

G-103

Crc

UNIDAD DOCENTE DE ING. DE MINAS
E ING. GEOLOGICA

TRABAJO DE DIPLOMA

Diplomante: ARNALDO CORRALES GALLEGO
Tutor : ING. ANTONIO RODRIGUEZ DIAZ



1979
Año 20 de la Victoria

ESTUDIO DE LA AUREOLA PRIMARIA DEL
YACIMIENTO JUCARO Y ZONAS
ADYACENTES.

Por: Arnaldo Corrales Gallego
Asesor: Ing. Antonio Rodríguez Vega

RESUMEN

Este trabajo comprende el estudio de la Aureola Primaria - de dispersión del Yacimiento Júcaro y otras manifestaciones adyacentes.

Consta de 12 capítulos distribuidos en 63 páginas.

En el texto se exponen las principales características geológicas y estratigráficas de la región haciendo énfasis en las particularidades del Yacimiento Júcaro.

En la parte especial del trabajo se explica detalladamente la metodología empleada; se exponen los resultados obtenidos y se analizan éstos críticamente. Finalmente se dan una serie de conclusiones y recomendaciones básicas.

El trabajo está acompañado por más de 20 anexos gráficos - entre los que se encuentran mapas de ubicación geográfica, - perfiles geológicos y geoquímicos. Así como el mapa geológico del Yacimiento Júcaro a escala 1 : 5 000.

I - PARTE GENERAL

CAPITULO I

INTRODUCCION

El yacimiento Júcaro fue revelado en 1966 durante los trabajos de búsquedas realizados en el área de la región --- Bahía Honda.

El objeto de nuestro trabajo lo constituye un conjunto de muestras geoquímicas (más de 1 000) -tomadas en dicho yacimiento y en sus zonas adyacentes- a las cuales se les --- determinó el contenido de 18 elementos, utilizando el método de análisis espectral semicuantitativo, realizado en el laboratorio Isaac del Corral de la Ciudad de La Habana.

Nuestro objetivo consiste precisamente en el estudio de la aureola primaria de este yacimiento y sus zonas adyacentes, mediante el método de construcción de perfiles geoquímicos, basándonos en los resultados del análisis espectral semicuantitativo de diferentes elementos, especialmente el cobre, cobalto, plomo, zinc, plata y molibdeno.

Este trabajo fue realizado en coordinación con la Empresa de Geología de Pinar del Río y tuvo como guía al Ingeniero Antonio Rodríguez Vega, Instructor graduado de la UDIMIG.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GEOGRAFICO-ECONOMICA DE LA REGION.

El yacimiento Júcaro se encuentra ubicado en la parte noreste de la provincia de Pinar del Río, en el municipio de Bahía Honda, barrio de Las Pozas.

Sus coordenadas Lambert son 269 400 - 270 100
338 400 - 339 200

El área está situada en la parte norte de las estribaciones de la Sierra del Rosario y su relieve se caracteriza por la abundancia de pequeñas elevaciones, cuyas cotas oscilan entre 30 - 100 ms., siendo la altura mayor de la región el Pan de Guajaibón con 699 metros de altura, según las últimas mediciones. Las menores alturas son cercanas a los 10 metros y se encuentran hacia el norte, cerca de la zona costera.

Los afloramientos del sombrero de hierro del yacimiento Júcaro, coinciden con la cima de una elevación alargada de dirección suroeste-noreste y su altura predomina sobre las áreas adyacentes al yacimiento.

La vegetación está representada principalmente por "pastos" para ganado, los cuales en época de lluvia alcanzan una altura mayor de 1,5 metros.

El yacimiento se comunica con la carretera Habana-Santa Lucía (Costa Norte), por una pequeña vía de unos 5 kilómetros de largo, entroncando con aquella en un punto situa-

do a unos 16 kilómetros de Bahía Honda.

La fuente de alimentación de electricidad para el establecimiento Júcaro, es la termoeléctrica del Mariel.

La economía de la región está basada principalmente en la agricultura, especialmente la caña de azúcar, que es procesada en el central Harlem. También abundan los frutos menores, sobre todo, la naranja.

En cuanto al grado de afloramiento en las áreas adyacentes al yacimiento, éste fluctúa de medio a bajo.

Las fotos aéreas hasta el momento no se han utilizado en el establecimiento Júcaro aunque sí se utilizan en la brigada de prospección geológica de Sierra Azul, situada al suroeste de nuestra área.

La red fluvial está representada principalmente por arroyos intermitentes, siendo el río San Miguel, situado a dos kilómetros al este del yacimiento la única fuente que mantiene un caudal apreciable todo el año.

El clima de la región es tropical, siendo el promedio anual de precipitaciones de unos 1 400 milímetros, cayendo la mayor cantidad de mayo a octubre.

La temperatura media anual es de 25,3°C, la máxima 32,4°C y la mínima 13,8°C.

CAPITULO III

HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES GEOLOGICAS.

Los trabajos para búsqueda y exploración para el cobre y otros minerales útiles dentro de los límites de la región, se remonta al siglo pasado.

Se conocen algunos trabajos sobre yacimientos aislados y manifestaciones de cobre, hierro y manganeso (I. del Corral, 1919); Y.N. Banks, 1923; R. Allende, 1927; C.E. -- Bartlett, 1956; A.D. Wandke, 1958; W.Pfeffer, 1959).

En los años, 1939-1943, una compañía norteamericana realizó los trabajos de búsqueda y exploración en las lateritas del maciso de rocas ultrabásicas de La Mulata.

En 1956-1960 se realizó la explotación del mineral cuprífero en la mina de Buena Vista (T.S. Osborn).

A partir de 1964 hasta la segunda mitad de 1965, dentro de los límites de la zona de Bahía Honda y al este de dicho poblado, la brigada del ICRM (geólogos V.Yujvit y G. Fisenco).

En 1965 el grupo de exploraciones populares (Y. Havlicer y Marsán) realizó los trabajos de revisión en una serie de manifestaciones minerales del área.

A partir de 1967 la brigada de la Empresa Cubana de la Minería, comenzó la exploración preliminar del yacimiento Júcaro (geólogos R. Volodin y E. Ansiferov).

En nuestra región se reportan trabajos también de M. I.

Vermut (1937), P. Tryitt y P. Bronnimann (1950), C. W. --
Hatten y A. Meyerhoff (1956), Herrera (1961) y otros.

En 1974 el geólogo E. Escobar realizó su trabajo "Complemento
del cálculo de reserva y exploración orientativa del -
yacimiento Júcaro".

Existen trabajos recientes sobre el yacimiento Júcaro, de
los geólogos J. M. Izquierdo, A. Pérez y otros.

En la actualidad se realizan nuevos cálculos de reserva -
en el establecimiento Júcaro, por los geólogos Savich y -
E. Hernández, de la E.M.O.

II PARTE GEOLOGICA

CAPITULO IV

ESTRATIGRAFIA

Como se sabe, la zona estructuro-facial de Bahía Honda limita al sur con la zona estructuro-facial de Guaniguanico. Por encontrarse nuestro trabajo en la zona estructuro-facial de Bahía Honda, nosotros describiremos solamente la estratigrafía de dicha zona haciendo énfasis en la de las rocas, en las cuales descansa el yacimiento Júcaro.

Las secuencias más viejas que afloran en la región premontañosa de la parte noreste de la provincia de Pinar del Río, están referidas a la formación Felicidades, propuesta por Pszczolkowski y Skupinski en 1975. Anteriormente estos depósitos eran referidos a la formación Hilario (Volodin - 1967) de edad cretácico superior cenomaneano-turoniano, y a la secuencia media y superior (Furrazola 1969) de edad cretácico superior campaneano-maestrichfiano. Precisamente en esta formación está enclavado el yacimiento Júcaro.

Su localidad tipo está en la carretera Bahía Honda - San Cristóbal.

Esta formación está compuesta por depósitos vulcanógenos, vulcanógeno-sedimentarios y sedimentarios, entre los que están: porfiritas andeséticas, tobas, tufitas, aleurolitas, pedernales, areniscas y calizas, dispuestas en 6 secuencias, diferenciables litológicamente de acuerdo a la abundancia relativa de algunas de las rocas antes mencio-

nadas.

Estas rocas afloran en la parte meridional de la zona tectónico-facial de Bahía Honda, ocupando una gran extensión de terreno.

Hacia el sur limita discordantemente con la secuencia olisóstromica y al norte presenta un contacto tectónico con -- los gabros y diabasas asociadas al cinturón hiperbasítico.

El grupo polaco plantea una potencia para esta secuencia de 1 200 - 1 400 metros.

La fauna que está asociada a los depósitos de esta formación, es parcialmente:

SCHACKOINA S.P.

HETEROELICIDAE

CALCIESPHAERULA INNOMINATA BONET

STOMIOSTHAERA C. F. SPHAERICA (KAUFMANN).

Esta fauna le asigna una edad cretácico superior cenomaneano-maestrichtiano.

Suprayaciendo discordantemente a la formación Felicidades, está la formación Capdevilla propuesta por Palmer en 1934.

Su localidad tipo está situada en las cercanías del poblado de Capdevilla en la provincia de La Habana.

Su litología en la localidad tipo está compuesta por conglomerados costeros, areniscas friables con una rica fauna de grandes foraminíferos; lutitas achocolatadas.

Humberto Alvarez aporta más datos sobre la composición del componente clástico de esta formación, se reconocen fragmentos y clastos de vulcanitas melanócratas, calizas, metamorfitas diversas, cuarzo, esquisto actinolítico y serpentinita alterada.

Furrazola y otros, conocen la presencia de esta formación en la región con una potencia menor de 200 metros.

La fauna de la formación Capdevilla es muy rica, sobre todo, en especies pequeñas de foraminíferos y también macroforaminíferos.

La edad de esta formación es eoceno inferior.

Concordantemente sobre la anterior está la formación Universidad descrita por P. J. Bermúdez en 1937.

Su localidad tipo está en un corte ubicado debajo del museo Poey en la Universidad de La Habana.

Esta formación ha sido observada en el resto del país, conservando su aspecto litológico y contenido faunal.

Litológicamente está formada por margas calcáreas, de color pardo-amarillento.

Furrazola, le asigna un espesor en la región de 100-200 metros.

Su fauna la componen microforaminíferos, ostracodos, espinas de erizos, fragmentos de crinoideos, etc.

La edad de esta formación es eoceno inferior y medio.

Discordantemente sobre la formación Universidad se encuen—
tra la formación Jabaco, también descrita por Bermúdez en —
1937.

Su localidad tipo está situada en Jabaco a 4.5 kilómetros al
oeste de Guanajay, provincia de La Habana.

Litológicamente consiste en margas amarillentas con conglome—
rados interestratificados.

Su potencia en la región se considera menor de 100 metros.

Su fauna está compuesta por erizos, corales, briozoarios y
otros fósiles característicos del eoceno superior.

Los depósitos más jóvenes referidos a esta zona tectónico—
facial, según Furrázola, corresponden a la formación Güines
definidas por Humboldt en 1926.

Su localidad tipo se ubica al sur de Güines en la provincia
de La Habana.

Está formada por calizas masivas, cristalinas, muy caverno—
sas de color blanco o rosado.

Para la región se acepta un espesor menor de 200 metros.

Su fauna está compuesta por moluscos, corales, equinodermos
y otros.

La edad de la formación es mioceno medio.

CAPITULO V

MAGMATISMO

La zona tectónico-facial de Bahía Honda es atravesada por -- una banda de rocas ultrabásicas y básicas que cortan las for- maciones piroclástico-sedimentarios y efusivas.

Sobre estas rocas existen diversas interpretaciones en cuanto a su origen y emplazamiento, debido a que el grado de estudio en la región no ha sido suficiente para aclararar completamente la geología regional.

La anchura de la banda ultrabásica oscila entre 0,2 kilómetros a 1,5 kilómetros, ensanchándose brúscamente en el área de La Mulata.

Las rocas ultrabásicas se representan por piroxenitas y peridotitas muy serpentinizadas.

Dentro de las rocas ultrabásicas y en las partes marginales de las mismas, se encuentran rocas básicas de composición - gabrica de menor tamaño.

Las rocas intrusivas de composición media (dioritas), según algunos autores (Volodin, Escobar y otros) se detectan en -- una zona situada a 14 kilómetros al oeste del yacimiento -- Júcaro.

Según estos autores la región de Bahía Honda pertenece a la formación espilítico-diabásica (espilitas, diabasas, micro-diabasas, basaltos, tobas, aglomerados, rocas, silíceo-ar-cillosas, jaspes, etc.) todas pertenecientes a las --

"formaciones geosinclinales de Cuba" dentro de la zona ey geosinclinal y se caracteriza por no estar asociado al pe riodo de subsidencia del geosinclinal, sino que se asocia a la etapa de plegamientos, con zonas tectónicas profundas, por medio de la cuales ascendió un magma basáltico - (Escobar 1974).

Según el trabajo "formaciones magmáticas de Cuba y algunas particularidades de su metalogénea" de J.N.Tijomirov, se plantea que las formaciones efusivas - básicas, siempre se acompañan (formación espilitico-diabásica) por rocas semejantes en su composición, pero algo menos vitreas y de naturaleza intrusiva en forma de diques, capas intrusivas y lacolitos (formación gabrodiorito-diabásica, análogo intrusivo de la formación espilitico-diabásica). Esto, según Volodin y Escobar, se observa en el yacimiento Cacarajicara y Best Mine, Mendieta, La Mulata y otros.

La edad de estas se considera cretácico.

Con relación a la banda de rocas ultrabásicas que atraviesan la región, le denominan formación hiperbasítica -- que se extiende al norte de Cuba a lo largo de unos 1 000 kilómetros.

Según estos autores las periodotitas, piroxenitas y dunitas serpentinizadas en mayor o menor grado, están asociadas a fallas profundas.

Ellos consideran que los gabros que aparecen en los bor--

des de estas intrusiones, forman diques y pequeños intrusivos.

Dentro del macizo ultrabásico de la región se observan rocas serpentiniticas atravesadas por pequeños diques de pegmatitas gábricos.

Algunos autores le asignan a las rocas ultrabásicas de Bahía Honda, por estar situadas en los bordes de separación entre el eugeo y el miogeosinclinal y considerando esta etapa magmática como temprana del geosinclinal cubano, una edad no más joven que el cretácico superior.

Por otra parte el grupo polaco plantea un mecanismo "intrusivo-tectónico" (protrusivo) para el emplazamiento de los cuerpos magmáticos en esta región, basándose en la ausencia de contactos térmicos y debido al amplio desarrollo de contactos tectónicos entre las rocas del complejo serpentinitico-gábrico y las rocas encajantes. Además, plantea un emplazamiento isocoro para todas las variedades magmáticas mencionadas, basándose entre otras cosas en el hecho de que los gabroides y serpentinitas en la provincia de Pinar del Río, por lo general, se presentan juntas lo que desacredita el criterio de que estas rocas se emplazaron en diferentes épocas.

Nosotros nos identificamos con el punto de vista que plantea lo siguiente:

La expulsión tectónica desde las profundidades de las ser--

pentinitas y gabroides en la zona tectónica-facial de Bahía Honda se produjo, muy probable, simultáneamente con el periodo de los movimientos tectónicos larámicos y antes de la transgresión que dio lugar a la formación Capdevilla. Los desplazamientos tectónicos de estas rocas continuaron posteriormente como lo muestran los contactos tectónicos que presentan estas rocas con los sedimentos del paleógeno. En síntesis, que el emplazamiento actual de las serpentinitas es tectónico, para la región.

CAPITULO VI

TECTONICA Y GEOLOGIA REGIONAL.

Para la descripción de las estructuras geológicas de la región de Bahía Honda, nosotros nos basamos en las CONSIDERACIONES que se exponen en el trabajo de Construcción del Mapa Geológico en escala 1:250 000, que realizó la Academia de Ciencias de Cuba en colaboración con la Academia de Ciencias de Polonia, en especial, en la parte referente a la zona estructuro-facial de Bahía Honda, en la cual se encuentra situada nuestra área de trabajo.

Esta zona tectónica-facial se extiende al norte de la Sierra del Rosario y al este del límite de la provincia de Pinar del Río, contacto con la zona tectónica-facial de San Diego de los Baños, este contacto es tectónico provocado por desplazamiento a lo largo de la Falla Pinar.

La zona de Bahía Honda y la de San Diego de los Baños, según la opinión de muchos autores, constituyen la continuación de la zona tectónica facial Zaza, desarrollada en la zona central de Cuba, destacando el hecho de que la zona Zaza pertenece al eugeosinclinal cubano.

La zona de Bahía Honda también se debe estudiar más al norte donde está cubierta por las aguas del Golfo de México.

El carácter de estructura alpinotípica de la Sierra del Rosario es la opinión más aceptada actualmente, caracterizada por mantos de sobrecorrimiento.

Nosotros la compartimos plenamente.

Los nappes principales, se han dividido en nappes parciales (teildecken) muy parecidos a los alpes calcáreos septentrionales.

Entre los primeros en plantear para la Sierra del Rosario una estructura de mantos tipo alpina, caracterizados por la presencia de nappes formados por pliegues y por pliegues tumbados se encuentran los geólogos C.W. Hatten (1957); A.A. Meyerhoff y K.M. Judoley (1971).

Los autores citados aceptaron que los sobrecorrimientos tuvieron lugar desde el Sur, criterio que también sostiene D. Rigassi-Studer (1963), el cual interpretaba la mayoría de las estructuras como nappes de despegue.

La génesis de los mantos de sobrecorrimiento en la Sierra del Rosario surgidos por despegue y cizallamiento, ha sido expuesta por A. Pszczolkowski. Aquí se plantea que desde el punto de vista del estilo estructural se pueden dividir dos conjuntos de unidades tectónicas en la Sierra del Rosario, unidades meridionales y unidad septentrionales.

Las unidades meridionales se presentan en la parte suroeste de la Sierra del Rosario, mientras que las unidades septentrionales ocurren en las partes norte y sureste de la Sierra del Rosario.

Unidades Meridionales (A. Pszczolkowski).

Estas unidades presentan una característica notable y es la presencia de corrimientos planos o casi planos, por lo que con un relieve variado se presentan una serie de ventanas tectónicas.

Estas unidades presentan un desarrollo facial bastante semejante y no tienen gran significado desde el punto de vista del ordenamiento de las unidades de nappes de la Sierra del Rosario.

Las unidades meridionales están constituidas por las formaciones San Cayetano, Francisco, Artemisa y Buena Vista. Unidades Septentrionales.(A. Pszczolkowski).

Estas unidades presentan formas más regulares y en general son de mayor extensión que las unidades meridionales de nappes.

Estas unidades tienen como regla una inclinación al norte y forman un conjunto de mantos de sobrecorrimientos con características de estructura imbricada.

Estas unidades están mejor diferenciadas desde el punto de vista facial que las unidades meridionales y están constituidas por las formaciones Artemisa, Polier, Lucas, Sierra Azul, Guajaibón, Cacarajícara y Buena Vista.

CAPITULO VII

HISTORIA DEL DESARROLLO GEOLOGICO.

En el pasado algunos geólogos norteamericanos y cubanos: Palmer, Albear, Hatten, Rigassi, pensaban sobre la estructura de cubierta tectónica de Cuba la cual últimamente -- fue confirmada.

Muchos pozos perforaron la alternancia frecuente de láminas tectónicas formadas por las ultrabasitas serpentinizadas transformadas a menudo en melange por efusivos del -- cretácico superior, secuencias del cretácico superior, -- avanzados en la dirección de las rocas carbonatadas del -- paleógeno.

Durante el mapeo geológico de la provincia de Pinar del -- Río, un grupo de geólogos polacos mostró la difusión amplia de las escamas y sobrecorrimientos, así como la estructura de bloques del territorio.

Durante el procesamiento del mapa geológico fue confirmado el desarrollo amplio de esta estructura de cubierta.

Las cubiertas tectónicas acompañadas por las secuencias -- olistostrómicas formadas en el proceso de su desarrollo -- fueron posteriormente deformadas y plegadas, lo que dio -- lugar a la estructura tectónica de la región.

En la estructura geológica de la región participan las rocas empezando por el sistema jurásico y terminado en el -- cuaternario. Los depósitos de los sistemas cuaternario y

c) Etapa del inicio del desarrollo geosinclinal.

Esta etapa comienza durante el cretácico temprano con un hundimiento de la cuenca que alcanza su valor máximo en el cretácico superior.

Toda esta etapa de hundimientos geosinclinales tempranos (aptiano-tusoniano) se caracteriza por un considerable hundimiento de la cuenca y la acumulación de la formación espilitico-diabásica en el eugeosinclinal y carbonatado-silíceo en el miogeosinclinal.

Esta etapa termina con la inversión parcial del geosinclinal.

Después de esta etapa comienza la etapa preorogénica -- que abarcaba desde el coniaciano hasta el santoniano.

En esta etapa coniaciano-santoniano se forma la discordancia premaastrichtiana que afecta a Cuba y gran parte de las Antillas.

En la Sierra del Rosario, los movimientos provocados por la fase orogénica subherciniana se reflejan claramente en la sucesión estratigráfica jurásica cretácico, y fueron más bien de carácter vertical, con las cuales está relacionada la erosión submarina que da lugar a la discordancia premaastrichtiana.

d) Etapa orogénica.

Esta etapa abarca desde el maastrichtiano tardío hasta el eoceno temprano.

Se deposita en la zona estructuro-facial de Guaniguani-co la formación Guajaibón, sobre la formación Sierra -- Azul.

Hacia finales del cretácico superior existen territo---rios deprimidos en los cuales predominan las facies pro-fundas, separadas por territorios con sedimentación de aguas poco profundas.

Esta diferenciación era parcialmente el resultado de -- los movimientos subhercinianos y también laramidicos -- tempranos.

Estos movimientos fueron más intensos en la parte supe-rior del maestrichtiano y continuaron hasta el eoceno - temprano.

a) Etapa Post-orogenica.

Esta etapa abarca desde el eoceno hasta el cuaternario y se caracteriza por provocar un hundimiento de todo el territorio de Cuba y la plataforma marina.

En esta etapa ya había terminado el magmatismo en la zo-na tectónico-facial de Bahía Honda, como lo demuestran - los Cantos de Gabro y otras rocas magmáticas que se en-cuentran en la formación Capdevilla.

Durante el eoceno superior la cuenca de la unidad tectó-nico-facial de Bahía Honda, se vuelve a profundizar has-ta alcanzar una profundidad de unos 1 000 metros.

A fines del eoceno superior y principios del oligoceno,

ocurrió una regresión parcial con aumento de la superficie terrestre expuesta la disección.

Durante el plioceno, en el área de la Sierra del Rosario, comenzó el desarrollo de la carsificación profunda.

El pleistoceno se distingue por una nueva época de morfogenesis, provocada por la intensificación del solven-
tamiento mediante pulsaciones neotectónicas, cambios --
climáticos y oscilaciones glacioeustáticas del nivel --
del mar, que se manifiestan en las montañas por la di--
sección de los valles fluviales en tres o cuatro etapas,
la evolución de sistemas cavernarios, la génesis de pro
fundas formas cársicas de absorción vertical cuyas bo--
cas se abren en las elevadas superficies de aplanamien-
to; y el desarrollo de corteza arcillosa de interperis-
mo.

CAPITULO VIII

HIDROGEOLOGIA

La región de Bahía Honda se encuentra situada en la zona - hidrogeológica número cuatro, que se extiende desde La Mulata hasta el Mariel.

Esta zona es contigua a la pendiente norte de la Sierra -- del Rosario.

El relieve es preferentemente montañoso con una inclina--- ción general hacia el norte.

En los límites de la costa la región es frecuentemente cenagosa.

Asociados a esta región se encuentran diferentes complejos acuíferos relacionados con las rocas efusivo-sedimentarias e intrusivas.

Los complejos acuíferos pueden ser de tres tipos: de estratos, intersticiales y fisurales. Los más importantes son - los de estratos y los fisurales, los cuales están asociados a calizas agrietadas, así como a rocas efusivas e intrusivas.

Sobre la composición química de las aguas, en esta región - no se tienen muchos datos, pero teniendo en cuenta los estudios realizados en el yacimiento Jucaro podemos suponer que las aguas en esta región presentan una composición predominantemente hidrocarbonatada cálcico-magnesiana y en menos grado pueden ser cloruradas e hidrocarbonatadas sódicas.

CAPITULO IX

MINERALES UTILES

El principal mineral útil de la región Bahía Honda es hasta el momento, el cobre, también hay manifestaciones de hierro, níquel, manganeso, asfaltita, petróleo y piedra de construcción.

Cobre:

La mineralización cuprífera descubierta hasta el presente - está representada por minerales cupríferos-piríticos de tipo venífero diseminado y en forma de cuerpos minerales desplazados por fallas como el caso del yacimiento Jucaro.

La mineralización está localizada en las zonas de un agrietamiento elevado, las cuales están relacionadas con el sistema sublatitudinal de dislocaciones disyuntivas.

Las rocas encajantes son porfiritas basálticas, tufitas, tobas carbonatadas, porfiritas basálticas cloritizadas y porfiritas basálticas amigdaloides como es el caso del yacimiento Jucaro.

Los minerales principales son pirita, calcopirita y marcasita. También esfalerita, bornita y cubanita.

En la zona de oxidación se encuentra calcosina, covellina, malaquita, azurita e hidróxidos de hierro.

Las rocas encajantes se encuentran alteradas hidrotermalmente: cuarcificadas, carbonatadas, cloritizadas, epidotizadas y piritizadas.

El principal componente útil de los minerales es el cobre.

El azufre se emplea industrialmente sólo cuando se encuentra en los minerales macizos de pirita.

Otro de los elementos acompañantes es el zinc.

Se observan impurezas de plata, molibdeno y estaño.

Entre los yacimientos de cobre que se conocen en la región además del yacimiento Jucaro, tenemos los yacimientos Cacarajícara y Mendieta y las manifestaciones de Margarita, -- Río Blanco, Best Main, San Miguel, Mendieta II, Prados, -- Los Hoyos y la Yagruma.

Hierro:

Las manifestaciones de hierro se encuentran en forma de limonitas, de sombreros de hierro desarrollados en los afloramientos en la superficie de los cuerpos minerales cupríferos-piríticos, y también en forma de zonas con mineralización sulfurosa.

Los minerales de limonita con valor industrial se encuentran al oeste y están relacionados con la corteza de intemperismo de las serpentinitas de la Meseta de Cajálvana.

Según la evaluación preliminar las reservas de mineral de hierro de esta zona, son de 5-8 millones de toneladas (Yujvit y otros, 1966).

Níquel:

Hacia el oeste de nuestra área se encuentra el yacimiento de níquel de la meseta de Cajálvana.

Las menas están asociadas a lateritas que cubre el macizo de serpentinitas de La Mulata.

Según U. M. Ogarkov las reservas de minerales de níquel son de 13,7 millones de toneladas, con un contenido de níquel de 1,28% con un espesor promedio de los cuerpos minerales de -- 2,0 metros.

Las reservas de los minerales serpentiniticos de níquel son - 6,8 millones de toneladas con un contenido de níquel de ---- 1,37% y con un espesor promedio de los cuerpos minerales de 1,9 metros.

Manganeso:

Las manifestaciones manganeso de génesis vulcanógeno-sedimentaria se observan en muchos lugares de la región.

Estas mineralizaciones se encuentran asociadas con jaspes y esquistos silíceos en la parte inferior de las antiguas formaciones Bahía Honda, Hilario y Quiñones.

Estos cuerpos representan límites yacentes con un espesor de 0,1 - 2,5 metros y con una extensión, según el rumbo, de hasta 30-50 metros.

Estos cuerpos están constituidos por jaspes, o rocas silíceas enriquecidas por pirolusita, silicatos de manganeso, y hematitas. El contenido de manganeso oscila de 10-47%.

Las manifestaciones de manganeso más grandes descubiertas, - están situadas al este de la región: al norte y al sur de la carretera de Jacinto, en la parte central, al norte del -

yacimiento de Mendieta y al noroeste del yacimiento Cacarajícará; y también la parte sudeste en el área de la Finca de San Marcos.

Asfaltita.

Las manifestaciones de asfaltita se encuentran al sudeste del yacimiento Cacarajícara.

Esta manifestación se halla asociada a una gran grieta de 400 metros de extensión, según el rumbo, en las calizas de la antigua formación Quiñones (Brodinmann 1945).

Las asfaltitas están destapadas por minas como Santa Elena, América y Santa Julia, hasta una profundidad de 90 metros. En total fueron extraídas 30 000 toneladas de asfaltita -- sin conocerse las reservas restantes.

Petróleo :

La manifestación de petróleo en forma de bitumeneses líquidos, se encuentra en todas las rocas del cretácico superior, sedimentarias, efusivas e intrusivas.

Piedras de Construcción:

Las porfíritas basálticas, serpentinitas y calizas, se utilizan para la construcción de carreteras. Además la caliza se puede usar como materiales de construcción.

III PARTE ESPECIAL

CAPITULO X

METODOLOGIA EMPLEADA

A continuación expondremos la metodología empleada y el volumen de los trabajos realizados para cumplir los objetivos del presente trabajo, además de explicar de forma breve los fundamentos teóricos de los métodos empleados para resolver las diferentes tareas; y se darán también las definiciones de los parámetros que se determinaron.

Para la realización del presente trabajo se utilizaron datos de análisis espectral semicuantitativo existentes en la empresa de Geología de Pinar del Río. Estos datos corresponden a los resultados obtenidos del muestreo litogeoquímico realizado en los yacimientos Jucaro, Cacarajícara y zonas adyacentes, con el fin de estudiar y evaluar las aureolas primarias de dispersión de dichos yacimientos.

Se obtuvieron datos de análisis espectral semicuantitativo para un total de 1561 muestras geoquímicas en las cuales se determinaron un total de 14 elementos que son los siguientes: cobre, cobalto, zinc, níquel, galio, plomo, estaño, germanio, molibdeno, antimonio, plata, cadmio, arsénico, y bario.

En el yacimiento Jucaro el muestreo litogeoquímico se realizó en un total de 30 pozos de perforación, en una red de exploración escala 1:5 000; la distancia entre pozos, dentro de los perfiles muestreados es de 50 metros. El número de perfiles a las cuales se les realizó el muestreo lito--

geoquímico se realizó en un total de 30 pozos de perforación, en una red de exploración escala 1:5 000; la distancia entre pozos, dentro de los perfiles perfiles muestreados es de 50 metros. El número de perfiles a los cuales se les realizó el muestreo litogeoquímico fue de 5 (ver anexo No.1); la separación entre perfiles es de 100 metros y en algunos casos es de 50 metros.

Los intervalos de muestreo dentro de los pozos son muy irregulares; este se realizó en los testigos almacenados en la casa de muestras y éstos se encontraban reducidos al 10%.

El muestreo geoquímico se realizó por los técnicos de la brigada Júcaro, bajo la dirección del geólogo E. Escobar, en el año 1974, utilizándose el método de surcos punteados.

En Cacarajícara, por su parte, el muestreo litogeoquímico se efectuó de la misma forma, pero los pozos estaban dispuestos en una red irregular. El número de pozos muestreados fue de 21.

Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio Isaac del Corral, de la Habana.

Es bueno señalar que para realizar el presente trabajo nosotros solamente contamos con los datos del análisis espectral y con los trabajos geológicos que existen en los archivos de la DGG, ya que no se conoce ningún trabajo sobre la Geoquímica del Yacimiento Júcaro.

Después de recopilada la información se procedió al procesamiento de los datos obtenidos con el objetivo de resolver --

las siguientes tareas:

- 1) Determinación del contenido de fondo para los elementos - cobre, cobalto, zinc, níquel y galio utilizando la fórmula de datos agrupados en intervalos de clase que es la --

siguiente: $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i X_i}{N}$ donde,

$\bar{X}$ = contenido de fondo

x_i = punto medio del intervalo

f_i = frecuencia del intervalo

N = número total de muestras del elemento presente en la distribución.

Para la plata, molibdeno, plomo, estaño, germanio, antimonio, cadmio, arsénico y bario el contenido de fondo se -- consideró como cero, debido a que la sensibilidad del análisis espectral para estos elementos es muy baja y no permite determinar las pequeñas concentraciones correspondientes al contenido de fondo.

- 2) Determinación del grado de dispersión de la distribución (desviación standart) para los elementos cobre, zinc, cobalto, níquel y galio mediante la fórmula de datos agru--pagos en intervalos de clase que es la siguiente:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

S= desviación standart

f_i = frecuencia del intervalo

x_i = punto medio del intervalo

$\bar{x}$ = contenido de fondo del elemento

N = número total de muestras del elemento que interviene en la distribución.

También se calculó la dispersión relativa o coeficiente de variación por la relación existente entre la desviación standart y el contenido de fondo $\frac{S}{\bar{x}}$.

- 3) Determinación de la ley de distribución para el cobre y el zinc -elementos principales en nuestro trabajo- utilizando el diagrama de Razumovski.

Aquí se demostró que la distribución era anormal lo que fue confirmado al aplicar el criterio de Kolmogorov que plantea:

$$\lambda = \frac{\Delta Y \sqrt{n}}{100} < 1,35 \text{ (con una probabilidad de 95,9\%), donde:}$$

ΔY = diferencia de ordenadas entre la frecuencia calculada y la frecuencia correspondiente a la línea media.

n = cantidad de muestras.

- 4) Cálculo del umbral de contenido anómalo para los elementos cobre, zinc, cobalto, níquel y galio por la fórmula que corresponde a una distribución normal.

$$Ca = \bar{x} + 3 S$$

Ca = umbral de contenido anómalo

$\bar{x}$ = desviación standart.

Como se sabe el umbral de contenido anómalo no es más que el valor mínimo anómalo, por encima del cual todos los valores se consideran como anomalía y por debajo del cual todos los valores se consideran pertenecientes al fondo normal.

El umbral de contenido anómalo para los elementos plomo, estaño, germanio, molibdeno, antimonio, plata, cadmio, arsénico y bario se calculó sencillamente multiplicando su clarke por 3 por las razones expuestas en el inciso 1).

5) Construcción de perfiles geoquímicos.

Un perfil geoquímico no es más que un corte vertical o inclinado; longitudinal o transversal con respecto a un cuerpo mineral, donde se pueden representar las anomalías geoquímicas.

En el presente trabajo se constituyeron un total de 5 perfiles, cada uno de ellos independientemente para los elementos cobre, zinc, cobalto, galio, níquel, plata, molibdeno y plomo.

Estos se construyeron de la siguiente forma:

- a) Se tomaron los perfiles geológicos con sus pozos, cuerpos minerales y zonas de alteración hidrotermal.
- b) En los pozos se situaron los intervalos de muestreo a

escala y en los puntos medios de ésta se colocó el valor del contenido de la muestra en cada caso.

- c) Trazado de isolíneas. La primera que se trazó correspondió al valor del umbral de contenido anómalo del elemento, la segunda dos veces este valor, etc.

En los casos que no se pudo trazar isolíneas simplemente se señaló con una determinada simbología, las zonas con contenidos anómalos.

Finalmente queremos adjuntar una serie de tablas donde aparecen los valores del contenido de fondo ($\bar{x}$), la desviación standart (S); y el umbral de contenido anómalo (U.C.A.); -- calculadas para los elementos cobre, cobalto, zinc, níquel y galio en los yacimientos Júcaro y Cacarajícara, así como las tablas de distribuciones de frecuencias para estos elementos en ambos yacimientos.

Por último creemos que es necesario señalar que el cálculo de los diferentes parámetros no fue necesario realizarlos independientemente para cada tipo de roca, porque en realidad las rocas existentes en ambos yacimientos presentan una composición predominantemente básica, y además, los elementos analizados en ellos están muy homogéneamente distribuidos, es decir, como se puede apreciar en los perfiles geoquímicos no existen diferencias notables en cuanto al contenido de estos elementos en los diferentes tipos de rocas.

I - YACIMIENTO JUCARO

Elemento.	Núm. de muestras.	Rango	$\bar{X}$	S	U.C.A.	$\frac{S}{\bar{X}}$ (%)
Cu	517	1.5-10	6.622	2.4	13.82	36
Co	542	1-10	2.885	1.3	6.78	45
Zn	616	1.5-15	7.730	3.7	18.83	48
Ni	626	1-15	6.236	3.42	16.49	55
Ga	634	1-6	2.976	0.98	5.91	33

II - YACIMIENTO CACARAJICARA

Elemento.	Núm. de muestras.	Rango	$\bar{X}$	S	U.C.A.	$\frac{S}{\bar{X}}$ (%)
Cu	667	1-10	5.367	2.15	11.81	40
Co	796	1-10	2.316	1.7	7.41	73
Zn	689	1-15	6.632	3	15.63	45
Ni	744	1-15	6.284	4.3	19.18	68
Ga	684	1-8	2.858	1.8	8.25	63

TABLAS PARA EL COBRE III Y IV

III YACIMIENTO JUCARO

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-3	2	30	60	4.622	21.362
3-5	4	117	468	2.622	6.874
5-7	6	142	852	0.622	0.386
7-9	8	118	944	1.378	1.898
9-11	10	110	1100	3.378	11.410

IV YACIMIENTO CACARAJICARA

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-3	2	40	80	3.367	11.336
3-5	4	333	1332	1.367	1.868
5-7	6	164	984	0.633	0.400
7-9	8	58	464	2.633	6.932
9-11	10	72	720	4.633	21.464

TABLAS PARA EL COBALTO (V-VI)

V - YACIMIENTO JUCARO

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-3	2	339	678	0.885	0.783
3-5	4	176	704	1.115	1.243
5-7	6	20	120	3.115	9.703
7-9	8	4	32	5.115	26.163
9-11	10	3	30	7.115	50.623

VI - YACIMIENTO CACARAJICARA

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-3	2	443	886	0.316	0.99
3-5	4	297	594	1.684	2.835
5-7	6	45	270	3.684	13.571
7-9	8	8	64	5.684	32.307
9-11	10	3	30	7.684	59.043

TABLAS PARA EL ZINC (VII Y VIII)

VII - YACIMIENTO JUCARO

Intervalo	x_i	f_i	$f_i x_i$	$ x_i - \bar{x} $	$(x_i - \bar{x})^2$
1-3	2	8	16	5.73	32.832
3-5	4	186	744	3.73	13.912
5-7	6	86	516	1.73	2.992
7-9	8	144	1152	0.27	0.072
9-11	10	123	1230	2.27	5.152
15-17	16	69	1104	8.27	68.392

VIII - YACIMIENTO CACARAJICARA

Intervalo	x_i	f_i	$f_i x_i$	$ x_i - \bar{x} $	$(x_i - \bar{x})^2$
1-3	2	27	54	4.632	21.455
3-5	4	186	744	2.632	6.927
5-7	6	237	1422	0.632	0.399
7-9	8	128	1024	1.368	1.871
9-11	10	75	750	3.368	11.343
15-17	16	36	576	9.368	87.759

TABLAS PARA EL NIQUEL (IX Y X)

IX - YACIMIENTO JUCARO

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-3	2	111	222	4.236	17.943
3-5	4	201	804	2.236	4.999
5-7	6	94	564	0.236	0.055
7-9	8	84	672	1.764	3.111
9-11	10	89	890	3.764	14.167
15-17	16	47	752	7.764	60.279

X - YACIMIENTO CACARAJICARA

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-3	2	56	112	4.784	22.886
3-5	4	212	848	2.784	7.750
5-7	6	184	1104	0.784	0.614
7-9	8	142	1136	1.216	1.478
9-11	10	92	920	3.216	10.342
15-17	16	58	928	9.216	84.934

TABLAS PARA EL GALIO (XI - XII)

XI - YACIMIENTO JUCARO

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-2	1.5	129	193.5	1.476	2.178
2-3	2.5	230	575	0.476	0.226
3-4	3.5	153	535.5	0.524	0.274
4-5	4.5	105	472.5	1.524	2.322
6-7	5.5	17	110.5	3.524	12.418

XII - YACIMIENTO CACARAJICARA

Intervalo	X_i	f_i	$f_i X_i$	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1-2	1.5	296	444	1.358	1.844
2-3	2.5	145	362.5	0.358	0.128
3-4	3.5	95	332.5	0.642	0.412
4-5	4.5	85	382.5	1.642	2.696
6-7	6.5	51	331.5	3.642	13.264
8-9	8.5	12	102	5.642	31.832

Para los elementos que se consideró como cero el contenido de fondo se obtuvieron los siguientes resultados, para el umbral de contenido anómalo; considerando a éste como 3 veces el clarke del elemento para rocas básicas, que son las que componen en su mayoría nuestra área de estudio:

Resultados (por 10^{-3})

Para el Plomo:

U.C.A.=2.4

Para el Estaño

U.C.A.= 0.45

Para el Germanio

U.C.A.= 0.45

Para el Molibdeno

U.C.A.= 0.42

Para el Antimonio

U.C.A.= 0.3

Para la Plata

U.C.A.= 0.03

Para el Cadmio

U.C.A.= 0.057

Para el Arsénico

U.C.A.= 0.6

Para el Bario

U.C.A.= 90

CAPITULO XII

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación haremos un análisis de los resultados obtenidos que aparecen reflejados de forma estadística al final — del capítulo anterior y cuyos resultados, desde el punto de vista geológico y geoquímico, se muestran en los diferentes — perfiles geoquímicos que aparecen como anexos gráficos de este trabajo.

Comenzaremos analizando al cobre, cuyo símbolo químico es Cu. Los valores del contenido de fondo y el contenido anómalo para el cobre (ver tablas I y II) son los siguientes:

Júcaro	Cacarajícara
$\bar{X} = 6.622$	$\bar{X} = 5.367$
U.C.A. = 13.82	U.C.A. = 11.81

Como se puede apreciar no existen diferencias notables entre estos valores para ambos yacimientos.

El cobre tanto en Júcaro como en Cacarajícara y dentro de — las zonas con contenidos no anómalos, responde a la ley de — distribución normal, lo cual fue demostrado, como se explicó en el capítulo anterior.

Haciendo un análisis de las tablas de frecuencias construi— das para el cobre, se puede apreciar que los valores más — probables para este elemento se encuentra por debajo de los valores medios para las rocas básicas, y que incluso el um—

bral de contenido anómalo está muy próximo a su clarke en las rocas básicas.

Por otra parte si se analizan los diferentes perfiles geoquímicos contruidos para Júcaro, se observa claramente, que el cobre forma una aureola de dispersión muy pequeña en los flancos de los cuerpos minerales, tanto por el yacente como por el colgante de éstos.

En ocasiones la aureola de cobre no sobrepasa los 10 metros, llegando a desaparecer en algunos lugares. En estos casos es curioso observar cómo los contenidos de cobre varían bruscamente muy cerca del contacto entre los cuerpos minerales y las rocas encajantes, pasando de los altos contenidos característicos de los cuerpos minerales, a otros inferiores, inclusive, al umbral de contenido anómalo, sin que exista ningún tipo de gradación.

Dentro de las zonas alteradas hidrotermalmente, el cobre presenta contenidos excesivamente bajos, en ocasiones, menores que el valor del fondo normal.

En el yacimiento Cacarajícara, como se puede apreciar en el perfil número C-1 para cobre (ver anexo 7), el cobre se comporta de forma diferente, formando en este caso, una aureola de dispersión más amplia y se observa un paso gradual de los contenidos de las zonas mineralizadas a las zonas de fondo.

Analizando comparativamente las tablas de frecuencia contruidas para cobre, sobre ambos yacimientos, se nota que los

valores más probables para este elemento se encuentran por debajo de los valores de los contenidos standart en las rocas medias.

Esto, unido al hecho de que el umbral de contenido anómalo para el cobre en ambos casos es muy cercano al valor del clarke, para este tipo de rocas excluye cualquier posibilidad de que se hayan incluido dentro de los contenidos de fondo, valores correspondientes a la zona anómala.

El Zinc.

Su símbolo químico es Zn. Los valores de contenido de fondo y contenido anómalo son los siguientes:

Júcaro	Cacarajícara
$\bar{X} = 7.730$	$\bar{X} = 6.632$
U.C.A. = 18.83	U.C.A. = 15.63

Como se observa, para el zinc al igual que para el cobre, no existen diferencias notables en estos parámetros para ambos yacimientos.

El zinc, como se demostró en nuestro trabajo, responde también a la ley de distribución normal. Este elemento no forma en ninguno de los yacimientos estudiados, grandes aureolas de dispersión alrededor de los cuerpos minerales, comportándose de forma similar al cobre tanto en el yacente como en el colgante, de los cuerpos minerales donde se aprecia una amplia distribución de los valores anómalos.

Análogamente con el cobre, en los perfiles geoquímicos contruidos para zinc se observa un paso brusco de los altos contenidos de los cuerpos minerales, hacia zonas con contenido - de fondo sin que se aprecia aquí tampoco, ninguna gradación. Su aureola es muy pequeña y en las zonas de alteración hidrotermal, muchas veces no se encuentran valores anómalos.

Haciendo un estudio de las tablas de frecuencia, se nota que al igual que para el cobre, los valores de zinc se encuen---tran por debajo de su clarke en las rocas básicas e incluso, también el valor del umbral de contenido anómalo es inferior al clarke.

Por su parte en el yacimiento Cacarajícara la aureola de ---zinc es mucho más amplia, observándose una transición gra---dual de los valores de los cuerpos minerales hacia los contenidos más bajos de las zonas de fondo.

En cuanto al cobalto (Co); níquel (Ni) y galio (Ga), sus parámetros geoquímicos y estadísticos aparecen en las tablas I y II para los yacimientos Júcaro y Cacarajícara, respectivamente.

Para el caso del níquel y el cobalto, sus contenidos de fondo están muy por debajo de sus clarkes en las rocas básicas. Para el cobalto el umbral de contenido anómalo está muy próximo en ambos yacimientos, a su clarke en las rocas básicas y en el caso del níquel, el valor del contenido anómalo es muy inferior al de su clarke.

Para los elementos níquel y cobalto se aprecia en las tablas de frecuencias, que sus valores más probables son menores -- que los valores de sus respectivos contenidos de fondo, es -- decir, que si se construyen curvas de frecuencia se puede -- observar que estos elementos son asimétricos en su parte izquierda con respecto al valor medio, no obstante, estos elementos deben responder a la ley de distribución normal ya -- que sus rangos de variación son muy estrechos, por lo que si se toman otros intervalos de clase deben obtenerse curvas -- muy parecidas a la curva de distribución normal.

Para estos elementos no se reportan aureolas de dispersión -- en ninguno de los yacimientos estudiados.

Al hacer un análisis de los perfiles contruidos para estos elementos, hemos llegado a la conclusión de que ellos están distribuidos de manera muy uniforme, tanto en las áreas ocupadas por las rocas encajantes, como en las ocupadas por los cuerpos minerales, o sea, que no se observa ninguna relación entre los contenidos altos o bajos con respecto a las zonas mineralizadas; por otra parte esto lo confirma el hecho de -- que todos los valores obtenidos para el níquel y cobalto, se encuentran por debajo de los valores de los contenidos anó-- malos calculados.

El Galio:

Su símbolo químico es Ga, y sus valores de contenido de fondo y contenido anómalo son:

Júcaro	Cacarajícara
$\bar{X} = 2.976$	$\bar{X} = 2.858$
U.C.A. = 5.91	U.C.A. = 8.25

Como se puede apreciar en los perfiles geoquímicos, el contenido de fondo es en ambos casos superior al clarke de estos elementos en las rocas básicas.

Este elemento, al igual que el níquel y el cobalto, no forma aureolas alrededor de los cuerpos minerales y sus contenidos están distribuidos de forma tal, que no se pueden diferenciar zonas de altas o bajas concentraciones en las áreas ocupadas por las rocas encajantes y los cuerpos minerales, es decir, - que en los perfiles geoquímicos no se observa relación alguna entre la mineralización y los valores que toma este elemento. La ausencia de zonalidad impide relacionar los altos valores de contenido que presenta este elemento con respecto a la mineralización.

En nuestra opinión, estos altos valores en los contenidos de galio de estas rocas, está relacionado con su composición interna y no con la mineralización, o quizás se deba a la poca exactitud del análisis utilizado.

El Germanio: (Ge)

Para este elemento se consideró un contenido de fondo también igual a cero y un umbral de contenido anómalo de -----
 $0,45 \times 10^{-3}$.

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos para este elemento, se puede concluir que este elemento desde el punto de vista geoquímico, no forma aureola primaria de dispersión, debido a que sus máximos valores de contenido son inferiores inclusive, a su umbral de contenido anómalo, siendo estos valores del orden de $0,2 \times 10^{-3}$.

Por otra parte, analizando otros elementos indicadores como el antimonio (Sb), arsénico (As) y cadmio (Cd), se observa que en ninguna de las muestras se detectaron contenidos de ningún tipo.

Nosotros creemos que esto no se debe a que no existan aureolas de dispersión en las zonas cercanas a los cuerpos minerales para estos elementos, sino que esto más bien se debe a la baja sensibilidad que presenta el análisis espectral en la determinación de estos elementos químicos.

Esta opinión es avalada también por el hecho de que en las muestras analizadas químicamente se ha detectado la presencia de cadmio en las muestras tomadas en los límites de los cuerpos minerales, sobre todo, en las que contienen elevados contenidos de zinc, por lo que se debe esperar que existan aureolas de dispersión de cadmio dentro de los límites de las aureolas de zinc, en las cercanías de los cuerpos minerales.

Molibdeno: (Mo)

Para este elemento su contenido de fondo se consideró igual

a cero y el umbral de contenido anómalo obtenido fue de ----
 $0,4 \times 10^{-3}$.

A pesar de que para este elemento sólo se pueden apreciar --
 aureolas en dos perfiles, sin embargo, se puede observar ---
 cierta zonalidad.

Analizando la distribución de sus contenidos se pudo apre---
 ciar que éstos son mayores cerca de los límites de los cuer-
 pos minerales dentro de las zonas alteradas hidrotermalmente
 llegando a tomar valores del orden de 2×10^{-3} .

El Plomo: (Pb)

Para este elemento se tomó el valor del clarke, a fin de cal-
 cular el umbral de contenido anómalo ($Ca = 2,4 \times 10^{-3}$).

Las aureolas determinadas son muy pequeñas y no presentan ma-
 yor interés, tanto desde el punto de vista geológico como --
 geoquímico.

Plata: (Ag)

Este es el elemento que de acuerdo con los resultados obteni-
 dos, forma las aureolas más amplias alrededor de los cuerpos
 minerales.

Para este elemento se consideró el contenido de fondo como -
 cero y el contenido anómalo obtenido fue de $0,1 \times 10^{-3}$.

Analizando el elemento plata se observa que sus contenidos -
 aumentan cerca de los límites de los cuerpos minerales, e in-
 cluso, se aprecia una clara zonalidad para este elemento tan

to en Júcaro como en Cacarajícara.

En los límites de los cuerpos minerales y en las zonas de alteración hidrotermal, los contenidos de plata llegan hasta $- 2 \times 10^{-3}$, que son valores muy superiores a su clarke en las rocas básicas.

En algunas ocasiones los contenidos anómalos se encuentran a más de 70 metros del contacto entre los cuerpos minerales y las rocas encajantes.

De modo general haciendo un análisis de los resultados obtenidos, se puede afirmar que los yacimientos Júcaro y Cacarajícara no se caracterizan por presentar amplias aureolas primarias de dispersión.

Tanto los elementos indicadores meníferos (cobre, zinc y plomo) como los acompañantes (Ag, As, Sb, Ba, Cd, Sn, Ga, Ge) — se caracterizan por formar aureolas muy reducidas, en los — bloques yacente y colgante de los cuerpos minerales, e incluso, muchos de ellos ni siquiera llegan a formar aureolas alrededor de los cuerpos minerales.

Por otra parte considerando las características señaladas — con anterioridad de las aureolas de los elementos indicado— res y además, teniendo en cuenta, el poco desarrollo que alcanzan las zonas de alteración hidrotermal, las cuales en — muchas ocasiones ni siquiera se detectan en la zona de con— tacto de los cuerpos minerales con las rocas encajantes, se puede afirmar que durante la formación de estos yacimientos

las rocas enjantes presentaban unas características de permeabilidad y porosidad tan pequeñas, que no permitían que las soluciones penetraran con mucha facilidad, a través de ellas, y por tanto, tampoco permitían que los elementos disueltos en estas soluciones pudieran migrar a grandes distancias en sentido perpendicular de los límites de los canales por los cuales circularon estas soluciones, lo que trajo como lógica consecuencia, las aureolas tan reducidas que formaron los elementos meníferos, tanto en el colgante como en el yaciente de los cuerpos minerales.

Este poco desarrollo de las aureolas de dispersión de estos elementos, es lo que nos mueve a suponer el mecanismo de difusión de los elementos como el que primó en la formación de estas aureolas.

La ausencia total de aureolas de tipo lineal en los límites de las zonas estudiadas, es un índice para afirmar, que durante el periodo de formación de estos yacimientos, no existía un gran desarrollo de grietas de plumaje, lo que impidió que se crearan zonas de alta permeabilidad donde las soluciones pudieran circular más libremente.

Si analizamos las aureolas de los diferentes elementos por el rumbo de los cuerpos minerales --en el caso específico -- del yacimiento Júcaro-- se llega a la conclusión de que en esta dirección las aureolas también alcanzan poco desarrollo, como se aprecia en los perfiles geoquímicos 9 y 10, --

donde solamente la plata presenta una débil aureola de dispersión. Estos perfiles debido a la cercanía que presentan con respecto a los cuerpos minerales, debían presentar hue--llas de mineralización, lo cual no sucede.

Haciendo un balance total de los resultados obtenidos --y a -- pesar de que éstos no son del todo satisfactorios-- no se pue--de descartar la posibilidad de utilizar el método litogeoquí--mico de búsqueda en la localización de posibles yacimientos ciegos que se encuentren dentro de los límites de los yaci--mientos Júcaro y Cacarajícara, así como en sus áreas adyacen--tes.

En nuestra opinión el poco éxito logrado en la aplicación de este método en estos yacimientos, puede estar relacionado --con un muestreo litogeoquímico deficiente; en este sentido --es necesario tener en cuenta el hecho, de que en estos yaci--mientos la recuperación de los testigos durante la perfora--ción es muy deficiente, sobre todo en las zonas muy tectoni--zadas y cerca del contacto de los cuerpos minerales con las rocas encajantes, ocurriendo una disminución considerable --del material perforado.

En estos casos, al realizar el muestreo geoquímico, es necesario tener en cuenta el ripio de perforación, el cual no --se muestreó, por otra parte el muestreo litogeoquímico se --efectuó sobre los testigos almacenados en la casa de mues--tras -- en el caso del yacimiento Júcaro.

Según se nos informó estos testigos ya estaban reducidos al 10% de sus dimensiones originales y según nosotros pudimos constatar en las libretas de documentación, para determinados intervalos de profundidad, no existían testigos, o no se sabía con certeza a que intervalo pertenecían las muestras, debido a lo mal organizada que estas se encontraban en las cajas y a la ausencia de tacos indicadores de la profundidad.

Por otra parte, es una constante en todos los perfiles geoquímicos, la ausencia de muestras para las zonas minerales y zonas de alteración hidrotermal y en muchas ocasiones en intervalos pertenecientes a las zonas de contacto entre los cuerpos minerales y rocas enjantes.

Analizando comparativamente los resultados del muestreo realizado en el yacimiento Júcaro con los resultados obtenidos en el yacimiento Cacarajícara y en sus zonas adyacentes, se observa una diferencia notable en la transición de los contenidos de fondo a los anómalos, en Júcaro, el paso de los contenidos de fondo a los anómalos es excesivamente brusco, mientras que en Cacarajícara y los pozos de muestreo adyacentes a esta yacimiento, esta transición ocurre de una forma gradual, y además en muchos casos se puede apreciar como aumentan y disminuyen de forma gradual los contenidos dentro de las zonas anómalas, encontrándose amplias anomalías muy difíciles de observar en el yacimiento Júcaro, lo que nos da más razón para pensar en que los pobres resultados

obtenidos para el yacimiento Júcaro, son en gran medida la consecuencia lógica del deficiente muestreo efectuado.

Por otra parte el hecho de que prácticamente todos los datos obtenidos pertenecen a los bloques colgante y yacente de los cuerpos minerales, debido a que las perforaciones, en casi todos los casos, cortan los cuerpos minerales, nos impidió a nosotros tener una idea clara sobre la extensión de las aureolas, tanto por el rumbo como por el realce de dichos cuerpos. Nosotros suponemos que por el realce deben existir aureolas mucho más amplias, debido a la mayor permeabilidad de las rocas en esta dirección como ocurre en casi todos los yacimientos hidrotermales.

En cuanto al desarrollo de las aureolas por el buzamiento de los cuerpos minerales, nosotros, en el caso de Júcaro, y sobre la base de los resultados obtenidos en los perfiles 9 y 10, llegamos a la conclusión de que éstas tenían poco desarrollo; pero esto no implica en ningún momento que por el rumbo las aureolas tengan poco desarrollo.

En síntesis, se puede decir, que las aureolas existen para algunos elementos, pero el deficiente muestreo realizado, unido a las limitaciones del análisis espectral semicuantitativo en la determinación de algunos elementos claves, no ha permitido evaluarlos en toda su extensión y complejidad.

ZONALIDAD GEOQUIMICA

Con respecto a la zonalidad geoquímica en los yacimientos - Júcaro y Cacarajícara, ésta es muy escasa debido, sobre todo, al poco desarrollo de las aureolas primarias de dispersión.

Como ya se señaló con anterioridad, prácticamente todos los datos de que dispusimos para realizar el presente trabajo, - corresponden a la parte menífera propiamente dicha de los - cuerpos minerales, es decir, que nos resulta imposible hablar de la zonalidad longitudinal, incluso dentro de la zona menífera, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos no se puede establecer la zonalidad de los elementos indicadores lo que se debe en gran medida a la deficiente calidad de los materiales disponibles.

Resulta imposible establecer en qué parte de los cuerpos minerales se situaban los máximos de los elementos indicadores y cómo variaban las relaciones entre ellos con respecto a - las distintas partes de los cuerpos minerales.

Por otra parte, no existen criterios para poder opinar sobre la zonalidad transversal, ya que como se puede apreciar en - los perfiles geoquímicos, las aureolas de zinc y cobre prácticamente tienen el mismo desarrollo, por lo que sus relaciones con respecto a los cuerpos minerales, deben ser similares.

El único elemento que puede ofrecer un indicio muy vago sobre la zonalidad transversal, es la plata, ya que ella for-

ma aureolas más amplias y por tanto es posible que las relaciones de este elemento con respecto a los demás, varíe ligeramente en los cuerpos minerales.

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación señalaremos algunas conclusiones que se desprenden de nuestro trabajo y haremos las recomendaciones que creemos es necesario tener en cuenta, para hacer un estudio geoquímico de calidad en los yacimientos Júcaro y Cacarajícara, con el fin de conocer mejor el comportamiento de los elementos indicadores en estos yacimientos, lo que permitirá obtener criterio para una mejor utilización del método litogeoquímico de búsqueda en la localización de posibles cuerpos minerales ciegos, en las cercanías de los citados yacimientos.

CONCLUSIONES

- 1) Los cuerpos minerales de la región Bahía Honda posee aureolas primarias de poca extensión por sus bloques colgantes y yacentes, las cuales pueden ser detectadas perfectamente por el método empleado en estos yacimientos.
- 2) En base a los resultados obtenidos los mejores elementos indicadores son el cobre, el zinc y la plata.
- 3) Las aureolas de dispersión más amplias corresponden a la plata, observándose también en ella cierta zonalidad de los elementos indicadores.
- 4) Debido a la ausencia de aureolas de tipo lineal y al poco desarrollo de las aureolas, en sentido general, se puede afirmar, que los procesos tectónicos más intensos ocurre

ron posteriormente a la formación de estos yacimientos.

RECOMENDACIONES

- 1) Recomendamos que para futuros trabajos en la zona, el --- muestreo geoquímico se realice en los pozos de perfora--- ción inmediatamente después que se haya extraído los tes--- tigos de perforación y no después que éstos hayan sido reducidos. Además en aquellos casos en que la recuperación sea deficiente debe muestrearse los detritos de perfora--- ción.

El método de muestreo que se debe emplear es el de surcos punteados.

- 2) Recomendamos que durante el muestreo geoquímico tengan en cuenta las variaciones litológicas, que los intervalos de muestreos, sean los óptimos, para lo que se debe estable--- cer experimentalmente la magnitud de ellos, realizando --- previamente trabajos experimentales, para las rocas esté--- riles, para las rocas alteradas hidrotermalmente y para --- los cuerpos minerales.

Si dentro de los límites de un intervalo existe más de un tipo de litología, debe tomarse una muestra geoquímica independiente para cada tipo de roca. Hay que tener en cuenta que cerca de los límites de los cuerpos minerales, los intervalos de muestreo deben ser más reducidos, con el --- fin de obtener una información más detallada de esta zona.

- 3) Recomendamos que durante el muestreo geoquímico se tomen muestras de control (3% del total) con el fin de evaluar la calidad de los análisis, mediante la teoría de errores, lo que le da mayor calidad al muestreo geoquímico.
- 4) Recomendamos que aprovechando las condiciones existentes actualmente en el yacimiento Júcaro se realice un estudio experimental más detallado; en un sólo perfil del yacimiento, con el fin de evaluar con más precisión la posibilidad de utilizar el método expuesto en el presente trabajo, para localizar posibles cuerpos minerales ciegos dentro de los límites de los yacimientos Júcaro y Cacarajícara y en sus zonas adyacentes.

Este estudio a grandes rasgos consistirá en realizar el siguiente trabajo:

- a) Seleccionar un perfil típico del yacimiento donde la zona mineralizada sea cortada en diferentes niveles -- por galerías -- cámaras.

A estos laboreos mineros se les debe realizar un muestreo geoquímico detallado, utilizando el método de -- surcos y teniendo muy en cuenta los contactos, es decir, se tomarán muestras independientemente, para las rocas encajantes tanto en el colgante como en el yacente; para las zonas alteradas hidrotermalmente y -- para la mena. Los intervalos de muestreo deben ser -- muy reducidos sobre todo en los límites de las zonas

alteradas hidrotermalmente y en las zonas mineralizadas (aproximadamente de 1 metro). Estos intervalos pueden ser más amplios para las rocas sin alteraciones y para los pozos de perforación, los cuales también deben ser muestreados.

El total de muestras debe ser de 200 - 300.

b) A las muestras litogeoquímicas obtenidas se les debe efectuar análisis espectral completo o para 18 elementos, tanto cuantitativo como semicuantitativo, lo que permitirá resolver las siguientes tareas:

b-1) Determinar la correlación existente entre diferentes elementos, con el fin de estimar a partir de los elementos indicadores para los cuales el análisis semicuantitativo es efectivo, cuáles son los elementos para los que no es efectivo este tipo de análisis.

b-2) Utilizando los resultados del análisis cuantitativo, se podrá establecer con precisión la distribución de los elementos con respecto a los cuerpos minerales, lo que permitirá establecer la zonalidad de las aureolas, tanto en sentido longitudinal como transversal.

b-3) Comparar los resultados obtenidos en uno y otro tipo de análisis con el fin de evaluar la eficacia del análisis espectral semicuantitativo en la

determinación de las aureolas primarias de disper
sión.

- b-4) Con los resultados del análisis espectral semi---
cuantitativo se construirá un perfil geoquímico -
que permita establecer las dimensiones y morfolo-
gía de las diferentes aureolas.

Resumiendo este punto se puede afirmar que este trabajo
experimental permitirá profundizar de forma considerable
en el conocimiento de las aureolas primarias en el yaci-
miento Júcaro, lo que puede ser de utilidad para otros
yacimientos de características similares.

Por último queremos insistir una vez más en que se con-
tinúe utilizando este método, ya que es muy económico y
puede arrojar resultados más positivos que los logrados
hasta ahora; para los yacimientos Júcaro y Cacarajícara.

BIBLIOGRAFIA

- 1) E. Escobar y otros.

Complementos del cálculo de reservas y exploración orientativa del yacimiento Júcaro.

- 2) G. Furrázola

C. M. Judoley y otros.

Geología de Cuba.

- 3) R. M. Lavandero.

Carlos A. Umpierrez

Contribución al estudio geológico al área de Quiñones, —
Sierra del Rosario, Pinar del Río.

- 4) V. Sedov y otros.

Resultados de los trabajos experimentales geofísicos y -
geoquímicos en el campo minero de Matahambre.

- 5) R. N. Volodin.

U. M. Stepanov.

Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda-
revisión para cobre, realizados en la parte oriental de -
la provincia de Pinar del Río en 1965-1966.

METODOLOGIA

- 6) Vershinin.

Método geoquímico de Búsqueda.

- 7) Murray, R. Spiegel.

Teoría y problemas de estadística.

INDICE

PARTE GENERAL

INTRODUCCION	PAGINA #2
CARACTERISTICA GEOGRAFICO-ECONOMICO DE LA REGION	" 4
HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES GEOLOGICAS	" 6

PARTE GEOLOGICA

ESTRATIGRAFIA	" 9
MAGMATISMO	" 13
TECTONICA Y GEOLOGIA REGIONAL	" 17
HISTORIA DEL DESARROLLO GEOLOGICO	" 20
HIDROGEOLOGIA	" 25
MINERALES UTILES	" 26

PARTE ESPECIAL

METODOLOGIA EMPLEADA	" 30
INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	" 43
ZONALIDAD GEOQUIMICA	" 56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	" 58
BIBLIOGRAFIA	" 63