

NIQUEL ASOCIADO A LA PERIDOTITA DE TINAQUILLO, ESTADO COJEDES

por JEAN PASQUALI ZANIN

INDICE DE MATERIAS

	PAG.
RESUMEN	228
INTRODUCCION	228
METODOS DE TRABAJO	229
RESULTADOS	229
CONCLUSIONES	234
RECOMENDACIONES	235
BIBLIOGRAFIA	235

RESUMEN

Se han investigado las posibilidades económicas de las lateritas asociadas con la meteorización de la peridotita de Tinaquillo, Estado Cojedes.

El estudio se basa en el análisis de muestras tomadas en 21 calicatas, que representan los tres tipos de materiales lateríticos de la región donde aflora la peridotita de Tinaquillo:

- Material laterítico transportado.
- Material laterítico *in situ* con drenaje pobre.
- Material laterítico *in situ* con buen drenaje.

Los primeros dos tipos no ofrecen posibilidades económicas para la explotación de níquel.



RA
 ZADAS

Se recomienda la explotación, en dos localidades promisoras, del material laterítico *in situ* con buen drenaje, utilizando equipos capaces de catar hasta los 30 metros de profundidad.

INTRODUCCION

El presente estudio tiene por objeto aportar informaciones sobre las posibilidades económicas en cuanto a contenido de níquel, de las lateritas derivadas de la peridotita de Tinaquillo.

La peridotita de Tinaquillo es una masa que aflora al este de la población de Tinaquillo, compuesta principalmente de peridotita, serpentinita y metagabro, con afloramientos menores de diques ácidos, cuarcita metamorfizada y bandas de piroxenitas y anfibolitas.

Debido a sus diferentes composiciones químicas y mineralógicas, la peridotita, serpentinita y metagabro mencionados meteorizan de manera distinta, y cada uno meteoriza de diferente forma, según la posición topográfica que ocupe. Estas variaciones complican la tarea de establecer la extensión superficial de las diversas litologías por extrapoblación de los afloramientos existentes, y por ende es difícil establecer la litología de la roca cuya meteorización origina un determinado material laterítico.

La geología de la región ha sido estudiada por AGUERREVERE *et al.* (1937), en mayor detalle por MACKENZIE (1960) y más recientemente por ALIRIO BELLIZZIA y DOMINGO RODRIGUEZ G. (manuscrito en preparación).

En un informe inédito, RUBIO (1941) indica la presencia de concentraciones de níquel en las lateritas asociadas con la meteorización de la peridotita de Tinaquillo, y suministra datos sobre la concentración niquelífera en diez localidades. RUBIO concluye que las lateritas asociadas con la peridotita de Tinaquillo contienen un promedio de 1 a 2% de níquel. En junio de 1941, el Ministerio de Fomento (Gaceta Oficial N° 20.507) concedió a RUBIO la parte de un procedimiento para la extracción del níquel de sus minerales oxidados y silicatados por vía húmeda, con el uso de cloruro sódico y anhídrico sulfuroso.

El geólogo J. R. MOWAT (1960, p. 34-36) en un informe inédito para el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, expone los resultados de análisis efectuados en muestras superficiales de las lateritas asociadas con la peridotita de Tinaquillo, y recomienda estudios más detallados.

El presente trabajo se basa en los análisis de muestras provenientes de 21 calicatas, cuya distribución dentro de las lateritas de Tinaquillo representa los distintos orígenes y desarrollos de éstas. La localización de las calicatas y otras muestras de interés aparecen en el mapa anexo, elaborado originalmente por MACKENZIE (1958).

El estudio no considera la mineralogía pertinente a la distribución del níquel, que será tema de un estudio posterior.

Dos de las calicatas mencionadas, Nos. 1 y 10, son objeto actualmente de un estudio químico y mineralógico detallado, realizado por el Br. HELY MARVAL RIVAS, para optar al título de Licenciado en Química en la Universidad Central de Venezuela.

El autor agradece a los geólogos CECILIA MARTIN-BELLIZZIA, ALIRIO BELLIZ-

ZIA, DOMINGO RODRIGUEZ GALLARDO y ORESTE BUJOSA D., por la discusión del problema y su asistencia en la familiarización con la geología de la región; asimismo al ingeniero químico ANTONIO I. CARDENAS C., por su contribución en los análisis de cobalto y hierro. Este agradecimiento se hace extensivo a la Dirección de Minas por la colaboración prestada por su personal del Campamento de Las Minas de Amianto de Tinaquillo, y a la División de Exploraciones Geológicas de la Dirección de Geología, que contribuyó con su campamento regional.

METODOS DE TRABAJO

La inspección de la región donde aflora la peridotita de Tinaquillo reveló la presencia de lateritas de espesor y origen distintos. Algunas se componen principalmente de material arrastrado; otras son producto de la meteorización de la roca *in situ*, y el resto es una combinación de materiales arrastrados e *in situ*.

La localización de las calicatas se planificó con miras a obtener datos sobre los diversos tipos de lateritas. Se tomaron muestras en cada calicata a intervalos irregulares (las calicatas tienen sección rectangular de 1,5 x 1,2 metros); en cada caso se tuvo cuidado de tomar por lo menos una muestra de cada horizonte en el perfil de meteorización. La profundidad alcanzada en las calicatas estuvo determinada por la profundidad de la roca relativamente fresca, el nivel de la mesa de agua, la dificultad de extracción del material con palas o baldes, y la resistencia de las paredes al derrumbe.

Además de las calicatas se tomaron y analizaron muestras de serpentinitas de varias localidades, en especial las que afloran en las labores minerales de El Tigre y La Montañita, con el fin de establecer el contenido de níquel en la roca madre de las lateritas.

Se determinó el contenido de níquel en cada una de las muestras, y de hierro y cobalto en muchas de ellas. La determinación del níquel, realizada por el autor, se efectuó mediante fluorescencia de rayos-X, aplicando el método de REYNOLDS (1963); el ingeniero químico ANTONIO I. CARDENAS C. determinó los porcentajes de hierro y cobalto por colorimetría.

RESULTADOS

En este capítulo se intentará hacer un análisis comparativo entre el contenido de níquel y los cuatro tipos de materiales considerados:

- Material laterítico arrastrado.
- Material laterítico *in situ* con drenaje pobre.
- Material laterítico *in situ* con buen drenaje.
- Serpentinitas.

Las letras que aparecen al lado del número de muestra en la Tabla II no indican una correlación del proceso de meteorización de una calicata a la otra, sino un orden ascendente de sucesión; así pues, las muestras CO-2867-A y CO-4021-A no son comparables en cuanto a su desarrollo laterítico. El mapa anexo de localización de las muestras ilustra un intento de correlación en el proceso de meteorización alcanzado en cada calicata.

En el presente estudio, el material laterítico arrastrado está representado por los resultados obtenidos en las muestras provenientes de las calicatas Nos. 6, 9, 10, 14 y 15 (véase mapa anexo de localización).

Entre los materiales lateríticos examinados, los de estas calicatas muestran las concentraciones más bajas de níquel, con un promedio de 0,17%. Esto indica que en el transporte del material desde su lugar de origen hasta las partes topográficamente más bajas de la región, donde aflora la peridotita de Tinaquillo, opera un proceso que preferentemente separa o solubiliza los minerales con un contenido mayor de níquel. Asimismo, este porcentaje de Ni de las lateritas arrastradas indican que no son de importancia económica, ya que las serpentinitas originales, más abundantes en la región, contienen un 0,22% de Ni.

El material laterítico *in situ* con drenaje pobre, está representado en los análisis de las muestras provenientes de las calicatas Nos. 1, 2, 5, 8 y 13. En éstas, se ha establecido la categoría *in situ* del material por el hecho de que la roca fresca pasa gradualmente a roca meteorizada primero, y luego al suelo laterítico que la recubre. Dentro de estos materiales lateríticos, el drenaje es pobre, ya que su contenido de arcillas es apreciable y se encuentran en una superficie de poca pendiente.

La calicata N° 2 se incluye en este grupo por cercanía a la N° 1, pero no penetró la roca fresca por haber alcanzado antes el nivel de la mesa de agua. La calicata N° 13 penetró roca ígnea ácida meteorizada a la profundidad de 1 metro.

Las lateritas *in situ* con drenaje pobre contienen un promedio de 0,41% de Ni. Las lateritas de este tipo no ocupan áreas extensas en la región de afloramiento de la peridotita de Tinaquillo, son de poco espesor y bajo contenido de Ni, por lo cual su importancia económica es nula.

El material laterítico *in situ* con buen drenaje está representado por las muestras provenientes de las calicatas Nos. 3, 4, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20 y 21. Se considera que este material se encuentra *in situ* por la ausencia de evidencias de material transportado; en la parte más profunda de algunas calicatas se observa que la roca meteorizada gradualmente pierde su textura y estructura. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se ha llegado a observar roca meteorizada.

El contenido de Ni en estas lateritas es muy variable. El promedio en las 10 calicatas enumeradas es de 0,65% de Ni, pero este porcentaje probablemente no sea representativo de este tipo de material. En estas lateritas el buen drenaje favorece el desarrollo de grandes espesores que no pudieron ser catados adecuadamente debido a la poca profundidad de las calicatas.

Para obtener una idea más clara del contenido de Ni de las lateritas *in situ* con buen drenaje, es conveniente observar la distribución del níquel en los depósitos lateríticos conocidos, y considerar las calicatas en mayor detalle. En el yacimiento de Loma de Hierro, Estado Aragua, H. LAVIE (estudio publicado en este mismo Boletín) ha separado tres horizontes dentro de las lateritas, a base de su contenido de Ni. En términos generales, el contenido de Ni aumenta con la profundidad, y alcanza sus valores máximos en la zona inmediatamente por encima de la peridotita menos alterada.

En comparación con el yacimiento de Loma de Hierro, las lateritas *in situ* con buen drenaje presentes en la región de la peridotita de Tinaquillo alcanzan espesores mayores; por esta razón, en la mayoría de los casos las calicatas no alcanzaron el horizonte que LAVIE (*op. cit.*) designa con el nombre de "laterita níquelífera".

TABLA I

Calicata	Prof. total en metros	Número de muestras	Promedio % Ni en muestras secadas a 110°C.	MATERIAL		
				Arrastrado	Drenaje pobre	Buen drenaje
Número						
1	1,3	6	0,48		*	
2	2,4	6	0,42		*	
3	3,0	8	0,44			*
4	2,0	6	0,77			*
5	1,4	6	0,42		*	
6	3,3	8	0,32	*		
8	2,0	6	0,32		*	
9	2,0	9	0,13	*		
10	3,2	9	0,07	*		
11	3,5	7	0,42			*
12	3,2	6	0,19			*
13	2,5	3	0,20		*	
14	6,10	7	0,12	*		
15	4,30	4	0,15	*		
16	7,8	8	0,65			*
17	6,7	9	0,19			*
18	5,6	8	0,65			*
19	5,0	7	1,07			*
20	5,0	6	0,97			*
21	3,2	5	1,15			*

En el presente estudio, las calicatas Nos. 11, 12, 16 y 17 representan el material con mejor drenaje. Las lateritas allí desarrollan gran espesor y se presume que las muestras tomadas sólo equivalen a la zona más superficial de LAVIE (*op. cit.*), y quizás a la parte superior de la zona inmediatamente infrayacente.

Se considera que las calicatas Nos. 4, 18, 19, 20 y 21 han penetrado la segunda zona de LAVIE (*op. cit.*). En algunos sitios estas calicatas exhiben vetas de material con un contenido considerable de Ni, pero no se encuentran en ellas fragmentos de rocas cuya textura haya sido preservada. Las calicatas Nos 4, 19, 20 y 21 son realmente prometedoras (véase Tabla II).

TABLA II

Muestra	Calicata	Profundidad en metros	% Ni	% Fe	% Co
Co-3867	A	1	0,32	8,6	0,02
	B	1	0,56	13,9	0,03
	C	1	0,60	17,1	0,02
	D	1	0,56	17,9	0,07
	E	1	0,48	19,4	0,02
	F	1	0,39	18,5	0,02
Co-3875	A	2	0,51	19,6	0,04
	B	2	0,41	10,5	0,07
	C	2	0,59	26,4	0,02
	D	2	0,54	13,7	0,01
	E	2	0,30	15,7	0,01
	F	2	0,23	38,4	0,03

TABLA II (Continuación)

Muestra	Calicata	Profundidad en metros	% Ni	% Fe	% Co
Co-3874 A	3	3,0	0,22	6,9	0,02
B	3	2,6	—	9,9	0,02
C	3	2,1	0,32	8,9	0,02
D	3	1,7	—	7,6	0,03
F	3	0,9	0,63	13,7	0,02
E	3	1,3	0,46	11,7	0,02
G	3	0,5	0,70	14,7	0,02
H	3	0,2	0,49	16,4	0,03
Co-3877 A	4	2,0	1,32	19,3	0,03
B	4	1,7	1,30	19,7	0,02
C	4	1,4	1,23	14,4	0,02
D	4	0,9	0,79	29,9	0,08
E	4	0,4	0,11	14,4	0,02
F	4	0,05	0,12	13,0	0,02
Co-3876 A	5	1,4	0,38	8,2	0,01
B	5	0,9	0,58	14,4	0,01
C	5	0,5	0,36	20,7	0,02
D	5	0,3	0,39	19,4	0,02
E	5	0,2	0,41	19,7	0,02
F	5	0,05	0,31	17,9	0,03
Co-3888 A	6	3,3	0,27	9,6	0,01
B	6	3,0	0,31	9,8	0,01
C	6	2,5	0,35	10,9	0,01
D	6	2,0	—	10,2	0,01
E	6	1,5	0,35	9,6	0,01
F	6	1,0	0,33	11,7	0,01
G	6	0,5	0,30	13,9	0,01
H	6	0,1	0,26	10,8	0,02
Co-3885 A	8	1,8	0,22	8,7	0,02
B	8	1,4	0,63	19,0	0,02
C	8	1,0	0,39	16,7	0,02
D	8	0,65	0,31	26,3	0,05
E	8	0,4	0,30	25,4	0,03
F	8	0,1	0,26	21,9	0,02
Co-3886 A	9	2,0	—	16,4	0,02
B	9	2,1	0,11	10,9	0,02
C	9	1,7	0,08	—	—
D	9	1,4	0,09	11,2	0,01
E	9	1,2	0,06	12,6	0,01
F	9	0,9	0,06	11,6	0,01
G	9	—	0,08	—	—
H	9	0,3	0,06	11,6	0,01
I	9	0,1	0,64	20,9	0,02
Co-3887 A	10	3,24	0,20	—	—
B	10	2,8	0,22	19,7	0,01
C	10	2,7	0,07	6,8	0,01
D	10	2,5	0,02	11,8	0,01
E	10	2,0	0,03	13,7	0,01
G	10	1,0	0,06	50,0	0,02
H	10	0,5	0,07	9,8	0,01
J	10	0,1	0,05	10,2	0,01
Co-3889 A	11	3,5	1,45	13,0	0,01
B	11	3,0	0,21	17,3	Trz.
C	11	2,5	0,70	7,2	0,02
D	11	2,0	0,14	7,1	Trz.
F	11	1,0	0,33	13,3	0,01
G	11	0,5	0,07	8,9	Trs

TABLA II (Continuación)

Muestra	Calicata	Profundidad en metros	% Ni	% Fe	% Co
Co-3890 A	12	3,2	0,20	20,6	Trs
B	12	3,0	0,16	17,8	0,01
C	12	2,5	0,28	23,7	0,05
D	12	2,0	0,27	31,8	0,01
E	12	1,5	0,21	28,6	Trs
F	12	0,5	0,11	20,6	0,02
Co-4002 A	13	2,5	0,04	5,4	Trs
Co-4003	13	1,5	0,37	4,8	Trs
Co-4023 A	13	0,5	0,21	12,3	Trs
B	14	5,7 a 6,1	0,28	—	—
C	14	5,2 a 5,7	0,17	—	—
D	14	4,5 a 5,2	0,39	—	—
E	14	3,5 a 4,5	0,20	—	—
F	14	2,0 a 3,5	0,04	—	—
G	14	1,2 a 2,0	0,04	—	—
Co-4024 A	14	0 a 1,2	0,05	—	—
B	15	3,1 a 4,2	0,17	—	—
C	15	2,0 a 3,1	0,12	—	—
D	15	1,2 a 2,0	0,17	—	—
Co-4022 A	15	0 a 1,2	0,15	—	—
B	16	7,8 a 7,8	0,84	—	—
C	16	6,0 a 7,0	0,63	—	—
D	16	5,0 a 6,0	0,71	—	—
E	16	4,0 a 5,0	0,64	—	—
F	16	3,0 a 4,0	0,66	—	—
G	16	2,0 a 3,0	0,59	—	—
H	16	1,0 a 2,0	0,68	—	—
Co-4021 A	16	0 a 1,0	0,45	—	—
B	17	5,7 a 6,7	0,57	—	—
C	17	6,5	3,2	—	—
D	17	6,0	0,03	—	—
E	17	4,7 a 5,7	0,24	—	—
F	17	3,2 a 4,7	0,20	—	—
G	17	4,0	1,23	—	—
H	17	1,7 a 3,2	0,12	—	—
I	17	2,5	0,02	—	—
Co-4025 A	17	0 a 1,7	0,06	—	—
B	18	5,5	2,12	—	—
C	18	4,8	1,40	—	—
D	18	4,3	1,26	—	—
E	18	3,5	0,03	—	—
F	18	3,0 a 4,0	0,80	—	—
G	18	1,5 a 3,0	0,49	—	—
Co-4026 A	18	4,0 a 5,6	0,86	—	—
B	19	4,5 a 5,0	1,62	—	—
C	19	3,0 a 4,5	0,75	—	—
D	19	1,5 a 3,0	1,49	—	—
E	19	3,0	5,93	—	—
F	19	2,0	3,48	—	—
G	19	0 a 1,5	0,80	—	—
Co-4027 A	19	2,0	0,75	—	—
B	20	5,0 a 5,5	1,68	—	—
C	20	4,0 a 5,0	0,92	—	—
D	20	3,0 a 4,0	1,10	—	—
E	20	2,0 a 3,0	1,16	—	—
F	20	1,0 a 2,0	1,25	—	—
	20	0 a 1,0	0,42	—	—

TABLA II (Continuación)

Muestra	Calicata	Profundidad en metros	% Ni	% Fe	% Co
Co-4028 A	21	2,8	1,71	—	—
B	21	2,2 a 3,2	1,58	—	—
C	21	1,2 a 2,2	1,15	—	—
D	21	0 a 1,2	0,81	—	—
E	21	3,0	1,78	—	—
Co-4005	—	Superficie	0,11	20,6	0,1
Co-4006	—	Superficie	0,22	6,3	Trz.
Co-4007	—	Superficie	0,22	4,5	Trz.
Co-4008	—	Superficie	0,24	6,6	Trz.
Co-4011	—	Superficie	0,25	3,0	Trz.
Co-4012	—	Superficie	0,23	3,8	Trz.
Co-4013	—	Superficie	0,34	9,3	Trz.
Co-4017	—	Superficie	0,47	11,9	Trz.

Las calicatas Nos. 4, 20 y 21 por un lado, y la N° 19 por otro, se encuentran en dos áreas que podrían tomarse como núcleos de expansión para una exploración posterior, para la cual sería recomendable utilizar equipos de perforación capaces de profundizar hasta los 30 metros.

La superficie cercana a la calicata N° 3 se encuentra cubierta por cantos rodados de lo que MACKENZIE (1960) denomina "pseudogabro". De los 3 metros de profundidad total de esta calicata, solamente los 0,70 metros más profundos se consideran como de material *in situ*. Este espesor de 0,70 metros, con un contenido promedio de 0,26% de Ni, está constituido por roca meteorizada indeterminada. Se duda que la roca que origina a la laterita sea una roca ultrabásica, por cuya razón no debe considerarse como típica.

En la Tabla II, junto con los resultados parciales de las calicatas, se tabulan los resultados de los análisis efectuados en serpentinitas frescas y meteorizadas. En estado fresco estas serpentinitas contienen un 0,22% de Ni, porcentaje que es algo mayor cuando las serpentinitas se encuentran meteorizadas (sin llegar a constituir lateritas).

CONCLUSIONES

El estudio de los materiales lateríticos asociados con la meteorización de la peridotita de Tinaquillo, ha llevado al autor a las conclusiones siguientes:

1. Los materiales lateríticos tienen espesores muy variables.
2. Los materiales lateríticos pueden agruparse en tres tipos:
 - a. Transportados, con un contenido promedio de 0,17% de Ni.
 - b. *In situ* con drenaje pobre; con un contenido promedio de 0,41% en Ni.
 - c. *In situ* con buen drenaje; con un contenido promedio de 0,65% de Ni en la parte catada.
3. Los materiales lateríticos *in situ* con buen drenaje no fueron catados adecuadamente debido a que las calicatas no alcanzaron las profundidades necesarias.

4. Los materiales lateríticos *in situ* con buen drenaje, representados en especial por las calicatas Nos. 4, 19, 20 y 21, indican la posible existencia de concentraciones niquelíferas económicamente explotables.
5. Los materiales lateríticos *in situ* con buen drenaje son los únicos que ofrecen posibilidades para la extracción económica de Ni.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio constituyen la base para hacer las recomendaciones siguientes:

1. Planificar y llevar a cabo un programa de exploración de níquel en los materiales lateríticos asociados con la meteorización de la peridotita.
2. Limitar la exploración a los materiales lateríticos *in situ* con buen drenaje.
3. Utilizar equipos que permitan la obtención de muestras hasta los 30 metros de profundidad.
4. Usar como núcleos de expansión las zonas cercanas a las calicatas Nos. 4, 20 y 21 por un lado, y la N° 19 por otro.

BIBLIOGRAFIA

- AGUERREVERE, S. E., ZULOAGA, G. y TELLO B., M. (1937) *Informe geológico sobre la región amiantífera de Tinaquillo, Estado Cojedes*. Bol. de Geol. y Min., T. I, N° 1, p. 5-36.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. y ZUSSMAN, J. (1962) *Rock-forming minerals*. John Wiley & Sons, Vol. 3, 270 p.
- GACETA OFICIAL (VENEZUELA. (Junio 5, 1941). N° 20.507, p. 132-454 y 132-455.
- LAVIE, H. (1966) *Evaluación de los yacimientos de lateritas niquelíferas en Loma de Hierro, Estados Aragua y Miranda* (en prensa).
- MACKENZIE, D. B. (1960) *La peridotita de Tinaquillo*. Cong. Geol. Ven. III, Caracas, 1959, Mem., T. II, p. 761-826.
- MONTOYA, J. W. y BAUR, G. S. (1963) *Nickeliferous serpentines, chlorites and related minerals found in two lateritic ores*. Am. Minerals., Vol. 48, Nos. 11 & 12, p. 1.227-1.238.
- MOWAT, J. R. (1960) *A reconnaissance study of the laterite manganese occurrences in the Venezuelan Guayana and coastal region*. Min. Minas e Hidroc., informe inédito.
- REYNOLDS, R. C. JR. (1963) *Matrix correction in trace element analysis by X-ray fluorescence. Estimation of the mass absorption coefficient by Compton scattering*. Am. Mineral., Vol. 48, Nos. 9 & 10, p. 1.133-1.143.
- RUBIO, ENRIQUE (1941) *Notas sobre depósitos residuales de níquel en Venezuela*. Min. Fomento, informe inédito.