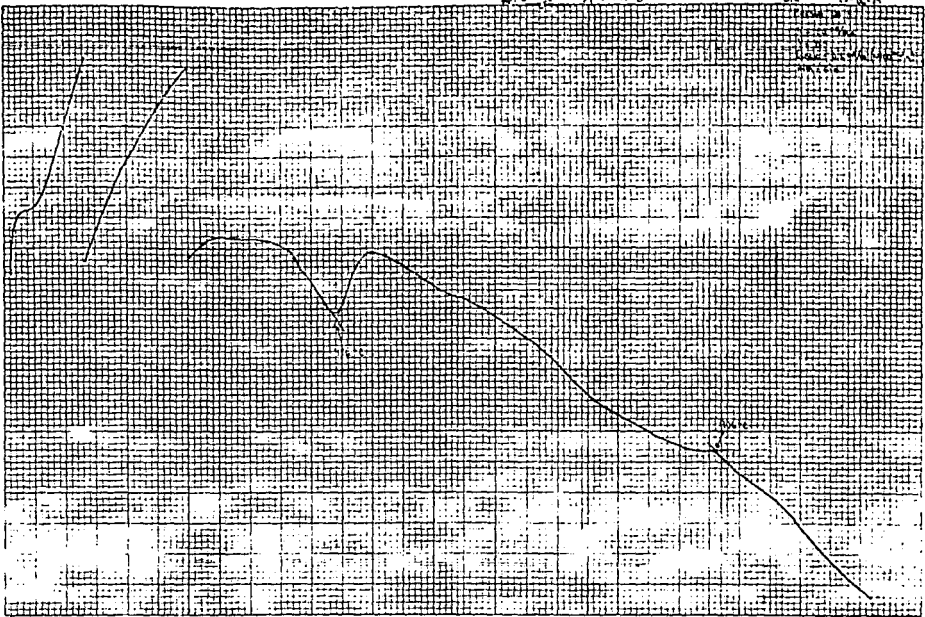


10-98 Aklino

20-10-98

10-98 Aklino
10-98 Aklino
10-98 Aklino
10-98 Aklino

100
↑
ΔT
↓
0



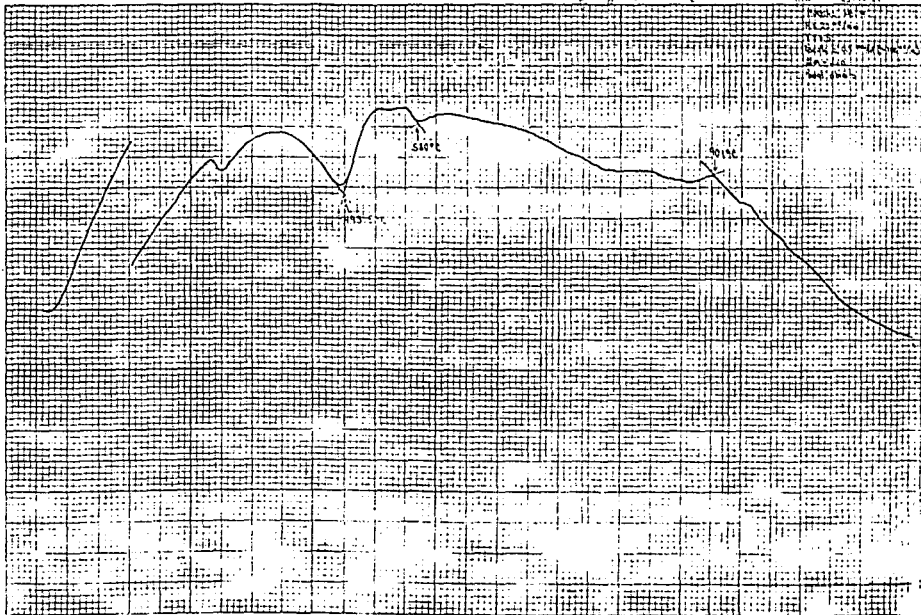
$T(^{\circ}C) \rightarrow$

Lago de Itaipu

N/A 25-10-79

PROJ: 1810
REC: 02/02
TTT: S
DATA: 1810-1810-1810
MAP: 1810
MATERIAL: 1810

on
↑
 ΔT
↓
cm/s



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 79 -

SEREALES DE LAS ARCILLAS EN DTA.

| TIPO DE ARCILLA | SEÑALES: | | OBSERVACIONES |
|-----------------|--------------|--------------------------|---|
| | ENDOTERMICAS | EXOTERMICAS | |
| Caolinitas | 570-600°C | | Pérdida de radicales OH ⁻ |
| | | 950-1000°C | Inversiones de óxido de Al amorfo a óxido de Al. |
| Montmorillonita | 100-250°C | | Pérdida de agua adsorbida |
| | 500-800°C | | Pérdida parcial de radicales OH ⁻ |
| | 850-950°C | | Pérdida total de radicales OH ⁻ |
| | | 850-950°C (ocasional) | Cambio estructural |
| Nontronita | 100-250°C | | Deshidratación |
| | 400-500°C | | Sustitución de hierro |
| | 900 °C | | |
| Beidellita | 100-150°C | | Deshidratación |
| | 550-600°C | | Pérdida de radicales OH ⁻ |
| Saponita | 100-180°C | | Deshidratación |
| | | 800 °C | |
| | 820-860°C | | 2a. Deshidratación |
| Hidromicas | | | |
| Illita | 100-200°C | | Pérdida de agua adsorbida |
| | 500-650°C | | Pérdida de agua constitucional |
| | 900 °C | | Destrucción de la estructura (seguida de un pico exotérmico) |

Micas

| | |
|------------|-----------|
| Muscovita | 750-950°C |
| | 300-400°C |
| Glaucónita | 150-200°C |
| | 600°C |
| | 900°C |

| TIPO DE ARCILLA | SEÑALES | | OBSERVACIONES |
|-----------------|-------------|------------|---|
| | ENDOTERMICA | EXOTERMICA | |
| Cristobalita | 190-250°C | | Inversión de la estructura β cristobalita → α cristobalita |
| | 220-280°C | | Inversión de la estructura α cristobalita → β cristobalita |
| Cuarzo | 570 °C | | Inversión de la estructura β cuarzo → α cuarzo |
| | 575 °C | | Inversión de la estructura α cuarzo → β cuarzo |

TERMOGRAMAS DE DTA.

Termogramas de feldespatos según A. Köbler y P. Wieden.

1.) Albita, Suiza

2.) Oligoclase, Noruega

3.) Labradorita, Labrador

4.) Anortita, Italia

5.) Anortita, Japón

100 200 300 400 500 600 700 800 900



100 200 300 400 500 600 700 800 900

Termogramas de caolinitas.

1.) Caolinita, Hungrfa 1953

2.) Caolinita, Hungrfa 1953

3.) Caolinita, Hungrfa 1954

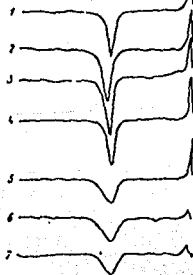
4.) Caolinita, Hungrfa 1955

5.) Caolinita, Langley

6.) Caolinita, Langley + 6 % NaCl

7.) Caolinita, Langley + 10 % Na₂CO₃

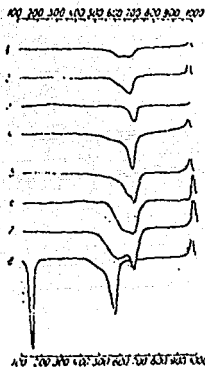
100 200 300 400 500 600 700 800 900



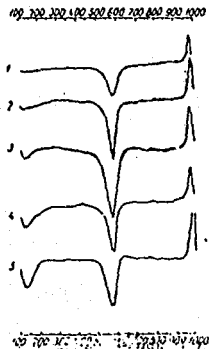
100 200 300 400 500 600 700 800 900

Termogramas de minerales del grupo de caolinitas.

- 1.) Nacrita (Morton)
- 2.) Nacrita, Freiberg (Jasmund)
- 3.) Dickita (Morton)
- 4.) Dickita, Colorado (Kerr, Kulp,
Hamilton)
- 5.) Dickita y Nacrita juntas, St George, Utah
(Kerr, Kulp, Hamilton)
- 6.) Nacrita y Dickita juntas, Hungría
(Instituto estatal de geología, 1954)
- 7.) Dickita y Nacrita juntas, Hungría
(Instituto estatal de geología, 1953)
- 8.) Halloysita, Djebel Debar, Algiers
(Jasmund)



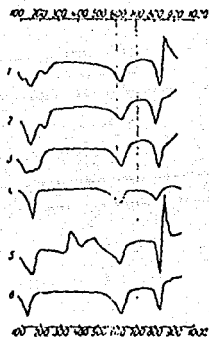
Termogramas de minerales de caolín de Szegilong
(Instituto Estatal Hungaro de Geología, 1955).



Termogramas de Montmorillonitas.

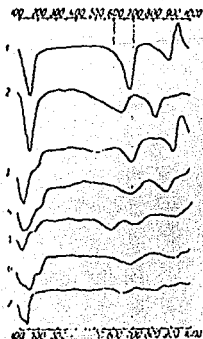
Variación del catión intercambiable (según Barshad)

- 1.) Mg-montmorillonita
- 2.) Ca-montmorillonita
- 3.) Ba-montmorillonita
- 4.) Na-montmorillonita
- 5.) NH_2 -montmorillonita
- 6.) K-montmorillonita



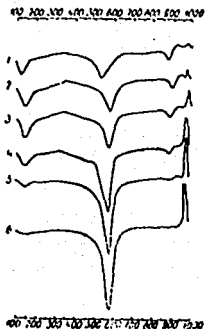
Termogramas de Montmorillonitas.

- 1.) Upton, Wyoming (Grim & Rowland)
- 2.) Otay, California (Grim & Rowland)
- 3.) G8ne, Hungrfa (Instituto estatal de geologia 1953)
- 4.) Hungrfa (Instituto estatal de geologia 1955)
- 5.) Mad-Koldn, Hungrfa 1955
- 6.) Istenmezeje, Hungrfa 1955
- 7.) Na-montmorillonita pura, Hungrfa 1955



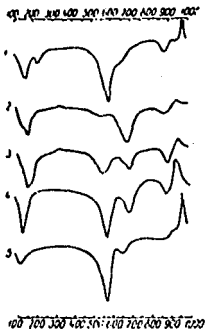
Termogramas de mezclas de illita y caolinita (según Grim & Rowland)

- 1.) 95% illita y 5% caolinita
- 2.) 90% illita y 10% caolinita
- 3.) 75% illita y 25% caolinita
- 4.) 50% illita y 50% caolinita
- 5.) 25% illita y 75% caolinita
- 6.) 10% illita y 90% caolinita



Termogramas de mezclas de varios minerales arcillosos.

- 1.) 50% Ca-montmorillonita y 50% caolinita
- 2.) 75% Na-montmorillonita y 25% illita
(Grim & Rowland)
- 3.) 25% Na-montmorillonita y 75% illita
(Grim & Rowland)
- 4.) Caolinita, Na-montmorillonita, illita (1:1:1)
- 5.) Caolinita, Namontmorillonita, illita (3:1:1)



ANALISIS E INTERPRETACION DE DTA

| MUESTRA | TIPO DE SENAL | CONCLUSIONES |
|---------|---|------------------------------|
| M 1 | ENDO A 479 C EXO A 912 C | CAOLINITA |
| M 2 | ENDO A 433 C ENDO A 725 C EXO A 845 C EXO A 962 C | CAOLINITA MONTMORILLONITA |
| M 3 | ENDO A 486 C EXO A 906 C | CAOLINITA |
| M 4 | ENDO A 341 C ENDO A 493.5 C ENDO A 580 C EXO A 901 C | CAOLINITA CUARZO |

RECOPILACION DE RESULTADOS POR METODOS.

| MUESTRAS | OBSERVACION AL MICROSCOPIO OPTICO. | RAYOS X | ESPECTROFOTOMETRIA DE INFRA-ROJO | ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL | ANALISIS QUIMICO. |
|----------|--|---|---|---|--------------------------------|
| M 1 | <ul style="list-style-type: none"> ° Cristal amorfo transparente - Cristal naranja, blanco y café-rojizo | <ul style="list-style-type: none"> Caolinita Montmorillonita Muscovita ? | Caolinita | Caolinita Montmorillonita ? | Caolinita Montmorillonita ? |
| M 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Cristales café-rojizo y blanco * Cristales transparentes y amarillentos Todos amorfos. | <ul style="list-style-type: none"> Caolinita Anortita ? | Caolinita | Caolinita Dickita ? Montmorillonita ? | Caolinita Montmorillonita ? |
| M 3 | <ul style="list-style-type: none"> ° Cristales amorfos transparentes - Cristales café-rojizo * Cristales naranja y blanco. | / | Caolinita | Caolinita | Caolinita |
| M 4 | <ul style="list-style-type: none"> ° Cristal amorfo transparente - Cristal café-rojizo | <ul style="list-style-type: none"> Caolinita Cristobalita Cuarzo Albita ? | <ul style="list-style-type: none"> Caolinita Cuarzo ? Albita ? | <ul style="list-style-type: none"> Caolinita Cuarzo Cristobalita | Caolinita |

- ° Abundante
- * Medianamente abundante
- Trazas
- ? Menor cantidad

CAPITULO 4

DISCUSION DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos en el análisis físico se obtiene que las cuatro arcillas analizadas presentan una plasticidad muy buena, es decir, son muy maleables; al quemarlas dan una coloración naranja oscuro o rojo, lo que se debe a la cantidad de hierro contenida en las mismas. En general, las cuatro arcillas presentan un promedio de encofamiento de 11.9%.

Una prueba física muy importante es la granulometría (tamaño de partícula), la cual indica la calidad de los productos que se pueden fabricar con dicha arcilla. Las arcillas analizadas quedaron en su mayoría en el tamiz de 300 mallas, lo que significa que moléndolas un poco, pueden ser utilizadas para cerámica selecta.

Con lo que respecta al análisis químico, se encontró que los elementos más abundantes son la sílice y el aluminio, los cuales combinados con otros elementos como calcio, manganeso, sodio, potasio, magnesio y hierro forman compuestos como la caolinita con fórmula $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, montmorillonita cuya fórmula es $(Na, K, Ca)_x(Al, Mg)_7(Si, Al)_5O_{20}(OH)_{10}nH_2O$; cristobalita (SiO_2); cuarzo (SiO_2); muscovita $(Ca, K, Na)(Al, Mg, Fe)_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$; anortita con fórmula $(Ca, Na)(Si, Al)_4O_8$; albita $NaAlSi_3O_8$.

Por otra parte se tienen los resultados obtenidos en el análisis con equipo especializado como rayos X, análisis térmico diferencial y espectroscopía de infrarrojo; estos resultados apoyan los obtenidos en los análisis anteriores y confirman la presencia de los elementos y compuestos arriba mencionados mediante sus diferentes técnicas, por ejemplo, el análisis térmico diferencial muestra los cambios de estructura que sufre la arcilla por la acción de la temperatura, lo cual al ser interpretados se obtuvieron resultados muy semejantes a los obtenidos en los análisis físicos y químicos.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES .

Las arcillas utilizadas por los artesanos de la zona de Santiaguito --- Tlalxialcali (las cuales son utilizadas para la fabricación de ollas, cazuelas, vajillas, macetas, entre otros artículos), presentan una gran similitud con las arcillas de Gres; esta comparación se hace en base a los resultados obtenidos en los análisis realizados.

Por esta similitud con las arcillas de Gres, la utilidad que se les da a las arcillas de Santiaguito puede ser ampliada debido a que las arcillas de -- Gres son utilizadas para la fabricación de baldosas para paredes, baldosas para chimeneas, porcelana de baja tensión, baldosas para pisos y cerámica.

Además, con la adición de ciertos compuestos a la arcilla, esta puede ser mejorada en algunas características; sin embargo, esto no es fácil para los artesanos de la zona por sus limitadas posibilidades.

Tomando en cuenta la ventaja que tienen las arcillas por ser similares a las de Gres, y ampliando la variedad de artículos fabricados, se notará una variación positiva en las utilidades de los artesanos, lo que significa un incremento en sus ingresos.

CAPITULO 6

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Aranéo A. ; Química Analítica Cualitativa ; Editorial Mc Graw Hill ; Colombia 1972.
- 2.- Ayres G.H. ; Análisis Químico Cuantitativo ; Editorial Harla ; México 1970.
- 3.- Gutierrez C.M. ; Manual de análisis cuantitativo secundario ; Editorial COFAA ; México 1968.
- 4.- Hess G. ; Química General Experimental ; Editorial Continental ; México 1975.
- 5.- Homer D. Ch. ; Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas ; Editorial Trillas ; México 1979.
- 6.- Jackson M. L. ; Análisis Químico de suelos ; Ediciones Omega ; 3a. Edición México 1976.
- 7.- Mackenzie R. C. ; Differential Thermal Analysis ; Academic Press London and New York ; pag. 151-70 ; New York 1972.
- 8.- Nakamoto Kazuo ; Infra-red and Raman spectra of inorganic and coordination compounds ; John Wiley and Sons ; Fourth edition ; U.S.A. 1986.
- 9.- Nueva Enciclopedia Temática ; Richards S. A. ; Tomo 12 ; México 1967.
- 10.- Obregón P. A. ; Métodos de análisis químicos de rocas y materiales similares ; UNAM , Instituto de Geología ; 2a. edición ; México 1977.

- 11.- Ramette R. W. ; Análisis Químico ; Fondo Educativo Interamericano ; Estados Unidos 1981.
- 12.- Singer F. ; Cerámica Industrial ; Ediciones URHO ; España 1971.
- 13.- Szadezky Kardoss ; Acta Geológica ; Academiae Scientiarum Hungaricae ; Tomus V. ; pags. 85 - 91.
- 14.- Watty B. M. ; Química Analítica ; Editorial Alhambra Mexicana ; México 1982.
- 15.- Willard H. H. ; Métodos Instrumentales de Análisis ; Editorial CECSA ; 2a. edición ; México 1986.