

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS DE GRADO

—

PARTICULARIDADES GEOLOGICAS DEL
VICINIO MARTI. ORIENTE.



A.S. VERHEIJN
Profesor Guía

JAIIME VINERT
Estudiante Graduante

SANTIAGO DE CUBA

1972

INDICE

Capítulo I

Introducciónpag 3

Capítulo II

Breve Estudio Geológico de la Región

Manífera de Nizaro.....pag 8

Capítulo III

Particularidades Geológicas del

Yacimiento Martí.....pag 33

Capítulo IV

Metodología de las Investigaciones.....pag 68

Capítulo V

Resultado de la Investigación y su

Discusión.....pag 78

Conclusiones y Recomendaciones.....pag 98

Bibliografía.....pag 104

CAPITULO I

INTRODUCCION



INTRODUCCION

El níquel es un elemento de alto valor económico y estratégico en la época actual, de ahí su importancia en la industria mundial en general.

La importancia de los yacimientos de níquel en Cuba es por todos conocida. Nuestro país cuenta con inmensos depósitos de minerales lateríticos, medibles en millones de toneladas, concentradas principalmente en los macizos hiperbasálticos que se encuentran al Norte de la provincia de Oriente.

Cuba ocupa el 5to. lugar dentro de los países productores de níquel, siendo el orden de los países productores el siguiente: Canadá, URSS, Japón, Nueva Caledonia y Cuba.

La situación actual de los países respecto a las cantidades de reservas de minerales de níquel son las siguientes:

Países	Reservas de Ni (en millones de Ton. corta)	Contenido de Ni (%)
1. Nueva Caledonia	30-40	de 1.0 a 5
2. Cuba	17-20	0.8 a 1.4
3. Indonesia y otros países en desarrollo	12-15	0.8 a 4
4. Canadá	7-9	1.0 a 3
5. URSS y otros países socialistas	10	0.4 a 4
6. Estados Unidos	1	0.4 a 1.5

Del cuadro se desprende que Cuba ocupa el 2do. lugar en el mundo, en cuanto a reservas se refiere de los minerales lateríticos residuales.

Estos bloques por separados poseen características muy individuales en el desarrollo del perfil de la corteza de intemperismo.

Como consecuencia de la estructura en bloque de las áreas del yacimiento, se hace necesario un estudio mineralógico y geoquímico detallado de los perfiles de las cortezas de intemperismo en los límites de los diferentes sectores de las zonas meníferas.

Sobre la base de lo anteriormente expuesto se escogió el tema de las particularidades geoquímicas del yacimiento Martí, como tesis de grado.

El autor de esta tesis ha participado en los trabajos de investigación del departamento de yacimiento de minerales de la Escuela de Ingeniería Geológica en el tema "Geología, Geoquímica y Metodología de exploración de los yacimientos de níquel en la provincia de Oriente.

La tesis de grado se ha escrito basado en los datos suministrados por los compañeros geólogos del departamento de desarrollo de la mina de Nicaro, Hilda Morlet y Rodolfo Díaz.

En esta tesis el autor utiliza el resultado de la exploración geológica realizada anteriormente. También fueron utilizadas las propias observaciones geológicas efectuadas en el campo y de la elaboración de los trabajos de gabinete con la ayuda de los modelos geomatemáticos.

Para el análisis de las particularidades geoquímicas de las cortezas de intemperismo del yacimiento Martí, fueron utilizados los modelos geoquímicos de la corteza de intemperismo en diferentes sectores o bloques tectóni-

cos del yacimiento, tomando como base los datos de la distribución de los tres elementos principales (Ni, Co y Fe); construcción de los perfiles geologo-geoquímicos; confección de los diagramas de los espectros geoquímicos que dan una idea muy completa sobre la composición química de los diferentes horizontes de la corteza de intemperismo.

Durante la investigación, por los resultados del muestreo geoquímico, se calculó inicialmente los valores medios de algunos parámetros geoquímicos y sus desviaciones standards para cada uno de los horizontes de la corteza de intemperismo estudiados. Simultáneamente se determinó la ley de distribución de los parámetros geoquímicos: lognormal o normal.

En el trabajo de las investigaciones de este tema se han observado conclusiones que tienen mucha importancia para la producción.

Se ha evidenciado que en la construcción de los bloques, estos tienen diferentes situaciones geológicas, con apertura de nuevos tipos de mineralización en la corteza de intemperismo lineal agrietadas y sus índices de búsqueda.

Durante la realización de este trabajo se hicieron ciertos arreglos en el mapa geológico de la región.

Todo el trabajo de campo se ha efectuado con la ayuda de compañeros como el estudiante Rafael Perez Alfaro y Elmer Ruz, durante los distintos recorridos en las diferentes áreas del yacimiento se produjeron algunas discusiones sobre la geología de la zona.

En general todo el trabajo, tanto de campo, como de gabinete y durante la elaboración de los datos matemáticos, planos, etc, estuvo bajo la supervisión y dirección del profesor soviético, consultante, candidato a Ciencias Geologo-

Mineralógico A. S. Vershinin, al cual hago patente mi agradecimiento; además, quiero dar las más expresivas gracias a todos aquellos compañeros que de una manera u otra me han ayudado en la confección del presente trabajo, entre ellos se encuentran los ingenieros Carlos Crombet, Alfredo Hurtado, Elmer Ruz, al dibujante Eduardo Macías etc.

El presente trabajo está acompañado de 107 páginas, con 5 títulos y además consta de 9 tablas y 12 anexos.

Autor:

Jaime Vincent F.

CAPITULO II
BREVE ESTUDIO GEOLOGICO DE LA REGION
MINERA DE NICARAGUA



BREVE ESTUDIO GEOLOGICO DE LA REGION MENIFERA DE NICARO

SITUACION GEOGRAFICA:

El yacimiento Nícare está situado en la parte norte de la provincia de Oriente, en el territorio de los municipios de Mayarí y Sagua de Tánamo.

La superficie del yacimiento alcanza 350 km², estando limitado por las siguientes coordenadas:

20° 30' y 20° 40' de latitud Norte

75° 25' y 75° 37' de longitud Oeste.

El yacimiento Nícare se ubica en los límites de la Sierra Cristal en la cual se destacan dos elevaciones en su parte sur, la loma de Los Mulos al oeste y el Pico Cristal al este, este último con 1231 metros de altura.

Estas elevaciones están limitadas al oeste por el valle del río Mayarí; al este por el río Cabonico. La parte media, del área del yacimiento, está cruzada por el río Levisa.

Estos tres ríos corren de sur a norte y sus cabecezas están situadas en las montañas de la parte sur del área, a una altura de 650 metros sobre el nivel del mar. Estos ríos desembocan en la bahía de Nipe.

La zona es más elevada hacia el sur. Las cotas cerca de la costa son de unos 50 metros y en la parte sur alcanzan unos 750 metros sobre el nivel del mar, con algunas cumbres de 1000 metros aproximadamente.

Las zonas de las divisorias de las aguas tienen formas planas y alineadas. El ancho de esta divisoria cerca de sus ejes es de unos 300-500 metros.

En algunos lugares se puede observar con claridad que el relieve es joven, ya que se presentan penillanuras

levantadas y erosionadas coincidentes muchas veces con el desarrollo intenso de la corteza de intemperismo.

Las áreas en explotación del yacimiento de Nicaro están comunicadas con la planta del poblado de Nicaro mediante el ferrocarril de 16 kms de largo. Estas líneas ferroviarias presentan diferentes ramificaciones (planta de Felton, Central Guatemala, etc).

El área de Nicaro se comunica con el exterior por transporte marítimo, también se comunica por carretera con el pueblo de Holguín y con el pueblo de Moa a través de Sagua de Tánamo. Por vía aérea se comunica con el pueblo de Moa y Santiago de Cuba.

HISTORIA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO

Como yacimiento de minerales de hierro, las lateritas fueron objeto de atención desde el año 1886 cuando se registraron las primeras denuncias en la provincia de Oriente. Como consecuencia de estas denuncias, nuestros yacimientos fueron explorados por la compañía de hierro Hispano-Americana, cuyos sucesores fueron Bethlehem Cuba Iron Mines Company, United States Steel Corporation y otras.

Por primera vez los minerales de hierro del litoral norte de Oriente comenzaron a elaborarse, produciéndose acero en el 1905. Como resultado del proceso metalúrgico fue establecido que las lateritas cubanas contenían níquel en tal cantidad que provocaron la producción del acero quebradizo. El níquel se consideraba como un componente inútil de estas menas hasta fines de 1930.

No fue hasta los años 1936-1938 que la Sociedad Partners Mines teniendo en cuenta que en otros países

del mundo se extraía con éxito el níquel de las lateritas, comenzó a interesarse por las lateritas cubanas como mena de níquel. Esta sociedad adquirió áreas mineras en el distrito de Levisa y comenzó la exploración de estos yacimientos.

Al principio se exploraban pozos criollos por la cuadrícula de 240 m., los minerales lateríticos con un contenido promedio de 1.45 % de níquel eran suficientes para las condiciones de explotación. Durante esta exploración algunos pozos criollos fueron hechos ocasionalmente y de esta forma fueron muestradas las serpentinitas alteradas que se ubican debajo de las lateritas. Así fueron reveladas en Cuba las serpentinitas niquelíferas que son más ricas en níquel que las lateritas.

En el 1940 en el distrito de Levisa fue calculada una notable cantidad de mineral rico en níquel. En este año la propiedad de la Compañía Partners Mines pasó a la compañía Friport Salford, la que en el 1941 organizó una filial de la compañía, Nicaro-Níquel que continuaba la exploración del yacimiento.

En el año 1952 el gobierno de Los Estados Unidos de America, teniendo en cuenta la escasez de níquel decidió ampliar la planta de Nicaro por lo que surgió la necesidad de explorar complementariamente las áreas del yacimiento. Esta exploración fue realizada desde el mes de Mayo del 1952 por el Buró de Minas de Los Estados Unidos de America sobre las áreas concedidas a la Compañía Cubana de Níquel.

En el mes de Febrero de 1955 fue confeccionado por los geólogos norteamericanos, U.D. Macmillan y J.U. Davis un informe acerca de los recursos de Cuba en níquel y cobal-

te, con el cálculo de sus reservas de mineral de níquel en el yacimiento Nicaro. Los autores citan la metodología de los volúmenes de las labores de exploración geológica y los resultados geológicos obtenidos en el yacimiento, cuya superficie la subdividen en dos partes, una perteneciente a la Compañía Cubana de Níquel y la otra a la Nicaro-Níquel.

En este informe no quedaron aclaradas cuestiones como el método de determinación del peso volumétrico del mineral crudo, método de los cálculos promedios para todos los tipos de mineral, datos sobre el muestreo y análisis de humedad, etc.

En el 1961 se hizo una revisión de todos los materiales conservados antes de la revolución, en este trabajo participaron un grupo de geólogos soviéticos que trabajaban en el I.C.R.M.

Estos geólogos se enfrascaron en la tarea de completar los materiales geológicos que se habían recopilados. Estos trabajos se realizaron en el área de Nicaro.

En el 1962-63 se comenzaron la exploración geológica del yacimiento Nicaro con la ayuda de geólogos soviéticos y cubanos, con la siguiente finalidad;

- a) Búsqueda de los depósitos industriales de níquel en nuevas áreas adyacentes a las futuras minas Martí y Sol-Libano.
- b) La exploración complementaria de las serpentinitas de la zona Martí.

En los últimos años se han realizado diversos tipos de trabajos dentro de las áreas del yacimiento. En estos trabajos han participado geólogos soviéticos, checos y cubanos.

También durante estos tiempos se han creado brigadas de carácter permanente en las diversas áreas del yacimiento Nicaragüense.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA REGION

ESTRATIGRAFIA

Este capítulo ha sido redactado según los trabajos del levantamiento geológico realizado por A. Adamovich y otros geólogos en el 1962 en la zona del anticlinorium Mayarí-Baracoa.

En la región que se describen las rocas sedimentarias, piroclásticas y volcánicas están desarrolladas principalmente en la periferia del macizo ultrabásico formando las pendientes de las montañas Sierra de Nipe y Sierra Cristal.

Las secuencias presentes en la zona son del Jurásico, Cretácico Inferior, Terciario y Cuaternario.

JURASICO INFERIOR: J₁ (?) Serie de los esquistos Cristalinos

A las rocas más antiguas de la región se refieren las secuencias de esquistos cristalinos que ocupa un área pequeña en la cabecera del río Levisa y en la cuenca del río Miguel.

Entre los esquistos se observan las variedades cloríticas, cuarzo-micáceas, anfíbol-micáceas, talcosas y otras veces se encuentran intercalaciones de esquistos verdes de plagioclasa-anfíbol y también cuarcitas.

Las rocas están ubicadas como intercalaciones alternadas de un espesor casi siempre de 0.2 a 0.3 metros. Debido al intenso plegamiento y a los malos afloramientos es muy difícil hacer el cálculo exacto del espesor de estos sedimentos.

Como consecuencia del alto grado de metamorfismo de las rocas se ha establecido una correlación entre estos esquistos y los del Purial (a los cuales se les supone como del J_1), estos se ha realizado por medio de correlaciones litoestratigráficas.

Cretácico Inferior (Cr₁)

Esta serie de rocas de origen volcánica están expuestas en la parte noroeste de la región, en la cuenca de los ríos Cabonico y Téneme, los estudios más detallados fueron realizados en la cuenca de Cabonico, donde se distinguen tres secuencias:

Secuencia Inferior

Están representadas por un paquete de tobas con intercalaciones y lentes de calizas y limolitas. Entre las tobas predominan tobas cristalinas litoclasticas y cristalo-clásticas de composición andesíticas y basálticas. Junto a las tobas se encuentran tufolavas, compuestas de fragmentos de porfiritas-andesitas y basalto, además se encuentran cristales monoclinicos de piroxeno y plagioclasa que están cementados por vidrio volcánicos descompuestos.

El espesor total aproximado de todo el paquete de rocas sedimentarias tobáceas es de 300-500 metros.

Secuencia Media

La misma yace concordantemente sobre la secuencia inferior, esta secuencia media se encuentra representada por un espesor potente de rocas efusivas de composición básica, representada también por porfiritas basálticas, andesitas-basálticas y andesíticas y también por espilitas y diábasas, todos de color gris oscuro a verde gris; muy raras veces se encuentran intercalaciones de tobas. El espesor es de 1000 a 1200 m.

Secuencia Superior

Por encima del espesor efusivo descansa un paquete superior de rocas tobáceas. Aquí se alternan porfiritas, tufos-lavas, tobas y rocas tufíticas. Rara vez se observan lentes de calizas.

Esta parte del corte se caracteriza por unas series de facies. Su espesor es de 300 metros.

Cretácico Superior (Cr_2 m. Cp)

Los sedimentos del Cretácico Superior forman la cuenca del río Sagua y también las pendientes sur de la Sierra Cristal.

Estas rocas son clásticas con adición pequeña de material volcánico.

Los depósitos yacen sobre la superficie erosionada de las rocas ultrabásicas, llenando los valles y cavidades del relieve premaastrichtiano (Cr_2^m).

Por esta causa a menudo estos depósitos forman pequeños valles, separados por las crestas donde yacen rocas ultrabásicas.

Los sedimentos del maastrichtiano se subdividen en dos partes; la parte inferior constituida principalmente por rocas clásticas de estructura psefíticas (conglomerados, conglomerados-brechas), con lentes de toba-arenisca y toba. La parte superior presenta una alternación de toba-conglomerado, toba-arenisca, tobas y tobas-limolitas; con finísimas intercalaciones de capas calcáreas y lente de lignitos. El espesor total de la sección no sobrepasa los 500 metros. La edad maastrichtiano está probada por el complejo de foraminífero: *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *Racemigumbelina fructuosa* (Egger), *Sulcoperculina globosa* Cizancourt.

Es probable también que los horizontes inferiores pertenezcan al campaniano.

Sedimentos Terciario (Tr)

Los sedimentos terciarios afloran casi exclusivamente en la periferia de los macizos montañosos, entre estos depósitos se distinguen las formaciones del paleoceno, Eoceno, Oligoceno y Mioceno.

Paleoceno (Pg₁)

Estos depósitos yacen en las superficies erosionadas de las pendientes meridionales del macizo ultrabásico. Estas rocas están compuestas en su mayor parte por margas con intercalaciones de aleurolitas, areniscas y calizas que abundan en la parte superior de la sección. El espesor de los depósitos paleocénicos no sobrepasan los 200 metros.

Eoceno (Pg₂)

Los sedimentos eocénicos están localizados en el flanco oeste y norte de la Sierra de Nipe. En la base de la secuencia yacen conglomerados de poco espesor (hasta 10 metros) y areniscas; más arriba yacen calizas organógenas y masiva. Los depósitos eocénicos alcanzan su mayor espesor en la pendiente sur del macizo Sierra de Nipe y Sierra Cristal, donde estos se subdividen en tres series que yacen concordantemente de abajo hacia arriba:

Secuencia Calcárea-Arenosa (Pg₂¹)

Están formado por toba-arenisca y tobas de porfiritas andesíticas, de colores grises o verdes, con intercalaciones menores de conglomerados. También aparecen intercalaciones y lentes de concreciones de sílice en la secuencia de calizas organo-detriticas, que ha menudo presentan

adición de material tobáceo.

Es característico de estas secuencias la presencia de foraminífero bentónicos. Su espesor aproximado es 150 metros.

Secuencia de Caliza (Pg₂²)

Están representadas por calizas arrecifales de color blanco y rosado, también por calizas organo-detriticas. Estas calizas son muy duras y las mismas se presentan en capas finas así como masivas. Su espesor aproximado es 150 metros.

Secuencia de Margas (Pg₂³)

Está constituida por margas de color gris, a veces de color amarilloso con interestratificaciones de calizas duras, detriticas, pelitomórficas y organógena. Su espesor es de 100 a 110 metros.

Eoceno-Oligoceno (Pg₂₋₃)

Los sedimentos del eoceno-oligoceno se observan solamente en los límites del flanco norte de la Sierra de Nipe y Sierra Cristal, donde estos yacen transgresivamente por encima de las calizas y también de las rocas ultrabásicas.

En la sección predominan margas con intercalaciones de calizas organógenas y pelitomórficas. El espesor es de unos 400 metros.

Oligoceno (Pg₃)

En la parte norte de la región sobre las rocas del eoceno-oligoceno yacen concordantemente calizas duras de origen arrecifal. Los sedimentos del oligoceno se componen de margas con intercalaciones de calizas arrecifales por todo el corte y con lentes de calizas conglomeráticas en las partes inferiores de la secuencia. El espesor es de unos

20-30 metros.

Mioceno (N_1)

Los depósitos del mioceno están desarrollados a lo largo del antepaís norte de la Sierra de Nipe y Sierra Cristal, donde yacen sobre las rocas erosionadas del oligoceno. Estos depósitos presentan arcillas, limolitas, arenisca y gravelitas. Las últimas abundan en las partes inferiores de la secuencia y las limolitas y arcillas en las partes superiores.

Los espesores del mioceno son aproximadamente de 80 metros. La edad de estas rocas se determinó por la abundancia de su fauna de foraminíferos.

Sedimentos Cuaternarios (Q)

Entre los sedimentos cuaternarios se observan claramente formaciones aluviales desarrolladas en una parte considerable del área del macizo. Al mismo tiempo, está desarrollada ampliamente la corteza laterítica de intemperismo ubicada sobre las rocas ultrabásicas serpentinizadas, solo las lateritas tienen importancia económica. El espesor de estos sedimentos es de 5-10 metros. Los minerales hidrosilicatos de níquel se encuentran asociados a estas rocas ultrabásicas.

Rocas Intrusivas

Áreas muy considerables en la parte noroeste de corriente están formadas por rocas intrusivas. Dentro de esta zona se halla uno de los macizos intrusivos ultrabásicos más grande de Cuba los cuales componen las montañas de la Sierra de Nipe y Sierra Cristal. En la zona NO y SE de este macizo encontramos dos macizos intrusivos más pequeños de gabroides. Por las relaciones geológicas entre estos ma-

cizos permiten suponer la existencia del complejo intrusivo y de su estructura en dos fases:

a) Macizos de Rocas Ultrabásicas

Este macizo ocupa un área muy grande en la parte norte de oriente (750 Km²), el cual forma parte de la cadena de los macizos ultrabásicos del arco insular de las Antillas.

Las rocas ultrabásicas forman los macizos montañosos que se extienden de este a oeste dentro del macizo hiperbasáltico Mayarí-Baracoa.

Todo el área donde están desarrolladas las rocas ultrabásicas (largo 150 Km y ancho de 15-30 Km), se presenta como un solo macizo que todavía no está descubierto por completo. Al este y sur o en la parte central está recubierto por los depósitos maastrichtiano y terciario, que yacen transgresivamente.

La composición de las rocas del macizo intrusivo es bastante homogénea, el 95% de estas rocas son peridotitas serpentinizadas (harzburgitas). Hay pequeñas áreas ocupadas por dunitas y piroxenita que se presentan como lentes y cuerpos irregulares, vinculadas con las harzburgitas por transiciones graduales.

Todas las variaciones de las rocas están fuertemente serpentinizadas, con un grado de serpentización aproximado de 50-60% y en general, tiene bastante uniformidad, no solo en toda la extensión del área, sino también en la profundidad.

La serpentización de las rocas ultrabásicas, está ligada con los procesos de autometamorfismo. Los datos geológicos y los resultados de los datos magnetométricos y

gravimétricos, permiten suponer que este macizo tiene la forma similar de un lacólito o lente.

b) Macizos de Gabroides

En la parte nordeste de oriente se encuentran también pequeños macizos de gabroides (de 8-50 km²). Especialmente ellos están estrechamente ligados con las rocas ultrabásicas y refiriéndose al tiempo de su aparición son más jóvenes, estos se hallan cortando las rocas ultrabásicas.

Por su composición de diques y vetas (diabasas, microgabro, vetas de gabro-pegmatita), representan una parte del complejo del Cretácico Superior.

Estas intrusiones se localizan en los límites de las zonas falladas. También entre las rocas de los macizos predominan el gabro normal, en menor grado aparecen los gabros-olivínicos y rara vez troctólitas.

Las rocas a menudo se caracterizan por su estructura bandeada cuya orientación es paralela a la dirección de las fallas que limitan los macizos de gabro.

Los diques de gabro se encuentran cortando a las brechas tectónicas y a las zonas de falla. Todo esto puede testimoniar la existencia de las fallas antes de la penetración de los diques de gabro. Al parecer, la misma intrusión estuvo estrechamente ligada por los movimientos tectónicos.

Las rocas gabroides forman dos macizos separados de situación geológica muy parecida y textura petrográfica similar; uno de estos macizos se encuentra en las pendientes noroeste de la meseta Sierra de Nipe y parte de la llanura entre los ríos Sojo y Guaro; el otro macizo se

encuentra en la mayor parte de la llanura de la cuenca del curso superior del río Mícara al pie de las pendientes sur del macizo montañoso Sierra Cristal, las rocas pueden considerarse gabro-diabasas.

La forma de los macizos de gabro y de gabrodiabasas se distinguen de la forma del macizo ultrabásico, por presentarse como masas de yacimientos profundos con los contactos abruptos. Las intrusiones gabroides son al parecer post-tectónicas.

La edad de los macizos básicos y ultrabásicos es casi similar, y se puede considerar como Cretácico Superior (Ap+Sn), debido a que estas rocas cortan las rocas efusivas del Cretácico Inferior y están cubiertas por los depósitos del maestrichtiano.

Con la intrusión ultrabásica están relacionados los yacimientos de Cromo y las menas de Hierro, Níquel y Cobalto de la corteza de intemperismo.

Con los gabroides están relacionados sólo algunas manifestaciones de Cobre.

En la geología de esta región juegan un papel poco importante los cuerpos de dioritas cuarcíferas, estos cuerpos son de pequeña dimensiones y se hallan distribuidos de forma diseminada en diferentes lugares de la zona.

En relación a la edad de estos cuerpos, muchos especialistas consideraban que estos cuerpos intrusivos se desarrollaban hasta el Cretácico Inferior; otros investigadores consideran que estos cuerpos presentan una edad más joven. En la columna cronoestratigráfica del anticlinorio Nipe-Sagua-Moa, los cuerpos intrusivos se encuentran corriendo a las peridotitas serpentinizadas y a los gabros.

Hemos tratado de representar las dioritas curcíferas y todas las intrusiones basada en las opiniones de los primeros especialistas.

En el mapa todos estos cuerpos no pudieron ser señalados por ser sus dimensiones tan pequeñas.

Las rocas magnéticas más jóvenes están representadas por vetas y diques de pegmatitas y cuarzo que están presente en el área constituida por las rocas metamórficas.

Tectónica

Este anticlinorio pertenece a la Unidad Facio Estructural Zaza y está en el Eugeosinclinal Cubano.

Esta región forma parte de la Elevación Marginal de Cuba que separa la Plataforma de las Bahamas al norte y fosas profundas marinas al sur.

Según los estudios geológicos que han sido realizados en esta zona, todo parece indicar, que en la misma ocurrió un breve período durante el cual se desarrolló el geosinclinal propiamente dicho, que comenzó con la aparición de la formación espilitica diabásica del Cretácico Inferior y las intrusiones ultrabásicas y gabroides; posteriormente las intrusiones cuarzo-dioríticas pusieron fin al breve desarrollo inicial del geosinclinal cubano.

Desde finales del Cretácico Superior, en los límites de la región descrita, se establece un régimen del tipo geoanticlinal bien equilibrado con el desarrollo de cuencas superpuestas (las cuales abarcan de la región estudiada solo en sus partes marginales), que fueron rellenadas por formaciones de molasas, carbonato-tobáceas y carbonatos de edad Cretácico Superior a Mioceno.

Este desarrollo característico está marcado también por

En el anexo I se muestra un corte geologo-geofísico según los datos gravimétricos, en el cual el macizo hiperbásico se encuentra limitado por fallas, los contactos de las diferentes rocas son verticales.

El otro grupo de fallas es secundario por su significación y más joven por su edad (Neógeno-Cuaternario). Estas fracturas están representadas por fallas normales e inversas con desplazamiento de 50-400 metros.

Geología del Yacimiento

El relieve de la región del yacimiento está condicionado por desplazamientos de bloques del Terciario Superior y Cuaternario Inferior, que provocaron ascenso en los diferentes bloques escalonados del terreno.

Los numerosos afluentes de estos tres ríos (Cabanico, Mayarí y Levisa) dividen la superficie del yacimiento, separando las mesetas y colinas.

En la región se desarrolla predominantemente un complejo de rocas básicas y ultrabásicas del Cretácico Superior, que forman un macizo rodeado por los espesores más jóvenes de calizas, margas y lutitas perteneciente al Paleógeno y Cretácico Superior. Entre las rocas del macizo predominan las peridotitas serpentinizadas por completo, del tipo de las harzburgitas, que están cruzadas por diques de rocas básicas, tales como diabasa, gabro-diabasa y en menor proporción anortosita. Los diques son ordinariamente más resistentes a la meteorización en relación a las serpentinitas y es por eso que forman salientes característicos en el relieve.

Sobre las peridotitas serpentinizadas se desarrolla ampliamente una potente corteza de meteorización del tipo laterítico bien diferenciada, en la que se hallan yacimientos

de mineral de hierro, níquel y cobalto, la que fue formada como resultado del intemperismo químico de las peridotitas serpentinizadas. Las capas de lateritas se han desarrollado en las llanuras, ya que en estas son más intensos los procesos químicos de alteración de las rocas.

Según la composición litológica del yacimiento Nicaro, en el perfil de la corteza de laterita se distinguen unas series de minerales que se alternan los unos con los otros, más abajo se describen los perfiles de abajo hacia arriba:

1. Zona de las rocas primarias.

En el fundamento de los cuerpos de mineral yacen las harzburgitas serpentinizadas.

2. Zona de serpentinitas desintegradas.

Las rocas tienen coloración blanquea, en las grietas de diferentes direcciones se depositan ópalos, calcedonia, serpofitas y carbonatos.

3. Zona de las serpentinitas lixiviadas.

Están representadas por serpentinitas porosas poco montonitizadas. La coloración de estas serpentinitas varía en dependencia de la intensidad de los procesos exógenos, desde verde claro hasta amarillo-marrón.

En las fracturas frescas se ve que el mineral de color pardo está entrecruzado por numerosas vetas con un espesor de unos a cinco milímetros.

Dentro de las serpentinitas se observan relictos de las rocas primarias. El espesor de estas serpentinitas se mide en varios cm.

4. Zona de las serpentinitas blandas.

Son rocas homogéneas por su textura. Estas rocas poseen un contenido más elevado de hierro (15-25%) y son más

ricas en níquel (mayor de 1.2%). La presencia de níquel en las serpentinitas mineralizadas está ligada principalmente con la presencia de la montronita, a veces se observan vetas entrecruzadas de calcedonia. Las potencias de estas rocas varía de 1 a 15 metros.

Las serpentinitas blandas se transforman en una masa aleurolítica finamente dispersa, con una pequeña mezcla de material arcilloso. La serpentinita tiene coloración oscura a verde gris. El horizonte de serpentinitas blandas tiene valor industrial.

5. Zonas de ocre.

Son de color amarillo a rojo oscuro. Los límites entre las serpentinitas montronitizadas y los ocre limoníticos son bastante claros; y los contenidos de hierro en los ocre limoníticos son de 42.2 hasta 48%.

En los ocre se observan incrustaciones de granos finos de cromoespinelas intemperizadas, que se distinguen claramente por su coloración negra; en general los granos son deleznales por lo que pueden ser pulverizados con los dedos. su cantidad en las rocas son de 1 a 2%. A veces se observan vetas finas de sílice, estas vetas de sílice van acompañadas de hidróxido de Mn. Arriba de los ocre estructurales se encuentra el horizonte de los ocre inestructurales. Estos están representados por concreciones de goethita e hidrogoe-thita. Esas concreciones forman estratos mineralizados blancos, poco cementados que yacen directamente debajo del suelo vegetal.

El perfil mencionado del yacimiento de Nicare no es típico para todas las áreas del yacimiento.

Minerales Útiles

De los minerales útiles en los marcos de la región en descripción, son conocidos los minerales de hierro, níquel y cobalto, así como los yacimientos de cromo.

Los minerales útiles de otros tipos tienen una importancia subordinada.

Manganeso

Las manifestaciones de minerales de manganeso se han encontrado en varios lugares, la mayoría de los cuales están situados en la faja sur del macizo de rocas ultrabásicas. Casi todas las manifestaciones de minerales metálicos coinciden con la base del corte de la serie de carbonatos de los depósitos paleogénicos que descansan transgresivamente sobre las rocas ultrabásicas.

La mineralización está representada por la pirolusita y a veces por el wad que forman vetas de un espesor de 8-10 cm.

Las vetas del mineral de manganeso casi siempre coinciden con las fisuras en los lugares de mayores agrietamientos de la caliza.

Los minerales de manganeso de estos lugares se formaron como consecuencia de la redepositación de las calizas. Se han encontrado lentes de minerales de manganeso (con un contenido del 50% de Mn).

Cronita

Los yacimientos de cronitas y manifestaciones de este mineral están asociadas predominantemente a las partes profundas de los valles fluviales y se clasifican como:

a) Manifestaciones de mineral de segregación (cuerpos del tipo schlieren o intercalaciones no asociadas a dislocacio-

nes tectónicas).

b) Manifestaciones de mineral histeromagnéticas (cuerpos en forma de lentes y vetas asociadas a dislocaciones tectónicas).

Los yacimientos más grandes de la región son Caledonia y Estrella y corresponden al primer grupo. La manifestación de cromita está situada en los límites del macizo de rocas ultrabásicas; los tamaños de los cuerpos minerales son pequeños. El contenido de cromo en el mineral es de 42-45%.

Las manifestaciones del mineral de cromita está poco estudiado. Hay que denotar que las cromitas en calidad de componente acompañante aparecen en los minerales de cobalto, níquel y hierro.

Pirita de Hierro

Su interés práctico está dada por la mineralización pirítica que está situada en la parte media del valle del río Téneme coincidiendo con la zona de trituración y cuarcificación en las porfiritas del Cretácico Inferior.

El espesor de la zona mineralizada (incluyendo las menas compactas y con incrustaciones) es de 8-10 metros.

El contenido de azufre en el mineral es del 41-42%, el 0.004% de cobre y el 0.02 de arsénico. Se observa una potencia de 8 a 10 metros de depósitos aluviales de derrubio que cubren a la mineralización, el estudio de esta mineralización en su dirección y profundidad es posible solamente mediante trabajos de perforación.

Azufre Nativo

Con un espesor de 10-30 cm fue encontrado como intercalación dentro de las arcillas arenosas. El contenido

de azufre en el mineral es de 5.4 al 6.5%.

Caliza Fundible

Al tercer Km del poblado de Nicaro se encuentran un yacimiento de calizas. Estas calizas fundibles pueden ser utilizadas por su calidad en la siderurgia y en la metalurgia de metales no ferrosos. El yacimiento fue explorado por un grupo de geólogos soviéticos; las reservas de las calizas exploradas según los datos son de varios millones de toneladas.

En el desarrollo de la industria metalúrgica del níquel a base de las menas serpentiniticas estas serán aprovechadas en calidad de fundentes.

Materiales de Construcción

Casi todas las rocas ígneas y sedimentarias desarrolladas en la región pueden ser aprovechadas como materiales naturales para la construcción de caminos, edificios, etc.

Con este fin están en explotación las calizas en las orillas del arroyo Seronés y cerca del poblado de Miranda, utilizadas para la construcción de caminos.

Breve Característica Hidrogeológica del Yacimiento Nicaro

La característica de las condiciones hidrogeológicas de la región se basa sobre los datos de las precipitaciones atmosféricas, aguas superficiales y también sobre los resultados del conocimiento de la hidrogeología de este territorio. Los factores principales que determinan la hidrogeología de esta región son los siguientes: la estructura geológica, relieve y clima.

Las aguas subterráneas en la región del yacimiento están asociadas a las lateritas y a las zonas superficiales y agrietadas de las serpentinitas y depósitos aluviales.

les.

Las aguas subterráneas desarrolladas en los depósitos sedimentarios, no se va a mencionar debido a que estas no influyen en el carácter de la hidrogeología de la zona del yacimiento.

El carácter de las aguas y el grado de saturación de las rocas dependen ante todo del relieve y de la cantidad de las precipitaciones atmosféricas.

Las cotas en la zona de estudio varían de 1200 a 50 metros al sureste y son más bajas en la parte norte del territorio donde las rocas ultrabásicas se encuentran debajo de las rocas sedimentarias.

La superficie de la región del yacimiento disminuye en la dirección norte hacia el océano Atlántico, al oeste en la dirección del valle del río Mayarí (hasta las cotas de 50 a 100 metros y más bajas); al sureste hacia las afluentes del río Mayarí, (hasta las cotas de 200 a 300 metros); en el sur hacia el valle del río Mícará (hasta las cotas de 300 a 400 metros) y en sureste hacia el valle del río Grande (hasta las cotas de 100 a 200 metros).

En los límites del yacimiento la superficie de las rocas están fuertemente surcadas por la red fluvial (el río Levisa que tiene un valle bien elaborado con las cotas en la parte más profunda del valle de 200 a 500 metros y más bajas).

Los demás ríos tienen una profundidad considerable del valle (las cotas son de 400 a 200 metros y más bajas).

Este surcamiento profundo de la región del yacimiento determina el aflujo intenso de las precipitaciones en los sumideros superficiales y limita la posibilidad de su

infiltración en las rocas. Además estas circunstancias determinan las condiciones favorables para el avenamiento de las rocas acuíferas.

Según los datos de S. Breyer (1956), el promedio anual de precipitaciones en el valle del río Levisa (de acuerdo con las observaciones hechas durante 16 años) es de 1752 mm; con las oscilaciones de 1198 a 2294 mm.

En la región del yacimiento es característico la distribución desigual de las precipitaciones por el área; en los lugares montañosos del yacimiento se manifiestan más abundante las precipitaciones, mientras que en las zonas llanas su cantidad disminuye.

En la zona montañosa (Mina Ramona) durante el período 1959 a 1961 el promedio anual de precipitaciones variaba de 1960 a 3089 mm, también se nota en la parte inferior de la pendiente (Mina Escujal), las precipitaciones durante 1961 fue de 1197 mm.

Durante el año tiene lugar en la zona dos períodos secos (Febrero-Junio y Noviembre-Diciembre).

De acuerdo con las estructuras geológicas y las condiciones de la alimentación y del avenamiento en los límites del yacimiento, se destacan los tipos siguientes de depósitos de aguas subterráneas:

a) Las aguas subterráneas de las lateritas.

Con estas están relacionados los tipos de estructuras estratificadas con granos porosos y con la superficie libre del nivel. Son aguas subterráneas que poseen una extensión limitada en la región.

Las rocas acuíferas yacen en varios niveles hipsométricos con las cotas de 50 metros en la parte norte del

yacimiento (en la orilla izquierda del río Levisa) y a 900 metros al sureste.

Generalmente las lateritas que contienen aguas se encuentran en las cotas inferiores de 250 a 200 metros. A veces en los lugares del contacto entre las lateritas y las serpentinitas, se observan unos pequeños manantiales y filtraciones de aguas subterráneas.

La composición química de las aguas subterráneas de las lateritas se encuentran hidrocarbonatadas (en mgs/l); SiO_2 -15; HCO_3^- -50; Mg^{2+} -10; Fe^{3+} -0.002; Ni^{3+} -0.001.

El agua tiene una baja mineralización (de 70 a 100 mgs/l) y posee poca dureza.

Como fuente de la alimentación acuífera, estas aguas no tienen ningún interés, esto lo aseveran los datos obtenidos de los aforos.

b) Las aguas subterráneas de las serpentinitas.

A estas se refiere el tipo de agua intersticial que tienen más a menudo un gran desarrollo en la región, esta posee a veces una pequeña presión.

La presencia de grietas en las rocas está acondicionada esencialmente por el proceso de intemperismo. A veces este agrietamiento en la roca alcanza la profundidad de 60 a 80 metros. La parte más destruida corresponde a la zona superior de la serpentinita, cuyo espesor según los datos de la perforación es de 20-30 metros.

La dirección de las grietas son diferentes, estas se entrecruzan muy a menudo, lo que crea las condiciones favorables para la inundación continua de las rocas.

La composición química de las aguas subterráneas, de acuerdo con los datos de los análisis individuales es

de hidr carbonatos de magnesio, de magnesio-calcio; la mineralización de agua llega hasta 200 mgs/l y su dureza es de 3 a 4 grados alemanes ($^{\circ}F$).

Actualmente la alimentación acuífera de la planta y del pueblo de Nicare se hace por medio de las aguas del río Levisa.

C A P I T U L O III

PARTICULARIDADES GEOLOGICAS DEL YACIMIENTO MARTI

PARTICULARIDADES GEOLOGICAS DEL YACIMIENTO MARTÍ

Área Martí

Está situada en las partes central y oriental del yacimiento Nicaro; en su límite noreste se encuentra el área Levisa.

Este yacimiento se halla dentro de los ramales septentrionales del macizo montañoso Sierra Cristal.

El yacimiento Martí ocupa una extensión de 15 km² y la región se caracteriza por un relieve más o menos accidentado, con elevaciones relativas hasta 500-600 metros.

En esta región se presentan numerosos ríos (Levisa, Mandinga, etc) y arroyos que separan la superficie del yacimiento en elevaciones y mesetas.

En las cadenas montañosas de la parte sur del área nace el río Levisa que atraviesa el yacimiento en dirección meridional; este río desemboca en la bahía de Nipe.

La corteza menífera superficial de intemperismo en el área del yacimiento Martí, está compuesta por 9 sectores que se encuentran en ambos lados del río Levisa; en la parte derecha de este río se hallan los sectores IV, V, VI y IX; a la izquierda aparecen los restantes sectores I, II, III, VII y VIII (ver anexo 2).

En las estructuras geológicas de esta región toman partes las peridotitas serpentinizadas del tipo harzburgita; estas rocas se encuentran en la mayoría de los sectores del yacimiento Martí. Las rocas que no aparecen intemperizadas, se encuentran dentro del área bastante serpentinizadas (60-70%), esto significa que las pe-

en la formación de las cortezas de intemperismo.

También forman parte del macizo hiperbasítico de la región, las brechas y conglomerados de serpentinitas.

Encima de los conglomerados descansa una secuencia de rocas, compuestas por areniscas de diferentes composiciones y margas con intercalaciones de calizas.

Dentro de los conglomerados aparecen cantos de gabbro, dioritas, calizas y serpentinitas. Los conglomerados en la parte norte del yacimiento se extiende en forma de capas con espesores de 2 metros por toda el área.

En muchas ocasiones los conglomerados se presentan en los afloramientos muy intemperizados, otras veces forman rocas muy compactas.

Estas secuencias de la estratificación de los sedimentos en la parte norte del yacimiento demuestra que estos son productos del lavado y redépositación de la corteza de intemperismo antigua sometida a la acción secundaria de los agentes del intemperismo, químico.

Como resultado del acarreo de las rocas situadas en la parte norte del yacimiento se forman sedimentos cuaternarios; estos sedimentos están constituidos por depósitos de arenas, guijarros, suelos arcillosos y lateritas redepositadas de las diferentes terrazas de inundación. Todos los sedimentos mencionados en la parte norte se extienden hasta la desembocadura del río Levisa.

Durante la exploración geológica en la parte norte del yacimiento, se observaron afloramientos de calizas en forma de mogotes, con una altura de 10 a 15 metros aproximadamente. Estos mogotes fueron localizados en algunos lugares de los valles de los ríos Mandinga y Levisa.

En la zona sur del yacimiento (principalmente en el sector IV), aparecen afloramientos de areniscas de color claro. Estas areniscas son semejantes a las que se encuentran en la zona norte.

La presencia de las areniscas en algunos sectores del yacimiento atestigua la existencia de un período de destrucción de la corteza de intemperismo; los espesores de la corteza productiva que se desarrolla sobre estas rocas no son muy grandes.

En general, es característico para el yacimiento Martí una composición litológica muy heterogénea de su fundamento.

Esta complejidad en el macizo hiperbasítico provoca en el área del yacimiento Martí la aparición de diferentes grupos de bloques de la corteza de intemperismo. Cada uno de estos grupos de bloques se caracteriza por diferente desarrollo de la corteza de intemperismo.

Como consecuencia de la complejidad de los complejos litológicos y de las fracturas de las rocas en algunos sectores del yacimiento, existen probabilidades de encontrar dentro de los límites del yacimiento corteza de intemperismo lineal agrietada.

Los movimientos tectónicos en esta zona se presentan limitando a los diferentes bloques del yacimiento, este hecho, permite asegurar que los movimientos verticales sirvieron de control a la mineralización de las soluciones ricas en níquel, que han formado las diferentes zonas tectónicas del yacimiento.

Es notable las variaciones de las cotas topográficas de norte a sur; estos cambios que se producen en la geomor-

fología se presentan tanto en área Martí en general, como de forma significativa en algunos sectores del yacimiento.

En cualquier corte vertical que se observe de la corteza de intemperismo para el área Martí, se destacan 5 horizontes con relativas nitidez y son de abajo hacia arriba los siguientes:

1.-Horizontes de serpentinitas lixiviadas no minerales.

Estos horizontes han sido esporádicamente descubiertos por las perforaciones a columna; en los testigos se observan grietas de diferentes direcciones en las cuales se deposita ópalo, carbonates, en algunas ocasiones serpofitas, cerolitas, etc. Son rocas sin mineralización de níquel.

2.-Horizontes de serpentinitas lixiviadas meníferas.

Están representadas por rocas porosas poco tronitizadas de color verde claro hasta amarillo marrón; con relictos de color verdoso de las rocas primarias.

En estas rocas se observan vetas de cerolitas, serpofitas, etc. Las serpentinitas lixiviadas meníferas forman un manto irregular cuya potencia varía mucho de 0 a 3-5 metros; desarrollándose en algunas áreas del yacimiento que presentan mayor grado de descomposición, lo cual se explica evidentemente por la acción desigual de los procesos exógenos de la formación de las cortezas meníferas.

Los límites inferior y superior de estas serpentinitas meníferas son muy desiguales y en ocasiones estas faltan por completo dentro del área.



Serpentininitas amorfas	70%
Nantronitas	5%
Hidróxidos de hierro	10%
Serpofitas y Cerolitas	5%
Silicatos de níquel	1 a 3%
Cuarzo y calcedonia	3%
Minerales relictos (piroxeno, olivinos, anfíboles, talco, cromita	6%

En las grietas que se forman en este horizonte se desarrolla hidróxido de manganeso.

4.-Horizontes de los ocre ferruginosos estructurales.

Son rocas de una dispersión fina, de color amarillo a rojo, con relictos de la roca primaria en forma de esqueleto de sílice, en muchas ocasiones se distinguen granos pequeños de cuarzo, manganeso y cromita muy intemperizada. La cromita se distingue claramente en la masa compacta por su color negro, en general, estas rocas son muy porosas y sus granos pueden ser pulverizados con los dedos.

Este es el horizonte menífero principal en el cual está concentrado la masa fundamental de elementos meníferos (Fe, Ni y Co) sus potencias oscilan enormemente a pesar de las resistencias que estos brindan ante los procesos exógenos. Estos horizontes en algunos afloramientos se hallan formando bolsones, mientras que en otras áreas se encuentran en forma de bandas estrechas de pequeño espesor.

En la composición mineral de los ocre de hierro entran los siguientes componentes:

Hematitas hipergenéticas,	
hematita e hidrohematita	2-5%
Goethita e hidrogoethita	40-60%
Ferrohalloysita y halloysita	11-16%
Asbolana	2%
Hidroargillita	15-24%
Magnesita	1-2%
Relicto de espinela cromíferas y de magnetita	5-6%

En muchas ocasiones encontramos una serie de manchas pardas en los horizontes de ocres estructurales; estas manchas solamente pueden ser explicada mediante los procesos iniciales de la redistribución del hierro y otros elementos de las rocas en el proceso de formación de las lateritas.

5.-Horizontes de los ocres ferruginosos inestructurales.

Son rocas de color pardo a pardo rojizo, el espesor de estos horizontes que se han determinado según los datos del muestreo de las excavaciones geológicas de exploración de esta región oscila entre 0.7-3.5 metros. Este horizonte termina con las goethitas pardas rocosas con gran cantidad de cavernas y equedades; estas goethitas están cubiertas por pequeñas capas de concreciones granulosas de goethita no hidratadas.

También es característico para este horizonte la acumulación de los depósitos de derrubio de las lateritas residuales y redetransportadas que aumentan bruscamente la cantidad de concreciones de hierro.

En estos horizontes se distinguen dos tipos de concreciones; estas concreciones se diferencian entre si

por su brillo metálico. Las concreciones con brillo metálico y una dureza alta, son óxidos de hierro; mientras que aquellas concreciones que no presentan brillo metálico y son deleznablees están formados por los óxidos de manganeso. Esas concreciones forman estratos mineralizados blancos, poco cementados que yacen directamente debajo del suelo vegetal. El espesor de estas concreciones oscila entre 1-5 mm.

La descripción de las particularidades geológicas, geomorfológicas y otras características durante la formación de las cortezas de intemperismo en el yacimiento Martí, se harán mediante los diferentes sectores:

Sector I.

Esta área se encuentra entre las coordenadas:

Norte-23800 a 24700

Este-29700 a 30650.

Ocupando un área de 360,000 metros cuadrados. Con una altura promedio de 120 metros.

Las rocas del fundamento (roca primaria) de este sector se encuentran situadas dentro de una zona de brechas tectónicas. Estas rocas están constituidas predominantemente por las serpentinitas brechosas en la parte sur del sector y conglomerados de serpentinitas en la parte norte.

En la zona norte del sector se han observado afloramientos de conglomerados, con cantos de gabbro, calizas y guijarros de serpentinitas; estos conglomerados en algunos afloramientos se presentan muy intemperizados con abundante contenido de montonitas, otras veces se encuentran en forma compactas, con cantos bien desarrollados.

En la zona sur se desarrollan las serpentinitas

brechosas muy intemperizadas.

Sobre las serpentinitas brechosas se desarrolla ampliamente una potente corteza de meteorización del tipo laterítico de perfil completo, en la que se encuentran concentraciones de níquel, cobalto y hierro, la que fue formada como resultado del intemperismo químico de las serpentinitas brechosas. Los espesores de las cortezas en la zona sur son mayores que en la parte norte del sector.

Por los datos del muestreo de las excavaciones de exploración geológica se han observado debajo de los horizontes de las cortezas productivas, la distribución de una zona mineralizada de garnierita-cerolita.

Estas zonas mineralizadas se ha descubierto tanto en la parte norte, como en la zona sur del sector. En la parte norte es notable la presencia de pequeños cuerpos de silicatos de níquel, mientras que en la zona sur se prevee una concentración mayor de estas zonas mineralizadas.

Como resultado de estar este sector I dentro de una zona de brechas tectónicas se producen diferentes grietas en las rocas que permiten la penetración de soluciones ricas en silicatos de níquel a la zona profunda de esta área.

Estas soluciones están representadas por vetas de garnieritas y posiblemente por cerolitas, estas vetas se han localizado a la profundidad de 100 a 120 metros en el pozo profundo de 150 metros (N-24175 y E-30475). Además aparecen dos pozos de 50 metros; estos pozos fueron construidos con el objetivo de estudiar el fundamento de este sector.

Durante las exploraciones geológicas realizadas en el área de este sector se muestrearon los respectivos po-

Los pozos de 50 metros tienen de coordenadas (N-24176 y E-30475; N-24176 y E-30400).

Por ejemplo en el pozo de 150 metros se observó que en el intervalo de 55 a 136 metros de profundidad predominan las peridotitas serpentinizadas brechosas muy intemperizadas. Dentro de estas rocas se notan muchas vetas de cerolitas y serpofta con mineralización de níquel de color verde claro, estas vetas se encuentran en diferentes direcciones, con espesores a veces de 2 a 5 cm en algunos lugares del intervalo. El origen de estas vetas a la profundidad mencionada es muy posible de que sea secundario, formado debido a los procesos de infiltración.

Muchas veces se notan rocas criptocrystalinas muy serpentinizadas o tobas de granos finos.

Como producto del alto grado de intemperismo de esta profundidad, las rocas cambian constantemente el color y la dureza.

Es visible encontrar dentro de las serpentinitas brechosas restos de las rocas ultrabásicas no intemperizadas de color oscuro.

Desde 34 a 55 metros de profundidad aparecen los conglomerados con cantos de rocas ultrabásicas poco alterados, también hay cantos de dioritas, gabbro, etc.

En las fracturas frescas se ve que estos cantos están entrecruzados por numerosas vetas de carbonatos con espesores de 4 a 5 cm. Dentro de estas vetas se observa mineralización de cerolitas pero sin níquel.

También se observan dentro de los conglomerados vetas bien desarrolladas de cuarzo secundario. Este conglomerado no presenta índices de intemperismo, sin embargo, el ú-

nico rasgo que atestigua el proceso de intemperismo en este tipo de roca es la presencia de vetas de cuarzo secundario. En general los granos de estas rocas están muy fracturados y silificados con distintas generaciones de cuarzo.

Como resultado de la meteorización de los cantos de serpentinitas que aparecen dentro de los conglomerados, se forman las serpentinitas lixiviadas. Estas serpentinitas se encuentran descansando encima de los conglomerados. Estas rocas lixiviadas aparecen de color amarillo verdoso-amarillo pardo con cantos pequeños muy intemperizados de silicatos de níquel (cerolita, garnierita).

Algunos de estos cantos son de color claro y otros presentan una coloración oscura.

Encima de las serpentinitas lixiviadas encontramos las serpentinitas nontronitizadas. Las serpentinitas nontronitizadas en este corte se caracterizan por presentar cantos de pequeños tamaño de gabra, restos de las rocas primarias de color amarillo verdoso, vetas de cuarzo y también se observan una mineralización notable de níquel en cristales verdes muy pequeños. Estos cristales se encuentran muy agrupados formando una pequeña capa en la parte superior.

Como consecuencia de la infiltración del hierro, se presentan arriba del horizonte de las serpentinitas nontronitizadas, los ocres ferruginosos estructurales.

Estos ocres son de color rojo intenso y muy silificados en forma de esqueletos. Se localizan dentro de estos ocres, relictos de las rocas primarias; en la

En general, el espesor promedio para todo el perfil completo de la corteza productiva en este sector es de 10.2 metros, alcanzando en algunos lugares espesores de hasta 40 metros.

Sector II

Se encuentra entre las coordenadas:

Norte-22500 a 23800

Este-28700 a 29600

Ocupando un área de 299500 metros cuadrados. En la zona sur occidental de esta región se observan cotas absolutas de 500-600 metros sobre el nivel del mar.

Las rocas del fundamento en este sector, está constituida predominantemente por harzburgitas serpentinizadas en la parte norte y por serpentinitas brechosas en la zona sur.

La mayor parte del área se encuentra dentro de una zona de brechas tectónicas.

Encima de las rocas del fundamento se desarrolla una potente corteza de intemperismo, teniendo un espesor mucho más grande en la parte sur debido a la existencia dentro de las serpentinitas lixiviadas de una zona mineralizada de silicatos de níquel (cerolita-garnierita). Es por este hecho, que los espesores que se logran en la parte sur son mayores que en la zona norte.

Como resultado de los numerosos pozos perforados en la región de este sector, se ha podido descubrir debajo de los horizontes productivos de las cortezas de intemperismo una zona mineralizada de silicatos de níquel. Esta zona mineralizada está distribuida en forma irregular dentro del sector, encontrándose en algunas

áreas cuerpos de tamaños pequeños, mientras que en otras partes de las zonas se observan cuerpos de tamaño más grande.

El sector II está separado del sector I por una zona de brechas tectónicas, esta zona de brechas se encuentra representada por afloramientos de serpentinitas brechosas. Además el sector II se encuentra separado del sector III por una falla tectónica de dirección sublatitudinal.

El desarrollo de las cortezas de intemperismo en este sector, se efectúa en una zona relativamente más alta (con una altura promedio de 420 metros) que en el sector I.

Es característico observar en este sector un espesor relativamente alto de la menas de serpentinitas (2.5 metros), pero sin embargo, se observa una disminución del horizonte de escombros en relación con el sector I (1.8 metros).

En general, se denota que cuando la corteza se desarrolla en una zona alta se observa un aumento grande de los espesores de los horizontes de menas de serpentinitas, pero sin embargo los espesores del horizonte de escombros es muy pequeño.

El espesor promedio del perfil completo para este sector (8.1 metros) es mucho menor que el anterior sector.

Se observa que en el horizonte de escombros de este sector, los contenidos de hierro y níquel son mayores, igual situación se presenta en los horizontes

Este-30750 a 32250

Ocupa un área de 1.2 Km². Este sector por sus características geológicas y geomorfológicas se ha dividido en tres zonas; las zonas divididas son desiguales por sus dimensiones y se caracterizan por diferentes coeficientes de mineralización (menifерación). Cada una de estas zonas tienen diferentes estructuras en el perfil de la corteza de intemperismo. Estas zonas están separadas por fallas de dirección sublatitudinal.

Subsector IV-1

Ocupa la parte norte del sector IV, las cotas absolutas varían desde 40 hasta 130 metros, el aumento de las cotas topográficas se observa de norte a sur.

Este subsector se caracteriza por un coeficiente de mineralización alto para el horizonte de escombros (0.94). Este subsector posee una gran cantidad de escombros, cuyo espesor promedio es de 2.68 metros, con un valor elevado de la productividad lineal del Co (20.9).

Los aceros estructurales tienen una distribución bastante regular con un coeficiente de mineralización de (0.98). Sin embargo, las serpentinitas nontronitizadas tienen una distribución muy desigual, las mismas poseen algunas islas dentro del área.

El coeficiente de mineralización de las menas serpentiniticas es muy pequeño (0.48), al igual que los espesores de estos horizontes (0.58 metros).

Es muy raro encontrar en la sección del pozo serpentinitas lixiviadas con mineralización de níquel (ver anexo 3).

Subsector IV-3

Este subsector se encuentra en la parte sur del sector IV, sus cotas topográficas varían de 50 a 250 metros. En algunas áreas se notan colinas con una altura aproximada de 90 a 100 metros.

Las rocas del fundamento están compuestas predominantemente por las peridotitas serpentinizadas.

En comparación con el anterior subsector se observan una disminución del coeficiente de mineralización (0.61) y también un espesor más pequeño para el horizonte de escombros (1.3 metros). La productividad lineal del Co para este subsector en el horizonte de escombros es de 4.2 gr/m², es decir, que es característico un contenido bajo de Co para el mismo.

Los ocres estructurales presentan una distribución bastante regular con coeficiente de mineralización (0.98), al igual que en el subsector IV-1, con un espesor aproximado de 2 metros.

Las serpentinitas montronizadas presentan una distribución mucho más regular que la zona anterior, con un coeficiente de mineralización (de 0.52) y un espesor ligeramente más grande (0.81 metros).

Para la zona sur es más frecuente encontrar en la sección del pozo los horizontes de serpentinitas lixiviadas duras con una mineralización de níquel.

En los cortes, longitudinal y transversal que se señala en el anexo 4, es característico observar en el desarrollo de la corteza de intemperismo la ausencia en el área de las serpentinitas lixiviadas meniferas.

También se observa que en algunos lugares de este subsector faltan las serpentinitas nontrenitizadas. Estas serpentinitas se encuentran dentro de la región en forma de lente o lengua. En la mayoría de la zona encontramos que encima de la serpentinita lixivada no mineral descansan los eocres estructurales.

Sector IV-2

Se encuentra en la zona central del sector IV y sus cotas topográficas varían desde 50 a 170 metros, estas variaciones se observan de este a oeste.

Probablemente en esta área el fundamento está constituido predominantemente por serpentinitas brechosas al igual que los sectores I, II, VIII.

Este subsector se diferencia mucho de los dos subsectores mencionados anteriormente.

Es característico observar en este subsector un espesor de dos metros del horizonte de escombros con un contenido mayor de Fe (49.5%) que en la zona norte y sur; el coeficiente de mineralización para este horizonte es (de 0.82). La distribución de los eocres estructurales es bastante regular, con una ligera disminución del coeficiente de mineralización (0.92).

Durante el trabajo de los pozos de exploración, se observó que el horizonte de serpentinitas con una potencia media (3.5 metros) tiene un desarrollo continuo, siendo el coeficiente de mineralización (0.95).

La productividad lineal para los horizontes de serpentinitas es proporcionalmente 10 veces ma-

yor en el Ni y Co que en los demás subsectores (IV-1 y IV-3).

Es notable la densificación en la roca dura, ya que se han encontrado en todos los pozos perforados en el subsector, la presencia de las serpentinitas lixiviadas con mineralización de níquel.

Esta zona mineralizada se encuentra ampliamente distribuida dentro de todo el subsector con una longitud de 800 metros y un ancho de 300 metros aproximadamente.

Esta zona mineralizada se extiende hasta la zona sureste. Esta mineralización también se prolonga hasta la parte alta del subsector.

Se puede señalar que dentro del subsector se observa un aumento gradual de este a oeste de las cotas topográficas, estas variaciones del relieve están relacionadas con el aumento de la acumulación de la zona mineralizada y con el espesor del horizonte de serpentinitas; esto se debe a que la mineralización de silicatos de níquel (garnierita y cerolita), está muy relacionada con la sílice. Este hecho, se puede ver en la documentación del pozo criollo de coordenada N-23150 y E-31300 (ver anexo 6).

Durante el muestreo de este pozo se observó que en las serpentinitas lixiviadas se encuentran muy cerolitizadas. También se observa un aumento de la ocreización debajo de estas serpentinitas. Forman parte de las serpentinitas, relictos conservados de las rocas matrices con tamaños a veces de 5 cm; también se observan vetas de cuarzo oscuro en forma de esque-

lato como producto del intemperismo de esta roca.

También se ilustran los gráficos de los contenidos de los principales elementos que intervienen en el proceso de formación de la corteza.

Por ejemplo se pueda ver que Al, Mn y Fe presentan el mismo comportamiento durante el proceso de formación, estos elementos tienden a concentrarse en la parte superior del corte, con disminución de sus contenidos en las zonas inferiores del pozo. Sin embargo, el comportamiento de los elementos Ni, Mg y Si, son diferentes; estos elementos tienden a concentrarse en la parte inferior del pozo, con un contenido bajo en la parte superior.

El comportamiento del Cr y Co es muy similar, con sus contenidos máximos en la parte superior y disminución en los horizontes inferiores.

Es característico notar en estos elementos mencionados la relación existente entre ellos, se puede observar que en la zona donde los contenidos promedio son mínimos en algunos elementos (Al, Cr, Mn, Co y Fe), otros elementos como son (Ni, Mg y Si) alcanzan valores máximos.

Este análisis de los contenidos promedios de los diferentes elementos, nos demuestra en que horizonte de las cortezas de intemperismo tiene lugar la máxima acumulación o dispersión de los elementos químicos principales en el desarrollo de la formación de la corteza de intemperismo.

Al igual que el subsector IV-3, aquí se señalan dos cortes geológicos construidos dentro del perímetro

de la zona.

Es característico observar en estos cortes diagonales lentes o lenguas de serpentinitas noptrenitizadas dentro de los cores estructurales, algunas veces los cores se encuentran descansando sobre las serpentinitas lixiviadas no mineral, es decir, que el perfil de las cortezas de intemperismo en algunos lugares de esta zona no tuvo el mismo desarrollo.

En el anexo 5 se observa un corte geológico longitudinal de las cortezas de intemperismo que atraviesa a las tres zonas del sector IV.

En general, se puede denotar en este sector un aumento de la potencia de la corteza de intemperismo (IV-2), con su brusca disminución en los flancos norte (IV-1) y sur (IV-3) para el flanco norte es posible un acunamiento de la corteza de intemperismo.

También se puede observar que al norte y al sur del subsector IV-2 en los subsectores IV-1 y IV-3 respectivamente una disminución de la productividad lineal de las monas serpentiniticas.

Debido al amplio desarrollo de las zonas de fragmentación en las posibles serpentinitas brechosas en el área central del sector IV, existe la posibilidad de encontrar en el corte geológico longitudinal, de la corteza de intemperismo del tipo lineal agrietadas.

También es característico para este sector un aumento del coeficiente de mineralización de la zona sur a la zona norte en el horizonte de escombros.

En algunos lugares se notó que sobre los conglomerados presentes en este sector descansaban las

areniscas con diferentes composiciones granulométricas; este hecho, nos permite suponer que, en esta zona ocurrió un período de destrucción de las cortezas de intemperismo. En la zona en que no aparecen las areniscas descansando sobre los conglomerados, el desarrollo del perfil completo de las cortezas de intemperismo es normal.

Sector V

Está limitado por las coordenadas:

Norte-23150 a 25100

Este-31250 a 32400

Esta región ocupa un área de 829,375 metros cuadrados, con cotas absolutas de más o menos de 130 metros.

Las rocas del fundamento están constituidas predominantemente por las peridotitas serpentinizadas del tipo harzburgitas.

Es característico observar en este sector valores relativamente altos en los espesores de escombros y serpentinitas (2.5 y 2.2 metros).

Sector VI

Se encuentra limitado por las coordenadas:

Norte-22100 a 23300

Este-31950 a 33300

ocupa un área de 0.5 Km^2 , con cotas absolutas de más o menos 300 metros.

El fundamento de este sector está compuesta por peridotitas serpentinizadas del tipo harzburgitas. Los espesores de escombros y serpentinitas para este sector son más pequeños que en el anterior sector (0.95 y 0.75 metros). También en este sector se observa una disminución en el espesor de los cores estructurales (1.45 metros)

El horizonte de escombros presenta un coeficiente de mineralización muy bajo (0.55).

Sector VII

Se encuentra situado en la zona norte del yacimiento Martí; está limitado por las coordenadas:

Norte-24700 a 26100

Este-29700 a 30800

Ocupa un área de 0.6 Km^2 aproximadamente; con cotas topográficas de más o menos 80 metros.

Las rocas del fundamento para este sector presentan una composición mineralógica muy compleja, es notable la presencia de peridotitas serpentinizadas (harzburgitas) en la parte norte, mientras que en la zona sur predominan los conglomerados de serpentinitas con cemento calcáreo, además se observan cantos de calizas duras y guijarros de serpentinitas.

También encontramos dentro del sector áreas limitadas de peridotitas serpentinizadas brechosas con cantos grandes de gabbro y vetas de cerolitas. En general, este sector constituye una región grande de serpentinitas alteradas por los procesos de autometamorfismo.

En la zona norte encontramos afloramientos de areniscas con estratificaciones horizontales; la presencia de estas areniscas indican un período de destrucción de las cortezas, esta es la razón por la cual en la zona norte el espesor de la corteza es más pequeño que en la parte sur.

Como consecuencia de la complejidad existente en el fundamento del sector es posible el desarrollo de dife-

rentes tipos de cortezas de intemperismo dentro de la región.

También es característico para este sector una cantidad de nontronitas en las rocas. En la dirección oeste del sector VII predominan los materiales calcáreos, mientras que en la zona este hay una amplia distribución de las serpentinitas brechosas.

El sector VII se encuentra separado del sector I por el río Mandinga, en el valle de este río se han observado en algunos lugares afloramientos de serpentinitas brechosas muy nontronitizadas. A su vez el sector VII se halla separado del sector VIII por una falla de dirección sublatitudinal.

Este sector posee un espesor (3.5 metros) del horizonte de escombros, con un contenido bajo de Fe (36%), como se puede ver en la tabla 2, este contenido representa el más bajo de los encontrados en el horizonte de escombros dentro del yacimiento Martí.

Para este sector VII es característico ver un coeficiente de mineralización bajo en el horizonte de ocres estructurales (0.34), con un espesor promedio (de 1.6 metros); es notable dentro de esta área la presencia de ventanas estériles dentro de los ocres estructurales.

También se puede señalar de los resultados que se muestran en la tabla 2, que el espesor correspondiente a las serpentinitas (4.5 metros), es el más grande dentro del yacimiento Martí. En esta misma tabla se puede ver un contenido alto de níquel (1.68%) en los conglomerados lixiviados, con un espesor promedio (2.3 metros).

Sector VIII

Se encuentra a la izquierda del sector VII, su área está limitada por las coordenadas siguientes:

Norte-25,000 a 27,300

Este-27600 a 29,200

El sector VIII está dividido en 3 subsectores que están situados en la parte norte, central y sur; con cotas absolutas promedio de 100, 140 y 180 metros respectivamente.

Este sector se halla dentro de una zona de movimiento tectónico fuerte, estas zonas de brechas tectónicas atraviesan el sector en diferentes direcciones.

Durante las diferentes marchas rutas efectuadas en el área de esta región se han observado diversos tipos de rocas. Para este sector es característico en las rocas del fundamento una composición mineralógica muy compleja.

Las rocas del fundamento están representadas por las serpentinitas brechosas que son las rocas más abundantes dentro del sector; estas serpentinitas son de color verde con cantos de gabros, algunas veces aparecen cantos de ópalo.

En otra sección del área se han encontrado que las serpentinitas están muy cerolitizadas e intemperizadas.

También forman parte del fundamento los conglomerados con cantos de rocas ultrabásicas. Para este sector es característico una gran cantidad de montronitas dentro de las rocas encontradas en la zona.

Por sus características geológicas y geoquímicas, este sector posee mucho parecido con los sectores I, II y subsector IV-II.

Subsector VIII-2

Se encuentra en la zona sur del sector VIII, en los afloramientos observados dentro de esta área se han encontrado en las serpentinitas muchas cantidades de nontronitas. Estas nontronitas aparecen en forma de cuerpos estrechos en algunos afloramientos.

En el límite del subsector VIII-2 y VIII-3 se observan serpentinitas que en la parte inferior son brechosas con cantos de rocas primarias. También se encuentran zonas de alteración de color verde con muchos cristales pequeños de micas, en general, todas las rocas se encuentran muy triturada y con muchas grietas.

El horizonte de escombros posee un espesor pequeño (1.6 metros) con un coeficiente de mineralización (de 0.63) estos valores son más pequeños que los dos anteriores subsectores. Los cores estructurales poseen una distribución continua con un coeficiente de mineralización (0.89), mayor que en las zonas norte y central.

Las serpentinitas nontronitizadas poseen un espesor mayor (1.6 metros), con una distribución continua dentro del área.

Subsector VIII-3

Se halla en la parte central de la región, las rocas del fundamento presentan las mismas características que en subsector anterior.

Se pueden observar brechas de serpentinitas con rumbo meridional pequeño, que parecen ser originadas por una falla tectónica. En esta zona encontramos áreas de trituración intensa a lo largo de la línea de falla. También es notable la presencia de horizontes de brechas con 0.5 metros de espesor.

También se observa en esta área pequeñas intrusiones magmáticas interestratificadas con las serpentinitas brechosas; estas intrusiones son de color oscuro y en las mismas se observa una mineralización de silicatos de níquel de color oscuro.

Cerca del camino que conduce a la mina Aldene se observa que las cortezas normales se encuentran descansando sobre la corteza de intemperismo del tipo lineal agrietadas; estas cortezas son de variadas tonalidades dentro de las serpentinitas intemperizadas, con mineralización de serpofita.

En este subsector se observa un ligero aumento del espesor de escombros (2.0 metros), con un coeficiente de mineralización (0.76) en relación con el anterior subsector. Es notable el contenido de Fe (48%) que se observa en el horizonte de escombros dentro de este subsector.

También se denota un espesor (1.3 metros) en el horizonte de cores estructurales, con un coeficiente de mineralización (de 0.84); el coeficiente para los cores estructurales de este subsector es más pequeño en relación al coeficiente del área anterior.

Para este subsector VIII-3 se observa una disminución del espesor en los horizontes de serpentinitas nontronitizadas (1.4 metros), pero sin embargo, el coeficiente de mineralización es ligeramente superior.

Subsector VIII-4

Se encuentra en la parte norte, ocupando un área mucho menor que los dos subsectores anteriores. Presenta las mismas características que las anteriores áreas.

El fundamento está constituida predominantemente por serpentinitas brechosas muy trituradas.

En esta área el horizonte de escombros posee un espesor (2.0 metros), con un coeficiente de mineralización (0.73). Se observa también un espesor más pequeño en los horizontes de ocres estructurales (1.1 metros) que en los dos subsectores anteriores.

En los horizontes de serpentinitas nontronitizadas encontramos un espesor de 1.5 metros, este espesor es relativamente mayor que el subsector VIII-3, con un coeficiente de mineralización (0.85).

En los límites del sector VII y VIII se observan afloramientos de areniscas gruesas con intercalaciones de capas de arenas de granos finos, con un espesor de 20 cm, en estos afloramientos encontramos cantos de serpentinitas muy nontronitizadas, dentro de estas serpentinitas se observan restos de las rocas ultrabásicas.

La yacencia de estas areniscas es casi horizontal. Debajo de estas areniscas se encuentran los conglomerados, que por ciertos están muy intemperizados.

La presencia de estas areniscas en los límites de estos dos sectores, atestigua un período de destrucción de las cortezas de intemperismo.

También es característico en el límite de ellos calizas descansando sobre las areniscas, donde a veces se localizan cantos de serpentinitas.

En general, en este sector se observa un aumento de la productividad lineal del Co en los horizontes de escombros en la zona norte (13.9 gr/m²) y central (14.2 gr/m²) con una disminución en la parte sur (12.7 gr/m²).

A su vez es notable el aumento del coeficiente de mi-

neralización de sur a norte en el horizonte de escombros. Este aumento está relacionado con la disminución de las cotas topográficas del sector.

También se observa un aumento de la productividad lineal del Co en el horizonte de los cores estructurales de norte a sur.

Los valores para los horizontes de la menas serpentiniticas más o menos se mantienen constantes.

Sector IX

Este sector se encuentra en la zona sur del yacimiento Martí y sus coordenadas son las siguientes;

Norte-22100 a 23300

Este-31250 a 32400

Ocupa un área de 829,375 m². Sus cotas absolutas promedio es de más o menos 520 metros.

El fundamento de este sector está constituido predominantemente por las peridotitas serpentinizadas del tipo harzburgitas.

Por sus características geológicas y químicas de este sector, lo podemos agrupar con los sectores III, IV-1, IV-3, V, VI.

En los sectores V, VI y IX se observa una disminución de norte a sur, en los espesores de escombros desde 2.3 a 0.7 metros; igual situación se observa en los coeficientes de mineralización (0.75) a (0.47).

También es notable la disminución en esta dirección de los espesores de los horizontes de la menas de serpentinitas desde 2.2 a 0.4 metros (ver tabla 2).

En el anexo 2, es característico observar las variaciones que se originan de sur a norte en los contenidos de



Co en los horizontes de escombros (1.8%) a (14.8%); y en los horizontes de serpentinitas (1.0%) a (5.8%). Estas variaciones de los contenidos están relacionadas con los cambios de las cotas topográficas en esa dirección.

Génesis del Yacimiento

El yacimiento Martí está relacionado por su génesis a la corteza de intemperismo de las serpentinitas de un perfil laterítico.

Según la clasificación aplicada por A. A. Glaskovsky para los yacimientos de la corteza de intemperismo antigua de los Urales, el yacimiento Martí puede ser relacionado a los yacimientos de la corteza de intemperismo que pertenecen al tipo de plataforma, subtipo abierto.

El principio de la formación de la corteza de intemperismo niquelífero según la opinión de Veetler (1953) que estudió el yacimiento Nicaro al parecer se remonta al final del Terciario, es decir, al tiempo en el que por la erosión fueron eliminados los espesores sedimentarios del Cretácico y Paleógeno, este desarrollo de la corteza de intemperismo continúa hasta la actualidad.

En comparación con el yacimiento Pinares que fue formado debido al intemperismo del mismo macizo de serpentinitas el yacimiento Martí dentro de la región de Nicaro, tiene sus particularidades que están muy vinculadas con las condiciones originales de la formación de la corteza de intemperismo de esa región.

Una de las particularidades del yacimiento Martí, es la presencia de una mineralización niquelífera del tipo de la serpentinita brechosa.

El estudio de la composición sustancial de estos mi-

nerales permitió determinar que es característico un contenido significativo de montronita, que falta prácticamente en el yacimiento Pinares; lo que se relaciona con las particularidades geoquímicas en la que se formó la corteza de intemperismo de la región Martí.

Las causas de estas particularidades es necesario buscarla en la composición geológica y geomorfológica de esta área.

La región del yacimiento Martí cuyo nivel hipsométrico es menor que el yacimiento Pinares, fue cubierto más tiempo por las calizas paleogenas que yacen transgresivamente sobre el macizo de las serpentinitas.

Según los resultados de los trabajos del levantamiento, las serpentinitas que yacen directamente debajo de los espesores de caliza del paleogeno está en general cambiado fuertemente y convertida en rocas muy carbonatizadas cuya potencia alcanza unos 50 metros.

En base a los datos publicados sobre los problemas del intemperismo, A. A. Glaskovsky señala que los procesos semejantes de la destrucción de las serpentinitas, están relacionados con la actividad de las soluciones enriquecidas en CO_2 por medio de las rocas carbonatadas.

La destrucción y alteración de las serpentinitas se nota debajo de las calizas en la parte norte del yacimiento Martí.

El contenido muy bajo de níquel en las serpentinitas destruidas que yacen debajo de las calizas, fuera de los límites del desarrollo de las lateritas, demuestra que la acumulación del níquel está relacionada con la plataforma de la corteza de intemperismo.

Los análisis químicos de esas serpentinitas demostraron que el contenido de níquel oscila entre 0.12 y 0.24%, es decir, se acerca al contenido de níquel en las serpentinitas no alteradas.

El desarrollo de la plataforma de la corteza de intemperismo sobre las serpentinitas carbonatizadas alteradas, determina la alta alcalinidad del ambiente, lo que condicionó el desarrollo de la montronita y la formación de los silicatos de níquel (cerolitas y otras combinaciones de níquel) que se observan en algunos sectores del yacimiento Martí.

Según este punto de vista, se puede explicar la presencia de las serpentinitas montronitizadas que se encuentran arriba de las serpentinitas lixiviadas meníferas en la región de Martí.

El hecho de que el níquel no haya sedimentado y no se haya acumulado en los niveles inferiores de las serpentinitas destruídas, sino sedimentado en el contacto con sus especies no alteradas, puede ser explicado por el contenido de carbonatos en las serpentinitas destruídas que condicionó el elevado porcentaje de alcalia en las aguas subterráneas cuyo nivel superior podría haber servido de barrera para la sedimentación del níquel.

La presencia de desplazamiento de los materiales deluviales de la corteza de intemperismo a lo largo de las lomas, es la segunda particularidad del yacimiento Martí.

Tales particularidades en muchos casos, determinan la distribución irregular de los minerales de los diferentes tipos según la sección vertical. Esta distribución irregular está relacionado con la ubicación del yacimiento Martí en la zona de erosión activa de los valles de los ríos modernos.

Las condiciones que han sido favorables para el desarrollo de la corteza de intemperismo y la formación de los minerales de níquel son las siguientes:

- a) La situación geológica-geomorfológica original.
- b) La fracturación uniforme de las rocas y la presencia de las zonas de fragmentación.

En el proceso de la formación de la corteza de intemperismo, se estableció la zonación vertical geoquímica determinada para la distribución de los elementos (Fe, Ni, Co, Al, Si, Mg y Cr) en la sección vertical.

La regularidad de la distribución de los elementos en la secuencia de las rocas que sufren la meteorización se determinaba basándose en el pH (la lixiviación), estos aumentan con la profundidad, es decir, que el ambiente ácido rico en oxígeno, se convierte en neutro y después a medida que aumenta la profundidad en alcalino. Como consecuencia de esto, los minerales que se originan en la profundidad poseen su pH elevado.

En la distribución del perfil de la corteza de intemperismo de nuestro yacimiento de Fe, Ni y Co se cumple por completo esta regularidad.

En los horizontes superiores ricos en oxígeno, donde el valor del pH es bajo (cerca de 2.8) empieza a tener lugar la precipitación de Fe en forma de hidróxido. Mientras aumenta la profundidad de la sección, el pH crece (hasta 5), entonces comienza a precipitarse Mn y Co; cuando este pH es igual a 5 empieza la precipitación de geles de $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ (minerales aluminosilicatos).

En la zona inferior de la sección vertical donde el pH es igual a 7-8 precipita el Ni (halloysita, ferrihalloysita).

y minerales niquelíferos (garnierita).

Teniendo en cuenta que el desarrollo de la corteza de intemperismo tuvo lugar cerca de las rocas carbonatadas que aumentaron la alcalinidad del ambiente, se crearon condiciones favorables para la acumulación de Ni en la parte norte del yacimiento donde estas se encontraban en mayor cantidad (nontrenitas).

En las zonas de las dislocaciones tectónicas que favorecen la penetración profunda de las soluciones ricas en Ni tiene lugar la formación de la corteza de intemperismo con espesores bastante grandes (hasta las rocas duras mineralizadas).

En el yacimiento Martí este proceso se pone de manifiesto en las zonas de las serpentinitas brechosas mineralizadas, como cemento para ellas sirve la mezcla de los minerales que contiene Ni (cérolita, nontrenita) con la masa arcillosa fina.

Breve Característica Hidrogeológica

En la mayoría de los pozos perforados en las áreas del yacimiento Martí, las aguas subterráneas faltan y solo en 9 pozos se han observado estas, estos pozos están ubicados en general en las áreas peniplanizadas al pie de las pendientes.

El nivel de agua en estos pozos cambia en dependencia de la cantidad de precipitaciones atmosféricas, los valores relativos de las oscilaciones de los niveles de agua en los pozos son de 0.20 a 1 metros.

Este hecho, asegura que las condiciones hidrogeológicas son favorables para la explotación de esta zona.

Como se puede observar, los procesos de intemperismo químico en las áreas del yacimiento tiene lugar con mayor efectividad en la zona de una transferencia de aguas de intensidad media.

C A P I T U L O I V

M E T O D O L O G I A D E L A S I N V E S T I G A C I O N E S

METODOLOGIAS DE LAS INVESTIGACIONES

Para resolver los problemas que se presentan en la investigación, el autor utiliza los siguientes métodos; observaciones geológicas en el campo, datos geológicos conservados en los archivos, preparación de mapas y cortes geológicos, documentación de pozos. Pero fundamentalmente la base de la metodología de las investigaciones geoquímicas descansa sobre los métodos de la estadística matemática empleados para caracterizar el proceso de surgimiento de los yacimientos hipergenéticos de níquel en la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas (en forma de parámetro cuantitativo gamma).

Tal procedimiento exige, ante todo, una exacta correspondencia de cada selección geoquímica con un objeto geológico determinado y suficientemente homogéneo. Este principio ha sido estrictamente observado por el autor en la confección de los muestreos geoquímicos.

En los límites de los cuerpos geológicos investigados en los cuales aparecieron uno u otro horizonte de la corteza de intemperismo, se realizó el estudio de las leyes de distribución de cada uno de los parámetros investigados. Realizándose el mismo por el aspecto de los gráficos diferencial e integral de la distribución de las probabilidades, mediante el cálculo del criterio Kolmogorov o de los indicadores de la simetría (exceso) (Beus A A 1965). Solo después de estos se calcularon los valores medios de los parámetros investigados (contenido del elemento químico, potencia del horizonte, peso volumétrico) y sus variaciones standards.

Durante el proceso investigativo se analiza el comportamiento de los elementos meníferos y petrográficos en el transcurso del desarrollo sucesivo de la corteza de intemperismo (Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Al, Mg, Si, Cu, V, Zn, P, S, TiO_2 , H_2O).

Esto se realizó mediante la construcción de:

- a) Espectros geoquímicos
- b) Modelo geoestadístico
- c) Gráficos de la productividad lineal relativa
- d) Potencias iniciales de la roca madre
- e) Relación entre los procesos de la acumulación residual y la infiltración
- f) Determinación de la inercia geoquímica integral de los elementos
- g) Cálculo de los coeficientes de la zonación geoquímica y de otros parámetros cuantitativos, caracterizadores del proceso de formación de la menas hipergenéticas de Ni.

4- Espectros geoquímicos

La composición material de cada uno de los horizontes investigados de la corteza de intemperismo, nosotros podemos representárnosla en forma de paragénesis de elementos químicos.

Gráficamente estas paragénesis se reflejaron en forma de histogramas de los clarkes de concentración.

Estos valores numéricos caracterizan la intensidad de la acumulación de uno u otro elemento dentro de los límites del horizonte investigado en el proceso de la meniferación. Para los elementos geoquímicamente móviles de la misma manera se refleja el grado de sus lixiviaciones.

Una característica más exacta de los procesos de acu-

mulación y dispersión de los elementos químicos en la corteza de intemperismo de las hiperbasálticas se obtiene exactamente mediante el cálculo de los coeficientes de acumulación, los cuales se diferencian de los clarkes de concentración en que los contenidos de los elementos químicos se expresan no en los clarkes de las rocas ultrabásicas de la corteza terrestre, sino en unidades de fondo geoquímico del macizo hiperbasáltico, en cuya parte superior se desarrolló la corteza de intemperismo investigada.

Durante la determinación de los coeficientes de acumulación, lo más usual, es que no sea posible su determinación (debido a la ausencia de suficiente fundamentación estadística de los contenidos medios de los elementos químicos en la hiperbasálticas de macizos aislados (en nuestro caso el yacimiento Martí)).

El empleo de los coeficientes de acumulación y los clarkes de concentración para la construcción de los espectros geoquímicos tiene una positiva importancia debido a que por medio de la comparación de los espectros geoquímicos podemos establecer analogías con yacimientos similares de diferentes regiones de la corteza terrestre.

Aquí se debe subrayar que los espectros geoquímicos constituyen una característica multilateral de la composición material de diferentes formaciones geológicas y sin duda, pueden ser utilizados para la comparación de los perfiles de la corteza de intemperismo de diferentes yacimientos.

Los contenidos medios de los elementos químicos y

de sus variaciones standards se determinaron gráficamente con la ayuda del patrón de las probabilidades de N.K. Razumovsky (A.S. Vershinin, 1971). En los diagramas de los espectros geoquímicos, los clarkes de concentración de diferentes elementos se reflejaron por la altura de la columna y la tendencia de los elementos a la dispersión o a la concentración por diferentes variantes del trazado de línea.

B-Modelo geostatístico

Como consecuencia de la estructura en bloques de las áreas meníferas y el diferente carácter de los movimientos tectónicos de los bloques aislados, surgieron importantes particularidades en las estructuras de los cortes de la corteza de intemperismo dentro de los límites de cada bloque.

Estas particularidades no se pueden descubrir observando y comparando cortes aislados, sino mediante las labores de exploración. Esto está condicionado por las variaciones que se observan en los límites de cada bloque, en la distribución de los elementos químicos en el plano y en el corte, así como por las considerables oscilaciones de la potencia de la corteza de intemperismo y de sus horizontes componentes.

Tomando para el estudio, cualquier corte aislado de la corteza de intemperismo, nosotros no podemos decir en que grado es típico para el bloque investigado.

Debido a esto es conveniente representar el corte en los límites de cada bloque, por medio de perfiles geologo-geoquímico generalizados mediante un modelo geostatístico. Para la construcción de tal modelo se calcularon los contenidos

medios de Fe, Co y Ni en cada uno de los horizontes encontrados en la corteza de intemperismo. Después estos contenidos se expresan en coeficientes de acumulación y se plotean en el eje horizontal del gráfico.

En la vertical, sucesivamente se reflejan las potencias medias de los horizontes aislados. El grado de variación de los parámetros promedios utilizando para la construcción del modelo estadístico se da en forma de variaciones standards, cuyos valores se escribe en forma ordenada en una tabla. Teniendo en cuenta el desarrollo desigual de los horizontes aislados de la corteza de intemperismo es necesario multiplicar el valor de la potencia media por el coeficiente de mineralización.

C-Gráficos de la productividad lineal relativa

Otro tipo de modelos geoestadísticos de los bloques meníferos son los gráficos verticales de la productividad lineal relativa de los elementos meníferos y no meníferos.

Si se multiplica el valor del coeficiente de acumulación de cualquier elemento por la potencia del horizonte aislado y por el coeficiente de su distribución (coeficiente de mineralización) así como también por el valor del peso volumétrico de la correspondiente clase de mena, nosotros obtendremos el valor de la productividad lineal relativa por horizonte. De esta forma se calcula la productividad lineal relativa, por medio de las cuales caracterizamos el contenido del elemento químico dentro de los límites del horizonte investigado de la corteza de intemperismo o de su magnitud en peso relativo en la capa observada, por unidad de área menífera (gr/m^2).

Para determinar el valor de la productividad lineal

absoluta es suficiente multiplicar la productividad relativa por la magnitud del peso en por ciento del elemento estudiado en las peridotitas serpentinizadas, alteradas por el intemperismo (es decir por el valor del fondo geoquímico). Por ejemplo, con un valor de la productividad lineal relativa de 15 Ton/m^2 y un contenido medio de níquel en la hiperbásita de 0.2% (0.002 T/T), la productividad lineal absoluta será de 0.03 Ton/m^2 ; efectuando la suma de los valores de las productividades lineales relativas en todo el perfil de la corteza de intemperismo se puede obtener el valor de la productividad lineal relativa de un elemento determinada para el perfil completo de la corteza de intemperismo.

Son extraordinariamente expresivos (representativos) los gráficos verticales de las productividades lineales relativas de los elementos meníferos, los cuales destacan las zonas de acumulación óptima de cada elemento en un corte vertical de la corteza de intemperismo.

Simultáneamente ellos caracterizan las clases tecnológicas de menas y sus correlaciones para un corte dado.

Para los yacimientos representados por bloques meníferos de composición mineralogo-geoquímica heterogénea, la distribución de los tipos tecnológicos de menas en el plano y en el corte, así como el carácter de las aperturas se interpreta con la ayuda de bloques esquemas del yacimiento, sobre los cuales se reflejan los contornos de los bloques meníferos y los gráficos verticales de las productividades lineales relativas para cada bloque.

Tales bloques esquemas son extraordinariamente útiles para la realización racional de la exploración y posterior



explotación del yacimiento.

D-Potencias iniciales de la roca madre

Mediante un análisis atento de esta magnitud, calculada para los elementos geoquímicamente inertes, la misma puede servir como punto de partida para la determinación del valor mínimo posible de la potencia inicial de las serpentinitas que sirvieron como material inicial para la formación del corte observado de la corteza de intemperismo.

Para esto es necesario dividir el valor de la productividad lineal relativa del corte completo de la corteza de intemperismo por el valor del peso volumétrico de las serpentinitas iniciales (2.7 a 2.9 Ton/m³).

Por cuanto aún los elementos más inertes químicamente, parcialmente son lixiviados durante el proceso de desarrollo de la corteza de intemperismo; conociendo nosotros sus grados de lixiviación podemos hablar acerca de las potencias mínimas posibles de las hiperbásitas sometidas al intemperismo, correspondientes a los cortes observados de la corteza de intemperismo. La magnitud de la potencia inicial calculada de las serpentinitas, refleja el grado de conservación del corte investigado de la corteza de intemperismo.

E-Relación entre los procesos de la acumulación residual y la infiltración

Al comparar los pesos volumétricos de diferentes horizontes de la corteza de intemperismo (de lateritas 1.59, de los cores de hierro 1.16; de las serpentinitas nontronitizadas 0.89; de las serpentinitas lixiviadas 1.92 y de las serpentinitas no alteradas por el intemperismo 2.9 gr/cm³), nosotros directamente podemos analizar los procesos de acumulación y el grado en que tomó parte el proceso de infil-

tración durante la acumulación de un elemento dado.

El considerable predominio de las potencias iniciales de las rocas madres sobre las potencias de los cortes observados de la corteza de intemperismo, habla acerca del movimiento de masas enormes de elementos químicos de los horizontes lixiviados que existían antes del volumen ocupado por la capa de la corteza de intemperismo en la actualidad. Este movimiento ocurrió mediante la acumulación gravitacional y la infiltración (principalmente).

El grado en que tomaron parte los procesos de infiltración en la acumulación de un elemento dado varía de un horizonte de la corteza de intemperismo a otro. Ellos tienen valores desiguales para diferentes elementos; esto provoca la necesidad de su cálculo por separado para diferentes elementos, tanto para diferentes horizontes, como para los perfiles completos de la corteza de intemperismo.

El cálculo de la fracciones de acumulación por infiltración de los elementos en porcentos (U) se realiza según la siguiente forma:

$$U = \left(1 - \frac{D}{K_a}\right) \times 100, \%$$

K_a -coeficiente de acumulación en fondos geoquímicos.

d -peso volumétrico de las rocas de un horizonte dado de la corteza de intemperismo expresada en gr/m^3 .

D -peso volumétrico de las serpentinitas inalteradas, en gr/m^3 .

F-Inercia integral geoquímica de los elementos

La migración real de los elementos químicos en el proceso de desarrollo de la corteza de intemperismo se determina

no solo por sus capacidades de pasar a la solución, sino también por sus exorciones de diferentes formaciones minerales, así como por sus participaciones en la formación de nuevos cuerpos minerales del tipo de infiltración, los cuales se acumulan en los productos residuales de la corteza de intemperismo. Por eso es muy importante obtener una idea acerca de la movilidad geoquímica relativa (inercia) de los elementos en cada uno de los horizontes de la corteza de intemperismo.

Con esto queda perfectamente claro, que como índices "de la inercia geoquímica" pueden servir los coeficientes de acumulación de los elementos en dos horizontes diferentes. Una serie sucesiva de la inercia geoquímica de los elementos se puede confeccionar mediante la comparación de la posición de las zonas de máxima acumulación de los elementos en un corte vertical. Una imagen igualmente sobre la "inercia geoquímica integral" se puede obtener mediante la comparación de las productividades lineales relativas para todo el corte de la corteza de intemperismo.

Para la obtención de la serie de la "inercia geoquímica" de los elementos en cualquier horizonte de la corteza de intemperismo es suficiente distribuir por orden del crecimiento de los valores parciales de la productividad lineal relativa para 8-10 elementos químicos que jueguen el papel más importante en la composición de la corteza de intemperismo.

Repartiendo de igual manera los valores de las productividades lineales relativas totales para todo el perfil de la corteza de intemperismo, nosotros obtendremos una serie de la "inercia geoquímica integral" para un corte dado de la cor-

teza de intemperismo.

Las operaciones expuestas es mejor reflejarlas en forma de las tablas correspondientes de la productividad lineales relativas y de las series "inercia geoquímica".

G-Indicadores geoquímicos de la zonalidad de la corteza de intemperismo

En calidad de índice de zonación geoquímica vertical es necesario utilizar la relación de los elementos más inertes (Al, Fe) sobre los más móviles (Mg, Si).

Para la confección de las tablas es más cómodo utilizar no los contenidos absolutos de los elementos, sino sus coeficientes de acumulación.

Los coeficientes de acumulación del (Al) y del (Fe) regularmente decrecen hacia abajo según el corte y el grado de lixiviación del (Mg) y de la (Si) ininterrumpidamente disminuyen. Esto subraya la posibilidad de una representación de contraste de la zonación geoquímica con la ayuda de las relaciones escogidas (Al: Si; Fe: Si; Al: Mg y Fe: Mg).

Con especial claridad la zonación de la corteza de intemperismo se refleja con la ayuda de la relación de la suma del (Fe) y del (Al) dividido entre la suma del (Mg) y de la (Si); es decir mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{Fe+Al}{Mg+Si}$$

En calidad de indicador geoquímico adicional se debe utilizar la relación de los coeficientes de acumulación del (Co) y el (Ni), la cual caracteriza las zonas propicias para la acumulación del Cobalto.

C A P I T U L O V

R E S U L T A D O D E L A I N V E S T I G A C I O N Y S U D I S C U S I O N

RESULTADO DE LA INVESTIGACION Y SU DISCUSION

Los resultados de nuestra investigación, los hemos divididos en dos aspectos. Estos aspectos contemplan los resultados logrados durante las investigaciones geológicas y los resultados obtenidos por la metodología de las investigaciones geoquímicas.

A. INVESTIGACIONES GEOLOGICAS

Como resultado del estudio geológico se observó el desarrollo de muchas dislocaciones tectónicas, que se presentan en el yacimiento en forma de falla; pudiéndose observar en algunos lugares cantidades considerables de brechas tectónicas.

Estas dislocaciones tectónicas de dirección sublatitudinal y submeridional se encuentran dentro del yacimiento limitando a las diferentes bloques tectónicos que constituyen las diferentes áreas del yacimiento.

El fundamento de los diferentes bloques geológicos divididos (roca primaria) se diferencian por sus composiciones litológicas notables.

En la mayoría de los sectores del yacimiento Martí, encontramos que el fundamento está constituido predominantemente por las peridotitas serpentinizadas. A su vez, en otros sectores se observan que su fundamento está compuesto por serpentinitas brechosas exclusivamente con cierta cantidad de nontronitas en los horizontes productivos.

También es notable para otros sectores la presencia de serpentinitas brechosas con una mineralización de silicatos de níquel en las serpentinitas duras.

En la parte norte del yacimiento Martí, es característico observar en las rocas del fundamento de algunos sectores

en los cuales la composición litológica del fundamento es muy heterogénea.

Esta complejidad se puede notar en el sector VII donde se encuentran formando parte del fundamento áreas limitadas de peridotitas serpentinizadas; también aparecen los conglomerados de serpentinitas con cantos de gabro, dioritas, con una distribución bastante grande de material calcáreo, dentro de estos conglomerados. La presencia de estos materiales calcáreos en la región norte del yacimiento Martí, nos permite suponer que anteriormente esta región estuvo cubierta por las aguas marinas.

En el sector I se observa la misma complejidad de las rocas que forman el fundamento; esta complejidad viene expresada por el desarrollo de los conglomerados con cantos de gabro, diorita y serpentinitas donde se observan restos de las rocas primarias. Estos conglomerados están ubicados en la parte norte del sector I y los mismos, no poseen materiales calcáreos. En la zona sur del sector I aparecen grandes áreas de serpentinitas brechosas.

Es característico encontrar en las rocas que se desarrollan en la parte norte del yacimiento Martí la presencia de grandes cantidades de nontreñitas en los horizontes productivos de las cortezas de intemperismo.

En las construcciones de estos bloques influyen los siguientes factores:

- a) los movimientos tectónicos verticales
- b) la complejidad de los compósitos litológicos del fundamento de la corteza.
- c) las variaciones en las condiciones geomorfológicas.

Como consecuencia de estos factores, ocurrió la forma-

ción de varios tipos de bloques, los cuales se diferencian en cuanto al desarrollo de las cortezas de intemperismo. Los tipos de bloques resultantes se distinguen con relativa nitidez dentro del yacimiento Martí por sus productividades lineales:

1er tipo de bloque

Pertenecen aquellos sectores los cuales se caracterizan por un valor de la productividad lineal del horizonte de menas serpentiniticas superiores al horizonte de menas limoniticas.

2do tipo de bloque

Están representados por los sectores en los cuales las productividades lineales de las menas serpentiniticas y limoniticas poseen valores más o menos próximos.

3er tipo de bloque

Corresponden a los sectores que poseen valores elevados de la productividad lineal del horizonte de menas limoniticas.

4to tipo de bloque

Estos, se observan en algunos sectores en los cuales debajo de las menas serpentiniticas encontramos una mineralización de silicatos de níquel en las rocas duras; esta mineralización se encuentra relacionada con fallas.

Otro de los aspectos importantes que se puede observar en el yacimiento Martí, es la relación de la mineralización de silicatos niquelíferos con las zonas de brechas tectónicas.

También están relacionados con este tipo de mineralización los índices geológicos; estos índices geológicos son los siguientes:

1- Se observa un aumento en el coeficiente de mineralización de las menas serpentiniticas en comparación con los bloques

cercanos por ejemplo en los sectores I, IV.

2- También es característico presenciar un incremento del espesor de estas menas.

3- Se observa que en algunas mesetas que aparecen en el relieve del territorio tiene lugar el desarrollo de una silicificación bastante grande de las rocas; las silicificaciones que acompaña a las rocas se encuentran relacionadas con la mineralización de silicatos de níquel.

4- En las rocas duras es característica una mayor frecuencia de representación de la mineralización niquelífera.

B-INVESTIGACIONES GEOQUÍMICAS

Durante el trabajo de las investigaciones geoquímicas del yacimiento Martí, se realizó la tabla 1 donde se muestran los valores más probables de los contenidos medios y sus desviaciones standards pertenecientes a los 8 componentes más importantes de la corteza de intemperismo.

Estos parámetros caracterizan el comportamiento de los componentes en el corte vertical del perfil completo de la corteza de intemperismo.

Analizando los datos que aparecen en la tabla 1, se puede observar que en las peridotitas serpentinizadas la mayor parte de los componentes se distribuyen de acuerdo con la ley log-normal.

En las formaciones friables de la corteza de intemperismo el carácter de la distribución de los 8 componentes principales (Ni, Co, Fe, Cr, Al, Si, Mg y Mn) es normal a log-normal (predominando la distribución log-normal).

Para ilustrar de una forma gráfica el comportamiento de estos componentes en el perfil de la corteza de intemperismo, se ha construido el gráfico de las frecuencias acumu-

Parámetros Geoquímicos de la corteza. Componentes de los com- positos de la corteza.	Peridotitas Serpentinizadas.			Serpentinitas lixiviadas		Serpentinitas nontronitizadas		Oxres estro- turales.		Lateritas.		Clarkes. de las rocas ultrabásicas
	Me, %	$\frac{E}{S}$	Ley de dis- tri- bu- ción	Me, %	$\frac{E}{S}$	Me, %	$\frac{E}{S}$	Me, %	$\frac{E}{S}$	Me, %	$\frac{E}{S}$	
Niquel	0.22	$\frac{1.07}{-}$	LgN	0.75	$\frac{2}{-}$	1.56	$\frac{1.2}{-}$	1.28	$\frac{1.1}{-}$	0.76	$\frac{1.1}{-}$	0.2
Cobalto	0.011	—	LgN	0.018	$\frac{1.9}{-}$	0.058	$\frac{1.5}{-}$	0.096	$\frac{1.2}{-}$	0.047	$\frac{0.023}{-}$	0.02
Hierro	5.9	$\frac{1.0}{-}$	N	12.5	$\frac{9.5}{-}$	21	$\frac{1.2}{-}$	47.3	$\frac{1.8}{-}$	47.1	$\frac{1.04}{-}$	9.35
Cr $\frac{9}{2}$	0.59	$\frac{1.53}{-}$	LgN	0.82	$\frac{1.2}{-}$	1.55	$\frac{0.69}{-}$	3.21	$\frac{1.2}{-}$	2.57	$\frac{1.2}{-}$	0.29
Si $\frac{0}{2}$	37.2	$\frac{1.08}{-}$	LgN	3.30	$\frac{1.1}{-}$	27.3	$\frac{1.4}{-}$	4.74	$\frac{1.2}{-}$	4.1	$\frac{1.2}{-}$	40.7
Al $\frac{0}{2}$	0.80	$\frac{1.56}{-}$	LgN	0.75	$\frac{1.8}{-}$	1.65	$\frac{1.62}{-}$	5.05	$\frac{2.34}{-}$	8.8	$\frac{1.2}{-}$	0.94
Mg	38.9	$\frac{2.5}{-}$	N	28.5	$\frac{5.9}{-}$	19.2	$\frac{1.2}{-}$	1.58	$\frac{2.1}{-}$	0.80	$\frac{1.4}{-}$	43.0
MnO	0.085	$\frac{1.45}{-}$	LgN	0.31	$\frac{1.4}{-}$	0.43	$\frac{0.28}{-}$	0.81	$\frac{1.1}{-}$	0.75	$\frac{1.4}{-}$	0.194
Número de muestra.				28		111		113		107		

ladas para el horizonte de cores estructurales de hierro (anexo 7) en el sector IV del yacimiento Martí.

Como se puede observar el grado de inclinación de las líneas respecto al eje vertical caracteriza la magnitud de la desviación standard, esto se ilustra de una forma evidente.

Además el grado de irregularidad en la distribución de uno u otro componente en relación con el contenido medio.

Las líneas más inclinadas, corresponden a las distribuciones más irregulares, estas están representadas por el Mg, Si y el Al. La menor inclinación la posee la línea del Fe, lo cual demuestra la uniformidad en la distribución de este elemento en el horizonte señalado.

1- Espectos geoquímicos

Cada horizonte de las cortezas tiene su propio compuesto químico y todos los cortes de un horizonte se pueden representar en forma de paragénesis de los elementos químicos.

La participación y el comportamiento de cada uno de los elementos que se presentan en el proceso general de formación de la corteza de intemperismo, tanto en su conjunto, como a su vez individualmente pueden reflejarse de una manera clara mediante el cálculo de los clarkes de concentración de los elementos químicos en cada uno de los horizontes de la corteza de intemperismo.

Para el yacimiento Martí estos cálculos están representados en la tabla 2 y 3, y gráficamente en forma de histograma en el anexo 8. Los mismos cálculos se realizaron para otro yacimiento dentro de la región de Nicaro (Cajal-Ramona).

Los valores obtenidos se reflejan en la tabla 4 y 5; estos cálculos se expresaron en formas de histogramas, cada

Coef. de m. rel. cion.		Espesor		Co		Na		Fe		Mg		Ca		K		S		E		h, m		E	
Parámetros del cuerpo mineral.	n	Cfo, %	E/S	Ka/Ko	C ₂ , %	E/S	Ka/Ko	S _o %	E/S	Ka/Ko	S _o %	E/S	Ka/Ko	Cfo, %	E/S	Ka/Ko	S _o %	E/S	Ka/Ko	n	h, m	E/S	Ka/Ko
Sectores, tipos de horizontes de menas.	2	3	5	5	5	3	3	9	19	10	13	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sector I	80	40	1.22	6.7/4.1	0.56	1.22	2.5/2.8	0.044	1.56	4.0/2.2	3	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	3	3	2.1	2.1
Lateritas y ocreas inestructurales.	60	43	1.2	7.2/4.4	1.23	1.15	5.5/6.2	0.115	1.2	10.4/5.7	3.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.2	3.2	2.2	2.2
Ocreas estructurales.	89	17.5	1.20	3.0/1.18	1.68	0.39	7.3/8.4	0.045	1.6	4.1/2.2	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	4.0	2.0	2.0
Serpentinitas nontronitizadas.	160	9.5	1.22	1.6/0.9	1.80	1.28	8.1/9.0	0.018	1.72	1.6/0.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Serpentinitas lixiviadas sin oxidación	125	36	9.0	6.1/3.6	0.58	1.32	2.6/2.9	0.048	1.87	4.3/2.4	3.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	3.5	3.5	2.3	2.3
Sector VII	112	44	1.02	7.4/4.4	1.27	1.22	5.2/6.3	0.140	1.57	1.12/7.0	1.6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.3	1.3
Lateritas y ocreas inestructurales.	112	44	1.02	7.4/4.4	1.27	1.22	5.2/6.3	0.140	1.57	1.12/7.0	1.6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.3	1.3
Ocreas estructurales.	112	44	1.02	7.4/4.4	1.27	1.22	5.2/6.3	0.140	1.57	1.12/7.0	1.6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.3	1.3

Serpentininitas nontronitizadas	130	17	$\frac{7.0}{-}$	$\frac{2.8}{1.7}$	1.68	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{7.2}{8.4}$	0.03	$\frac{2.0}{-}$	$\frac{2.7}{1.5}$	63	4.5	$\frac{2.0}{-}$	0.94
Conglomerados lixiviados meníferos.	40	10	$\frac{1.12}{-}$	$\frac{1.7}{1.0}$	1.58	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{7.1}{7.9}$	0.018	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{1.6}{0.9}$	40	1.0	$\frac{2.2}{-}$	0.46
Conglomerados lixiviados.	75	11	$\frac{1.32}{-}$	$\frac{1.8}{1.1}$	0.73	$\frac{-}{0.25}$	$\frac{3.2}{3.6}$	0.019	$\frac{1.72}{-}$	$\frac{1.7}{0.9}$		2.3	$\frac{3.1}{-}$	0.81
Subsector IV-2														
Lateritas y ocres inestructu- rales.	119	49.5	$\frac{1.03}{-}$	$\frac{3.2}{5.0}$	0.76	$\frac{1.21}{-}$	$\frac{3.4}{3.8}$	0.06	$\frac{0.028}{-}$	$\frac{5.4}{3.0}$	85	2.0	$\frac{2.8}{-}$	0.82
Ocres estruc- turales.	176	46.5	$\frac{1.06}{-}$	$\frac{7.8}{4.7}$	1.30	$\frac{1.23}{-}$	$\frac{5.9}{6.5}$	0.12	$\frac{1.42}{-}$	$\frac{10.2}{6.0}$	95	3.0	$\frac{2.2}{-}$	0.92
Serpentininitas nontronitiza- das.	164	17	$\frac{1.41}{-}$	$\frac{2.8}{1.7}$	1.70	$\frac{1.29}{-}$	$\frac{7.7}{8.5}$	0.04	$\frac{1.63}{-}$	$\frac{3.6}{2.0}$	97	3.5	$\frac{2.1}{-}$	0.95
Sector III														
Lateritas y ocres inestruc- turales	74	47	$\frac{1.06}{-}$	$\frac{7.9}{4.7}$	0.77	$\frac{1.20}{-}$	$\frac{3.5}{3.8}$	0.057	$\frac{0.031}{-}$	$\frac{5.1}{2.8}$		1.9	$\frac{-}{1.1}$	0.59
Ocres estructu- rales.	124	47	$\frac{1.06}{-}$	$\frac{7.9}{4.7}$	1.18	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{5.3}{5.9}$	0.092	$\frac{1.22}{-}$	$\frac{8.3}{4.6}$		2.5	$\frac{-}{1.9}$	0.99

Serpentinitas nontronitiza- das.	30	22	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{2.7}{2.2}$	1.33	$\frac{1.12}{-}$	$\frac{5.0}{6.6}$	0.062	$\frac{1.77}{-}$	$\frac{5.6}{3.1}$	0.65	$\frac{2.2}{-}$
Subsector IV-1												
Lateritas y ocres inestruc- turales.	120	46.6	$\frac{1.04}{-}$	$\frac{7.3}{4.7}$	0.7	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{3.1}{3.5}$	0.053	$\frac{1.6}{-}$	$\frac{5.2}{2.9}$	2.7	$\frac{1.5}{-}$
Ocres estructu- rales.	125	49.1	$\frac{1.03}{-}$	$\frac{8.3}{5.0}$	1.13	$\frac{1.03}{-}$	$\frac{5.3}{5.9}$	0.106	$\frac{1.5}{-}$	$\frac{2.6}{5.2}$	2.2	$\frac{1.2}{-}$
Serpentinitas nontronitiza- das.	61	23.4	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{3.9}{2.3}$	1.35	$\frac{1.10}{-}$	$\frac{6.1}{6.7}$	0.068	$\frac{1.6}{-}$	$\frac{6.1}{3.4}$	0.53	$\frac{2.5}{-}$
Subsector IV-2												
Lateritas y ocres inestructurales.	34	47.2	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{8.0}{4.7}$	0.77	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{3.5}{3.8}$	0.037	$\frac{1.43}{-}$	$\frac{2.3}{1.8}$	1.32	$\frac{-}{0.89}$
Ocres estructura- les.	55	47.1	$\frac{1.03}{-}$	$\frac{7.9}{4.7}$	1.23	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{5.3}{6.4}$	0.115	$\frac{1.56}{-}$	$\frac{10.4}{5.7}$	2.33	$\frac{-}{1.3}$
Serpentinitas nontronitizadas.	29	24.4	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{4.1}{2.4}$	1.39	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{6.3}{6.9}$	0.066	$\frac{1.74}{-}$	$\frac{6.0}{3.3}$	0.81	$\frac{2.0}{-}$
Sector V												
Lateritas y ocres inestruc- turales.	102	47.2	$\frac{-}{3.7}$	$\frac{8.0}{4.7}$	0.7	$\frac{1.13}{-}$	$\frac{3.1}{3.5}$	0.06	$\frac{-}{0.022}$	$\frac{5.4}{3.0}$	2.3	$\frac{1.4}{-}$

Serpentinitas nontronitizadas.	71	21.1	$\frac{1.8}{1.8}$	$\frac{3.5}{2.1}$	1.28	$\frac{1.15}{1.15}$	$\frac{5.8}{6.4}$	0.062	$\frac{1.48}{1.48}$	$\frac{5.6}{5.1}$	2.2	$\frac{2.3}{2.3}$	0.51
Sector VI													
Lateritas y ocres inestructu- rales.	27	46.7	$\frac{1.03}{1.03}$	$\frac{7.9}{4.7}$	0.85	$\frac{1.02}{1.02}$	$\frac{3.8}{4.2}$	0.04	$\frac{1.48}{1.48}$	$\frac{3.6}{2.0}$	0.95	$\frac{1.72}{1.72}$	0.56
Ocres estructu- rales.	102	45.0	$\frac{1.1}{1.1}$	$\frac{7.6}{4.5}$	1.3	$\frac{1.16}{1.16}$	$\frac{5.9}{6.5}$	0.115	$\frac{1.78}{1.78}$	$\frac{10.4}{5.7}$	1.45	$\frac{1.86}{1.86}$	0.93
Serpentinitas nontronitizadas	61	23.5	$\frac{1.34}{1.34}$	$\frac{3.9}{2.3}$	1.22	$\frac{1.22}{5.1}$	$\frac{8.5}{6.1}$	0.042	$\frac{1.72}{1.72}$	$\frac{3.8}{2.1}$	0.75	$\frac{2.1}{2.1}$	0.59
Serpentinitas lixiviadas .	47	12.0	$\frac{1.27}{1.27}$	$\frac{2.0}{1.2}$	0.66	$\frac{1.42}{1.42}$	$\frac{3.0}{3.3}$	0.011	$\frac{2.54}{2.54}$	$\frac{1.0}{0.5}$	1.3	$\frac{2.0}{2.0}$	0.55
Sector IX													
Lateritas y ocres inestructu- rales.	18	43.0	$\frac{1.06}{1.06}$	$\frac{8.1}{4.9}$	0.9	$\frac{1.03}{1.03}$	$\frac{4.0}{4.5}$	0.04	$\frac{1.35}{1.35}$	$\frac{3.6}{2.0}$	0.7	$\frac{2.22}{2.22}$	0.4
Ocres estructu- rales.	38	45.5	$\frac{1.08}{1.08}$	$\frac{7.7}{4.6}$	1.2	$\frac{1.07}{1.07}$	$\frac{5.4}{6.0}$	0.116	$\frac{1.56}{1.56}$	$\frac{10.5}{5.3}$	2.2	$\frac{1.63}{1.63}$	1.0

Serpentinitas nontronitiza- das.	21	23.0	$\frac{1.22}{-}$	$\frac{2.8}{2.3}$	1.25	$\frac{1.02}{-}$	$\frac{5.6}{6.2}$	0.06	$\frac{1.6}{-}$	$\frac{5.4}{5.0}$	0.4	$\frac{2.3}{-}$	0.5
Serpentinitas lixiviadas.	12	20.0	$\frac{-}{7.0}$	$\frac{2.3}{2.0}$	0.36	$\frac{1.11}{-}$	$\frac{3.9}{4.3}$	0.055	$\frac{1.78}{-}$	$\frac{5.0}{2.7}$	0.5	$\frac{2.2}{-}$	0.32
Sector II													
Lateritas y ocres estruc- turales.	59	46.7	$\frac{1.02}{-}$	$\frac{7.9}{4.7}$	0.68	$\frac{1.42}{-}$	$\frac{3.1}{3.4}$	0.037	$\frac{1.56}{-}$	$\frac{3.4}{1.8}$	1.8	$\frac{1.56}{-}$	0.5
Ocres estruc- turales.	112	45.1	$\frac{-}{5.5}$	$\frac{7.6}{4.3}$	1.30	$\frac{1.13}{-}$	$\frac{5.9}{6.5}$	0.09	$\frac{1.22}{-}$	$\frac{8.1}{4.5}$	2.8	$\frac{2.17}{-}$	0.93
Serpentinitas nontronitiza- das.	98	20	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{3.2}{2.6}$	1.50	$\frac{1.31}{-}$	$\frac{6.8}{7.5}$	0.046	$\frac{1.73}{-}$	$\frac{4.1}{2.3}$	2.5	$\frac{1.83}{-}$	0.80
Subsector VIII-2													
Lateritas y ocres inestructurales.	90	45	$\frac{1.06}{-}$	$\frac{7.6}{4.5}$	0.81	$\frac{1.13}{-}$	$\frac{2.6}{4.0}$	0.035	$\frac{1.41}{-}$	$\frac{7.7}{4.2}$	1.65	$\frac{1.48}{-}$	0.63
Ocres estructu- rales.	128	45	$\frac{1.11}{-}$	$\frac{7.6}{4.5}$	1.20	$\frac{1.16}{-}$	$\frac{5.4}{6.0}$	0.095	$\frac{1.56}{-}$	$\frac{8.6}{4.7}$	1.3	$\frac{2.0}{-}$	0.89
Serpentinitas nontronitizadas.	124	19	$\frac{1.31}{-}$	$\frac{3.2}{1.19}$	1.43	$\frac{1.23}{-}$	$\frac{6.7}{7.1}$	0.045	$\frac{1.36}{-}$	$\frac{4.0}{2.2}$	1.6	$\frac{2.2}{-}$	0.86

Subsector VIII-3	76	48	$\frac{1.04}{-}$	$\frac{8.1}{4.9}$	0.75	$\frac{1.20}{-}$	$\frac{3.4}{3.7}$	0.065	$\frac{1.22}{-}$	$\frac{5.2}{3.2}$	2.0	$\frac{1.75}{-}$	0.76
Lateritas y ocres estructurales.													
Ocres estructura- les.	84	45	$\frac{1.06}{-}$	$\frac{7.6}{4.5}$	1.19	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{5.4}{5.9}$	0.085	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{7.7}{4.2}$	1.35	$\frac{2.0}{-}$	0.84
Serpentininitas nontronitizadas.	88	19	$\frac{1.26}{-}$	$\frac{3.2}{1.9}$	1.40	$\frac{1.15}{-}$	$\frac{6.3}{7.0}$	0.043	$\frac{1.24}{-}$	$\frac{3.9}{2.1}$	1.40	$\frac{1.71}{-}$	0.88
Subsector VIII-4													
Lateritas y ocres inestructurales.	51	46	$\frac{1.08}{-}$	$\frac{7.7}{4.6}$	0.75	$\frac{1.13}{-}$	$\frac{3.4}{3.7}$	0.067	$\frac{1.36}{-}$	$\frac{6.0}{3.3}$	2.0	$\frac{1.75}{-}$	0.73
Ocres estructura- les.	59	47	$\frac{1.14}{-}$	$\frac{7.9}{4.7}$	1.18	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{5.3}{5.9}$	0.086	$\frac{1.50}{-}$	$\frac{7.8}{4.3}$	1.18	$\frac{2.5}{-}$	0.8
Serpentininitas nontronitizadas.	59	19.5	$\frac{1.28}{-}$	$\frac{3.3}{1.9}$	1.50	$\frac{1.16}{-}$	$\frac{5.3}{7.5}$	0.057	$\frac{1.50}{-}$	$\frac{5.1}{2.8}$	1.5	$\frac{1.66}{-}$	0.8

Parametros Geoquimicos de distribución de los elementos químicos : Aluminio, Silice, Cromo? Manganeso y Magnesio en el perfil de la corteza en el "Yacimiento Martí".												
Parametros del cuerpo mineral.	Al $\frac{O}{2}$ $\frac{3}{3}$			Cr $\frac{O}{2}$ $\frac{3}{3}$			Si $\frac{O}{2}$			MnO		MgO
	C $\frac{O}{Al}$ $\frac{3}{2}$	$\frac{E}{S}$	$\frac{Ka}{Kc}$	C $\frac{O}{Cr}$ $\frac{3}{2}$	$\frac{E}{S}$	$\frac{Ka}{Kc}$	C $\frac{O}{Si}$ $\frac{2}{2}$	$\frac{6E}{S}$	$\frac{Ka}{Kc}$	C $\frac{MnO}{MnO}$	$\frac{E}{S}$	$\frac{Ca}{MgO}$
Sectores, tipos de horizontes de menas.												
Sector I	7.12	$\frac{4.45}{4.45}$	$\frac{8.9}{7.5}$	3.7	$\frac{0.75}{0.75}$	$\frac{5.3}{10.9}$	2.65	$\frac{1.3}{1.3}$	$\frac{0.07}{0.06}$	0.76	$\frac{1.4}{1.4}$	$\frac{1.06}{1.4}$
Lateritas y ocres inestructurales.												
Ocres es - tructura - les.	4.1	$\frac{2.4}{2.4}$	$\frac{5.1}{4.5}$	3.61	$\frac{0.30}{0.30}$	$\frac{6.1}{12.4}$	6.64	$\frac{1.9}{1.9}$	$\frac{0.17}{0.16}$	1.10	$\frac{1.1}{1.1}$	$\frac{2.3}{1.1}$
Serpenti - nitas non - tronitiza - das.	3.54	$\frac{2.2}{2.2}$	$\frac{4.4}{3.5}$	1.6	$\frac{0.5}{0.5}$	$\frac{2.7}{5.5}$	31.4	$\frac{5.1}{5.1}$	$\frac{0.84}{0.77}$	0.59	$\frac{1.2}{1.2}$	$\frac{15.6}{15.6}$
Sector II	8.5	$\frac{1.8}{1.8}$	$\frac{10.6}{9.0}$	2.39	$\frac{0.6}{0.6}$	$\frac{4.0}{8.2}$	3.05	$\frac{1.8}{1.8}$	$\frac{0.08}{0.07}$	0.52	$\frac{1.2}{1.2}$	$\frac{0.85}{0.85}$
Lateritas y ocres ines - tructurales.												
Ocre estruc - turales.	5.9	$\frac{1.5}{1.5}$	$\frac{7.3}{6.2}$	2.47	$\frac{0.64}{0.64}$	$\frac{4.1}{8.5}$	5.74	$\frac{1.8}{1.8}$	$\frac{0.15}{0.14}$	0.62	$\frac{1.1}{1.1}$	$\frac{1.56}{1.56}$

monitronitiza- das.	1.78	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{2.2}{1.8}$	1.25	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{2.0}{4.2}$	29.2	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{0.78}{0.71}$	0.29	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{3.4}{1.4}$	22.2	$\frac{4.9}{-}$	$\frac{0.5}{0.51}$
Sector III															
Lateritas y ocres inestru- turales.	7.6	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{2.5}{3.08}$	3.1	$\frac{0.13}{-}$	$\frac{5.2}{10.6}$	4.2	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.11}{0.10}$	0.90	$\frac{1.8}{-}$	$\frac{10.5}{4.6}$	0.70	$\frac{0.17}{-}$	$\frac{0.01}{0.01}$
Ocres estruc- turales.	4.3	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{5.3}{4.5}$	4.0	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{6.7}{13.7}$	3.74	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.10}{0.09}$	1.11	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{13.05}{5.7}$	0.90	$\frac{1.81}{-}$	$\frac{0.02}{0.02}$
Serpentinitas monitronitiza- das.	1.13	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{1.47}{1.2}$	1.54	$\frac{0.52}{-}$	$\frac{2.6}{5.3}$	30.2	$\frac{8.9}{-}$	$\frac{0.81}{0.74}$	0.50	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{5.88}{2.5}$	21.0	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.53}{0.48}$
Sector IV															
Lateritas y ocres inestru- turales.	3.25	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{10.6}{8.7}$	3.20	$\frac{0.97}{-}$	$\frac{10.3}{11.6}$	4.34	$\frac{1.8}{-}$	$\frac{0.11}{0.10}$	0.76	$\frac{1.6}{-}$	$\frac{3.94}{3.91}$	0.65	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.01}{0.01}$
Ocres estructu- rales.	2.95	$\frac{2.5}{-}$	$\frac{3.83}{3.12}$	3.79	$\frac{0.57}{-}$	$\frac{6.31}{13.2}$	3.89	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{0.10}{0.09}$	0.89	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{10.4}{4.58}$	1.22	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.03}{0.02}$
Serpentinitas monitronitiza- das.	0.98	$\frac{2.02}{-}$	$\frac{1.27}{1.04}$	2.17	$\frac{0.29}{-}$	$\frac{3.61}{7.4}$	25.28	$\frac{6.6}{-}$	$\frac{0.67}{0.62}$	0.46	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{5.4}{2.37}$	17.1	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{0.43}{0.36}$

or V ritas res tructu- s.	Al ₂ O ₃			Cr ₂ O ₃			SiO ₂			MnO			H ₂ O		
	10.4	$\frac{1.3}{-}$	$\frac{13.5}{11.0}$	2.1	$\frac{-}{6.0}$	$\frac{3.5}{7.2}$	4.0	$\frac{1.45}{-}$	$\frac{0.10}{0.09}$	0.69	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{8.1}{3.55}$	0.6	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.01}{0.01}$
s estruc- les.	4.8	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{6.0}{5.1}$	3.3	$\frac{3.7}{-}$	$\frac{5.5}{11.3}$	3.9	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{0.10}{0.09}$	0.80	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{9.4}{4.12}$	1.25	$\frac{1.21}{-}$	$\frac{0.03}{0.02}$
entinitas ronitizadas.	2.1	$\frac{2.01}{-}$	$\frac{2.6}{2.2}$	2.11	$\frac{-}{0.50}$	$\frac{3.5}{7.2}$	2.43	$\frac{2.2}{-}$	$\frac{0.65}{0.59}$	0.43	$\frac{1.28}{-}$	$\frac{5.06}{2.21}$	13.4	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.47}{0.42}$

Parámetros geoquímicos de distribución de los principales elementos metálicos en los límites del yacimiento "Ocujañal - Ramona"

Parametros geoquímicos de distribución de los principales elementos metálicos en los límites del yacimiento "Ocujañal - Ramona"		n	Fe		C Fe, %	C Ni, %	N1	Co		H, m	Espesor.	
			E S	Ka Kg				C Co, %	E S			Ka Kg
Parametros del cuerpo mineral.												
Sectores, tipos de horizontes de menas.												
Sector II	49	47	1.05	7.9 4.7	0.72	1.20	3.3 3.6	0.047	1.44	1.3	4.2 2.3	1.0
Lateritas y oceres inestructurales.												
Oceres estructurales.	43	48	1.06	8.1 4.3	1.18	1.1	5.3 5.9	0.10	1.5	1.6	2.0 5.0	1.23
Serpentinitas nontroñizadas.	47	20	1.35	2.3 2.03	1.13	1.12	5.9 6.5	0.057	1.61	0.5	5.1 2.3	2.6
Sector VIII	43	45	1.04	7.6 4.5	0.85	1.1	3.8 4.2	0.06	1.23	0.4	5.4 3.0	0.4
Lateritas y oceres inestructurales.												
Oceres estructurales.	85	45	1.08	7.6 4.5	1.25	1.12	5.6 6.2	0.091	1.22	0.8	8.2 4.5	1.2
Serpentinitas nontroñizadas.	58	22	1.27	3.7 2.2	1.50	1.24	6.8 7.5	0.043	1.62	0.45	3.2 2.1	2.0

Sector IX Lateritas y ocres ines - tructurales.	25	47	$\frac{1.04}{-}$	$\frac{7.9}{4.7}$	0.85	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{3.8}{4.2}$	0.063	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{5.7}{5.15}$	0.65	$\frac{-}{0.55}$	0.40
Ocres estruc- turales.	57	45.2	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{7.6}{4.5}$	1.22	$\frac{1.15}{-}$	$\frac{5.5}{6.1}$	0.095	$\frac{1.37}{-}$	$\frac{8.6}{4.7}$	1.0	$\frac{1.2}{-}$	0.90
Serpentinitas nontronitiza- das.	50	22	$\frac{1.32}{-}$	$\frac{3.7}{2.2}$	1.34	$\frac{1.42}{-}$	$\frac{6.09}{6.7}$	0.047	$\frac{1.6}{-}$	$\frac{4.2}{2.3}$	0.67	$\frac{2.24}{-}$	0.76
Sectores II, VIII y IX. Lateritas y ocres ines - tructurales.	117	46.3	$\frac{1.04}{-}$	$\frac{7.8}{4.7}$	0.81	$\frac{1.12}{-}$	$\frac{3.6}{3.6}$	0.057	$\frac{1.32}{-}$	$\frac{5.1}{2.8}$	0.8	$\frac{-}{0.65}$	0.50
Ocres estruc- turales.	215	46.1	$\frac{1.08}{-}$	$\frac{7.8}{4.7}$	1.22	$\frac{1.15}{-}$	$\frac{5.5}{6.1}$	0.095	$\frac{1.40}{-}$	$\frac{8.6}{4.7}$	1.15	$\frac{1.2}{-}$	0.91
Serpentinif - tas nontron - nitizadas.	155	21.3	$\frac{1.21}{-}$	$\frac{3.5}{2.1}$	1.38	$\frac{1.28}{-}$	$\frac{5.2}{6.9}$	0.049	$\frac{1.60}{-}$	$\frac{4.4}{2.4}$	0.54	$\frac{2.61}{-}$	0.68

Parametros del cuerpo mineral.	Al O 2 3			Cr O 2 3			Si O 2			MnO			MgO		
	C Al O 2 3	E S	Ka Kg	C Cr O 2 3	E S	Ka Ag	O Si O 2	E S	Ka Kg	C MnO	E S	Ka Kg	C MgO	E S	
Sectores, tipos de horizontes de menas.															
Sector II															
Lateritas y ocre inestructurales.	6.7	1.2	7.6 7.1	3.15	1.2	5.3 10.8	4.6	1.5	0.12 0.11	0.87	1.2	10.2 4.4	1.4	1.1	
Ocres estructurales.	3.7	1.4	4.2 3.9	3.4	1.2	5.7 11.7	5.0	1.6	0.13 0.12	1.16	1.1	13.6 5.9	2.3	2.0	
Serpentinitas non- tronitizadas.	1.2	1.5	1.3 1.2	1.46	1.3	2.4 5.0	30.2	1.2	0.81 0.72	0.42	1.6	4.9 2.1	24	1.2	
Sector VIII															
Lateritas y ocres inestructurales.	6.1	1.3	7.6 6.4	3.1	1.1	5.2 10.6	5.2	1.6	0.13 0.12	0.84	1.4	9.7 4.3	1.5	1.3	
Ocres estructurales.	4.8	1.1	6.0 5.1	3.17	0.40	5.3 13.9	5.2	1.5	0.13 0.12	1.33	1.8	15.6 6.8	4.4	1.6	
Serpentinitas non- tronitizadas.	1.8	1.7	2.2 1.9	1.47	1.3	2.4 5.06	28	1.4	0.75 0.68	0.52	1.4	6.1 2.6	21.8	1.4	
Sector IX															
Lateritas y ocres inestructurales.	6.05	1.3	7.5 6.4	3.25	1.1	5.5 11.2	4.89	1.2	0.13 0.12	0.91	1.4	10.7 4.6	1.52	1.2	



Ocres estructurales.	3.6	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{4.5}{3.8}$	3.75	$\frac{-}{0.9}$	$\frac{5.3}{12.5}$	4.4	$\frac{1.6}{-}$	$\frac{0.33}{0.10}$	1.99	$\frac{-}{0.13}$	$\frac{12.8}{5.6}$	3.03	$\frac{1.5}{-}$	$\frac{0.07}{0.07}$
Serpentinitas non-tronitizadas.	1.36	$\frac{1.3}{-}$	$\frac{1.7}{1.4}$	1.66	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{2.8}{5.7}$	28.3	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.76}{0.69}$	0.56	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{6.5}{2.8}$	21.1	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.54}{0.49}$
Sectores II, VIII y IX.															
Lateritas y ocres inestructurales.	6.3	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{7.8}{6.7}$	3.17	$\frac{1.1}{-}$	$\frac{5.3}{10.9}$	4.9	$\frac{1.4}{-}$	$\frac{0.13}{0.12}$	0.87	$\frac{1.33}{-}$	$\frac{10.2}{4.4}$	1.50	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{0.03}{0.03}$
Ocres estructurales.	4.0	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{2.0}{4.2}$	3.44	$\frac{1.2}{-}$	$\frac{5.8}{11.3}$	4.9	$\frac{1.57}{-}$	$\frac{0.13}{0.12}$	1.19	$\frac{1.40}{-}$	$\frac{14.0}{6.1}$	1.27	$\frac{1.7}{-}$	$\frac{0.03}{0.02}$
Serpentinitas non-tronitizadas.	1.53	$\frac{1.5}{-}$	$\frac{1.2}{1.6}$	1.53	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{2.5}{5.2}$	23.8	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{0.77}{0.70}$	0.50	$\frac{1.47}{-}$	$\frac{5.8}{2.5}$	22.3	$\frac{1.27}{-}$	$\frac{0.5}{0.5}$

Uno de los horizontes obtenidos se compara con los horizontes del yacimiento Martí (anexo 9).

En la construcción de los espectros geoquímicos para los tres sectores I, III y V del yacimiento Martí, se observa de una manera evidente que en los sectores III y V, el grado de lixiviación y concentración de los elementos en los distintos horizontes comparados en el perfil vertical son muy parecidos entre si.

En estos sectores el grado de concentración varía desde 3 a 11 para distintos elementos.

Las diferencias notables en los valores de la concentración y lixiviación se observan entre los sectores III y V en comparación con el sector I. Estas variaciones se producen tanto en el perfil horizontal, como en el perfil vertical de estos sectores.

Las variaciones indicadas en el párrafo anterior se deben primeramente a la formación de la serpentinita lixiviada en el sector I y a la abrasión en la parte superior de la corteza de este sector.

Como se puede ver en el anexo 8, el grado de lixiviación de la Si es mayor en el sector I, sin embargo el grado de lixiviación del Mg es menor en comparación con los sectores III y V; este hecho ocurre tanto en los acres inestructurales, como en las serpentinitas. En los acres estructurales el grado de lixiviación del Mg y la Si dentro del sector I es menor que en relación con los otros sectores comparados (III y V).

Es característico observar un aumento en el grado de concentración del Ni, los valores para este elemento aumentan desde los horizontes de acres inestructurales hasta

las serpentinitas; este incremento lo encontramos en los tres sectores del yacimiento Martí (I, III y V). Este aumento en el grado de concentración del níquel, se manifiesta más intensamente en el sector I.

También se puede observar una disminución en el grado de concentración del Co en el horizonte de serpentinitas; esta disminución se presenta en los tres sectores, igual análisis se puede notar en el grado de concentración del Cr y del Fe.

Se observa un aumento paulatino del grado de concentración del Al desde los horizontes inferiores a los superiores, este hecho, lo encontramos en los tres sectores I, III y V.

En la comparación de los espectros geoquímicos de los yacimientos Martí y ecujal-Ramona, observamos que en estos yacimientos encontramos una gran analogía entre los horizontes comparados. El grado de concentración y lixiviación de los elementos se manifiestan más o menos parecida en los dos yacimientos.

En la comparación de los horizontes de ambos yacimientos se observa que en el yacimiento ecujal-Ramona no aparece el horizonte "d", este problema se nos presentó por no tener datos suficientes en la construcción del mencionado horizonte.

Los espectros geoquímicos construidos para el yacimiento ecujal-Ramona se realizaron con los datos obtenidos en los sectores II, VII y IX de dicho yacimiento.

En la comparación de los espectros geoquímicos de ambos yacimientos, se escogieron los valores obtenidos en los sectores I, II, III, IV y V para el yacimiento Martí.

En los histogramas de los espectros geoquímicos se observa claramente la división de los elementos principales que entran en la composición de la corteza de intemperismo en dos grupos:

a-Elementos que se lixivian en la corteza de intemperismo (Mg y Si).

b-Elementos que se concentran en la corteza de intemperismo (Ni, Co, Fe, Cr, Al y Mn)

2-MODELOS GEOESTADÍSTICOS

Los modelos geoestadísticos nos permiten observar en línea general el desarrollo de los cuerpos minerales completos así como el comportamiento en la distribución de los elementos en el corte vertical de todas las áreas del yacimiento.

En estos modelos expresamos el espesor de cada horizonte, así como también, los contenidos promedios de cada elemento menífero; estos contenidos se expresan por medio de los coeficientes de acumulación de los diferentes elementos.

Todos los cálculos preliminares para la construcción de estos modelos se presentan en la tabla 2, algunos cálculos se expresan en formas de perfiles (anexo 10). Apalizando los datos que se observan en la tabla y dibujo, nosotros podemos llegar a obtener informaciones muy específicas.

En cuanto al desarrollo de la corteza se vio muy claramente los diferentes tipos de bloques en que están constituidas las áreas del yacimiento. El espesor de las menas limoníticas que es casi 3 metros no cambia por toda el área del yacimiento, pero sin embargo, si relacionamos los espesores de las menas serpentiniticas y limoníticas se puede notar varios tipos de bloques, por ejemplo en el sector I tenemos que pre-

dominan las menas serpentiniticas. Sin embargo en el sector III se observa un espesor pequeño de las menas serpentiniticas en relación con el espesor de las menas limoniticas (2.5 metros). En los sectores II y IV poseen iguales espesores las menas limoniticas y serpentiniticas. Es necesario aclarar que los resultados que se obtuvieron para los sectores II y IV son válidos para toda el área de ambos sectores ya que en la subdivisión que se hizo en el sector IV encontramos cortes iguales al sector I (subsector IV-2) y en otras partes del sector IV (en los subsectores IV-1 y IV-3) encontramos cortes geológicos-geoquímicos parecidos al sector III. Igual hecho, podemos encontrar en el sector II, en la parte norte encontramos cortes iguales a los que se presentan en el sector I.

Se puede notar que en los sectores donde aparecen dos horizontes, tenemos que buscar una mineralización níquelífera en las rocas duras.

Los bloques II y IV que se representan en los perfiles geologo-geoquímicos son promedios.

Mediante el comportamiento en la distribución de los elementos en el corte vertical para los sectores señalados se puede observar que contenido de hierro disminuye desde los horizontes superiores a los inferiores, sin embargo, el comportamiento del níquel es diferente, se observa un aumento constante desde arriba hasta las zonas inferiores del corte.

Para el Co se observa que sus valores máximos se hallan en los horizontes de cores estructurales, con disminución en los horizontes de cores inestructurales y serpentinitas.

Algunos cortes con las mismas características del sec-

tor III se puede observar en otros sectores del yacimiento.

Es característico observar que en los sectores donde encontremos una mineralización níquelífera en la parte inferior del corte veremos que el coeficiente de acumulación del Co es de 9 ó más unidades, esta observación la podemos utilizar como un índice de mineralización de las rocas duras.

De tal manera vemos que geoquímicamente recibimos las mismas características que se obtuvieron durante la realización de las investigaciones geológicas.

3-GRÁFICOS DE LAS PRODUCTIVIDADES LINEALES RELATIVAS

Por medios de estos gráficos nosotros podemos demostrar la cantidad absoluta de cada elemento, así como también representar las construcciones de los horizontes en el corte vertical de la corteza.

Podemos representar además gráficamente los valores de la productividad lineal; para el estudio de la corteza fue necesario construir los gráficos de los elementos químicos de Fe, Ni y Co (anexo 11). Los cálculos de la productividad lineal de estos elementos vienen expresados en la tabla 6. Las cifras para otros elementos vienen señalados en la tabla 7.

Analizando las cifras obtenidas para cada horizonte de un sector, nosotros podemos relacionar las mencionadas cifras con otros horizontes y así estamos en disposición de poder mostrar las particularidades existentes con otros sectores. Por ejemplo mirando la productividad lineal, del Fe, podemos decir que encontramos grandes espesores de escombros en la parte superior del sector I, también se observa en el sector VII, pues el contenido de Fe en el horizonte de laterita es a-

Parametros del cuerpo mineral.	Productividad lineal relativa.				Peso volumetrico (seco) d, g p/ cm ³	Fe	Ni	Co	
	M± h Ka Km d.		Fe	Ni					Co
	1	2							
Sectores, tipos de horizon- tes de menas.	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sector I									
Laterites y ocre estructurales.		27.48	10.25	16.40	1.59	9.47	3.53	5.65	
Ocre estructura- les		17.37	13.27	25.0	1.16	5.99	4.57	8.62	
Serpentinitas nontronitizadas.		10.14	24.63	13.86	0.39	3.49	8.51	4.77	
Serpentinitas lixiviadas sin oxidaciones.		4.70	23.30	4.70	1.22	1.62	8.20	1.62	
Suma		59.69	72.00	59.96		20.57	24.31	22.66	
Sector VII									
Lateritas y ocre estructurales.		29.87	14.30	21.0	1.59	10.30	4.93	7.24	
Ocre estructura- les.		4.63	4.1	8.0	1.16	1.60	1.41	2.76	
Serpentinitas nontronitizadas.		10.54	28.1	10.16	0.89	3.66	9.69	3.50	

Conglomerados lixiviados meníferos.	1.49	6.2	1.40	1.92	0.51	2.13	0.48
Suma	46.56	52.70	40.56		16.04	18.16	13.90
Sector III							
Lateritas y ocres ines- tructurales.	13.34	6.5	8.61	1.59	4.60	2.24	2.96
Ocres estruc- turales.	22.63	17.0	23.83	1.16	7.82	5.86	8.21
Serpentinitas nontronitiza- das.	1.36	2.50	0.65	0.89	0.46	0.86	0.22
Suma	37.33	26.00	33.09		12.88	0.96	11.39
Sector IX							
Lateritas y ocres ines- tructurales.	4.23	2.20	1.87	1.59	1.45	0.75	0.64
Ocres estruc- turales.	12.65	15.4	26.72	1.16	6.77	5.31	9.23
Serpentinitas nontronitiza- das.	0.74	1.30	2.05	0.89	0.25	0.44	0.36
Suma	24.62	18.90	29.71		8.47	6.50	10.23
Sector II							
Lateritas y ocres ines- tructurales	11.3	4.90	4.83	1.59	3.89	1.63	1.65

Ocres estruc- turales.	22.9	19.6	24.4	1.16	7.89	6.75	3.41
Serpentininitas nontronitiza- das	5.69	14.4	7.3	0.89	1.96	4.96	2.51
Suma.	39.89	38.90	36.58		13.74	13.39	12.57
Sector VIII-2 Lateritas y ocres inestructurales.	12.56	6.7	12.7	1.59	4.33	2.31	4.37
Ocres estructu- rales.	10.20	3.1	11.5	1.16	3.51	2.79	3.96
Serpentininitas nontronitiza- das.	3.92	10.2	4.9	0.89	1.35	3.51	1.63
Suma.	26.68	25.00	29.10		9.19	8.61	10.01
Sector VIII-3 Lateritas y ocres inestructurales.	19.58	9.10	14.20	1.59	8.75	3.13	4.89
Ocres estructura- les.	2.99	7.90	10.10	1.16	3.44	2.72	3.48
Serpentininitas nontronitiza- das.	3.50	7.70	4.20	0.89	1.20	2.65	1.44
Suma.	33.07	24.70	28.50		13.39	8.50	9.81
Sector IX-1 Lateritas y ocres inestruc- turales.	31.47	14.0	11.74	1.59	10.85	4.82	7.20

Ocres estructurales.	21.13	15.0	24.4	1.16	7.28	5.17	8.41
Serpentinitas nontronitizadas.	1.12	1.70	1.40	0.39	0.38	0.58	0.48
Suma.	22.25	16.70	25.80	1.55	7.66	5.75	8.89
Sector IV-3							
Lateritas y ocres inestructurales.	10.24	4.90	4.20	1.59	3.53	1.69	1.45
Ocres estructurales.	25.40	20.70	33.10	1.16	8.76	7.13	11.41
Serpentinitas nontronitizadas.	1.53	2.70	2.20	0.39	0.52	0.93	0.76
Suma.	37.17	28.30	39.50	2.14	12.81	9.75	13.62
Sector V							
Lateritas y ocres inestructurales.	21.94	9.6	14.9	2.59	7.56	3.31	5.10
Ocres estructurales.	22.22	16.4	25.3	1.16	7.66	5.65	8.72
Serpentinitas nontronitizadas.	3.49	6.4	5.8	0.89	1.20	2.20	2.00
Suma.	47.65	32.40	45.90	4.64	16.42	11.16	15.82
Sector VI							
Lateritas y ocres inestructurales.	3.09	1.60	1.41	1.59	1.06	0.52	0.48

Ocres estructurales.	12.52	10.6	17.1	1.16	4.31	3.69	5.89
Serpentinitas nontro- nizadas.							
Suma.	1.53	2.4	1.50	0.89	0.52	0.82	0.52
Sector VIII-4	17.14	14.60	20.01		5.89	55.06	6.89
Lateritas y ocres estructurales.	12.27	8.70	13.90	1.59	6.16	3.00	4.79
Ocres estructurales.	8.71	6.5	8.5	1.16	3.00	2.24	2.93
Serpentinitas nontro- nizadas.	3.75	8.50	5.40	0.89	1.29	2.93	1.86
Suma.	20.33	23.70	27.80		10.45	8.17	9.58
Sector IV-2							
Lateritas y ocres estructurales.	21.6	10.00	14.80	1.59	7.45	3.45	4.82
Ocres estructurales.	24.9	20.8	34.9	1.16	8.58	7.17	12.03
Serpentinitas nontro- nizadas.	8.20	28.20	10.60	0.89	2.82	9.72	3.65
Suma.	54.70	59.00	59.50		18.85	20.34	20.50

determinación de la productividad lineal de otros elementos que se encuentran en la corteza de intemperismo en el yacimiento Martí.

Productividad lineal relativa

Parametros del cuerpo mineral.	M= h Ka Knd.						MnO	MgO
	Al 2 3	Cr 2 3	Si 0 2					
Sectores, tipos de horizon- tes de menas.								
1	2	3	4				5	6
Sector I								
Lateritas y ocres inestructurales.	36.51	21.74	0.28				36.51	0.08
Ocres estructurales.	12.30	14.71	0.41				31.12	0.14
Serpentinitas nontro- notizadas.	14.38	9.13	2.84				23.33	1.35
Suma.	63.59	45.58	3.53				90.96	1.57
Sector II								
Lateritas y ocres inestructurales.	15.16	5.72	0.11				8.72	0.02
Ocres estructurales.	22.05	12.33	0.45				21.74	0.12
Serpentinitas nontro- nitizadas.	3.91	3.56	1.38				6.05	1.01
Suma.	41.12	21.66	1.94				36.51	1.51
Sector III								
Lateritas y ocres inestructurales.	15.96	8.73	0.18				17.64	0.03

Ocres estructurales.	15.21	19.22	0.28	37.45	0.05
Serpentininitas nontro- ninizadas.	0.50	0.882	0.27	2.00	0.18
Suma.	31.67	28.83	0.73	57.09	0.23
Sector IV					
Lateritas y ocres inestructurales.	42.71	12.31	0.44	56.02	0.04
Ocres estructurales.	9.72	16.02	0.25	26.41	0.07
Serpentininitas nontro- ninizadas.	0.50	0.86	0.16	1.29	0.10
Suma.	52.73	29.69	0.85	63.72	0.21
Sector V					
Lateritas y ocres inestructurales.	36.99	9.59	0.27	21.19	0.02
Ocres estructurales.	16.86	15.45	0.28	26.41	0.08
Serpentininitas nontro- ninizadas.	2.57	3.46	0.64	5.01	0.46
Suma.	56.42	28.50	1.19	52.61	0.56

proximadamente igual al sector I.

Pequeñas cifras de las productividades lineales del Fe (4.6) se manifiestan en los horizontes de ocrees estructurales en el sector VII, esto significa, que en este horizonte se halla en un período de destrucción de la corteza.

Se observan grandes cantidades de Fe en las serpentinitas de los sectores I y VII (24.3 y 12 respectivamente), este hecho, significa de que en los horizontes inferiores de las cortezas de intemperismo tiene lugar una alta mineralización de los silicatos de Ni.

En los sectores I, V y VII debido a su proceso evolutivo anterior se encuentran en una situación muy favorable para la acumulación de las lateritas redetransportadas.

Analizando las productividades lineales del Ni se observa como regla general, que la productividad del Ni tiene una ley que aumenta desde los ocrees inestructurales hasta los ocrees estructurales y disminuyen en los horizontes de serpentinitas. Esta observación se presentan en los sectores II, III y V; sin embargo en el sector I la productividad lineal del Ni aumenta constantemente desde los horizontes superiores hasta los inferiores; esto se debe principalmente a la mineralización de silicatos de Ni que se desarrollan en las rocas duras de la corteza de este sector I.

En el sector VII se observan valores elevados de la productividad lineal del Ni en las lateritas (14.30), al mismo tiempo se denota una disminución de esta productividad en los ocrees estructurales (4.1).

Esta disminución nos permite suponer la existencia

de un período de destrucción del horizonte antes mencionado. La productividad lineal comienza a aumentar de nuevo en este sector en el horizonte de serpentinitas alcanzando valores de (28.1).

En la mayoría de los gráficos del Co se observa ciertas analogías entre ellos. Casi siempre la acumulación grande de este elemento está relacionada con los horizontes de cores estructurales, a excepción del sector VII, donde el Co se encuentra relacionado con el horizonte de laterita; es precisamente esta relación unida a la presencia de grandes espesores de lateritas redetransportadas la causa de el elevado contenido de Co en este sector.

Otro factor que contribuye a la alta acumulación del Co es que el mismo posee un grado de inercia relativamente alto en comparación con el Ni; es decir, puede hablarse con certeza acerca de la mayor capacidad de migración del Ni en comparación con el Co.

Sin embargo Y.Y Bugelsky hizo una deducción sobre la analogía de los procesos de migración del Co en comparación con el Ni, llegando a una conclusión opuesta a la nuestra.

Es necesario destacar que relativamente encontramos grandes cantidades de Co en los horizontes de serpentinitas, esto nos demuestra que en las rocas duras del perfil vertical se desarrollo una mineralización de silicatos de Ni, la cual es característica para los sectores I, III, V y VII.

Analizando las relaciones entre las productividades lineales de los horizontes de menas limoníticas y serpentinitas, nosotros podemos fijar exactamente tres tipos de menas tecnológicas. Por ejemplo en los horizontes limoníticos, tiene

mos menas ferruginosas; mientras que en los horizontes de serpentinitas obtenemos menas de silicatos magnesianos y el otro tipo tiene siendo un promedio entre estas dos menas descriptas.

El sector II I constituye el sector más representativo para las menas ferruginosas siendo la relación entre el horizonte de menas limoníticas y serpentiniticas igual a 6.8.

En los sectores I y VII predominan las menas de silicatos magnesianos (siendo sus valores 0.27 y 0.12 respectivamente).

Los sectores II y V son bloques promedios con iguales relaciones de menas limoníticas y serpentiniticas. Por estar el sector V cerca del sector III podemos agrupar este sector como un bloque promedio también. Particularmente en estos bloques se pueden encontrar una mineralización niquelífera en las rocas duras.

En los sectores I y VII esta mineralización de silicatos de Ni está muy bien desarrollada en comparación con los demás sectores. Analizando la productividad lineal, podemos precisar algunas conclusiones acerca de la génesis de la corteza de intemperismo por medio de la evaluación de los espesores iniciales de las rocas matrices que fueron el fundamento primario del perfil de la corteza de intemperismo observado.

Como resultado de estas cifras obtenidas podemos señalar lo siguiente: es notable ver que los espesores iniciales promedios (24.7 y 18.1) calculados para el perfil completo basándonos en el Ni en los sectores I y VII respectivamente, son mayores en comparación con los sectores II, III y V. Las cifras obtenidas de los espesores iniciales promedios basa-

dos en el Fe y el Co para todos los sectores están más cercanos. Mirando estas cifras vemos que los espesores en los sectores II, III, V y VII varían entre los 11 hasta 16 metros. En el sector I los valores promedios del espesor inicial en base al Fe y el Co son de (20.5 y 20.6 metros).

Es muy posible que el aumento de la productividad lineal del Ni en los sectores I y VII se deba a la formación en dos etapas de las cortezas de intemperismo. Nosotros podemos deducir que en la formación del Ni en los sectores I y VII, algunas cantidades del Ni de la primera etapa participan en la segunda etapa de formación de la corteza y es por eso el alto contenido de este elemento en los sectores señalados.

Revisando la literatura se observa que los espesores promedios iniciales calculados sobre la base del Ni en la parte norte del yacimiento Nicaro (Martí), son más pequeños en comparación con los espesores de los yacimientos de punta Gerda y Pinares de Mayarí.

4-RELACION DE LOS PROCESOS DE INFILTRACION Y CONCENTRACION

RESIDUAL

Como consecuencia de estas relaciones podemos conocer el grado en que tomaron parte los procesos de infiltración en la acumulación de un elemento dado, ya que estas varían de un horizonte dado de la corteza de intemperismo a otro. Los valores que se obtienen son desiguales para los diferentes elementos; estas desigualdades provocan la necesidad de realizar los cálculos por separados para los diferentes horizontes, así como para los cortes completos de la corteza de intemperismo en los diferentes sectores del yacimiento Martí.

La determinación del cálculo de las fracciones de la acumulación por infiltración de los elementos se han realizado en los sectores I, II, III y IV (subsectores IV-1 y IV-2).

El cálculo de los diferentes elementos se ha realizado por la fórmula siguiente:

$$U = \left(1 - \frac{D}{\frac{d}{K_a}}\right) \times 100, \% \text{ (ver metodología de la investigación)}$$

En el sector I se han obtenidos las siguientes cifras

en (%)

	Ni	Co	Fe	Cr	Al	Mn
Lateritas	27	54	73	66	80	80
Secres estructurales	55	76	65	50	51	80
Serpentinitas nontronitizadas	55	20	-9	-0.21	26	53
Serpentinitas lixiviadas	81	6	6	-----		
Sector II						
Lateritas	41	46	67	54	83	70
Secres estructurales	58	69	67	39	76	65
Serpentinitas nontronitizadas	50	20	-0.2	-0.63	-0.48	4
Sector III						
Lateritas	48	64	77	65	81	83
Secres estructurales	53	70	68	63	53	81
Serpentinitas nontronitizadas	46	42	12	-0.25	-1.21	44

Subsector IV-1	Ni	Co	Fe	Cr	Al	Mn
Lateritas	41	65	75	82	83	80
Oxidos estructu- rales	53	74	70	60	33	76
Serpentininitas nontronitizadas	47	47	16	9	-1.57	40
Subsector IV-2						
Lateritas	46	66	78	82	83	80
Oxidos estructu- rales	58	77	68	60	33	76
Serpentininitas nontronitizadas	58	9	-0.16	9	-1.57	40

Por medio de estas cifras podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- para los horizontes de serpentinitas en los sectores señalados se observa que existe un predominio de la acumulación residual en comparación con la infiltración en la mayoría de los elementos que se encuentran en este horizonte.
- en los oxidos estructurales de los sectores señalados encontramos que el Ni penetra en estos horizontes predominantemente por medio de la infiltración. También es característico para el Co este comportamiento hasta el horizonte de oxidos estructurales, ya que el Co es un elemento inerte y no poseen portadores que le permitan migrar al horizonte de serpentinitas.
- por las cifras obtenidas en la acumulación por infiltración en los oxidos estructurales (mayor del 50%); no se puede decir, que los mismos sean completamente estructura-

les dentro del horizonte; ya que dentro de estos horizontes aparecen relietos de las estructuras de las rocas matrices.

d) en los horizontes de lateritas predomina la infiltración en la mayoría de los elementos en comparación con la acumulación residual.

Se puede señalar que la penetración de los distintos elementos en los diferentes horizontes no solamente se realiza por medio de la infiltración líquida, sino también por medio de la infiltración sólida. Por medio de la infiltración sólida es posible suponer que en los horizontes inferiores ocurrirá una compactación de los elementos; esto significa que los valores del peso volumétrico serán más bajos en los horizontes estructurales de la corteza de intemperismo.

En el perfil geoquímico ideal del yacimiento Martí que se señala en el anexo 12, podemos ver por ejemplo la relación del Mg con la profundidad, es decir, se observa un aumento de sus valores a medida que crece la profundidad. La misma situación se observa en el SiO_2 , esto sin incluir el horizonte de lateritas, donde encontramos la sílice en forma libre (sin agua).

También observamos que en el horizonte de menas serpentínicas encontramos un valor mínimo del peso volumétrico, este horizonte es muy poroso y además la cantidad de agua es mucho más grande que en los horizontes superiores. Es notable la disminución que se produce en los valores del Fe, Al_2O_3 ; igual disminución con la profundidad se observa en la semisuma de los metales (Ni, Co, Cr_2O_3 y Mn), este hecho

se puede observar en el anexo 12 en la zona general (A); estas variaciones pueden verse más claras en la parte (B del anexo 12) donde se representa en una escala más pequeña.

Debido a la gran porosidad del horizonte de serpentinitas se produce el proceso de penetración de los materiales en forma sólida, paralelamente en este ocurre la infiltración de algunos elementos.

5-SERIES DE INERCIA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Estas series de los elementos químicos reflejan la migración real de los elementos químicos, no solo por sus capacidades de pasar a las soluciones, sino también tiene en cuenta el caracter de las relaciones entre los procesos de dispersión (lixiviación, disolución) y la concentración (sorción, mineralogénesis) de los diferentes elementos en determinadas partes del perfil de las cortezas de intemperismo.

En la tabla 8 se muestran de una manera cuantitativa la determinación de estas inmovilidades de los diferentes horizontes, así como el perfil completo formado por cada uno de los horizontes analizados. Los valores encontrados de la productividad lineal para cada uno de los elementos hallados en los distintos horizontes se situaren en orden decreciente según su magnitud.

Se puede señalar que las posiciones ocupadas por cada uno de los elementos en los diferentes horizontes, así como el perfil completo de la corteza de intemperismo está en dependencia de las propiedades químicas de los diferentes elementos.

Por ejemplo el Ni en los horizontes de lateritas y concreciones estructurales siempre se encuentra ocupando una posición similar en la serie de inercia, sin embargo, en los horizontes

Ordena de los elementos químicos.	Series de inercia de los elementos.									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
Sectores, tipos de horizontes de minas.										
Sector I										
Lateritas y ocrea inestru- cturales.	Mg	Si	Mn	Co	Cr	Fe	Al	Mn		
Ocrea estructurales.	Mg	Si	Al	Mn	Cr	Fe	Co	Mn		
Serpentinitas nontroni- tizadas.	Mg	Si	Cr	Fe	Co	Al	Mn	Ni		
Total.	Mg	Si	Cr	Fe	Co	Al	Ni	Mn		
Sector II										
Lateritas y ocrea inestru- cturales.	Mg	Si	Co	Mn	Cr	Mn	Fe	Al		
Ocrea estructurales.	Mg	Si	Cr	Ni	Mn	Al	Fe	Co		
Serpentinitas nontroni- tizadas.	Mg	Si	Cr	Al	Fe	Mn	Co	Ni		
Total.	Mg	Si	Cr	Co	Mn	Ni	Fe	Al		
Sector III										
Lateritas y ocrea inestru- cturales.	Mg	Si	Ni	Co	Cr	Fe	Al	Mn		
Ocrea estructurales.	Mg	Si	Al	Ni	Cr	Fe	Co	Mn		
Serpentinitas nontroni- tizadas.	Mg	Si	Al	Co	Cr	Fe	Mn	Ni		
Total.	Mg	Si	Ni	Co	Cr	Al	Fe	Co		

de serpentinitas se observa que la posición del Ni varía mucho, esto significa que la posición de este elemento en la serie de inercia dependa de la mineralización de silicatos de Ni que aparecen en las rocas duras.

Es necesario señalar que la posición del Ni en los distintos horizontes señalados en cada sector, siempre experimenta un desplazamiento hacia la derecha en los horizontes de serpentinitas.

Este mismo análisis se puede realizar para otros elementos dentro de cada horizonte, por ejemplo para el Al, Co, Fe y Cr dentro de cada horizonte observamos que siempre tiende a ir hacia la izquierda en los horizontes de serpentinitas.

En la comparación de los valores obtenidos en el perfil completo de la corteza se pueden apreciar variaciones en la posición de los elementos. Más o menos no se observan cambios bruscos en la posición de los elementos en los sectores I y IV, los cambios considerables se notan en la comparación de estos dos sectores con el sector III.

Sector I

Mg < Si < Cr < Fe < Co < Al < Ni < Mn

Sector IV

Mg < Si < Cr < Al < Fe < Ni < Co < Mn

Sector III

Mg < Si < Ni < Cr < Al < Co < Fe < Mn

En los sectores donde se encuentre el Mn en primer lugar encontraremos que el desarrollo de la corteza es pobre, este señalamiento se puede observar en los sectores I, III y IV. En los sectores donde aparezca el Al en primer lugar encontraremos un desarrollo bastante amplio de la corteza de intemperismo, este tipo de desarrollo corresponden a los sectores II y

y V, también este desarrollo amplio es característico para el yacimiento Pinares de Mayarí (según el trabajo de las particularidades geoquímicas del yacimiento Pinares de Mayarí por A.S. Vershinin y Carlos Crembet).

6- INDICADORES GEOQUÍMICOS DE LA ZONALIDAD VERTICAL DE LA CORTEZA DE INTEMPERISMO

Por medio de los coeficientes de acumulación de los elementos inmóviles (Al, Fe) y de los elementos más móviles (Mg, Si), se establecieron las diferentes relaciones que se señalan en la tabla 9. De una manera objetiva nosotros podemos representar los contrastes de la zonación geoquímica en el perfil vertical.

Se observa en esta tabla que hay relaciones que expresan de una manera muy clara la zonación de la corteza de intemperismo, por ejemplo $(K \text{ Al/Mg}, \text{Al/Si}, \frac{\text{Fe+Al}}{\text{Mg+Si}}, \frac{\text{Fe}}{\text{Si}}, \frac{\text{Fe}}{\text{Mg}})$.

Los valores obtenidos de estas relaciones tienden a disminuir en los horizontes inferiores del corte.

Los valores que se obtienen con la ayuda de la relación siguiente: $\frac{\text{Fe+Al}}{\text{Mg+Si}}$ para los horizontes de lateritas de los sectores I, II, III, IV y V oscilan desde 1.45 hasta 1.95, disminuyendo mucho en los horizontes de serpentinitas (ver la tabla 9).

En calidad de indicador geoquímico adicional se emplea la relación de los coeficientes de acumulación del Co y Ni, los cuales nos van a caracterizar las zonas propicias para la acumulación del Co. Estos valores en los horizontes de lateritas y ocrees estructurales se observan que son mucho más grande en relación con los horizontes de serpentinitas.

Parametro geoquímico del cuerpo mineral.	$Ka \cdot \frac{Al}{Si}$	$Ka \cdot \frac{Al}{Mg}$	$Ka \cdot \frac{Fe}{Si}$	$Ka \cdot \frac{Co}{Ni}$	$Ka \cdot \frac{Fe}{Mg}$	$\frac{Fe + Al}{Mg + Si}$
Sector I						
Lateritas y ocreas inestructurales.	127.1	445.0	95.7	1.6	335	173.3
Ocreas estructurales.	30.0	85.0	42.3	1.8	120	53.4
Serpentininitas nontronitizadas.	5.2	11.0	3.5	0.5	7.5	5.9
Sector II						
Lateritas y ocreas inestructurales.	132.5	530.0	98.7	1.1	395	185.0
Ocreas estructurales.	48.6	182.5	50.6	1.3	190	78.4
Serpentininitas nontronitizadas.	2.8	3.8	4.1	0.6	5.6	4.0
Sector III						
Lateritas y ocreas inestructurales.	86.3	950.0	71.8	1.4	720	145
Ocreas estructurales.	53.0	265.0	79.0	1.5	395	100
Serpentininitas nontronitizadas.	1.8	2.7	4.5	0.9	6.9	3.8
Sector IV						
Lateritas y ocreas inestructurales.	96.3	1060.0	75.4	1.5	780	153.4
Ocreas estructurales.	38.3	127.6	78.0	1.8	276.5	94
Serpentininitas nontronitizadas.	1.8	2.9	4.1	0.4	9.0	4.7
Sector V						
Lateritas y ocreas inestructurales.	135.0	1350.0	80.0	1.7	800	195.4

Ocres estructurales.	60.0	200.0	79.0	1.6	263.3	106.9
Serpentinitas nontronitizadas	4.0	2.5	5.3	0.9	7.4	5.4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1- Como resumen, llegamos a la conclusión de que el área del yacimiento se presenta en forma de bloques. Los bloques dividiéndose se diferencian entre sí por su composición litológica de la roca primaria. Se puede decir que los compósitos del fundamento son muy complejos para el yacimiento en general, como para algunos sectores en particular.
- 2- Los sectores que componen el área del yacimiento presentan características geomorfológicas variadas, encontrándonos en algunos sectores cotas absolutas de 80 metros y en otros sectores cotas absolutas mayores de 500 metros.
- 3- En relación a esos factores mencionados anteriormente (movimientos verticales, compósitos litológicos y cambios en las condiciones geomorfológicas), encontraremos distintos tipos de bloques que tienen particularidades individuales en el desarrollo del perfil de la corteza de intemperismo en varios sectores del yacimiento.

1er tipo de bloque

Están representados por aquellos sectores en los cuales los valores de las productividades de las menas de serpentinitas predominan.

2do tipo de bloque

Son aquellos sectores en los cuales encontraremos más o menos las mismas proporciones entre los valores de la productividad lineal de las menas serpentiniticas y limoniticas.

3er tipo de bloque

Corresponden a los sectores en los cuales los valores de la productividad lineal de los horizontes limoniticos predominan.



4to tipo de bloque

A este tipo pertenecen aquellos sectores donde encontraremos debajo de las menas productivas el desarrollo de una mineralización de silicatos de Ni en las rocas duras, este tipo de mineralización está muy relacionada con fallas. Estos cuatro tipos de bloques con mineralización de corteza lineal agrietada, son nuevas fuentes de reservas de la mineralización de Ni.

4- Por medio de las investigaciones geoquímicas recibimos los mismos resultados que se obtuvieron durante la realización de las investigaciones geológicas.

5- Las diferencias que se observan en la composición de las menas entre los tipos de bloques 1 y 3 aparecen reflejadas en los espectros geoquímicos del anexo 8.

Es notable observar un aumento en el grado de concentración del Ni desde los horizontes superiores a los inferiores en el perfil de la corteza.

En los sectores comparados se pueden ver variaciones en el grado del proceso de lixiviación del Mg y de la Si; esta observación se puede notar en los horizontes de lateritas y serpentinitas. En los ocres estructurales se notan variaciones en el grado de lixiviación de los elementos mencionados anteriormente. Algunas irregularidades se presentan en el grado de concentración de otros elementos comparados dentro de los sectores señalados.

6- Mediante las relaciones existentes entre las productividades lineales de los horizontes de menas limoníticas y serpentiniticas, nosotros podemos mencionar de una manera evidente los tres tipos de menas tecnológicas (ferruginosas, de silicatos magnesianos y las menas promedios entre estas señaladas).

Utilizando estas relaciones de los cortes en los sectores del yacimiento, se puede disminuir la pérdida de los componentes útiles en el proceso de producción industrial. Analizando los modelos geostatísticos, nosotros podemos recibir relaciones cualitativas entre menas de distintos tipos tecnológicos.

7- Por los resultados obtenidos en la productividad lineal, se observa que encontraremos grandes cantidades de Co en los horizontes de serpentinitas, esto nos demuestra que en las rocas duras del perfil de la corteza se desarrolla una mineralización de silicatos de Ni (Ej: en los sectores I, III, V y VII).

8- En todos aquellos sectores donde encontremos una mineralización niquelífera en la parte inferior del corte se observará que el coeficiente de acumulación del Co será de 9 ó más unidades.

9- Analizando la productividad lineal de los perfiles de la corteza, se puede precisar algunas conclusiones acerca de la génesis de la corteza de intemperismo, por medio de la evaluación de los espesores iniciales de las rocas matrices que fueron el fundamento primario del perfil de la corteza de intemperismo observado. En el cálculo de los espesores iniciales de los diferentes sectores se obtuvieron valores menores de 10 a \pm 20 metros. Estos valores de los espesores promedios iniciales en el yacimiento Martí son menores en comparación con los valores obtenidos para los yacimientos de punta Gorda y Pineros de Mayarí. Esto significa que la corteza de intemperismo para este yacimiento es más joven. En los sectores I y VII observamos que durante la formación de las serpenti-

nitas lixiviadas fue posible la acumulación de una mineralización de silicatos de Ni; debido posiblemente al aporte del Ni de la primera etapa de formación que participa en la segunda etapa de formación, es por esta causa la gran concentración de níquel en estos sectores, se puede decir, que la formación del Ni en estos sectores no se realizó de una sola vez.

En conclusión se puede observar que en la mayoría de las cortezas dentro del yacimiento su origen se ha producido en la última etapa de formación.

10- Utilizando las relaciones de los elementos móviles en comparación con los inmóviles, nosotros podemos señalar la zonalidad geoquímica de la corteza, esta expresa la irregularidad en los procesos de origen en el perfil vertical (por la inercia de los elementos). Hay sectores en los cuales el Ni es mucho más inerte que en otros, esto indica una mineralización de silicatos de Ni en las rocas duras y también la formación del Ni en dos etapas (esto puede verse en la tabla 8).

RECOMENDACIONES.

Sobre la base de los puntos planteados anteriormente, podemos mencionar algunas recomendaciones que tienen mucha importancia práctica en la producción:

a) La mineralización de Ni en la corteza lineal agrietada puede servirnos de fuente de reservas de Ni. Se hace necesario para los trabajos posteriores la comprobación de este tipo de mineralización de silicatos de Ni desarrollada en la profundidad del sector IV; a su vez esta mineralización se debe comprobar también en la dirección NE ya que existe la posibilidad que se extienda hasta el sector V en la par-

te izquierda de la orilla del río Levisa.

Para la búsqueda de nuevos sectores con mineralización de silicatos de Ni en la corteza lineal agrietadas, se hace necesario tener en cuenta los siguientes índices de búsqueda geólogo-geoquímico:

- 1- Que se observe un aumento en el coeficiente de mineralización de las menas serpentiniticas en comparación con los bloques cercanos.
 - 2- También se debe observar un incremento del espesor de estas menas.
 - 3- Durante algunas exploraciones realizadas en las áreas del yacimiento, encontramos en algunas mesetas que se observan en el relieve de esta región, rocas con bastante cantidades de sílice. Esta silicificación de las rocas por lo general está relacionada con la mineralización de silicatos de Ni.
 - 4- En las rocas duras es característico una mayor frecuencia de la representación de la mineralización niquelífera.
 - 5- Como índice geoquímico se va a señalar el aumento que se produce en el coeficiente de mineralización del Ni en las menas serpentiniticas; también se va a observar que el coeficiente de acumulación del Co será de 9 ó más unidades en aquellos sectores donde encontremos una mineralización niquelífera en la parte inferior del corte.
- b) Debido a la heterogeneidad en la composición del fundamento en las áreas del yacimiento deben ser divididos en diferentes grupos de bloques, según sus propiedades tecnológicas.

Para hacer un estudio del área en el yacimiento es necesario ante de todo efectuar varias pruebas tecnológicas.

La utilización de la relación entre los cortes geológicos y los procesos tecnológicos en la producción niquelífera, permite disminuir la pérdida de elementos útiles y recibir un efecto económico positivo.

c) En el futuro, antes de comenzar la exploración detallada debemos dividir las áreas con propiedades regulares tecnológicamente, es decir, aquellas áreas que posean iguales construcciones de la corteza de intemperismo.

Recomendación a la tesis del
estudiante de la Escuela de
Ing. Geológica J. Vinent sobre
el tema:

"Particularidades geoquímicas del yacimiento Martí"

El presente trabajo ha sido dedicado a un problema muy importante en la economía de Cuba: el estudio de la base de materia prima de la industria niquelífera.

En él se da una característica geológica reducida del objetivo de la investigación, se describen los métodos utilizados por el autor para su estudio y los resultados de la investigación.

En el proceso de realización del trabajo, el autor señaló la metodología de las observaciones geológicas de campo, los métodos matemáticos de elaboración de la información geoquímica y se elaboró cuidadosamente el material de los trabajos de exploración del yacimiento Martí, facilitados por los geólogos de la mina Nicaro.

Una amplia utilización de los métodos de la matemática estadística son el nuevo elemento utilizado en dicho trabajo.

En el proceso de realización de los trabajos, su autor, en el colectivo de investigadores de la Escuela de Ingeniería Geológica, participó directamente en la confección del mapa geológico esquemático en escala 1:20000 del yacimiento Martí, y también del bloque-esquema que ilustra la heterogeneidad tecnológica de las menas del yacimiento. Estos documentos son de gran interés para los geólogos de la mina Nicaro.

En el trabajo de J. Vinent primeramente se da la generalización de los índices geologo-geoquímicos de búsqueda de la meniferación niquelífera en las cortezas de intemperismo linealmente agrietadas. La serie de indicadores geoquímicos indicados en el trabajo, tales como potencias ~~xxx~~ iniciales de las hiperbasitas sometidas a intemperismo, correlación de los productos residuales y de infiltración de acumulación en la corteza de intemperismo, series de inercia geoquímica de las

sobre las condiciones de formación de las cortezas meníferas de intemperismo de Nicaro.

El trabajo de J. Vinent es un gran aporte a la investigación de la Escuela de Geología sobre el tema: "Geología, Geoquímica y metodología de la exploración de los yacimientos niquelíferos en las cortezas de intemperismo de las ~~rocas~~ rocas ultrabásicas de la provincia de Ote.". Es también de interés para la práctica geológica y es ~~necesario~~ necesario dar un ejemplar del trabajo a la mina Nicaro.

Los defectos del trabajo son la poca utilización de ~~la~~ bibliografía del texto, en el trazo descuidado de los diferentes gráficos, en la libre utilización de algunos ~~términos~~ términos geológicos, sin embargo, recibe la valoración de Excelente a pesar de lo anteriormente enumerado.

Al mismo tiempo, el trabajo presentado es una base totalmente suficiente para ~~la~~ la promoción del graduado de la Escuela de Ing. Geológica J. Vinent a la categoría de Ing. Geólogo.

Profesor Consultante, Candidato a
Ciencias geologo-mineralógicas

A.S. Vershinin

Обязан
на дипломную работу
суждения геологической школы А. Х. Вилленга
на тему:

"Геологические особенности междоурядия
Марийи".

Расширяемая работа суждения посвящена
важной для Куби народно-хозяйственной проблеме -
изучению сырьевой базы никелевой промышленности.
В ней даются крайняя геологическая
характеристика объекта исследования, описываются
методы и материалы, использованные автором ^{для его} ~~изучения~~ ^{результаты}
~~работы~~ и результаты исследования.

В ходе ~~исследования~~ выполнения работы
автор освещает методику полевых геологических
наблюдений и математические методы обработки
геологической информации и систематизацию
обработанных материалов разведочных работ
междоурядия Марийи, представленные в его
распоряжение геологами рудника Никара.

Именно широкое применение методов математической
обработки явилось принципиально
новым элементом, присутствующим в данной работе.

В ходе ^{выполнения} работы, ее автор, в сотрудничестве
исследовательской геологической школы, применил
непосредственное участие в составлении ^{схематический} геологической
карты масштаба 1:2000 междоурядия Марийи, а также
блок - схематический и иллюстрирующий ^{технологическую}
неоднородность руд междоурядия. Эти данные
представлены в ^{большей} ^{интерес} ^{для} геологов рудника
Никара и ^{уже} ^{преданы} ^{им} ^{для} геологов рудника

temperismo, correlación de los productos residuales y de infiltración de acumulación en la corteza de intemperismo, series de in-

В работе Х. Виненга впервые дано
обобщение геолого-геохимических петрологических
признаков силикатного никелевого рудения
в титано-железных картах выветривания.

В работе
Ряд геохимических индикаторов, приведенных
в работе, таких как исходные минералы
гипербазитов, подвергшихся выветриванию; соотношение
интермедиарационных и аугитовых рудитов
накопления в коре выветривания; редкие
геохимические ^{интермедиарационных} ~~подвижные~~ элементы ^{элементов} ~~подвижные~~ дают новый
свет на условия образования рудосодержащих
корт выветривания Чикаго.

Работа Х. Виненга является большим вкладом
в исследование геологической школы по теме:
"Геология, Геохимия и методы разведки никелевых
месторождений в картах выветривания ультрабазитовых
пород провинции Юнион". Она представляет
также интерес для геологической школы
и один из лучших работ необходимо
передать руднику Чикаго.

Некоторые работы ~~автора~~ ^{заключаются} в
слабой теоретической обработке факта, в небрежном
написании описательных черт, в
произвольном использовании некоторых геолого-
гемических терминов, однако несмотря на это
она заслуживает оценки "Очень хорошо".

В торжественный преддверный работа
является вполне достаточным основанием
для присвоения выпускнику геологической
школы университета Юнион Х. Виненгу
звания инженера - геолога.

Работу ~~принимает~~ ^{принимает} преподаватель-консультант,
кандидат геолого-минералогических наук
И. А. Вержинский

21/ января 1942 г.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Adamovich. A.F y Chejevich V.D "Sobre las condiciones geológicas de la formación de las lateritas en Cuba".
(revista tecnologica, #5, 1964)
- 2- Adamovich. A.F y Chejevich V.D y otros
Geo. O.110
Construcción geológica y minerales útiles de los macizos Sierra de Nipe y Sierra cristal.
Informe sobre el levantamiento geológico en escala 1:50000 (La Habana, 1963. Fondos de la D.G.G.G.).
- 3- A. Bellizzia G
(español)
Rocas ultrabásicas en el sistema montañoso del Caribe y yacimientos minerales asociados. (volumen VIII. #16, pag 159-198. República de Venezuela). Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Editorial "Sucre"-Caracas 1967.
- 4- Butler. C.E
The caribbean countries "Mining Annu Rev" 1970, pag 291-292 (Referato 2 del 67, (Revista de geología 2, 1971 en ruso.
- 5- Bliseev B
Geo. O.117
Sobre los trabajos geológicos de exploración realizadas en el yacimiento de Nicare (de la zona norte), 1962-1963, fondos de la D.G.G.G.
- 6- Bugelsky Y.Y Formell C.F
Geoquímica e hidrogeoquímica de la corteza de intemperismo ferromanganesífera de Cuba (Academia de ciencias de Cuba, series geológicas, #3, 1967)
- 7- Finko V.I Korin I.Z y Formell C.F
Sobre la edad de la corteza de intemperismo y las lateritas de Cuba. (Revista de geología año 1, #1, 1967. Academia de ciencias de Cuba).
- 8- De Vetler D.R
New Cuban Nickel are was formed-a lesson in laterite genesis-Engineering and Mining J 156, #10, 1955.

- 9- Eugenio Casanovas y
Sandor Végh
observaciones geoquímicas sobre
las serpentinitas y lateritas
niquelíferas del área de Nicaro,
provincia de Oriente. (revista
tecnológica, #6, 1966).
- 10- Pederoza M.V
Particularidades de la composi-
ción sustancial del yacimiento
silicato-niquelífero de Cuba.
(La Habana, 1966, fondo de la
D.G.C.G.).
- 11- Grigorieva V.M
Informe del tema (fuera del plan)
Composición sustancial de las
muestras tecnológicas de minera-
les niquelíferos oxidados de los
yacimientos de Nicaro y Moa (Cu-
ba) (Leningrado, 1961, fondo de
la D.G.C.G.).
- 12- Irma Shirokova
Geo O.183
(en ruso)
Corteza de intemperismo de las
ultrabásitas de Oriente Norte,
su formación geológica, genesis
y composición sustancial de las
menas. (Fondos de la D.G.C.G.,
1967).
- 13- Joseph R. Beldf, IR
The winning of Nickel. Its Geolo-
gy, Mining, and extractive Meta-
llurgy. Methuen and Co. L.T.D.
1967 London. Printed in Canada by
Hunter Rose Company (Ingles).
- 14- Kripper A.L Ruiz M
Protusiones de las serpentinitas
en el Noroeste de Oriente (re-
vista de geología de la Academia
de Ciencias de Cuba, año 1, #1,
1967).
- 15- Kudelasek. V Marxova. I
Zamarsky. V
La mineralogía de la corteza de
intemperismo de las rocas ultra-
básicas en la costa norte de la
provincia de Oriente, Nicaro, Moa
(revista de geología, Año 1, #1,
1967).
- 16- Zamarsky. V
Geo O.157
Informe geológico-crítico, sobre
los trabajos de la investigación
geológica realizada por el I.C.R.M
en los yacimientos lateríticos
de Nicaro (fondos geológicos de
la D.G.C.G., 1964).
- 17- Linchenat A
Shirokova Y
Individual characteristics of the
nickeliferous iron (laterites)
deposits of the North-East part
of Cuba (Pinares de Mayarí, Nica-
ro and Moa). (Report of the twenty
second session International Geo-
logical Congress, vol. of abstracts.

- 18- Mc Millan W.D
Davis H.W
Nickel-Cobalt resources of Cuba (U.S. Bureau of Mines. Department of Interior. Report of investigations #5099). Washington, 1955.
- 19- Vershinin S.A.
Crombet H.C
Particularidades geoquímicas del yacimiento Pinares de Mayarí.
- 20- Vershinin S.A.
Crombet H., Hurtado G
Ageenko F
Características geoquímicas del yacimiento Punta Gorda.
- 21- Boletín de información técnica.
Artículos de revistas extranjeras. Materias primas estratégicas. El imperio del níquel. (#2, Marzo-Abril, 1972 volumen I. Dirección de Información Técnica del Ministerio de Minería, Combustible y Metalurgia. edificios 154, La Habana, Cuba.
- 22- Ruthe R
Yacimientos de menas níquelíferas de Nueva Caledonia. (Extraído del libro "Yacimientos Ferrosos del mundo". Moscú, 1955)