

# REVISTA TECNOLOGICA

● MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA

3-4 71



Una publicación bimestral  
de la Dirección de Colaboración  
Técnico-Científica del  
Ministerio de la Industria Básica  
de la República de Cuba

# Sumario

Vol. IX

Mayo - Junio  
Julio-Agosto 1971

No. 3-4

- Redacción: Ministerio de la Industria Básica, Carlos III No. 666, La Habana, Cuba.
- Suscripción anual en el extranjero: \$3.10 (US).
- Se desea el cambio con las publicaciones congéneres.
- On accepte des échanges avec les publications congéneres.
- Exchange with similar publications is desired.
- Si desidera il cambio colla pubblicazioni congeneri.
- Aceitam-se permutas con publicacao congene.
- Wir bitten um Austausch ähnlichen Fachzeitschriften.

Pág.

Acerca del equilibrio de las fuerzas que actúan sobre el arado integral de discos. Por Vladimir Vainrub .....	3
Aluminio y cromo en las lateritas niquelíferas del yacimiento "Pinares de Mayarí" (Provincia de Oriente). Por Dr. Lazlo Somos .....	8
Obtención de pellets a partir del concentrado de cenizas de pirita. Por S. Widodo .....	22
Geomorfología de sumidero y sus inmediaciones, Sierra de los Organos, Pinar del Río, Cuba. Por Manuel Acevedo González .....	33
Limpieza y decapado por ultrasonido. Por Dr. Samuel Spring .....	55
Plantas de fertilizantes nitrogenados. Grandes adelantos en las plantas de urea. Por R. M. Reed y J. C. Reynolds	63
Poliolefinas en Italia. Por G. Mazzanti .....	69
El repujado: Una técnica en desarrollo .....	82
Una Norma Cubana. Soluciones reactivo de concentración aproximada para uso general .....	84
Avances de la Ciencia y de la Técnica .....	91

# Aluminio y cromo en las lateritas níquelíferas del yacimiento "Pinares de Mayarí", Provincia de Oriente

\* El autor de este reporte le expresa su profundo agradecimiento al Co. Francisco J. Vergara, Ingeniero Geólogo, por su eficiente ayuda en el control de los trabajos y en la redacción del material original.

## 1. Introducción, antecedentes

Durante las investigaciones del níquel muchas veces se ha sugerido la necesidad de conocer la concentración de otros elementos acompañantes y realizar una evaluación sobre su posible valor económico.

En nuestro trabajo nos referimos a la evaluación del contenido de aluminio y cromo, en el yacimiento "Pinares de Mayarí". Este yacimiento será el próximo objeto de la explotación de níquel, por lo tanto, cualquier concepto nuevo, en cuanto a los otros elementos útiles, podrá afectar la planificación de la mina y la planta.

En el yacimiento "Pinares de Mayarí" nos encontramos con la típica capa laterítica que se formó bajo condiciones tropicales. Esta capa mide de 5 a 9 m de potencia y su distribución regional es bastante regular. Dentro de la capa existe cierta zonalidad que nos permite separar 3-4 estratos diferentes. Los estratos, principalmente, se caracterizan por el contenido de hierro y níquel, por eso, son considerados como minerales distintos en la planificación de la extracción.

Dicha zonalidad procede de la variación de la época seca y húmeda en el clima tropical, acompañándose con diferentes procesos geoquímicos. Mediante estos procesos se formó un típico corte de laterita con todas las acumulaciones relativas que son esperadas en tales formaciones.

Ya en la época de las compañías norteamericanas surgió la proposición de aprovechar algunos elementos de las lateritas que aparte del níquel, tenían una concentración más alta. Existe una proposición de la misma índole también en la crí-

tica hecha por L. Szébenyi sobre el informe geológico "Pinares de Mayarí".

Luego aparecieron innumerables recomendaciones en cuanto a la posible utilización del aluminio; pero estos reportes carecían de algún argumento escrito.

Durante el transcurso de los años 1967-69, V. Ogarkov elaboró un breve informe con el título: " $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  en las menas lateríticas del yacimiento "Pinares de Mayarí". El informe tenía un objetivo semejante al de nuestro trabajo; los resultados obtenidos son muy parecidos. Sin embargo, con respecto al "cálculo" de reservas de aluminio tenemos una objeción bastante grave.

Ogarkov hizo el cálculo para los contenidos medios de aluminio y cromo en los distintos tipos de minerales. En cuanto a la distribución regional de estos elementos no pudo revelar alguna acumulación parcial, significando que la capa laterítica puede ser caracterizada por la dispersión regular de los elementos Al y Cr. Sin embargo, por no tener datos suficientes sólo se ocupó de la parte oriental del yacimiento.

Más tarde se completó la cantidad de muestras con las de granulometría; pero éstas no se encuentran incluidas en el informe de Ogarkov.

En base de estos antecedentes hemos iniciado nuestro trabajo en el que tratamos de reunir todos los datos anteriores, utilizando una cantidad considerable de muestras. Tenemos más de 200 análisis que significan un aumento de 100% con relación a la cantidad de las muestras disponibles para el trabajo de Ogarkov.

Aceptando la conclusión de los informes anteriores en cuanto a la regularidad de la capa la-

**Las operaciones matemáticas fueron realizadas por Urbana Roque**

terítica, utilizamos los datos como procedentes de una sola unidad, o sea, no estudiamos la distribución regional de los elementos según bloques o partes del yacimiento. Todo nuestro trabajo se refiere al yacimiento "Pinares de Mayarí" en total, dejando fuera de consideración las variaciones regionales. Sin embargo, hemos realizado los cálculos según los distintos estratos, es decir, según los diferentes tipos de minerales. Existe en el yacimiento un corte bastante exacto, con una cierta regularidad, la que nos permite realizar dichos cálculos.

Todos los trabajos anteriores para níquel, fueron realizados en el marco de la extracción selectiva; por lo tanto, determinamos los promedios y concentraciones, etc., según este principio; sin embargo, somos de la opinión que la extracción selectiva requiere una serie de precauciones. Además, podrán surgir dificultades grandes en cuanto a la diferenciación de los estratos. Opinamos que, por lo menos, las lateritas niquelíferas (balanceadas y no balanceadas) necesitan un tratamiento común, es decir, deben ser extraídas juntamente.

A base de estos antecedentes evaluamos la situación de dichos elementos, demostrando la posibilidad de aumentar sus concentraciones naturales, mediante distintas operaciones.

**2. Concentración según la granulometría**

Disponemos de 19 series de análisis según la composición granulométrica. Trazando los resultados en los diagramas adjuntos (véase las figuras No. 1-19) se puede ver la acumulación en las distintas fracciones.

**a. Aluminio**

De los 19 diagramas sólo en 5 hay aumento del contenido en las fracciones más pequeñas ( $-0,045$  mm), bajando más o menos regularmente hacia los granos mayores. 3 muestras señalan situación contraria, sin embargo, estas muestras no tienen resultado en todo el intervalo de la granulometría. Las demás muestras se caracterizan por uno o dos máximos en las fracciones relativamente mayores.

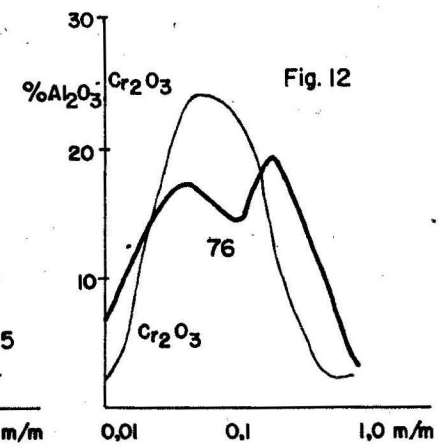
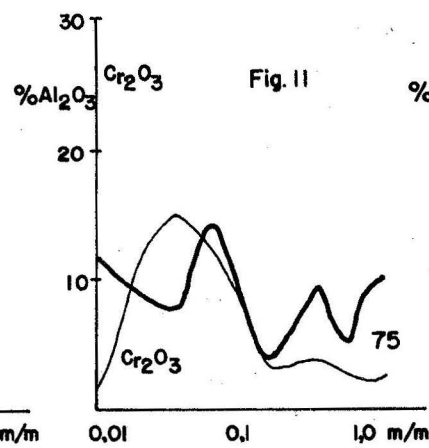
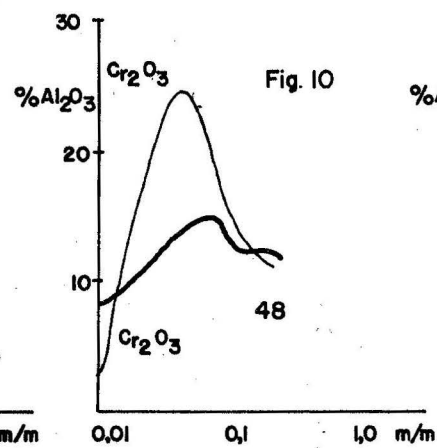
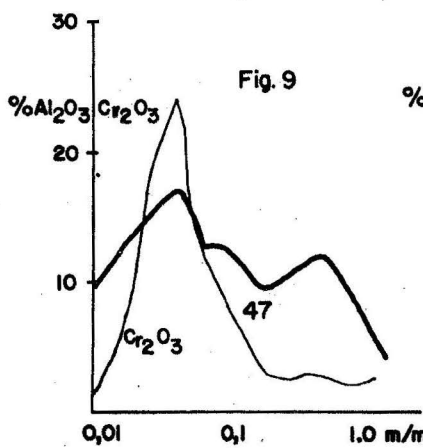
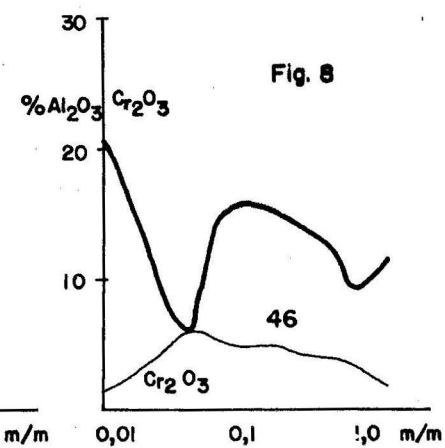
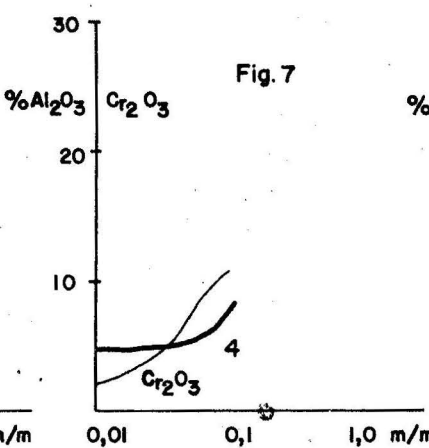
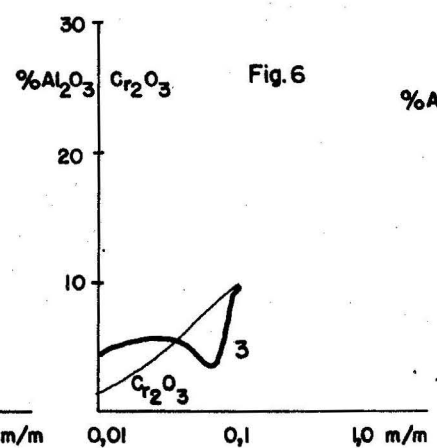
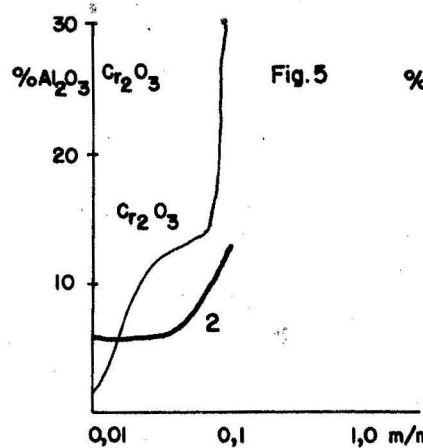
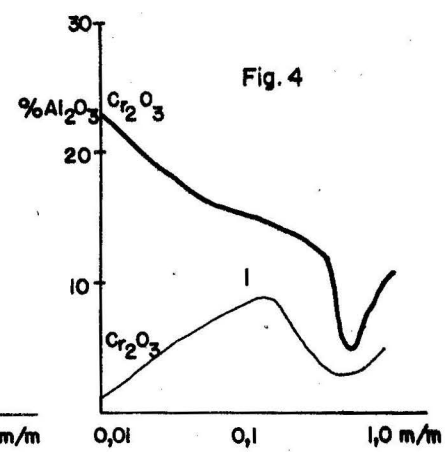
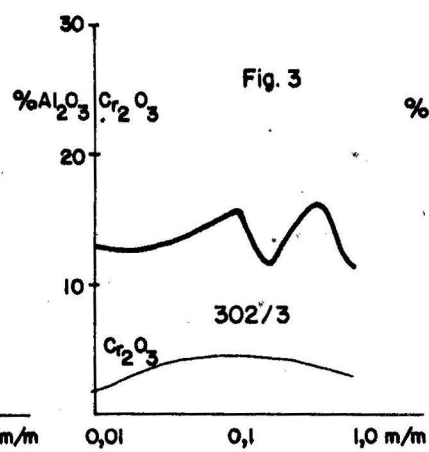
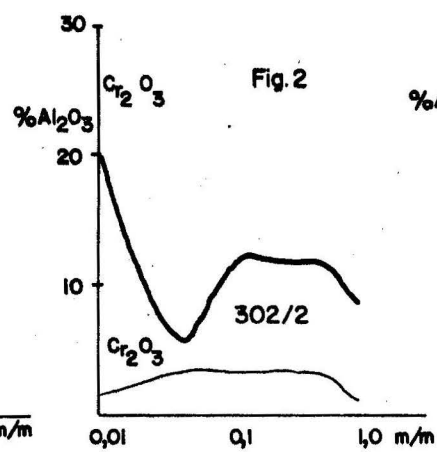
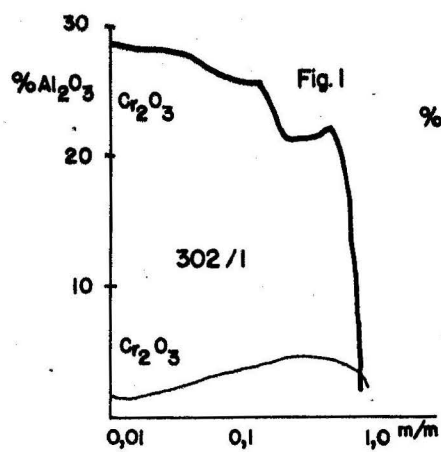
A base de estos diagramas podemos establecer que no existe mucha esperanza de encontrar una cierta fracción en la que el contenido de aluminio aumenta considerablemente. Debe añadirse que los contenidos máximos no caen en las fracciones de mayor peso. Por ejemplo, la muestra 44 (fig. No. 18) señala un máximo bien formado, en las fracciones  $0,045-0,1$  mm; pero la cantidad de las 3 fracciones no llega al 4% de toda la muestra.

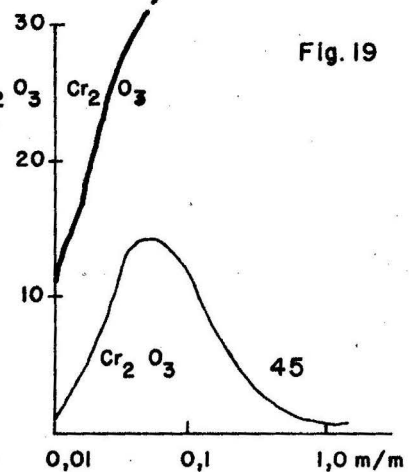
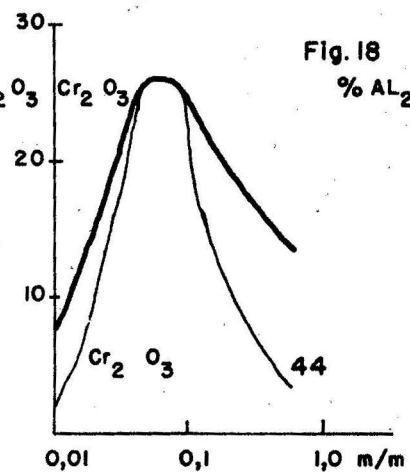
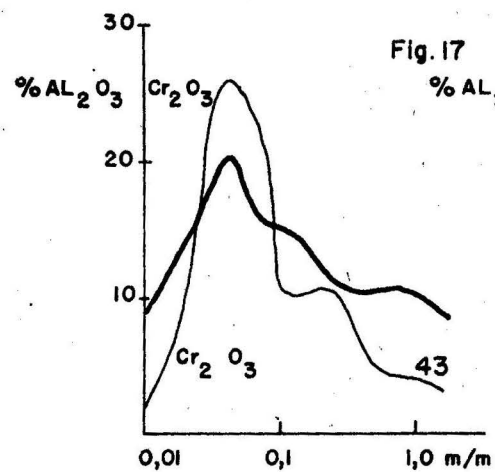
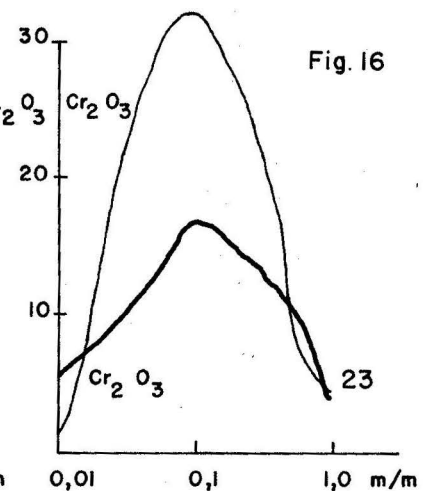
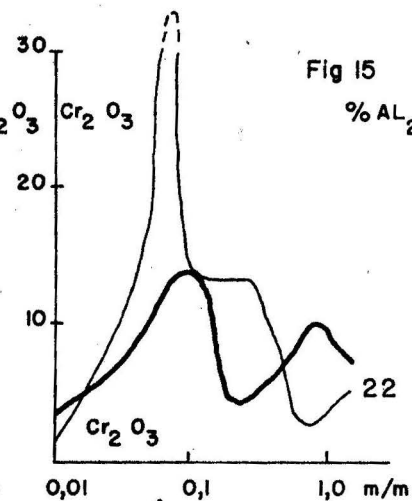
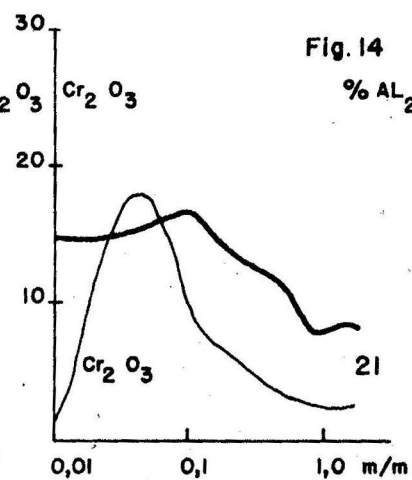
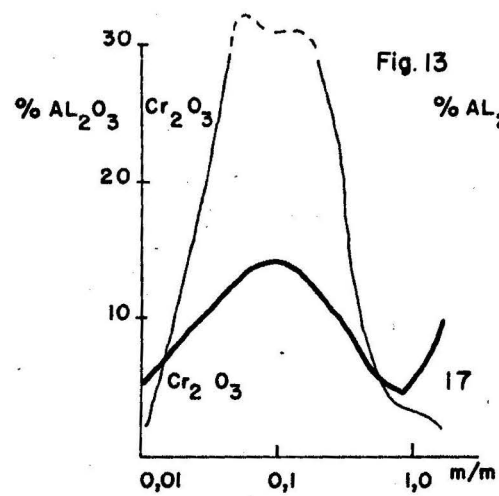
**b. Cromo**

Considerando el porcentaje por fracción tampoco podemos encontrar mejor situación con respecto al contenido de este elemento. Aunque en las curvas granulométricas casi siempre hay un máximo, entre las fracciones  $0,01-0,1$  mm, ese máximo se acompaña con fracciones que tienen sólo 2-5% de óxido de cromo.

Por consiguiente, a pesar de dicho máximo en el contenido, existe poca probabilidad de alcanzar acumulaciones considerables mediante simple separación granulométrica.







### 3. Concentración según la profundidad

La profundidad es un factor que influye en el método de extracción, o sea, debe ser considerada antes del enriquecimiento del mineral. Como ya hemos dicho, el desarrollo de la capa laterítica es regular y típico, lo que significa que cierto tipo de mineral siempre se encuentra a una cierta profundidad. Así, los diagramas reflejan la variación de los contenidos de aluminio y cromo según la profundidad y caracterizan el corte general del yacimiento (figuras No. 20-45).

#### a. Aluminio

Contemplando los diagramas correspondientes, podemos establecer que existe casi regularmente una disminución del contenido de aluminio hacia las profundidades mayores, significando la existencia de zonalidad geoquímica en la capa laterítica. Aunque en algunos lugares se presentan pequeñas acumulaciones en las zonas más profundas, éstas son insignificantes; además sólo pueden ser considerados como excepciones.

TABLA No. 1

TABLA DE CORRELACION ENTRE Ni y Al EN EL YACIMIENTO "PINARES DE MAYARI"

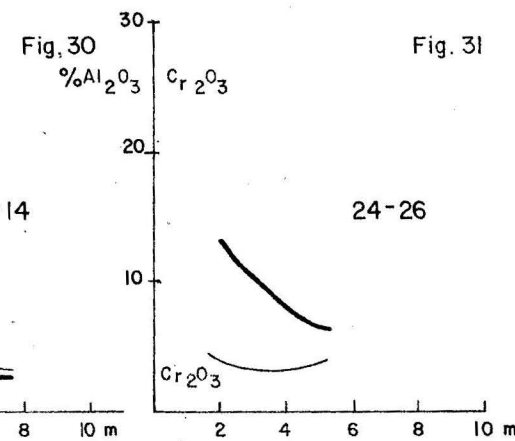
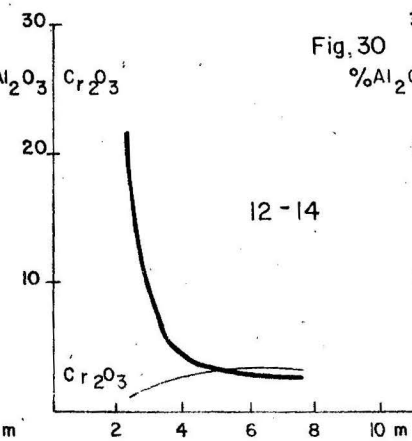
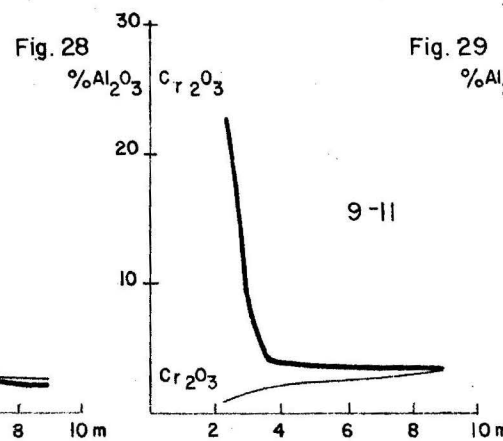
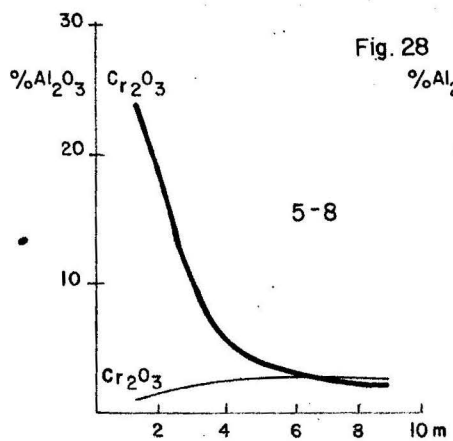
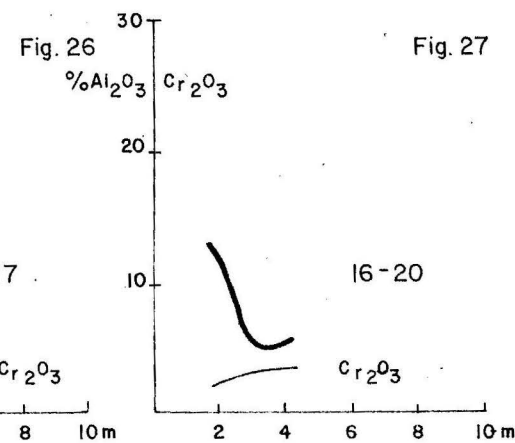
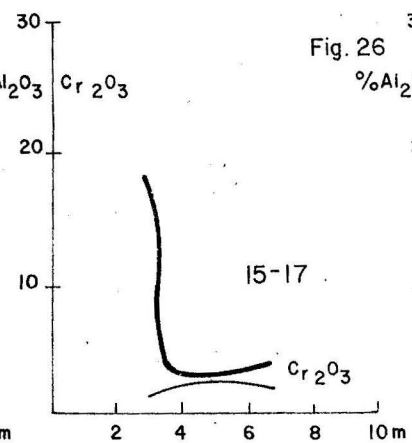
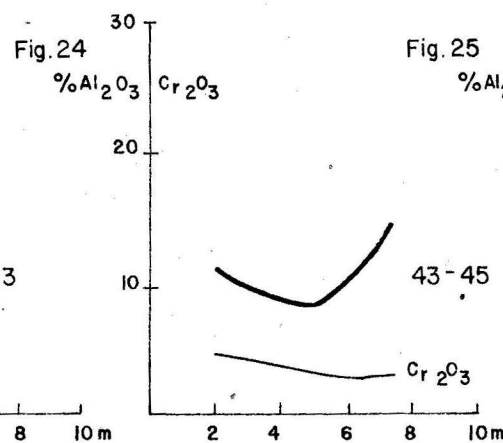
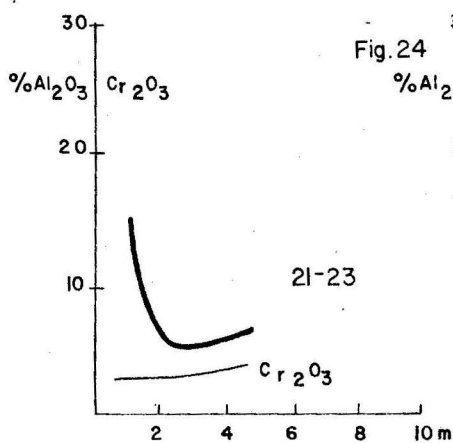
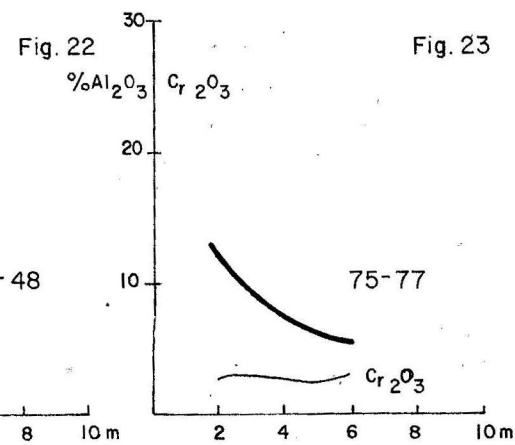
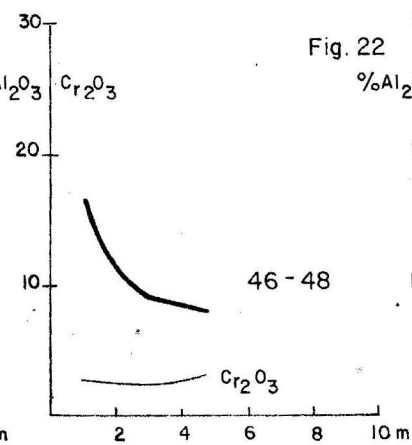
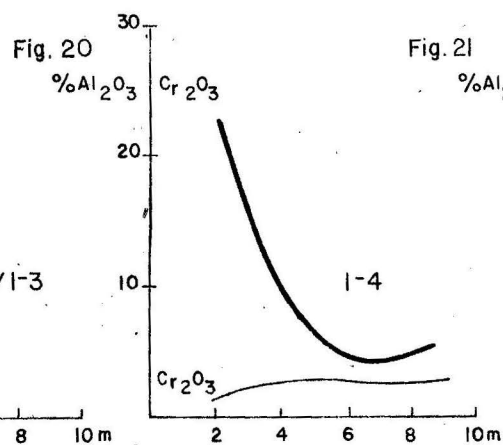
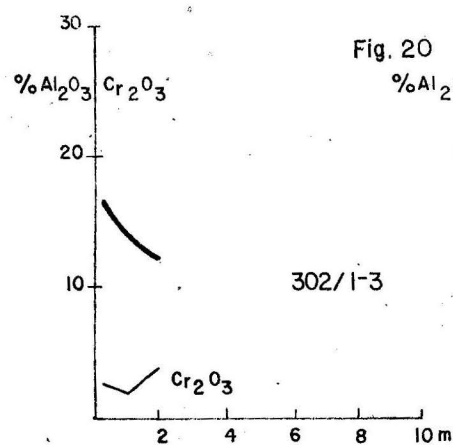
				Ni													
1,00	1	1	1,7	<del>1,6</del> 1,8	1												
3,00	9	3	1,5	<del>1,4</del> 1,6	1	1	1										
4,50	36	8	1,3	<del>1,2</del> 1,4	1	2	3	2									
5,41	157	29	1,1	<del>1,0</del> 1,2		5	14	9	1								
6,53	196	30	0,9	<del>0,8</del> 1,0		1	13	10	5		1						
7,82	133	17	0,7	<del>0,6</del> 0,8		1	4	5	4	1	1	1					
12,00	240	20	0,5	<del>0,4</del> 0,6					2	11	4	2		1			
15,80	237	15	0,3	<del>0,2</del> 0,4						1	5	3	3		2	1	
15,00		1	0,1	<del>0,0</del> 0,2								1					
		124		I	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
			Pi		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	
			n		3	10	35	26	12	13	11	7	3	1	2	1	
			Σn (parcial) x Pi		4,50	11,2	35,3	25,0	9,4	6,5	5,1	2,7	0,9	0,5	0,6	0,3	
			Σn (parcial) x Pi		1,50	1,12	1,01	0,96	0,78	0,50	0,46	0,39	0,30	0,50	0,30	0,30	
			n														

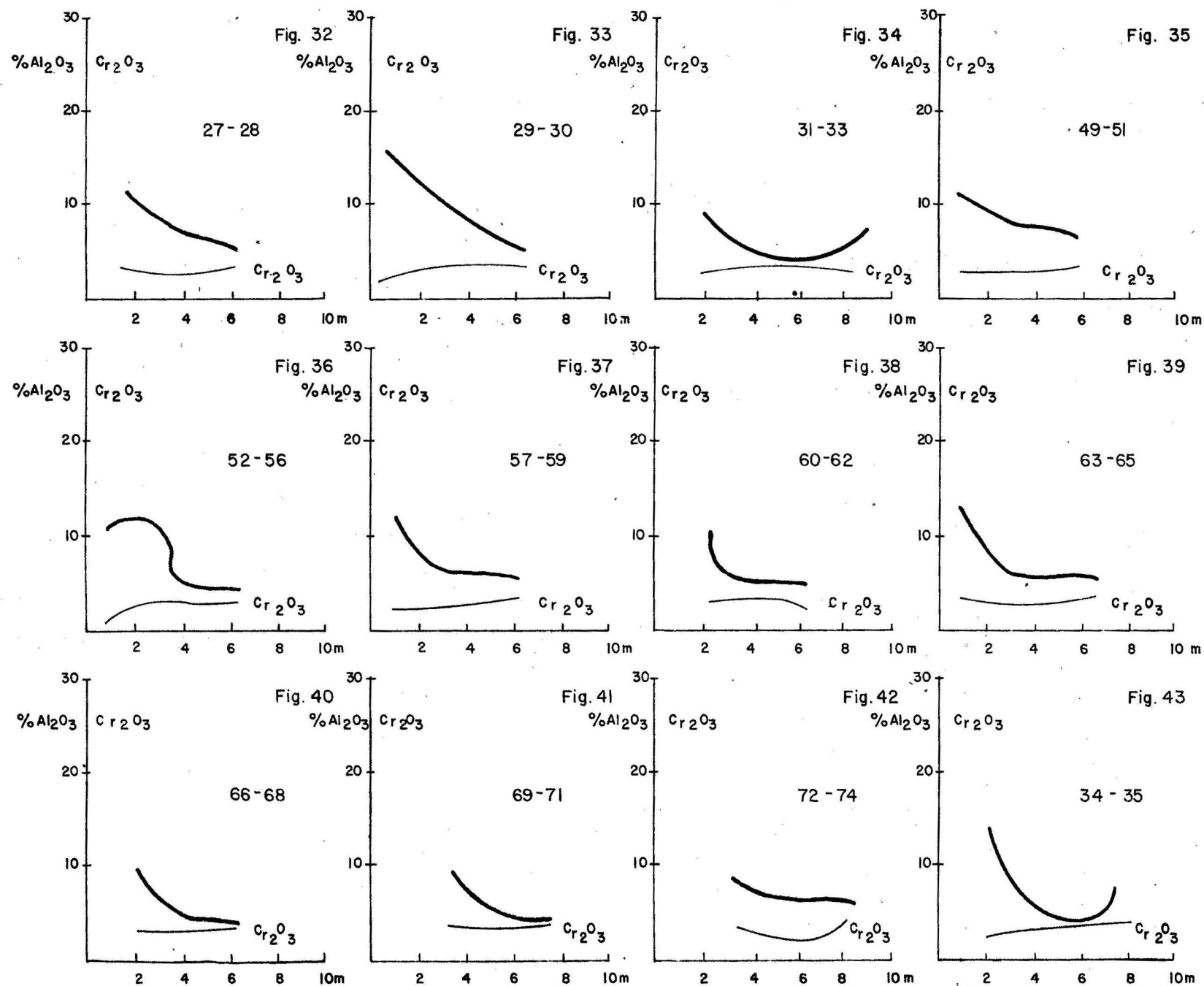
TABLA No. 2

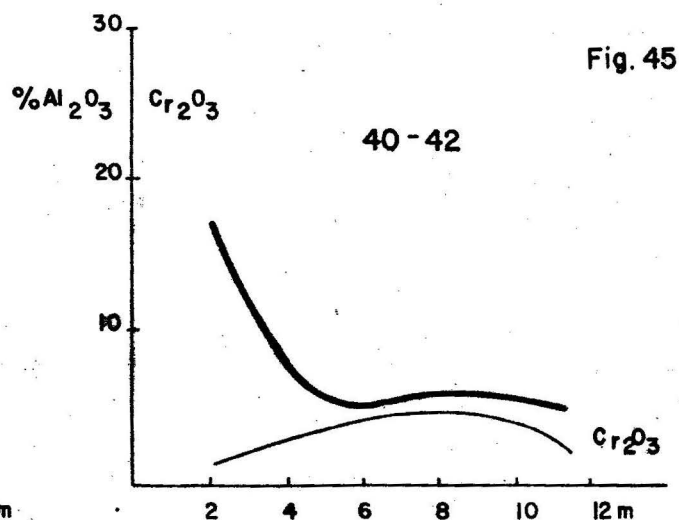
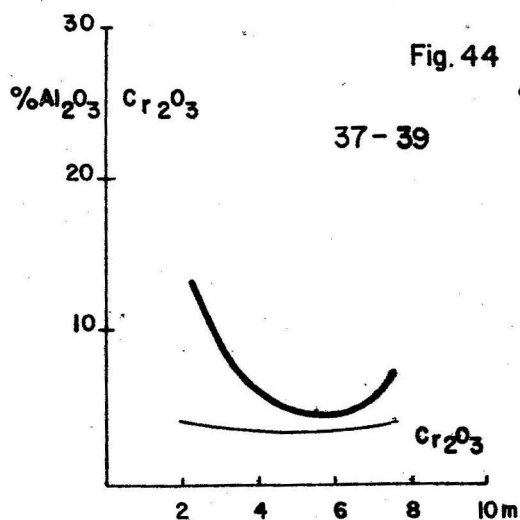
## TABLA DE CORRELACION ENTRE Ni Y Cr EN EL YACIMIENTO "PINARES DE MAYARI"

Ni																											
0,9	0,9	1	1,7	1,6-1,8				1																			
1,35	5,4	4	1,5	1,4-1,6	1	1			1										1								
2,28	18,2	8	1,3	1,2-1,4			1	2							1		1		1	2							
2,83	87,8	31	1,1	1,0-1,2					3	1	1			2	1	1	4	4	4	6	2	3					
2,73	68,3	25	0,9	0,8-1,0							1	1		3	3	2	1	4	2	8							
2,70	43,2	16	0,7	0,6-0,8								1		1	1	3	4	1	3	2							
2,69	51,1	19	0,5	0,4-0,6									2	3	2	3	2	2	2	1		1				1	
2,19	37,3	17	0,3	0,2-0,4					1	3	1	4		2	3				2				1				
2,1	4,2	2	0,1	0,0-0,2								1				1											
				I	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2,0	2,0-2,2	2,2-2,4	2,4-2,6	2,6-2,8	2,8-3,0	3,0-3,2	3,2-3,4	3,4-3,6	3,6-3,8	3,8-4,0	4,0-4,2	4,2-4,4	4,4-4,6	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				Pi	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	
				n	1	1	1	3	3	3	5	4	6	9	9	14	11	12	13	19	4	4	1			1	
				$\Sigma n$ (parcial) $\times$ Pi	1,5	1,5	1,3	4,3	3,3	3,1	2,9	2,0	2,2	7,1	6,1	8,8	9,1	10,1	9,9	18,5	4,8	3,8	0,3			0,5	
				$\frac{\Sigma n \text{ (parcial)} \times Pi}{n}$	1,5	1,5	1,3	1,43	1,10	1,03	0,58	0,50	0,37	0,79	0,68	0,63	0,83	0,84	0,76	0,97	1,20	1,15	0,1			0,1	









Ese corte, con sus acumulaciones relativas representa cierto grado de "bauxitización" lamentablemente sin llegar a las verdaderas bauxitas. La causa principal debe proceder de la falta de aluminio en las rocas originales, es decir, en las serpentinitas (ver el corte general Fig. No. 47).

Sumando los resultados de los diagramas se ve que el más alto contenido de aluminio se halla cerca de la superficie, exactamente en la capa de las lateritas de hierro.

#### b. Cromo

En los diagramas se observa que el cromo no manifiesta ninguna acumulación según la profundidad. La curva de este elemento es prácticamente horizontal, oscilando entre 2 y 4%.

Así, todo el corte está caracterizado por un contenido constante de óxido de cromo sin tener acumulaciones relativas.

#### 4. Cálculos de correlación entre $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ y $\text{Ni-Cr}_2\text{O}_3$

Puesto que el principal aprovechamiento de las lateritas, hasta ahora, corresponde al elevado contenido de níquel, hemos estudiado las relaciones estadísticas considerando el níquel como factor permanente. Para las operaciones de cálculo fue elegido el método de estadística matemática correspondiente a 200-300 observaciones independientes. En cada caso, el factor principal ha sido el níquel, debido a que la extracción de este elemento tiene importancia capital en sí.

Elaboramos dos tablas de correlación de las cuales, la tabla No. 1 muestra la relación entre Ni y Al, en el yacimiento "Pinares de Mayarí". Ejecutando todas las operaciones necesarias ya en la tabla se nota una relación relativamente es-

tricta en las lateritas níquelíferas (tanto las de balance como las fuera de balance). El carácter de la correlación es negativo, es decir, los altos contenidos de níquel siempre se acompañan con un contenido muy bajo de aluminio.

En la figura No. 46 trazamos la curva aproximada de la correlación de Ni y Al. Para la mejor construcción aplicamos dos cálculos, uno con níquel como factor independiente y otro como factor dependiente. El resultado se obtuvo mediante la aproximación gráfica de las curvas. La relación es casi lineal un poco parabólica. Aparecen irregularidades en los contenidos bajos de níquel, es decir, en la zona de lateritas de hierro.

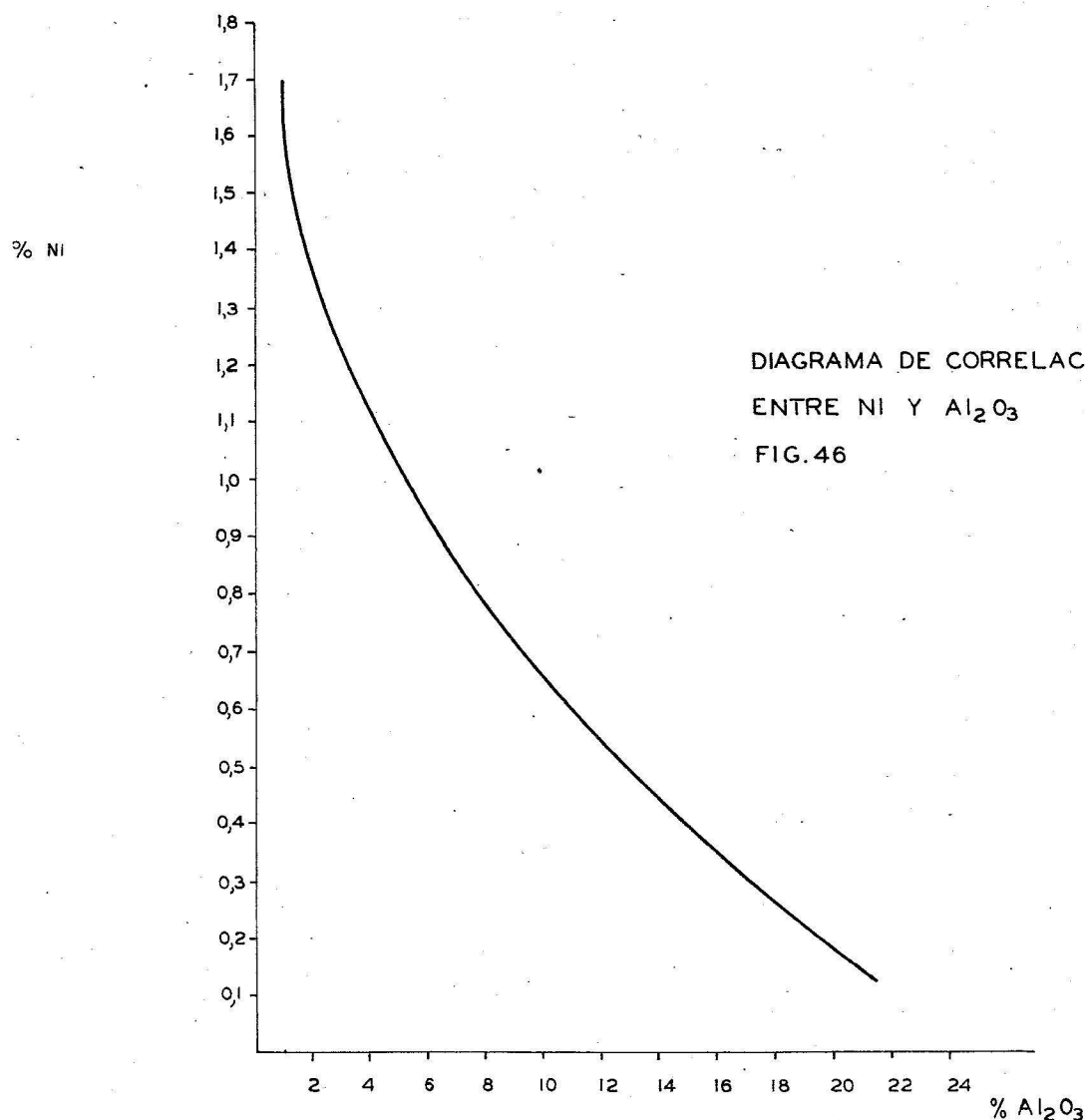
En la tabla No. 2 se expresan los resultados de la correlación entre níquel y cromo. Los resultados, no nos permiten elaborar ningún diagrama, ya que falta la menor relación entre los dos elementos, (véase además el factor matemático).

A continuación calculamos el factor matemático de la correlación entre Ni-Al y Ni-Cr respectivamente (Tabla No. 3, entre los anexos). La magnitud del factor representa el grado de la correlación y su signo corresponde a la dirección del cambio. Los valores entre 0,0-0,5 no presentan alguna relación; al mismo tiempo, el valor 1,0 representa una relación totalmente estricta, o sea, matemática.

Los factores obtenidos son:

Ni/Al	Ni/Cr
-0,94	-0,06

Se ve que el aluminio y el níquel tienen una relación estricta. El valor -0,94 representa una función casi matemática y su signo negativo muestra el carácter inverso. Entre níquel y cromo no existe ninguna relación.



##### 5. Los contenidos medios en los distintos tipos de minerales y la comparación con los de la corteza terrestre.

En este capítulo se exponen los datos más importantes de nuestro estudio, ya que, el factor principal para cualquier utilización es el contenido promedio de dicho elemento. Hemos calculado los promedios de aluminio, cromo y sílice según los distintos tipos de minerales, y también para todo el corte laterítico.

Los resultados de los cálculos son los siguientes:

	$Al_2O_3\%$	$Cr_2O_3\%$	$SiO_2\%$
Feb	12,96	2,50	3,86
Nif	7,01	2,72	3,70
Nib	5,39	2,90	5,21
Sb	3,57	1,10	31,17
En todo el corte	8,26	2,55	4,25

(Feb = Lateritas ferruginosas; Nif = Lateritas niquelíferas fuera de balance; Nib = Lateritas niquelíferas de balance; Sb = Serpentinatas niquelíferas).

Estos resultados nos presentan datos muy interesantes sobre algunas condiciones químicas y geoquímicas, así como, sobre el grado de la mineralización, la lixiviación geoquímica de la sílice en las capas lateríticas, etc. Estudiaremos primero la situación del aluminio:

El contenido promedio hasta la profundidad examinada (7-9 m) es de 8,26%, lo que significa un valor extremadamente pequeño. El contenido máximo se encuentra en las lateritas de hierro (12,96%); sin embargo, éste todavía queda por abajo de la concentración del óxido de aluminio en la corteza terrestre.



Según Fersman el "Número de Clark" del aluminio (en forma de óxido) es aproximadamente 14%, significando que la corteza terrestre contiene en promedio 14% de  $Al_2O_3$ . Comparando este valor con el promedio del yacimiento (8,26%) podemos llegar a la conclusión de que en las capas lateríticas, en lugar de acumulación de aluminio, existe cierto grado de empobrecimiento en el citado elemento.

Otra vez tenemos que recalcar que el corte laterítico es típico y regular; lo que está justificado por la acumulación relativa hacia las capas menos profundas sin llegar a las acumulaciones de bauxita. Para conocer la génesis exacta hace falta todavía, realizar investigaciones en las serpentinitas. Según nuestro conocimiento actual, las serpentinitas carecen de un contenido alto de aluminio. Pero no sabemos con seguridad si el contenido de aluminio (3,75%) en las serpentinitas es ya producto de una lixiviación o si la roca, originalmente, tenía este bajo contenido.

Para facilitar la comparación mencionamos que en las arcillas de Cuba o en cualquier tipo de caolines el contenido medio del óxido de aluminio es mayor de 25%. Según los datos de bibliografía el aprovechamiento del aluminio, en caso de extracción común con otros elementos, o sea, en una situación favorable, exige 30% como límite inferior del contenido de  $Al_2O_3$ .

Conociendo la gran necesidad de energía en el proceso de la obtención del aluminio, podemos establecer que estas lateritas carecen de cualquier interés económico con respecto al aluminio como metal. Teóricamente, hay esperanzas de obtener algún semiproducto como por ejemplo cemento de bauxita. Pero, hasta ahora, no tenemos ninguna proposición exacta sobre estas posibilidades.

Para complementar la evaluación del aluminio hemos también calculado los promedios de  $SiO_2$ . Los resultados, —o sea, los relativamente altos contenidos— apoyan nuestra opinión negativa con respecto al aprovechamiento del aluminio.

Somos de la opinión que la situación del cromo es un poco más favorable, aunque su contenido es mucho más bajo que las exigencias sobre su utilización. Sin embargo, su valor y su distribución regular en las lateritas, nos permite abrigar esperanzas de alguna utilización futura.

Aplicando la misma comparación con la corteza terrestre podemos señalar una concentración considerable, ya que, el promedio de la corteza terrestre no llega a 0,1%; al mismo tiempo, el valor promedio del yacimiento es 2,55%. Los promedios de concentraciones no varían mucho en el corte (el coeficiente de variación es de 31%).

## 6. Corte general de la capa laterítica y su composición mineralógica

La capa laterítica se formó mediante la meteorización e intemperización de rocas ultrabásicas bajo condiciones tropicales. El contacto de los distintos estratos se caracteriza por transiciones, pero, los estratos tienen considerable extensión horizontal.

El corte geológico general (fig. No. 47) fue elaborado prácticamente a base de los trabajos anteriores y los nuevos datos no lo alteraron mucho. En el corte podemos separar 4-5 estratos que serán los objetivos de la extracción futura; por eso, tienen importancia capital en la planificación de la posible extracción común de distintos minerales.

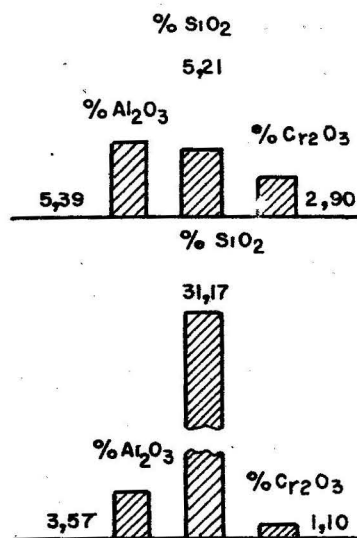
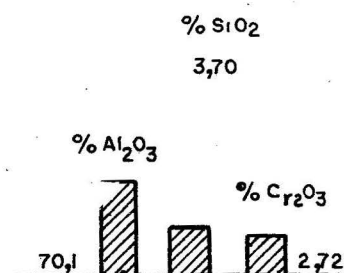
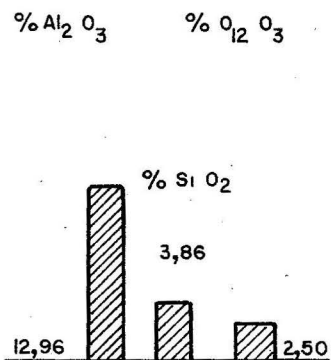
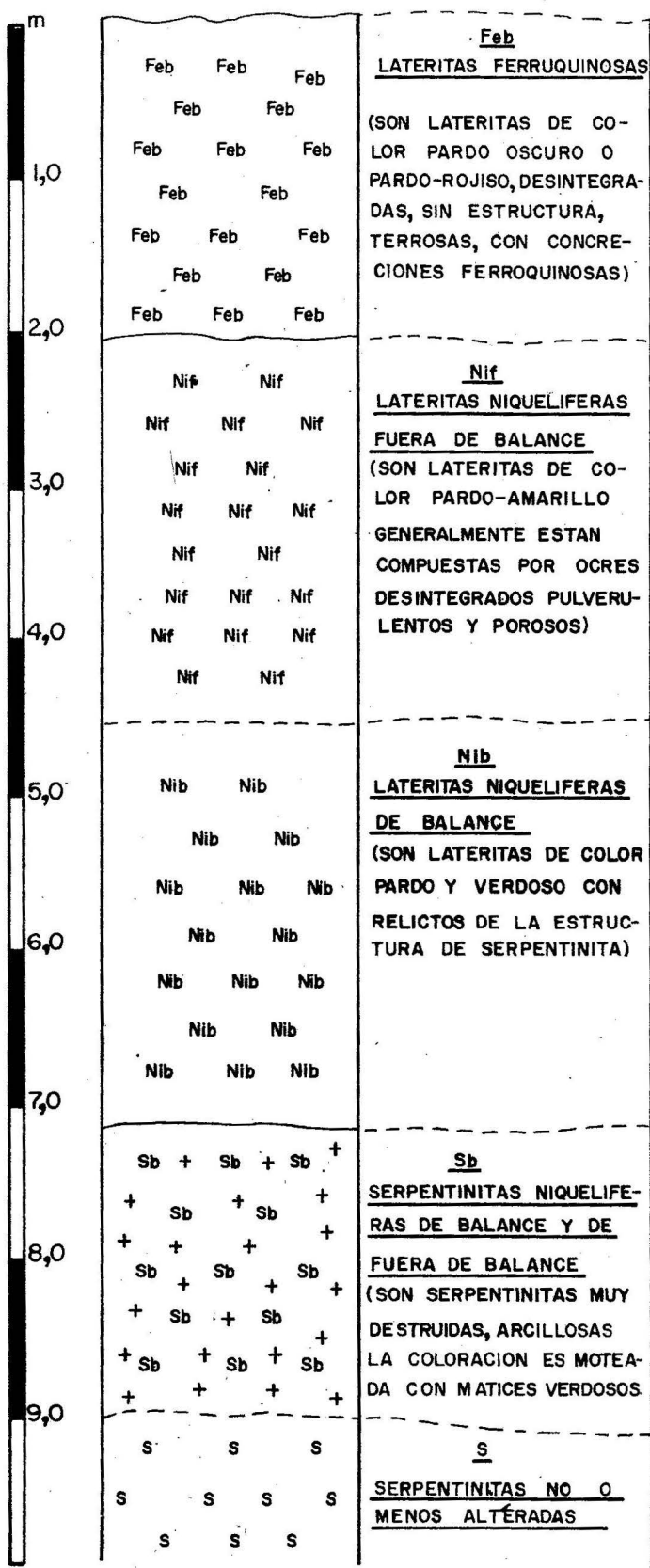
Existe cierta dificultad en la separación de lateritas niquelíferas de balance y fuera de balance. Según nuestro juicio éstas deberían ser extraídas juntas, sin tratar de separarlas, ya que, así tendríamos menos pérdidas en níquel, al mismo tiempo, se aumentarían las reservas de minerales acompañantes.

La potencia de la capa meteorizada —incluso las serpentinitas niquelíferas— es de 9 m. La parte laterítica alcanza a 7 m, comprendidas las lateritas ferruginosas y niquelíferas respectivamente. Estos espesores son relativamente constantes en todo el yacimiento, además, hay poca excepción en la sucesión de los estratos, significando la génesis común y la falta de influencias secundarias en la capa laterítica.

A continuación comunicamos la composición mineralógica de los distintos estratos del corte que, al mismo tiempo, son diferentes minerales también. (Los datos están tomados del informe geológico sobre el yacimiento; Autores: Y. Reckin y G. L. Kostarev). A base de la composición mineralógica se pueden destacar los minerales que contienen aluminio y cromo y lo que servirá, de compararse los resultados de análisis químico:

### a. Lateritas ferruginosas

1. Goethita e Hidrogoethita	50-60%
2. Hidrohematita, hematita y magnetita	1- 2%
3. Ferrohalloysita y halloysita	11-16%
4. Minerales de manganeso y asbolana	2%
5. Cuarzo	1%
6. Calcita	1%
7. Hidrargilita y coelinita	15-25%
8. Magnetita	1,5- 3%
9. Espinelas cromíferas	3%
10. Magnetita	3%



CORTE GENERAL DE LA CAPA  
LATERITICA EN EL YACIMIENTO  
"PINARES DE MAYARI"

FIG. 47

### b. Lateritas niquelíferas

1. Goethita e hidrogoethita	35-50%
2. Hidrohematita, hematita y magnetita	1- 2%
3. Halloysita y ferrohallysita	20-40%
4. Minerales de manganeso y asbolana	2%
5. Cuarzo	1%
6. Calcita	1%
7. Hidrargilita y caolinita	3- 7%
8. Montmorillonita	1%
9. Nontronita	1%
10. Magnesita	1- 2%
11. Serpentina y serpentina alterada	3-10%
12. Piroxenos	2- 7%
13. Olivina	2%
14. Espinelas cromíferas	3- 5%
15. Magnetita	3- 5%

### c. Serpentininitas niquelíferas

1. Serpentina	50-65%
2. Hidróxidos de hierro, ferrohallysita, montmorillonita y nontronita	20-40%
3. Olivino y piroxeno	2- 5%
4. Espinela cromífera	1%
5. Halloysita	1%
6. Cuarzo y calcedonia	2- 3%
7. Hidróxidos de manganeso	décimos del %

Para la primera observación se nota la casi completa falta de los minerales sustanciales de bauxita, ya que únicamente el hidrargilita es que aparece en los resultados de los análisis. Los otros minerales que contienen algo de aluminio así como: halloysita, caolinita, montmorillonita y piroxeno, son subordinados en la materia estudiada.

Mediante un simple cálculo comparamos el contenido medio del aluminio obtenido por los resultados de los análisis químicos y mineralógicos.

#### Lateritas de hierro:

Mineral	Su valor en la composición mineralógica	Cont. de $Al_2O_3$ (aprox.)	Cont. de $Al_2O_3$ para las lateritas de hierro
Ferrohallysita y halloysita	13%	30%	3,9%
Hidrargilita	10%	35%	3,5%
Caolinita	10%	40%	4,0%
Total			11,4%

Por consiguiente según los análisis mineralógicos —en las lateritas de hierro— el contenido me-

dio de  $Al_2O_3$  debe ser aproximadamente 11,4%. Comparándolo con el resultado de los análisis químicos (12,96%) se ve la estrecha coincidencia.

#### Lateritas niquelíferas:

Mineral	Su valor en la composición mineralógica	Cont. de $Al_2O_3$ (aprox.)	Cont. de $Al_2O_3$ para las lateritas niquelíferas
Hallysita y ferrohallysita	30%	30%	9,0%
Hidrargilita	3%	35%	1,0%
Caolinita	2%	40%	0,8%
Montmorillonita	1%	16%	0,2%
Piroxeno	4,5%	5%	0,2%
Total			11,2%

La diferencia entre el resultado de los análisis químicos y mineralógicos es de 4,2%, la que no es significativa en estos cálculos de aproximación.

#### Serpentininitas niquelíferas:

La diferencia entre el resultado de los análisis químicos y mineralógicos es de 4,2%, la que no es significativa en estos cálculos de aproximación.

#### Serpentininitas niquelíferas:

Mineral	Su valor en la composición mineralógica	Cont. de $Al_2O_3$ (aprox.)	Cont. de $Al_2O_3$ para serpentininitas niquelíferas
Ferrohallysita	7%	25%	1,8%
Montmorillonita	8%	16%	1,3%
Piroxeno	2%	5%	0,1%
Hallysita	1%	35%	0,4%
Total			3,6%

Se ve la completa coincidencia con los análisis químicos que nos dieron 3,57% de  $Al_2O_3$ .

Con eso llegamos a una explicación exacta de la cuestión: ¿por qué no podemos esperar concentraciones elevadas de aluminio en el corte? Simplemente porque los minerales de aluminio son muy escasos en las lateritas y serpentininitas niquelíferas.

Para el cromo no se puede ejecutar dicho control, ya que, este elemento no aparece siempre en el mineral respectivo (Espinela cromífera), sino durante la construcción de los distintos minerales sustituye el hierro geoquímicamente.

## 7. Estimación de las reservas del cromo

Acentuando el carácter aproximado de este tipo de estimación hemos calculado —en una forma breve— las reservas del óxido del cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) en el yacimiento "Pinares de Mayarí". Por faltar cualquier tipo de interés económico el aluminio no se considera como base de reservas. Atendiendo el objetivo principal de la zona sólo contamos con las reservas niquelíferas, es decir, no se tomaron en consideración las lateritas ferruginosas como minerales de cromo.

Las reservas básicas (reservas secas en 103 t) son idénticas a las reservas de níquel. Partiendo de éstas y multiplicándolas con el contenido medio, obtenemos las reservas del cromo, en forma de óxido.

## 8. Conclusiones, recomendaciones

Mediante este estudio tratamos de aclarar las cuestiones principales sobre la acumulación de los elementos aluminio y cromo en el yacimiento "Pinares de Mayarí". Hemos estudiado las concentraciones naturales de dichos elementos; luego se averiguó la variación del contenido según las distintas fracciones del mineral y según la profundidad.

Mediante cálculos de correlación y cálculos estadísticos buscamos la relación entre estos elementos y el elemento principal, es decir, el níquel.

Como conclusión podemos establecer que el contenido promedio del óxido de aluminio está muy por debajo del contenido industrial. La mayor concentración de aluminio (aparece en las lateritas de hierro) es de 12.96%. En caso de extracción común, la exigencia mínima —según datos biblio-

gráficos— es de 30%, o sea, más de dos veces mayor que la existente en el yacimiento. El porcentaje máximo de aluminio es más bajo que la concentración media de la corteza terrestre, por tanto, con respecto al aluminio, faltan los caracteres indispensables en cualquier tipo de "yacimiento".

Según parece, el cromo brinda mayor posibilidad para algún aprovechamiento industrial. Su contenido medio es de 2,55% y no hay mucha variación en los distintos estratos. Los contenidos mayores aparecen en las lateritas niquelíferas tanto en los minerales de balance como en los fuera de balance. Se aclaró, además, que mediante separación granulométrica hay cierta posibilidad de elevar la concentración del cromo, sin embargo, los máximos granulométricos no siempre caen en la fracción de más elevado contenido de cromo.

Al final hemos calculado las reservas pronósticas de cromo de la zona, acentuando siempre el carácter de estimación del referido cálculo. Tenemos que llamar la atención sobre que nuestro trabajo se realizó con base en los análisis y se refiere a las acumulaciones y relaciones químicas y geoquímicas. No nos profundizaremos en las cuestiones de tecnología, la elaboración y tratamiento de mineral, etc., por lo tanto, se deberán ampliar con tal tipo de estudio.

En cuanto al contenido elevado de cromo proponemos elaborar un proyecto técnico-económico para toda la zona laterítica con el objetivo de investigar su distribución horizontal y vertical. Hay que aumentar el número de las observaciones (es decir, el número de los análisis) en las partes profundas del yacimiento y en las serpentinitas no alteradas. Eso serviría para aclarar la situación del cromo en las serpentinitas y nos daría nuevos datos sobre las cuestiones de génesis.

## BIBLIOGRAFIA

1. Y. K. BECKIN y G. L. KOSTAREV: Informe de los trabajos de exploración geológica realizados sobre laterita niquelífera ferruginosa "Pinares de Mayarí" (La Habana, 1966).
2. V. OGARKOV:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  en las menas lateríticas del yacimiento "Pinares de Mayarí" (La Habana 1967-68, manuscrito).
3. Manual de la minería, Tomo III (Budapest, 1962) en idioma húngaro.
4. L. SZEBENYI: Análisis crítico del informe geológico con el cálculo de reservas de níquel, cobalto y hierro del yacimiento "Pinares de Mayarí", de la prov. de Oriente, según el estado de lro. de Enero de 1966 (La Habana, 1966, manuscrito).