

REFLECTANCIA INFRARROJA DE ALGUNAS ROCAS MEXICANAS ENTRE 2.5 Y 22 MICRAS

V. G. GOMES DE OLIVEIRA *

INTRODUCCION

Reflectancia, es la relación entre el flujo de energía radiante reflejada por un cuerpo y el flujo de energía radiante que incide sobre él.

El estudio de la reflectancia infrarroja de las rocas, pone en evidencia determinadas características espectrales que pueden considerarse como "curvas" típicas de los materiales observados. Entre las longitudes de onda de 8.0μ y 14.0μ , los efectos de Restrahlen registrados son, en algunos casos, suficientes para caracterizar el ejemplar o muestra. Sin embargo, en otros rangos de longitud de onda, se encuentran muchas veces accidentes capaces de identificar la naturaleza de los materiales estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Queremos, en primer lugar, expresar nuestro reconocimiento y agradecimiento al Dr. W. A. Hovis Jr., del Goddard Space Flight Center, de la NASA, por su apreciable ayuda durante nuestra estancia en aquel centro, así como a L. R. Blaine por su útil asistencia. Del mismo modo, al Dr. W. Nordberg, Assistant Division Head del Laboratory for Atmospheric and Biological Sciences del Goddard Space Flight Center y al Dr. William Bandoen, Branch Head del mismo laboratorio, por las facilidades concedidas al autor, sin las cuales este trabajo no hubiera podido realizarse.

* Geofísico Consultor, Consejo de Recursos Naturales No Renovables.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Y EQUIPO UTILIZADO

Se realizaron mediciones de reflectancia total de las rocas indicadas en el Cuadro 1, entre las longitudes de onda de 2.5 y 22.0 micras.

Las muestras estudiadas se encontraban en su estado natural y no pulidas y fueron cortadas en las dimensiones convenientes para el equipo utilizado: más o menos 6.0 cm x 3.5 cm x 3.0 cm.

Algunas de las muestras han sido observadas por más de una vez, para confirmar y comparar resultados de observación.

Los efectos de Restrahlen se localizan, normalmente, para las rocas ácidas, entre 8.0 y 11.0 micras, mientras que para las rocas básicas se manifiestan más allá de este límite de longitud de onda.

Es sabado que es el contenido en SiO₂, el que define el grado de acidez de una roca, que puede clasificarse, según ese contenido, desde ultrabásica ($\pm 45\%$ de SiO₂) hasta ácida (65% o más de SiO₂).

Es pues posible, por la desviación en la banda de las 10.0 micras, de los efectos de Restrahlen, definir una roca como ácida o básica. (ver curvas 3 y 4).

El equipo utilizado en las mediciones, consistió en un Espectrofotómetro Vary, Modelo 90, de doble rayo, con un aditamento de Reflectancias total realizado por White (1964) (Cary Model 90). Double Beam Spectrophotometer), propiedad del Goddard Space Fleight Center, de la NASA (National Aeronautics and Space Administration), de E.U.A.

RESULTADOS OBTENIDOS

Todas las curvas presentan determinados accidentes comunes: en la banda de las 4.25 micras, se puede apreciar el espectro del CO₂, más pronunciado en algunas curvas que en otras, debido a la mayor o menor concentración del anhídrido carbónico en el aire presente en la cámara del aparato.

En todas las curvas, del mismo modo, (con excepción de la 12 y de la 16), en la banda de las 2.5 micras a 2.85 micras, se verifica una bajada más o menos brusca de reflectancia, característica de las rocas en su estado natural.

La presencia de agua de hidratación es también visible en la depresión a las 2.65 micras y, algunas veces, entre las 5.5 y las 6.35 micras (por ejemplo curvas 1, 6, 8, 13, 16, 18, 19 y 20). Las curvas 4 a 10, 13, 15 y 16 presentan claramente la característica ácida de las rocas a que corresponden con su efecto de Restrahlen típico entre 8.0 y 11.0 micras.

En la curva 1, se nota que el Restrahlen se encuentra bastante desviado hacia la banda de las 6.45 micras, debido, quizá, a su naturaleza muy ácida y a la presencia de carbonatos (carbonato de magnesio).

El alto que se verifica en las 11.5 micras puede ser debido justamente a la presencia de este carbonato de magnesio.

En las 4.80 micras se nota un pequeño accidente, que se encuentra igualmente presente, aunque más atenuado algunas veces en las curvas 4, 6 y 10 y que corresponde al cuarzo.

Las curvas 3, 14 y de 18 a 20, presentan una característica básica (Restrahlen extendiéndose hasta más allá de 11.0 micras). La curva 3, corresponde a un Skarn, rico en CO_3Ca que aparece señalado en la curva entre las 9.30 y las 10.5 micras.

El alto en las 9.34 micras puede compararse con el que se observa en la curva 1 a 11.5 micras.

La similitud entre las curvas 4 y 6 es debida al gran contenido en cuarzo de las rocas a que corresponden. Se nota el accidente correspondiente al cuarzo en la banda de las 4.87 micras y la gran reflectancia (que alcanza el 64% curva 6) se debe a la textura cristalina del cuarzo que, en más del 90%, constituye la muestra observada.

Del mismo modo, la curva 7 correspondiente a una Filita Carbonosa manifiesta la presencia del cuarzo en la misma banda, aunque con una reflectancia inferior a las curvas anteriormente referidas, debido a la presencia del grafito.

Las curvas 14 y 16 presentan igualmente gran similitud debido a que las muestras a que corresponden poseen composiciones químicas muy semejantes.

CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se concluye en primer término que es posible identificar los diferentes tipos de rocas, por el estudio de sus características de reflectancia en las bandas de longitud de onda de las infrarrojas.

En la mayor parte de los casos, la reflectancia residual es suficiente para definir el tipo de material observado, como puede verificarse en las curvas 4, 6 y 7, que presentan una firma perfecta del cuarzo entre las 8.0 y las 10.0 micras.

Es, igualmente posible, dentro de ciertos límites, identificar la composición química cualitativa de las rocas estudiadas. Efectivamente, accidentes

como los presentes en las curvas 1 y 3, permiten afirmar la presencia de carbonatos.

La existencia de agua de hidratación es, de igual modo visible en las curvas espectrales, en la banda de las 2.68 micras y por veces en las 6.30 a 6.35 micras.

Para una más eficiente interpretación de las curvas espectrales observadas, sería conveniente, por un lado, estudiar, en laboratorio, el comportamiento, para determinadas longitudes de onda, de los componentes químicos de las rocas observadas; y, mucho más interesante, observar con los equipos adecuados, a partir de un avión, las regiones en donde las rocas estudiadas se presentan en afloramientos, en zonas suficientemente homogéneas para poder comparar los resultados obtenidos en laboratorio, con los resultados proporcionados por las rocas en su ambiente natural.

Un hecho sobresale de la observación de las curvas espectrales obtenidas y es que, en veinte muestras observadas, se encuentran efectivamente veinte firmas diferentes correspondientes a las veinte muestras estudiadas.

Es muy significativo también el hecho de que se encuentran similitudes entre ciertas curvas espectrales, como las 4, 6 y 7 y 14 y 16, lo que significa que las composiciones químicas de las rocas a que corresponden son muy similares.

RECOMENDACIONES

Se considera conveniente estudiar por medio de vuelos a altitudes del orden de las 5,000' a 10,000', zonas donde se conozca precisamente la existencia de los materiales estudiados en laboratorio y con los equipos adecuados.

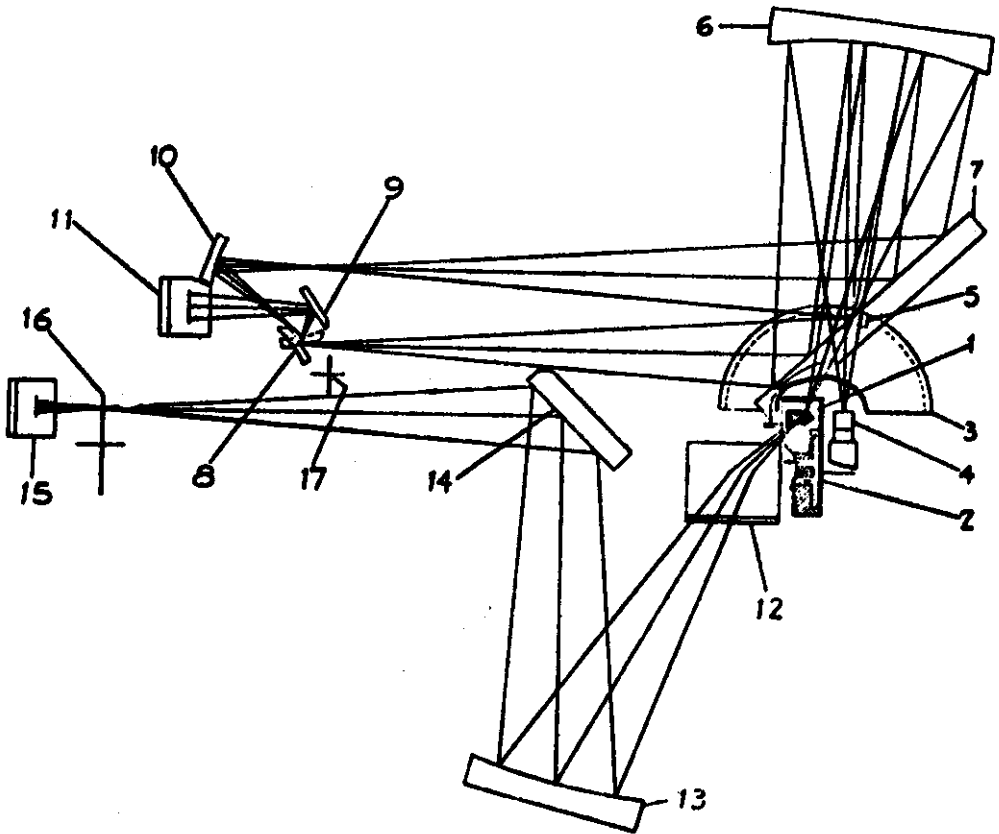
Igualmente se nos figura necesario realizar otros estudios de laboratorio para determinación de reflectancia y emisividad de los componentes químicos de las rocas observadas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- HOVIS, W. A., Jr. 1966. *Infrared Reflectivity of some Common Minerals*, Reprinted from *Applied Optic*, v. 5, p. 245.
- and CALLAHAN, W. R. (1966). *Infrared Reflectance Spectra of Igneous Rocks, Tuffs and Red Sandstone, from 0.5 to 22 microns*. N.A.S.A. Goddard Space Flight Center, Publ., Greenbelt, Maryland.
- LYON, R. J. P. and PATTERSON, J. W., *Infrared Spectral Signatures. A Field Geological Tool*. Stanford University, Publ.
- WHITE, J. U. 1964. *New Method for measuring Diffuse Reflectance in the infrared*. *Jour. Optical Soc. America*, v. 54, n. 11.

DIAGRAMA DEL SISTEMA OPTICO DEL
ADITAMENTO DE REFLECTANCIA DE WHITE

67



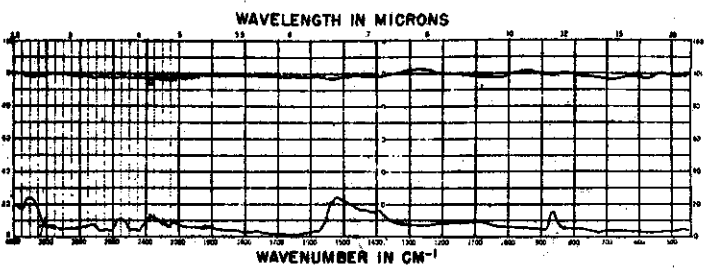
1. Fuentes de Nicromio.
2. Interruptor rotatorio enfriado por circulación de agua.
3. Espejo hemisférico.
4. Muestra.
5. Orificio de observación en el espejo hemisférico.
- 6, 7, 8, 9 y 11. Arreglo de espejos para orientar el rayo proveniente de la muestra.
10. Espejo adicional para el rayo de calibración.
- 12, 13, 14 y 15. Arreglo de espejos para orientar el rayo de referencia.
16. Interruptor rotatorio para el rayo de referencia.
17. Interruptor rotatorio adicional para el rayo proveniente de la muestra.

SAMPLE NO. 000001 DATE 12-20-57
 SAMPLE NAME: Y. BIODIESEL

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 WSC ANNEALED, M.I.W. _____

PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PER RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 WSC CURVA 46.1 _____
 OPERATOR V.S.B.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

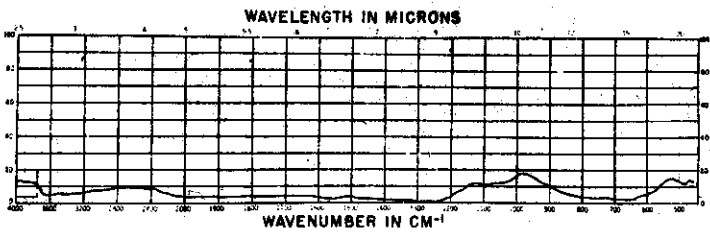


SAMPLE NO. 000002 DATE 12-20-57
 SAMPLE: RUBINIA

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 WSC BAKA CALIFORNIA _____

PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PER RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 WSC CURVA 46.2 _____
 OPERATOR V.S.B.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

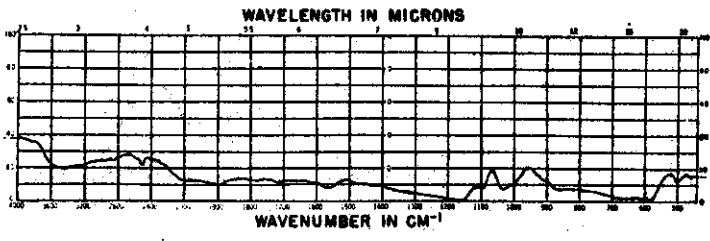


SAMPLE NO. 000003 DATE 12-20-57
 SAMPLE: SAKEN

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 WSC 1ST THIMARTEPEL _____

PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PER RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 WSC CURVA 46.3 _____
 OPERATOR V.S.B.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

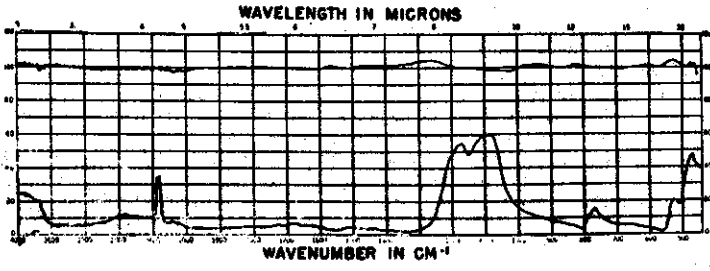


SAMPLE NO. 000004 DATE 12-20-57
 SAMPLE: BRESCHA MINERALIZADA

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE FOR CALIBRACION _____
 WSC CUANTITATIVO _____

PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PER RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 WSC CURVA 46.4 _____
 OPERATOR V.S.B.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

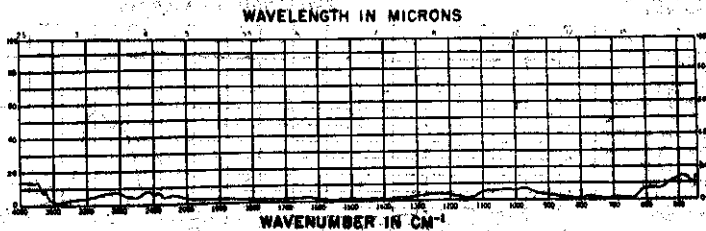


SAMPLE NO 8888 DATE 11-10-57
 SAMPLE QUANT PERMATHITA

CONCENTRATION _____
 STATE IL PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MISC DATA CALIFORNIA

PERIOD 3 SEC AGC ON OFF
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 MISC CURVA NR 8
 OPERATOR V.S.D.

Comp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP

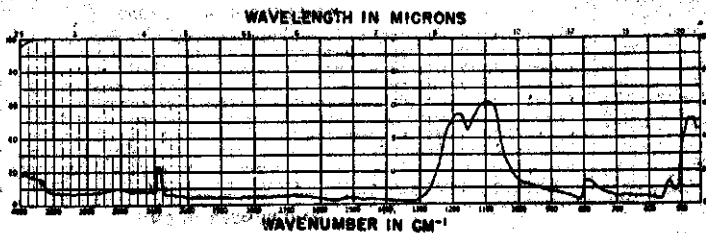


SAMPLE NO 8888 DATE 11-10-57
 SAMPLE PERMATHITA

CONCENTRATION _____
 STATE IL PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MISC DATA CALIFORNIA, MICH.

PERIOD 3 SEC AGC ON OFF
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 MISC CURVA NR 8
 OPERATOR V.S.D.

Comp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP

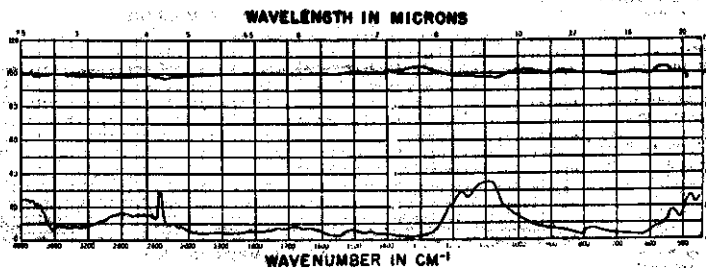


SAMPLE NO 8888 DATE 11-10-57
 SAMPLE PERMATHITA

CONCENTRATION _____
 STATE IL PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE SON CALIFORNIA
 MISC DATA CALIFORNIA, MICH.

PERIOD 3 SEC AGC ON OFF
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 MISC CURVA NR 8
 OPERATOR V.S.D.

Comp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP

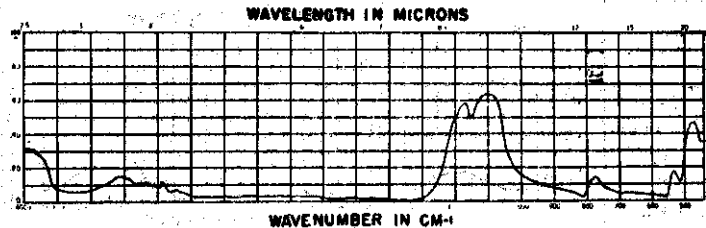


SAMPLE NO 8888 DATE 11-10-57
 SAMPLE PERMATHITA

CONCENTRATION _____
 STATE IL PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MISC DATA CALIFORNIA, MICH.

PERIOD 3 SEC AGC ON OFF
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 MISC CURVA NR 8
 OPERATOR V.S.D.

Comp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP

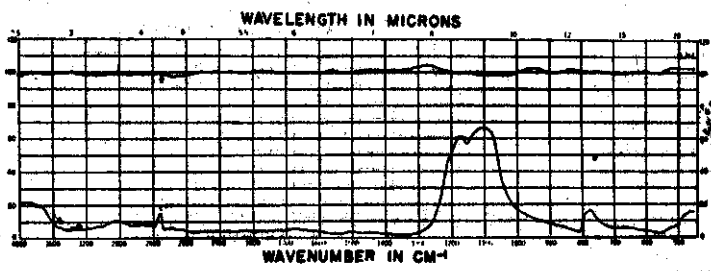


SAMPLE NO. 20204 DATE 12-28-52
 SAMPLE VERIFICATION ✓
 VERIFICATION

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE SDR CALIBRATION _____
 MISC. % CONCENTRATION, MISC. _____

PERIOD 3 SEC. ACC. SLOFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MISC. CURVA. NR. 6 _____
 OPERATOR V.S.O.

Camp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

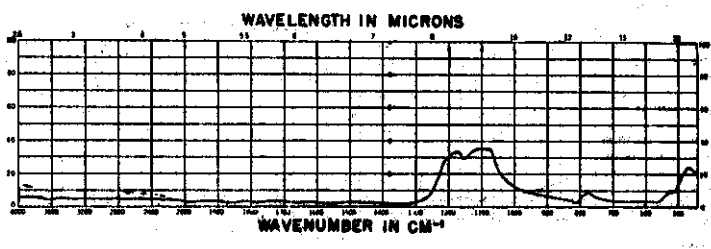


SAMPLE NO. 20202 DATE 12-28-52
 SAMPLE FILATA CARBONOSA

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MISC. BADA CALIFORNIA _____

PERIOD 3 SEC. ACC. SLOFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MISC. CURVA. NR. 7 _____
 OPERATOR V.S.O.

Camp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

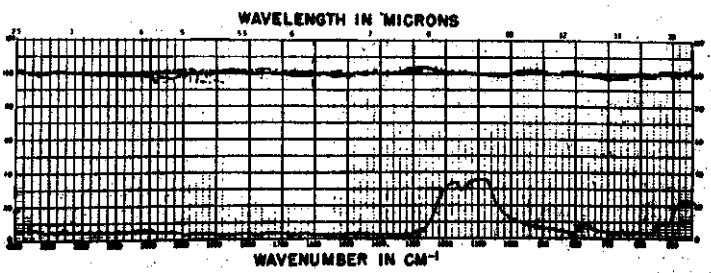


SAMPLE NO. 20203 DATE 12-28-52
 SAMPLE FILATA CARBONOSA

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE SDR CALIBRATION _____
 MISC. BADA CALIFORNIA _____

PERIOD 3 SEC. ACC. SLOFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MISC. CURVA. NR. 7 _____
 OPERATOR V.S.O.

Camp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

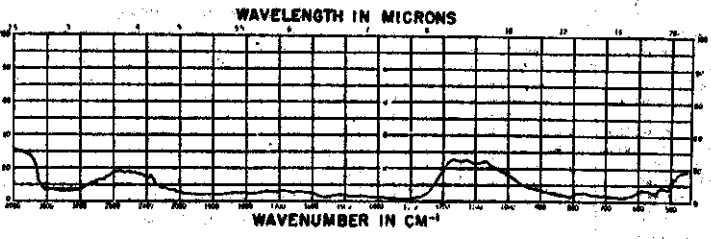


SAMPLE NO. 20201 DATE 12-28-52
 SAMPLE GRANITO QUINISEL

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MISC. CURVA. MICULAPA, SDC _____

PERIOD 3 SEC. ACC. SLOFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MISC. CURVA. NR. 8 _____
 OPERATOR V.S.O.

Camp MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

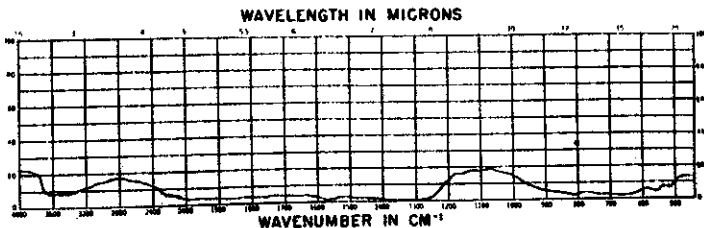


SAMPLE NO 25551 DATE 09.09.57
 SAMPLE CHEMIS. CHEMIS. FIELDS-
 PATICO

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 IREC. CURVA ENCONTRA. 021

PERIOD 3 SEC. AGC ON OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 IREC. CURVA NR 9
 OPERATOR V.E.O.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

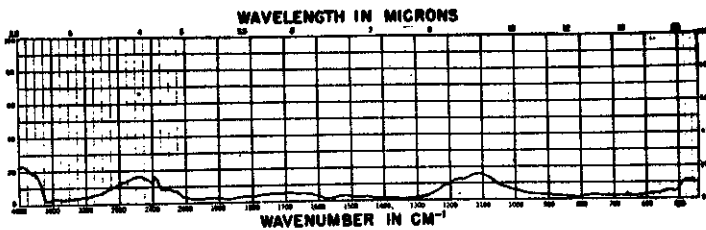


SAMPLE NO 25552 DATE 12-08-56
 SAMPLE CVARCITA

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 IREC. BAJA CALIFORNIA

PERIOD 3 SEC. AGC ON OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 IREC. CURVA NR 10
 OPERATOR V.E.O.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

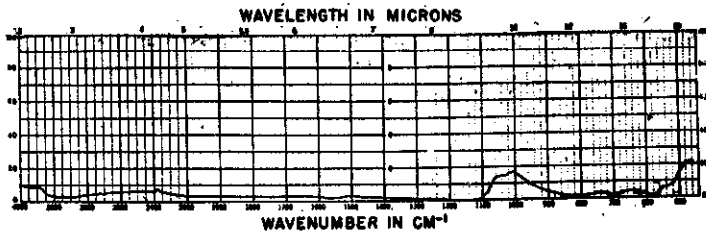


SAMPLE NO 25553 DATE _____
 SAMPLE _____

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 IREC. _____

PERIOD 3 SEC. AGC ON OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 IREC. CURVA NR 11
 OPERATOR V.E.O.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.

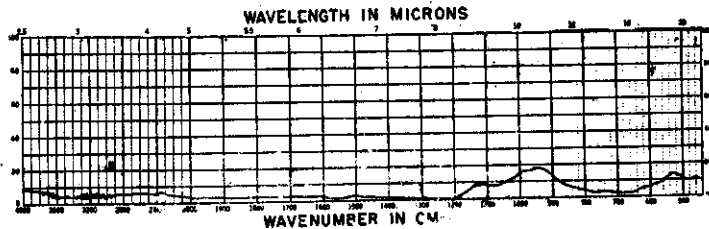


SAMPLE NO 25554 DATE 12-08-56
 SAMPLE BUNTA DE PINOSCO

CONCENTRATION _____
 STATE, NAT., PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 IREC. ERSENADA, B.C.

PERIOD 3 SEC. AGC ON OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC
 PEN RANGE 0-50
 SLIT WIDTH 10 CM
 IREC. CURVA NR 12
 OPERATOR V.E.O.

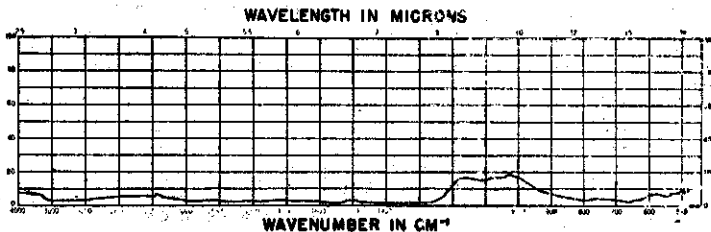
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 8888 DATE 11-29-57
 SAMPLE AMERICA LITGA

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC BAJA CALIFORNIA _____
 PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-80 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC CURVA NR 13 _____
 OPERATOR V.G.O.

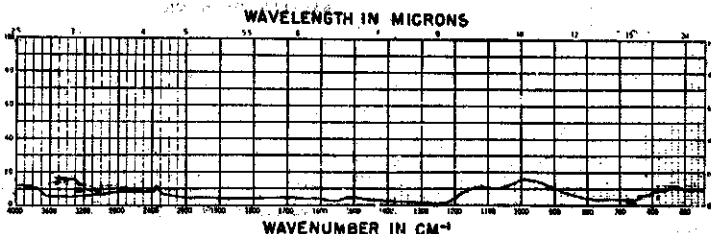
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 81288 DATE 11-29-57
 SAMPLE CASINO DE HONOLULU

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC BAJA CALIFORNIA _____
 PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC CURVA NR 14 _____
 OPERATOR V.G.O.

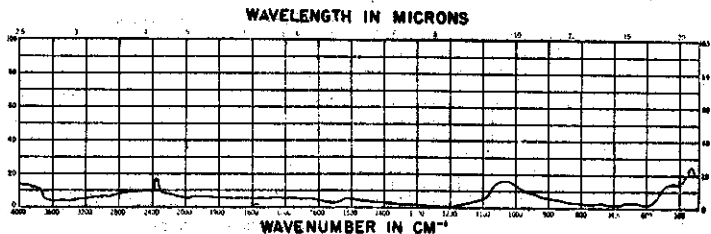
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 8888 DATE 11-29-57
 SAMPLE CLORITA ENQUISTO

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC BAJA CALIFORNIA _____
 PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-20 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC CURVA NR 15 _____
 OPERATOR V.G.O.

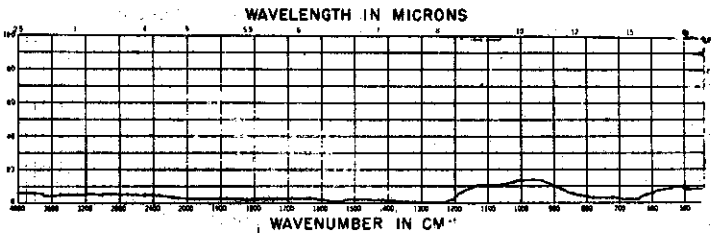
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 8111 DATE 11-29-57
 SAMPLE PORFIDO BIORITICO

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC BAJA CALIFORNIA _____
 PERIOD 3 SEC AGC ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/SEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC CURVA NR 16 _____
 OPERATOR V.G.O.

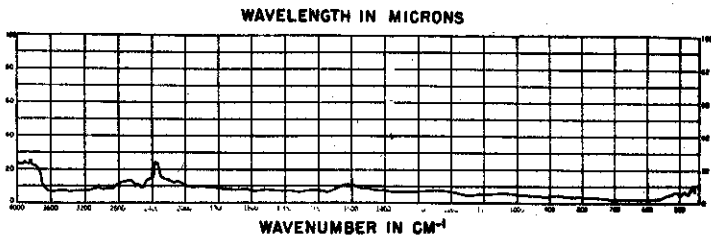
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 22818 DATE 02-20-57
 SAMPLE CALCAHEMITA

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC. BAJA CALIFORNIA _____
 _____ ON
 PERIOD 3 SEC. AGC. ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/VSEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC. CURVA NR 17 _____
 OPERATOR V.S.O.

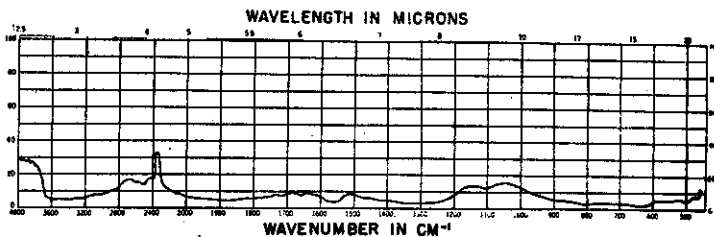
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 22819 DATE 02-20-57
 SAMPLE ANDESITA

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC. ARGUMENTO, MICH. _____
 _____ ON
 PERIOD 3 SEC. AGC. ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/VSEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC. CURVA NR 18 _____
 OPERATOR V.S.O.

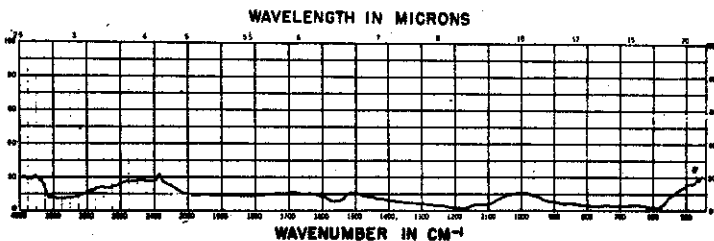
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 22820 DATE 02-20-57
 SAMPLE PIROXENITA

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC. BAJA CALIFORNIA _____
 _____ ON
 PERIOD 3 SEC. AGC. ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/VSEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC. CURVA NR 19 _____
 OPERATOR _____

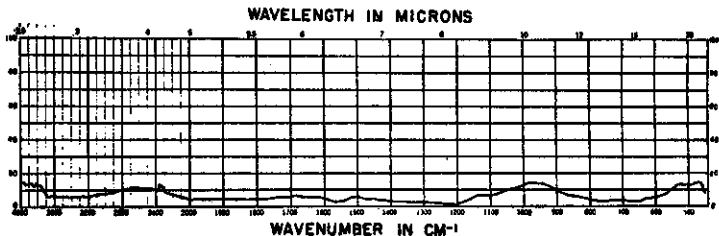
Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



SAMPLE NO. 22821 DATE 02-20-57
 SAMPLE SARRS

CONCENTRATION _____
 STATE NAT. PATH LENGTH _____
 SOLVENT _____
 REFERENCE _____
 MSC. BAJA CALIFORNIA _____
 _____ ON
 PERIOD 3 SEC. AGC. ON/OFF _____
 SCAN SPEED 3 CM/VSEC _____
 PEN RANGE 0-50 _____
 SLIT WIDTH 10 CM _____
 MSC. CURVA NR 20 _____
 OPERATOR V.S.O.

Cary MODEL 90
 APPLIED PHYSICS CORP.



MUESTRA Nº	CURVA Nº	PROCEDENCIA	CLASIFICACION	ORIGEN	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
25026	1	Angangueo Mich.	Cuarzo y Rodocrosita.	Hidrotermal.	Rodocrosita, cuarzo pirita y magnetita.	A Rico en carbonatos y silicatos.
20430	2	Baja California.	Diorita.	Ígneo intrusivo.	Oligoclasa, andesina, ortoclasa.	I Rico en silicatos.
24828	3	Istmo de Tehuantepec.	Skarn	Metamórfico de contacto.	Wollastonita, calcita, clorita, óxidos.	B Carbonatos y silicatos.
20671	4	Distrito Guanajuato.	Brecha Mineralizada.	Hidrotermal, epitermal.	Cuarzo, calcita, sulfuros diseminados.	A Roca de origen Ígneo Fracturado; silicatos y carbonatos pocos sulfuros.
20808	5	Baja California.	Cuarzo pneumatolítico.	Hidrotermal.	Turmalina, cuarzo, muscovita, magnetita.	A Silicatos.
22056	6	Real de Curucupatseo, Mich.	Pegmatita.		Cuarzo, albita, turmalina.	A Silicatos.
21554	7	Baja California.	Filita carbonosa.	Ígneo intrusivo.	Cuarzo, grafito y óxidos de hierro.	A Silicatos.
25226	8	Cuzjiminicuilpa, Gro.	Granito gneissico.	Metamórfico de grado bajo	Cuarzo, ortoclasa, microlina,	A Silicatos.
25241	9	Pto. Escondido, Oax.	Gneiss cuarzo-feldespático.	Ígneo intrusivo.	Cuarzo, ortoclasa, oligoclasa oligoclasa.	A Silicatos.
25328	10	Ensenada, B. C.	Cuarcita.	Metamórfico.	Cuarzo, ortoclasa, oligoclasa, biotita, hornblenda, titanita, magnetita, ilmenita.	A Silicatos.
21824	11	Baja California.	Diorita de piroxena.	Metamórfico.	Cuarzo, limonita, clorita, feldespatos potásicos.	I Silicatos.
20959	12	Baja California.	Arenisca lítica.	Ígneo intrusivo.	Andesina y andesina-labradorita.	A Rica en elementos volcánicos; silicatos.
21780	13	Baja California.	Gabro de hornblenda.	Sedimentario.	Componentes detríticos; líticos, volcánicos, plagioclasas, piroxenas, hornblendas.	B Silicatos.
20829	14	Baja California.	Clorita esquistoso.	Pliatónico.	Labradorita, magnetita, cuarzo, hornblenda.	A Silicatos.
21112	15	Baja California.	Prfida diorítico.	Metamórfico de grado bajo.	Clinoclore.	A
20618	16	Angangueo, Mich.	Calcarenita.	Ígneo intrusivo.	Andesina, hornblenda, piroxenas, cuarzo, magnetita.	B
25028	17	Baja California.	Andesita.	Sedimentario.	Cuarzo, calcita, hematita, magnetita, limonita.	B
20291	18	Baja California.	Piroxenita.	Ígneo intrusivo.	Andesina, clorita, sericita.	UB
20294	19		Gabro.	Ígneo intrusivo.	Piroxenas (Augita), hornblendas, magnetita, micas, ilmenita.	B
	20			Ígneo intrusivo.	Labradorita, hornblenda, magnetita, ilmenita.	

A Acida.
I Intermedia.
B Básica.
UB Ultrabásica.
UB Ultrabásica.