

12. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN  
SUBTERRÁNEA QUE SE REALIZAN EN CUBA

CDU 551.2:549.02:552.4 (729.16)

Contenido: Análisis de los métodos de explotación  
subterránea empleados en el país, princi-  
pal equipamiento utilizado, vías actuales  
del desarrollo científico-técnico.

Total de horas: 40  
Periodicidad: Semanal  
Fecha: Julio/85

Nota:

La matrícula para estos cursos puede hacerse en  
horas laborables en el Departamento de Posgrado  
del Instituto.

Puede obtener una mayor información en los telé-  
fonos 7631, 7331, 7300 ext. 32 o vía télex  
021210.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ANFIBOLITAS  
PRESENTES EN LAS ZONAS DE MACAMBO Y LA TINTA,  
SIERRA DEL PURIAL, PROVINCIA DE GUANTANAMO

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen las principales caracte-  
rísticas geológicas, petrográficas y petroquímicas de los  
cuerpos de anfibolitas que afloran en el flanco sur de la  
sierra del Purial. Se da a conocer la yacencia de estas  
rocas, así como sus paragénesis minerales, caracteres  
texturales y estructurales, etcétera, los cuales en muchos  
casos difieren notablemente, así como también las posibles  
zonas de mineralización asociadas con estas rocas. La  
autora basa su trabajo en el estudio de numerosas muestras  
de anfibolitas, colectadas en las áreas de Macambo y La  
Tinta durante los diferentes itinerarios geológicos reali-  
zados por profesores y estudiantes del Instituto Superior  
Minero-Metalúrgico de Moa, en las investigaciones geoló-  
gicas que realizan en la provincia de Guantánamo.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНФИБОЛИТОВ ЗОН МАКАМБО И ТИНТА, СЬЕРРА  
ПУРИАЛЬ ПРОВИНЦИИ ГУАНТАНАМО

Резюме

В работе представлены основные геологические, петрографические и тектохимические характеристики анфиболитовых пород, выходящих на поверхность южного фланга Сьерра дель Пуриаль.

Дается описание залегания этих пород, также как и их минеральные парагенезисы, текстурные и структурные характеры и т.п. которые, в большинстве случаев, отличаются значительно и, кроме этого, возможные зоны минерализации, ассоциирующие с этими породами.

Автор базирует свою работу на изучении многочисленных анфиболитовых проб, собранных на поверхности Макамбо и Тинта во время различных геологических маршрутов, осуществленных преподавателями и студентами Высшего Горно-Металлургического института г. Моа и в геологических исследованиях, проводимых в провинции Гуантанамо.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ANFIBOLITAS PRESENTES  
EN LAS ZONAS DE MACAMBO Y LA TINTA, SIERRA DEL PURIAL,  
PROVINCIA DE GUANTANAMO

Ing. Margarita Hernández Sarlabous  
Asistente del Departamento de Ciencias Básicas  
del ISMMMoA

INTRODUCCION

El presente trabajo ofrece las investigaciones realizadas y diferentes resultados obtenidos del estudio geológico, mineralógico, petrográfico, petroquímico y, en la minoría de los casos, minerográfico, de las rocas anfibolitas que afloran en las áreas de Macambo y La Tinta, pertenecientes a los municipios de San Antonio del Sur y Baracoa, respectivamente, de la actual provincia de Guantánamo (Figura 1).

1. Estudio geológico de los cuerpos de anfibolitas que afloran en las zonas de Macambo y La Tinta.
2. Estudio petrográfico y mineralógico de alrededor de 40 secciones delgadas correspondientes a anfibolitas.
3. Análisis mineralógico de 12 muestras de arena de los ríos Caña y Jauco, ambos situados en la localidad de La Tinta.
4. Estudio petroquímico de las rocas anfibolitas de la sierra del Purial basado en 16 análisis químicos.

A continuación se ofrecen los resultados obtenidos:

1. Estudio geológico de los cuerpos de anfibolitas que afloran en las zonas de Macambo y La Tinta.

El macizo sierra del Purial, situado en la porción sur central de la actual provincia de Guantánamo, ha sido objeto de muy contados trabajos de investigación geoló-

gica. Esto es debido, quizás, a lo abrupto del terreno de esta zona, y también a la complejidad que presenta la geología de dicha región.

No obstante, en los últimos 5 años un grupo de profesores del Departamento de Ciencias Geológicas Básicas del ISMMMOa ha venido desarrollando investigaciones geológicas en el macizo sierra del Purial, y los resultados obtenidos hasta la fecha han sido publicados o expuestos en diversos eventos científicos.

En nuestro trabajo se ofrecen las principales características geológicas, petrográficas, mineralógicas y químicas de las rocas metamórficas representadas por anfibolitas las cuales, en general, han sido muy poco estudiadas y que sin embargo son de gran importancia teniendo en cuenta que asociadas a ellas se presenta mineralización de  $Ti$  y que quizás constituyen el autóctono de este macizo.

Para mejor comprensión, se expondrán las diferentes características geológicas de las anfibolitas por separado, o sea, para el área de Macambo y para el área de La Tinta.

Area Macambo: Las anfibolitas presentes en esta zona afloran a unos 2 km al NNE del caserío de Macambo, en el municipio de San Antonio del Sur, donde ocupan un área de alrededor de 5 km. En 1972, Boiteau y Campos [1] describieron por primera vez estas rocas en el macizo sierra del Purial, y las incluyeron como un miembro de la Fm. sierra del Purial. Posteriormente Cobiella et al. [2] propusieron elevarlas al rango de formación, teniendo en cuenta su extensión regional, sus características litológicas, grado de metamorfismo y probable autoctonía. De ahí que estas anfibolitas al igual que las que afloran en La Tinta fueron agrupadas (según el corte estratigráfico

propuesto por Cobiella et al. para este macizo) en las anfibolitas Macambo, y como localidad tipo la zona situada a 2 km al NNE del caserío de Macambo (ver Figura 1).



Fig. 1. Localidades geográficas mencionadas en el texto.

Las anfibolitas, en Macambo, constituyen al parecer las rocas más antiguas y pueden constituir probablemente el autóctono de dicha zona, ya que ellas se encuentran cubiertas tectónicamente por la Fm. sierra del Purial al norte, y las serpentinitas al oeste, y estratigráficamente por la Fm. Maquey al oeste y la Fm. Majimiana al noreste.

Las anfibolitas aquí presentes son de color oscuro, de granos finos, bien foliadas con intercalaciones de anfibolitas de granos más gruesos. Tienen texturas masivas, a veces lineal.

Las anfibolitas en esta zona de Macambo se encuentran atravesadas por vetas de composición cuarzo-feldespática las cuales alcanzan espesores de hasta 20 cm .

Sobre estas anfibolitas han actuado intensos esfuerzos tectónicos que han provocado la fracturación y trituración de las mismas, por lo que en general se presentan cataclastizadas.

La edad de estas anfibolitas aún no ha sido determinada con exactitud. No obstante, recientemente se enviaron 2 muestras de anfibolitas de esta localidad al Centro de Investigaciones Geológicas para la determinación de su edad absoluta, lo cual se realizará en la URSS.

Area La Tinta: Las rocas anfibolitas presentes en La Tinta, poblado situado a 30 km aproximadamente al SE de Baracoa (ver Figura 1), afloran en diversos lugares como son: Los Jmales, Los Tibes, El Naranjo y el arroyo Caletica. Estas anfibolitas constituyen un cuerpo estrecho de alrededor de 8-10 km de extensión y una anchura de aproximadamente 1,5 km .

Durante los años 1970-1972 fueron mapeadas y al parecer datadas estas rocas, por Millán y Somin [8], los cuales realizaron algunos itinerarios geológicos. Los resultados obtenidos fueron incluidos en un informe dedicado al estudio de los macizos metamórficos cubanos. Más tarde estos autores dataron las anfibolitas de la sierra del Purial por el método K-Ar, en 62 y 65 millones de años. Presumiblemente ambas dataciones de edad absolutas corresponden a muestras de anfibolitas presentes en La Tinta, ya que en el esquema que dichos autores publicaron en su trabajo [10], el cuerpo de anfibolitas por ellos representados corresponde sin duda alguna al cuerpo anfibolítico que aflora en La Tinta.

Al mismo tiempo, una muestra de anfibolita tomada por nosotros en Los Jmales y procesada en la URSS, arrojó una edad (por el método K-Ar) de 58 millones de años, con error del 4 %. Según Cobiella et al. [2] esta edad no parece indicar la edad de los metamorfismos, que habría ocurrido entonces en el Paleoceno, sino que las determinaciones radiométricas indican otro episodio, que puede estar relacionado con el emplazamiento de las serpentinitas ocurrido a finales del Maestrichtiano y principios del Paleoceno.

En general estas anfibolitas se consideran prepaleogénicas pero hasta la fecha la edad de las mismas no ha podido ser precisada con exactitud.

Desde el punto de vista estratigráfico, las anfibolitas que afloran en La Tinta están cubiertas tectónicamente, por el norte, por las serpentinitas; por el este y por el oeste por las formaciones Sierra Verde y sierra del Purial, respectivamente; estratigráficamente son cubiertas por la Fm. Imías y Fm. Punta de Maisí hacia el sur del área. Las rocas anfibolíticas de esta área son de colores claros, generalmente de textura néissica y raras veces masivas. A simple vista pueden ser observadas las bandas de anfíboles, feldespatos y cuarzo, los cuales se alternan.

## 2. Estudio petrográfico y mineralógico de las anfibolitas de Macambo y La Tinta

Macambo: Las primeras investigaciones petrográficas y de paragénesis mineral de las anfibolitas que afloran en esta área fueron realizadas por Boiteau y Campos [1] en 1972. En general, las determinaciones petrográficas fueron escasas teniendo en cuenta el grado de metamorfismo y complejidad de estas rocas.

No obstante consideramos que dicho estudio constituye un valioso aporte al conocimiento geológico de esta zona, desconocida hasta entonces. Durante el transcurso del año 1979, nos dedicamos a un estudio geológico y petrográfico más detallado de las rocas anfibolitas presentes en Macambo mediante la cooperación de un estudiante el cual realizó su trabajo de diploma en dicha área.

En el epígrafe dedicado a las condiciones geológicas de estas rocas, se expusieron brevemente las características macroscópicas de las mismas, por lo que aquí nos dedicaremos a dar a conocer los caracteres observados bajo el microscopio.

Para el estudio petrográfico se analizaron alrededor de 20 secciones delgadas correspondientes a anfibolitas.

Las paragénesis minerales determinadas en estas rocas son las siguientes: hornblenda-clinozoicita-cuarzo-feldespato potásico-epidota; hornblenda-clinozoicita-cuarzo-plagioclasa-moscovita-hematita-magnetita; hornblenda-clorita-clinozoicita-granate-zoicita-esfena; hornblenda-glaucofana-clinozoicita-granate-epidota-cuarzo.

Como se puede observar estas paragénesis indican un metamorfismo regional de altas presiones y temperaturas. Estas rocas fueron referidas a las facies de las anfibolitas granatíferas. La estructura principal es granone-matoblástica.

Es necesario señalar que en estas anfibolitas de la zona de Macambo se observó la sustitución de la hornblenda por glaucofana, y esta, a su vez, en ocasiones por cloritas, lo cual evidencia claramente un proceso de retrometamorfismo (polimetamorfismo regresivo).

Este proceso de retrometamorfismo ha originado que rocas formadas en condiciones de alta presión y temperatura

(anfibolitas) se transformen en rocas formadas bajo los efectos de un metamorfismo de presión fuerte y temperatura más baja (rocas polimetamórficas con glaucofana).

Se ha podido comprobar que el retrometamorfismo se manifiesta principalmente en la parte más baja estructuralmente del corte y en algunas zonas cercanas al contacto de los esquistos de la Fm. sierra del Purial con las anfibolitas, por lo que tiene características locales, y no ha afectado todo el cuerpo de anfibolitas. Cobiella et al. [2] suponen que la presencia de glaucofana en las anfibolitas de esta zona debe de estar relacionada con la existencia de intensos esfuerzos tectónicos cerca de los contactos con el manto serpentinitico, el cual sobreyace a las anfibolitas. En 1979, W. Ríos [9] determinó la presencia de glaucofana en muestras de anfibolitas tomadas en el contacto de estas con las serpentinitas y los esquistos de la Fm. sierra del Purial.

Las anfibolitas en general están enriquecidas en minerales accesorios, principalmente esfena y leucoxeno, por lo que pueden presentar quizás manifestaciones de Ti. Estas rocas, además, se encuentran atravesadas por vetas de composición cuarzo-feldespática, que al parecer indican un origen posterior al de las anfibolitas, aunque nosotros aún no hemos podido determinar con exactitud las relaciones genéticas entre ambas.

Estas vetas cuarzo-feldespáticas presentan espesores variables. Bajo el microscopio se pudo determinar que están constituidas principalmente por cuarzo y feldespatos potásicos, y además pequeños cristales de mica, moscovita y sericita.

Recientemente se enviaron 2 muestras de estas rocas al Centro de Investigaciones Geológicas para que sean prepa-



radas en la URSS y se les realicen determinaciones de edad absoluta.

Para el estudio de la composición química de las anfibolitas de esta zona se enviaron 6 muestras al laboratorio "Elio Trincado" de la EGS. Este análisis se discutirá posteriormente en este trabajo.

Area La Tinta: Las anfibolitas que afloran en La Tinta fueron estudiadas inicialmente por Millán y Somin [8], los cuales elaboraron un mapa geológico esquemático de esta zona y los resultados de dicho trabajo fueron expuestos en diferentes publicaciones [8] y [10]. Ahora bien, el estudio petrográfico, mineralógico y geológico detallado de dicha área se viene realizando a partir de 1975 por profesores de nuestro ISMMMOA. Algunas cuestiones relacionadas con este cuerpo de anfibolitas, como son caracteres tectónicos y edad (principalmente) aún no están del todo esclarecidas.

En 1976 se confeccionó un pequeño artículo [4] por parte de la autora de este trabajo donde se daban a conocer las principales características petrográficas y mineralógicas de estas rocas y además se reportaba la presencia de minerales de Ti, en las minas.

Más tarde, en 1977, fue elaborada por esta autora un artículo más amplio [5] que caracterizaba a las anfibolitas de La Tinta, al igual que las demás rocas presentes en la parte suroriental del macizo sierra del Purial.

En 1978, C. Vega [12], en el trabajo de diploma realizado en esta zona, da a conocer las particularidades petrográficas de estas anfibolitas, al igual que el estudio mineralógico de las arenas de los ríos Caña y Jauco, presentes en dicha zona.

En general, las anfibolitas que afloran en las áreas cercanas a La Tinta como Los Jamales, El Naranjo, Los Tibes, etcétera, presentan colores claros y textura frecuentemente del tipo néissica y en muy raros casos masiva. Bajo el microscopio generalmente presentan estructura nematogranoblástica.

Las asociaciones paragenéticas observadas en estas rocas son las siguientes: hornblenda-cuarzo-plagioclase (albita-andesina)-feldespato potásico-pirita-ilmenita; hornblenda-cuarzo-epidota o clinzoicita-ilmenita-esfena-leucoxeno.

Este enriquecimiento en minerales félsicos de las anfibolitas, probablemente esté relacionado con un proceso de migmatización incipiente del complejo anfibolítico. Tampoco nos es posible asegurar que la migmatización sea un proceso regional, puesto que no ha sido observado en todos los afloramientos anfibolíticos de la sierra del Purial.

Las anfibolitas presentes en La Tinta, en ocasiones están enriquecidas en minerales de Ti. En estas rocas el contenido (en por ciento) aproximado de ilmenita varía desde el 0,1-7 %, por lo que en ocasiones parece indicar un origen primario (magmático) de este mineral.

Según resultados de análisis químicos (de óxido) realizados a 5 muestras de anfibolitas, el contenido de  $TiO_2$  en dichas rocas varía desde 0,92-1,57 %.

3. Análisis mineralógico de 12 muestras de arena de los ríos Caña y Jauco, ambos situados en la localidad de La Tinta

Es necesario destacar que durante los trabajos más detallados de esta zona fueron analizadas muestras de arena de los ríos Caña y Jauco. En total se realizaron 12 análisis mineralógicos a igual número de muestras, y según C. Vega

[12], fueron determinados los siguientes minerales: anfíboles, piroxenos, ilmenita, epidota, feldespatos, esfena, granate, magnetita y cuarzo, entre otros.

La presencia de granate en las arenas y no en las secciones delgadas, correspondientes a muestras de anfibolitas que afloran en La Tinta y a rocas de otros tipos, es una incógnita que aún no ha podido ser esclarecida totalmente.

En las anfibolitas que afloran en Los Tibes se ha podido determinar macroscópicamente la presencia de pequeños puntos rojizos que bien pudieran ser restos de granates.

El granate fue hallado en muestras de arenas localizadas en la confluencia del arroyo Los Tibes y el río Jauco y también en la parte más baja de este río. Esto quizás explique que el granate pueda estar presente solamente en las anfibolitas que afloran en el área de Los Tibes y no encontrarse entonces en los cuerpos de anfibolitas presentes en Los Jemales y El Naranjo. Esta sería nuestra consideración actual, pero no la definitiva, ya que se hace necesario entonces un mayor muestreo y estudio petrográfico de las anfibolitas que afloran en Los Tibes.

#### 4. Estudio petroquímico de las rocas anfibolíticas de la sierra del Purial basado en 16 análisis químicos

Para la confección de este trabajo, se tomaron 16 muestras de anfibolitas; 6 de ellas corresponden a la zona de Macambo y el resto a La Tinta.

Las muestras fueron procesadas y analizadas en el laboratorio "Elio Trincado" de la EGS, donde se les realizó el análisis de silicato completo.

Los resultados obtenidos para las 10 muestras de anfibolitas que afloran en La Tinta, así como los resultados de las de Macambo pueden verse en las Tablas 1 y 2.

TABLA 1. Resultados de análisis químicos (silicato completo) realizados a las muestras de anfibolitas de la zona de La Tinta. Baracoa, Guantánamo, 1979.

No. de Orden	No. de Muestras	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeO
1	M-III-22	51,40	1,06	11,57	8,81	15,39	0,56	0,02	2,65	0,13	5,75
2	M-IV-24	49,15	1,42	13,03	9,37	18,03	0,35	0,01	2,35	0,21	3,45
3	M-X-43	47,91	2,30	12,13	7,84	16,48	1,18	0,04	2,82	0,13	5,82
4	M-VI-27	49,90	2,79	10,30	7,68	13,41	1,68	0,08	2,45	0,46	8,48
5	M-XII-45	55,22	0,67	6,29	5,66	15,28	0,83	0,08	4,05	0,61	8,77
6	M-X-42	50,63	0,62	11,58	7,41	16,93	0,64	0,03	2,80	0,73	5,96
7	M-X-44	56,95	0,90	6,29	4,85	17,20	0,85	0,05	4,65	0,60	5,68
8	M-IV-23	48,92	3,21	10,45	8,32	15,45	1,28	0,07	2,65	0,39	6,75
9	M-XVI-63	45,91	1,10	15,28	9,70	17,38	0,32	0,03	1,55	0,43	4,45
10	M-VII-29 A	49,91	1,54	11,58	9,13	16,64	0,53	0,02	2,75	0,22	4,67

TABLA 2. Resultados de análisis químicos (silicatq completo) realizados a las muestras de anfibolitas de la zona de Macambo, San Antonio del Sur, Guantánamo, 1979.

No. de orden	No. de Muestras	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeO
1	M-21 b	43,66	3,28	9,66	9,64	13,69	-	0,26	2,30	0,26	13,14
2	M-81	45,80	4,60	10,57	9,66	14,50	-	0,20	3,10	0,12	9,77
3	M-86	47,68	2,12	11,03	8,42	15,12	-	0,15	3,00	0,20	8,91
4	M-85 b	49,52	2,21	10,80	17,48	9,72	-	0,13	1,80	0,26	6,25
5	M-96 b	43,10	3,55	10,00	11,12	14,91	-	0,20	2,40	0,54	10,77
6	M-90	44,68	2,73	11,03	8,66	13,34	-	0,23	2,60	0,16	13,10

Nota: El Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> está reportado por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub>.

El TiO<sub>2</sub> no se ha realizado por falta de reactivo.

El valor promedio de estos resultados se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Valor promedio de los resultados de los análisis químicos realizados a las anfibolitas de La Tinta y de Macambo, 1979.

Oxidos	1	2
SiO <sub>2</sub>	50,59	45,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,56	3,08
CaO	10,85	10,51
MgO	7,87	10,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,21	13,54
TiO <sub>2</sub>	0,82	-
MnO	0,04	0,19
Na <sub>2</sub> O	2,78	2,53
K <sub>2</sub> O	0,39	0,25
FeO	5,97	10,32

1. Valor promedio de 10 muestras de anfibolitas de La Tinta (1979).
2. Valor promedio de 6 muestras de anfibolitas de Macambo (1979).



Como se puede apreciar, los valores promedios de los resultados de análisis realizados a las anfíbolitas presentes en La Tinta y Macambo difieren notablemente, de forma tal que las anfíbolitas de La Tinta están más enriquecidas en  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , mientras que las de Macambo presentan una mayor cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{FeO}$ .

De este análisis comparativo, de rocas que al parecer pertenecen a un mismo complejo anfíbolítico, se ha podido determinar la existencia de características químicas diferentes. Las anfíbolitas de La Tinta son más ácidas; esto quizás pueda explicarse debido a una naturaleza de la roca original más silíceas que las de Macambo y también podría valorarse, además, que las rocas anfíbolíticas que afloran en el área de La Tinta han sufrido (localmente) procesos que evidencian una migmatización incipiente, o sea, un enriquecimiento de minerales félsicos.

A su vez las anfíbolitas de Macambo están más empobrecidas en  $\text{SiO}_2$  y más enriquecidas en  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$ , que bien pudiera indicar una naturaleza más básica que las que afloran en La Tinta.

Tomando como base los valores promedios de las anfíbolitas de La Tinta, estas fueron comparadas con los valores promedios de la composición química de basaltos toleíticos y anfíbolitas presentes en áreas del Caribe, Atlántico medio y este del Pacífico [3].

De este análisis comparativo se puede observar que el valor promedio de la composición química de las anfíbolitas presentes en La Tinta posee bastante similitud con el valor promedio de 7 muestras de toleitas oceánicas del Atlántico y de 6 muestras de estas mismas rocas pero del este del Pacífico. Esto se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.

Oxidos	1	2	3
$\text{SiO}_2$	50,59	50,3	49,8
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,56	-	-
$\text{CaO}$	10,85	11,8	11,3
$\text{MgO}$	7,87	7,0	8,2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16,21	16,1	16,9
$\text{TiO}_2$	0,82	1,55	1,3
$\text{MnO}$	0,04	-	-
$\text{Na}_2\text{O}$	2,87	2,8	2,8
$\text{K}_2\text{O}$	0,39	0,20	0,16
$\text{FeO}$	5,97	9,7*	9,1*

1. Valor promedio de 10 muestras de anfíbolitas de La Tinta (1979).
2. Valor promedio de 6 muestras de toleitas oceánicas del este del Pacífico. (Engel y Otin, 1965.)
3. Valor promedio de 7 muestras de toleitas oceánicas del Atlántico medio. (Engel y Otin, 1965.)

\*. El valor de  $\text{FeO}$  es el total de  $\text{Fe}$  en óxidos.

Nota: En 2 y 3 no se exponen los valores de  $\text{MnO}$ .

De este análisis comparativo se puede observar que no hay diferencias notables entre los valores de los diferentes óxidos. No obstante, queremos resaltar la similitud en los valores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , principalmente, que se sabe que son los componentes fundamentales de las rocas ígneas.

Sobre esta base podemos plantear que las anfibolitas de La Tinta poseen una composición básica, del tipo toleítico, y que la misma es igual o muy similar a las de las rocas primarias que le dieron origen. Millán y Somin [8] plantean que el complejo anfibolítico cubano es de naturaleza primaria vulcanógeno-sedimentaria e intrusiva de carácter básico. En este trabajo se comprueba el carácter básico de las anfibolitas, pero de naturaleza efusiva.

Los resultados de los valores promedios de las anfibolitas de La Tinta fueron comparados también con valores promedios de muestras de gabro [6]. Esto se puede observar en la Tabla 5. Se puede observar que las diferencias principales radican en el contenido de  $\text{SiO}_2$  (más bajo en el gabro) y también en el contenido de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$  más elevado en el gabro, así como el  $\text{TiO}_2$ , más bajo en las muestras de anfibolitas. De aquí se puede llegar a la conclusión de que las anfibolitas parecen provenir de rocas ígneas algo más enriquecidas en  $\text{SiO}_2$  que el gabro normal.

TABLA 5.

Oxidos	1	2
$\text{SiO}_2$	50,59	48,36
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,56	2,55
$\text{CaO}$	10,85	11,07
$\text{MgO}$	7,87	8,06
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16,21	16,84
$\text{TiO}_2$	0,82	1,32
$\text{MnO}$	0,04	0,18
$\text{Na}_2\text{O}$	2,87	2,26
$\text{K}_2\text{O}$	0,39	0,56
$\text{FeO}$	5,97	7,92

1. Valor promedio de la composición química de las anfibolitas de La Tinta.
2. Valor promedio de la composición de gabro (tomado de Petrología de Huang, p. 157).

De la Tabla 1 se puede observar que las muestras cuyos números de orden son el 5 y el 7 presentan contenidos de  $\text{SiO}_2$  más elevados que el resto. Estas dos muestras, a su vez, fueron comparadas con rocas de composición andesítica [7, 11] arrojando valores muy similares (ver Tabla 6).

TABLA 6. Valores de la composición química de las muestras de anfibolitas # 5 y # 7 de andesitas.

Oxidos	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	55,22	56,95	58,68	58,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,67	0,90	2,97	3,91
CaO	6,29	6,29	7,13	6,26
MgO	5,66	4,85	3,14	3,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,28	17,20	17,29	17,43
TiO <sub>2</sub>	0,83	0,85	0,81	0,79
MnO	0,08	0,05	0,12	0,10
Na <sub>2</sub> O	4,05	4,65	3,24	3,82
K <sub>2</sub> O	0,61	0,60	1,27	1,99
FeO	8,77	5,68	3,96	3,48

1. Composición química de la muestra de anfibolita # 5 (La Tinta, 1979).
2. Composición química de la muestra de anfibolita # 7 (La Tinta, 1979).
3. Valor promedio de andesitas de composición cálcica (según Mc Birney, 1972).
4. Valor promedio de andesitas de composición calcoalcalina (según Mc Birney, 1972).

Se puede observar en la tabla anterior que la composición química de dos muestras de anfibolitas de La Tinta presenta valores similares de algunos óxidos (CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>) con rocas de composición andesítica. Sin embargo, las muestras de La Tinta presentan contenidos más bajos de SiO<sub>2</sub> que las muestras de las casillas 3 y 4 y contenidos más elevados de Na<sub>2</sub>O y FeO.

Esto quizás nos pueda indicar que la naturaleza primaria de las anfibolitas de La Tinta esté estrechamente relacionada con los cuerpos extrusivos de composición basáltica-andesítica, originados durante la diferenciación magmática, y posteriormente transformados por el metamorfismo regional, que afectó a una vasta zona del macizo sierra del Purial.

Además de este estudio comparativo de las anfibolitas presentes en La Tinta, se realizó el análisis comparativo de los resultados obtenidos a partir de las muestras de anfibolitas de Macambo, con rocas anfibolíticas del área del Caribe, en específico de Puerto Rico [3]. El valor promedio de estos resultados se expone en la Tabla 7.

TABLA 7. Tabla comparativa de la composición química media de anfíbolitas de Macambo y anfíbolitas néissicas de Bermeja (Puerto Rico).

Oxidos	1	2
SiO <sub>2</sub>	45,74	46,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,08	-
CaO	10,51	10,3
MgO	10,66	10,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,54**	14,4
TiO <sub>2</sub>	-	1,35
MnO	0,19	-
Na <sub>2</sub> O	2,53	1,9
K <sub>2</sub> O	0,25	0,35
FeO	10,32	10,0*

1. Valor promedio de 6 muestras de anfíbolitas de Macambo (1979).
2. Valor promedio de anfíbolitas néissicas del complejo Bermeja, Puerto Rico (Maltson, 1960).

\* El valor de FeO es el total de Fe en óxidos.

\*\* El valor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es la suma de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub>.

Nota: En 2 no se expone el valor de MnO.

De este análisis comparativo se puede observar que los resultados químicos promedios en las anfíbolitas del área de Macambo presentan similitud en muchos de los óxidos, con los resultados de muestras de anfíbolitas néissicas del complejo Bermeja, en Puerto Rico. En el artículo [3]

donde se exponen estos datos, no se refleja la composición química original del magma que dio origen a la formación de las rocas primarias a partir de las cuales provienen las anfíbolitas, pero al parecer es de composición básica.

Así mismo, comparamos los resultados químicos de las anfíbolitas Macambo, con resultados de muestras de gabro, pertenecientes al macizo ultrabásico de Moa-Baracoa, colectados por la ingeniera Dallana Mc Pherson. Este análisis comparativo se muestra en la Tabla 8.

TABLA 8.

Oxidos	1	2
SiO <sub>2</sub>	45,74	45,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,08	2,56
CaO	10,51	14,77
MgO	10,66	10,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,54*	18,55
TiO <sub>2</sub>	-	0,16
MnO	0,19	0,08
Na <sub>2</sub> O	2,53	1,58
K <sub>2</sub> O	0,25	0,08
FeO	10,32	3,10

1. Valor promedio de 6 muestras de anfíbolitas de Macambo (1979).
2. Valor promedio de 6 muestras de gabros del macizo ultrabásico Moa-Baracoa (según resultados brindados por la ingeniera D. Mc Pherson).

\* El valor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es la suma de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub>.

Del análisis comparativo anterior se puede observar que existen valores similares entre ambos tipos de rocas, en óxidos tales como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{MgO}$ . No obstante existen diferencias notables en los valores de  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ , principalmente.

En este trabajo solamente hemos querido comparar las anfíbolitas por nosotros estudiadas con rocas que tienen composición química similar a las mismas y poder descifrar en algo su naturaleza y composición primaria.

En general los resultados químicos obtenidos a partir de las muestras de gabros presentan variabilidad en los valores de los diferentes óxidos, lo que al parecer indica una diferenciación magmática durante los procesos que dieron origen a estas rocas.

#### CONCLUSIONES

Basado en los resultados de nuestros trabajos, proponemos las siguientes conclusiones:

1. Las anfíbolitas que afloran en La Tinta y Macambo presentan similares relaciones de yacencia con rocas esquistosas, serpentinitas, etcétera, por lo que se puede corroborar una misma naturaleza genética para ambos cuerpos anfíbolíticos.

2. Desde el punto de vista macroscópico las anfíbolitas antes estudiadas presentan ciertas diferencias. Así, por ejemplo, las que afloran en Macambo son de color más oscuro que las que afloran en La Tinta; además, presentan, por lo general, textura masiva (las primeras) y néissicas (las segundas).
3. Desde el punto de vista mineralógico, las anfíbolitas de Macambo son granatíferas, a diferencia de las anfíbolitas que afloran en La Tinta, en las cuales (hasta la fecha) no se ha destacado la presencia de granate. Además las de La Tinta por su parte presentan mayor contenido de ilmenita y de feldespatos potásicos que las de Macambo.
4. Del análisis comparativo desde el punto de vista petroquímico entre las anfíbolitas que afloran en La Tinta, y las presentes en Macambo, se pudo determinar que existen diferencias notables entre ambas, estando las de La Tinta más enriquecidas en  $\text{SiO}_2$ , mientras que las de Macambo presentan una mayor cantidad de  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$ , evidenciando estas últimas una naturaleza más básica que las primeras.
5. Los resultados de las rocas anfíbolíticas de La Tinta se compararon con otras anfíbolitas y basaltos toleíticos del área del Caribe, arrojando valores muy similares con estos últimos. Además, 2 de las muestras de La Tinta se compararon a su vez con rocas andesíticas de composición cálcica y calco-alcalina, observándose que presentan valores algo similares en algunos de estos óxidos.



6. Los resultados de las anfíbolitas de Macambo fueron comparados con resultados de muestras de anfíbolitas del complejo Bermeja en Puerto Rico, observándose valores muy similares entre ambas rocas.

7. Durante nuestro trabajo se compararon además los resultados de las rocas anfíbolíticas de Macambo con muestras de gabros pertenecientes al macizo ultrabásico Moa-Baracoa, destacando que ambos tipos de rocas presentan características químicas bastante similares.

8. De todo lo antes expuesto, podemos llegar a la conclusión que la composición química de las anfíbolitas presentes en la sierra del Purial presentan similitud con la composición química de rocas basálticas de tipo toleítico y de andesitas de composición cálcica y calcoalcalina (las de La Tinte) y con rocas de composición básica como los gabros (las de Macambo), por lo que podemos inferir que, por ser las anfíbolitas producto del metamorfismo regional, la naturaleza primaria de las mismas sea muy parecida a la de la roca original, proponemos considerar la composición química de las rocas de las cuales provienen las anfíbolitas de la sierra del Purial como de tipo básico, con algunas intercalaciones de rocas medias.

#### REFERENCIAS

1. BOITEAU, A. y M. CAMPOS: "Datos preliminares sobre la geología de la parte sur de la sierra del Purial, Oriente, Cuba". Informe presentado en la Jornada Científico-Técnica de la DGGG, 1974.
2. COBIELLA, J., F. QUINTAS, M. CAMPOS y M. HERNANDEZ: "Geología de la región central y suroriental de la provincia de Guantánamo" (en prensa).
3. DONNELLY, T. W., J. ROGERS, P. PUSHKAR y R. ARMSTRONG y otros: "Chemical Evolution of the Igneous Rocks of the Eastern West Indies: an Investigation of Thorium, Uranium, and Potassium Distributions, and Lead Strontium Isotopic Ratios". The Geological Society of America, IMC. Memoir 130, 1971.
4. HERNÁNDEZ, M.: "Sobre la presencia de ilmenita en las rocas metamórficas de la sierra del Purial". Informe presentado en el Primer Forum Nacional de Minerales, CIG, 1977.
5. HERNÁNDEZ, M.: "Datos preliminares sobre las características petrográficas de las rocas del macizo sierra del Purial". Revista La Minería en Cuba, vol. 5, no. 2, 1979.

6. HUANG, W.: Petrología. Ed. Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro, 1972.
7. MC BIRNEY, A. P.: "Vulcanismo andesítico y riolítico de los cinturones plegados". En La corteza terrestre en el manto superior. Editor P. J. Hart, Ed. Mir, 1972 (en ruso).
8. MILLÁN, G. y M. SOMIN: "Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas". Serie Geologica no. 27. Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba, 1976.
9. RÍOS, W.: "Estudio petrográfico, geológico y estructural, de las anfibolitas presentes en San Antonio del Sur, área Macambo". Trabajo de Diploma, ISMMMoa, 1979.
10. SOMIN, M. y G. MILLÁN: "Sobre la edad de las rocas metamórficas cubanas". Informe Científico-Técnico no. 2, Instituto de Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba, 1977.
11. TURNER, F. y J. VERHOOGEN: Petrología ígnea y metamórfica, 2da. ed., Ed. Omega, S. A., 1975.
12. VEGA, C.: "Estudio petrográfico, mineralógico y mine-ragráfico de las anfibolitas Macambo de la zona de La Tinta, municipio de Baracoa, provincia de Guan-tanamo". Trabajo de Diploma, ISMMMoa, 1978.

CDU 553.31:551.24 (729.16)

## CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS Y NEOTECTÓNICAS DE LAS ZONAS DE DESARROLLO DE YACIMIENTOS LATERÍTICOS DE MOA

### RESUMEN

El trabajo presenta como objetivo fundamental el estudio de las condiciones geomorfológicas que han favorecido el desarrollo de los yacimientos lateríticos, así como la influencia de la neotectónica en la formación del relieve y en los procesos meteorizantes.

Para la realización del trabajo los autores se basan fundamentalmente en la aplicación de diferentes métodos morfométricos, tales como: Pendientes, Isobasitas, Disección vertical, etcétera, así como en el análisis e interpretación de las fotos aéreas de la región, algunas observaciones de campo y datos de perforaciones.

Con este trabajo se pretende obtener un esquema general de las diferentes zonas geomorfológicas y características neotectónicas de Moa y establecer el grado de importancia de las cortezas que se desarrollan en cada una de estas áreas, demarcando las más perspectivas.