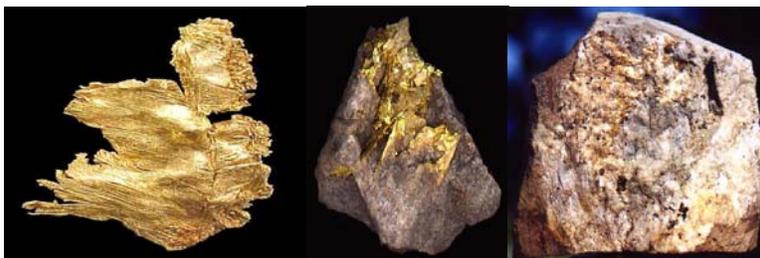




INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO



***CARACTERIZACIÓN MORFO-TEXTURAL Y COMPOSICIONAL
DEL ORO PRESENTE EN LA CUENCA DEL RIO QUESIGUA.***

Autor: Fernando Octavio de Almeida.

Tutores: Msc. Alberto Ramón Vila Sánchez.

Dr. Roberto Díaz Martínez.

Moa, Julio del 2003.

"Año de *Gloriosos Aniversarios de Martí y del Moncada*"

...la tierra no oculta los metales en sus profundidades porque desee que los hombres no los extraigan, sino porque la prudente y sabia Naturaleza ha designado para cada cosa su sitio....

G. AGRÍCOLA (DE RE METALLICA, 1550)

Dedicatoria

A mis padres que desde mi niñez me enseñaron a ser hombre y a luchar en la vida , y muy especial a mi futuro hijo o hija.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a la revolución cubana , familiares ,amigos y profesores que de una forma u otra contribuyeron en la culminación de mis estudios; en especial a Jorge Spencer foster, Yudmila Spencer Rodríguez, Miguel Angel, Dr.C Antonio Rodríguez Vega (ñico) y muy especial a mis dos queridos tutores MSC. Alberto Vila y Dr. C Roberto Díaz Martínez.

RESUMEN

El presente trabajo de diploma titulado **CARACTERIZACIÓN MORFO-TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE LAS PARTÍCULAS DE ORO PRESENTE EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO QUESIGUA** tiene como objetivo fundamental “ Caracterizar la morfología, textura y composición química, de las partículas de oro reveladas en el río Quesigua, con vistas al esclarecimiento de la composición y génesis de la mineralización aurífera primaria preexistente y de los mecanismos de formación de estas partículas”

Los trabajos de campo en esta investigación estuvieron centrados fundamentalmente en el empleo del método de los concentrados pesados conocido en Cuba como método de jagua, mientras que los análisis de laboratorio se sustentaron en la utilización tanto de las técnicas analíticas tradicionales como de las técnicas más avanzadas entre las que se destacan la utilización de la Microscopía Electrónica de Barrido, Microsonda Electrónica e Imágenes de Electrones Retrodispersados, realizados todos en los laboratorios del Departamento de Geología de la Universidad de Barcelona, España.

Las partículas de Au estudiadas en los depósitos fluviales del río Quesigua, muestran morfologías muy variadas, predominando las esferoidales, tabulares y discoidales respectivamente, comprobándose que las características texturales más importantes de estas partículas son: Existencia de subgranos corroídos, de diferente composición en una misma partícula y presencia de partículas de oro con alteraciones en sus bordes, consistentes en un enriquecimiento de oro con relación a la plata. La realización de los análisis microquímicos, revelaron composiciones químicas heterogéneas de las partículas de oro, observándose variaciones composicionales correspondientes a las combinaciones intermetálicas de Au-Ag (Electrum) y Au (oro nativo),

Con la realización de esta investigación se reveló la presencia de partículas de oro con composición química muy heterogénea, observándose variaciones composicionales correspondientes a las combinaciones intermetálicas de Au-Ag (electrum) y oro nativo, las cuáles están en plena correspondencia con la composición que tienen las fuentes primarias preexistentes (filones y brechas epitermales enriquecidas en oro), en la parte intermedia de la cuenca estudiada.

Abstract

The present work titled MORFO-TEXTURAL CHARACTERIZATION AND COMPOSICIONAL OF THE PARTICLES OF GOLD PRESENT IN THE BASIN HIDROGRÁFICA OF THE RIVER QUESIGUA has as objective " to Characterize the morphology, texture and chemical composition, of the particles of gold revealed in the river Quesigua, with a view to the clarification of the composition and genesis of the mineralization auriferous primary preexistant and of the mechanisms of formation of these particles"

The field works in this investigation were centered fundamentally in the employment of the method of the well-known heavy concentrate in Cuba like heavy mineral concentration method, while the laboratory analyses were sustained in the so much use of the traditional analytic techniques as of the most advanced techniques among those that stand out the use of the Electronic Microscopy of Sweeping, Electronic Microsound and SEM backscattering image, carried out all in the laboratories of the Department of Geology of the University of Barcelona, Spain.

The particles of Au studied in the fluvial deposits of the river Quesigua, show very varied morphologies, prevailing the sphere, tabular and discoidal respectively, being proven that the most important textural characteristics in these particles are: Existence of eaten away subgranos, of different composition in oneself particle and presence of particles of gold with alterations in their borders, consistent in an enrichment of gold with relationship to the silver. The realization of the analyses microchemical, they revealed heterogeneous chemical compositions of the particles of gold, being observed variations composicionales corresponding to the combinations intermetálicas of Au-Ag (Electrum) and Au (I pray native),

With the realization of this investigation the presence of particles of gold was revealed with very heterogeneous chemical composition, being observed variations composicionales corresponding to the combinations intermetálicas of Au-Ag (electrum) and native gold, those which they are in full correspondence with the composition that you/they have the sources primary preexistant (reefs and breaches epithermal enriched in gold), in the intermediate part of the studied basin.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años la exploración aurífera en Cuba se ha contraído sensiblemente, avalada en parte, por la escasez de depósitos minerales aflorantes en superficie, no obstante por la importancia y repercusión que reviste esta tarea para el desarrollo económico del país, se hace necesario incentivar el crecimiento de esta actividad geológica en un futuro inmediato, a través del desarrollo de modelos metalogénicos y metodologías de exploración sofisticadas que permitan la localización de nuevos depósitos minerales auríferos en el seno de la geografía cubana.

Desde mediado de los años noventa, en diferentes regiones del mundo, el estudio de los rasgos morfo-texturales y de las características geoquímicas de las partículas de oro y elementos afines (Ag,As,Sb,Cu) así como del estudio de la geoquímica del centro y periferia de los granos de oro revelados en depósitos fluviales y marinos, han experimentado un gran auge. El interés que suscitan se debe al hecho de que con estos estudios se proporciona una mayor información sobre la naturaleza de la(s) fuente(s) primaria(s), además, permite localizar con mayor grado de precisión, los cuerpos mineralizados auríferos, y por consiguiente se obtiene una mayor eficiencia en el hallazgo de nuevos depósitos auríferos en una región determinada.

En el NE de Cuba Oriental, en asociación a rocas ofiolíticas y volcánicas, existen varios depósitos de placeres fluviales y marinos, en los cuales se han revelado partículas de oro (oro nativo, electrum, aleaciones Au-Cu), de oro mercurial, así como minerales de elementos del grupo del platino (Díaz-Martínez et al., 1998), con diferentes granulometrías y génesis.

Por lo expuesto anteriormente, el presente trabajo de diploma titulado **CARACTERIZACIÓN MORFO-TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE LAS PARTÍCULAS DE ORO PRESENTE EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO QUESIGUA** tiene como objetivo fundamental " Caracterizar la morfología, textura y composición química, de las partículas de oro reveladas en el río Quesigua, con vistas al esclarecimiento de la composición y génesis de la mineralización aurífera primaria preexistente y de los mecanismos de formación de estas partículas"

El **OBJETO DE ESTUDIO** en esta investigación son las partículas de oro presentes en la cuenca hidrográfica del río Quesigua. El área de estudio abarca un área aproximada de 35 Km². Geológicamente la cuenca está constituida casi en su totalidad por rocas de afinidad ofiolítica, predominando las del complejo básico sobre las del ultrabásico, vale señalar que a lo largo de toda la cuenca y en sus alrededores se aprecian importantes indicadores de actividad hidrotermal, como son jasperoides, depósitos de sínter calcáreo vetas de cuarzo lechoso con sulfuros alterados de cobre,

malaquita y óxidos e hidróxidos de hierro (probablemente pequeños gossans) con contenidos de oro que alcanzan los 0,66 ppm (Ramayo, L. 2003).

La presente investigación se desarrolla en el marco de las investigaciones geológicas geoquímicas que realiza el departamento de Geología de la Facultad de Geología y Minería del ISMM “Dr. Antonio Núñez Jiménez” y representa la última fase o etapa de mis estudios universitarios, por lo cual he depositado todo mi empeño y abnegación en la realización de esta obra como infinito agradecimiento en primera instancia a la revolución cubana y a los profesores del departamento de geología por brindarnos desinteresadamente todos sus conocimientos y enseñanzas.

Tomando como base estas investigaciones realizadas, se partió de la **HIPÓTESIS** de que si se si se caracterizan las partículas de oro presentes en la cuenca hidrográfica del río Quesigua desde el punto de vista morfológico, textural y microquímico entonces es posible establecer la composición de la(s) fuente(s) de origen y establecer los mecanismos de formación de dichas partículas.

La presente tesis de diploma, está estructurada en cuatro capítulos, dos dedicado a la parte general y los dos restantes a la parte especial. La memoria escrita consta de 70 páginas, 11 figuras y 9 tablas, escrita en Word 2000, a espacio doble, fuente *Times New Roman*, tamaño 12. Los *Software* profesionales empleados fueron *Surfer*, *Excel*, *Grafer*.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y ECONÓMICAS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.

- 1.1. Ubicación geográfica de la región y del área de estudio.
- 1.2. Principales rasgos económicos de la región.
- 1.3. Hidrografía.
- 1.4. Geomorfología.
- 1.5 Antecedentes geológicos, geoquímicos y geofísicos de la región de estudio.

1.1 Ubicación geográfica de la región y del área de estudio.

La región de estudio geográficamente se encuentra ubicada en el extremo noreste de la provincia de Holguín (fig.1.1), formada casi en su totalidad por el macizo montañoso Sagua – Moa – Baracoa. Territorialmente el área investigada, abarca al municipio de Moa.

El área de los trabajos está delimitada por el norte con el Océano Atlántico, por el sur con las estribaciones del sistema montañoso Moa-Baracoa, por el este con la cuenca hidrográfica del río Cupey y por el oeste con la cuenca del río Cayo Guam (fig. 1.1). En la tabla 1.1 se representan las diferentes planchetas topográficas utilizadas, a escala 1: 25 000 y 1:50 000.

No.	LOCALIDAD	NÚMERO DE PLANCHETA
1	Punta Gorda Abajo	5277-IV-b
2	Potosí	5277-IV-b

Tabla 1.1. Planchetas topográficas utilizadas durante los trabajos de campo.

Según el levantamiento geodésico de Cuba el sistema de proyección empleado es la Cónica Conforme de Lambert. El área que nos ocupa se sitúa en Cuba sur y los valores de coordenadas planas son las siguientes:

	X	Y
Mínima	703 500	208 000
Máxima	715 000	220 000

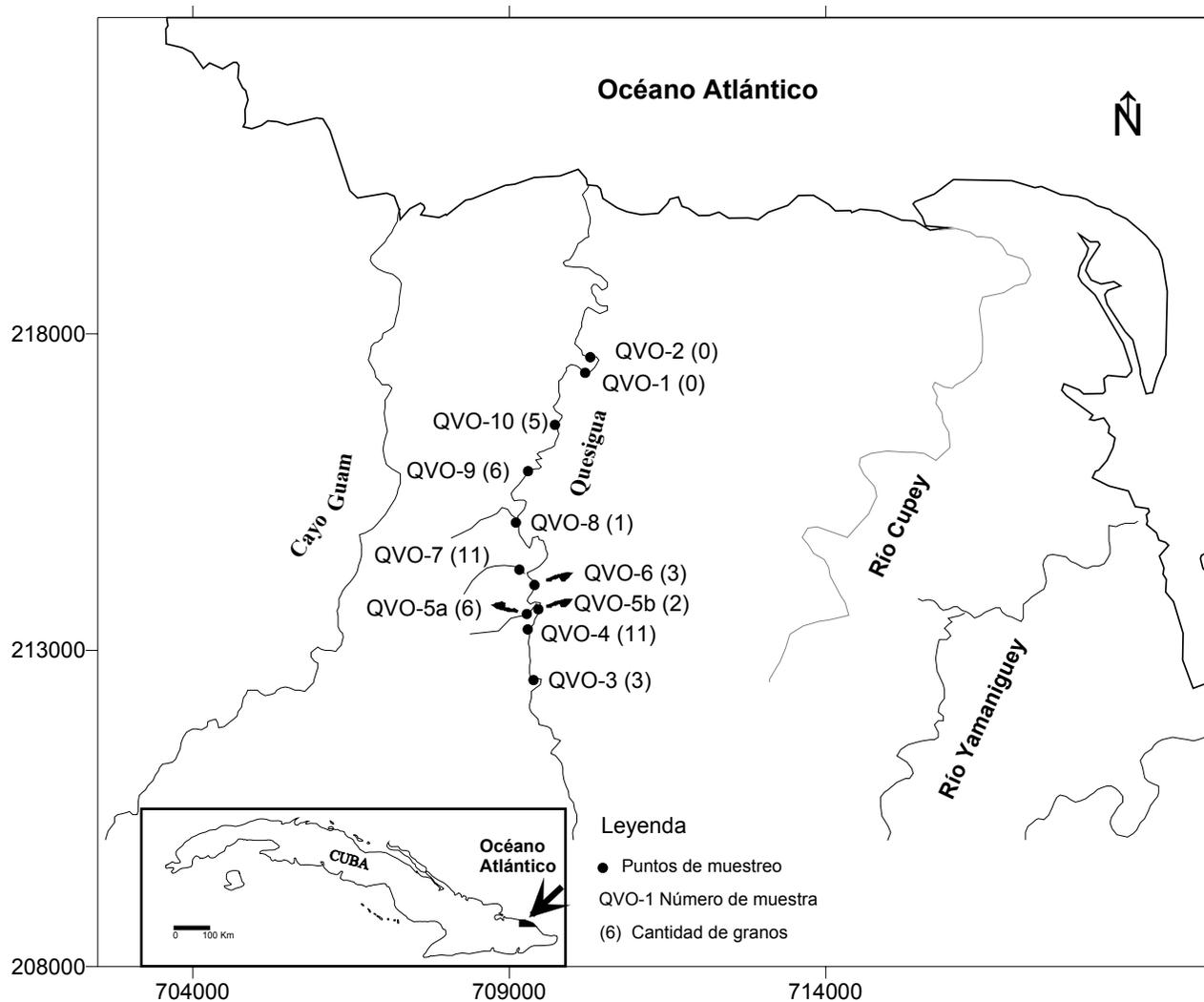


Figura 1.1. Mapa de ubicación geográfica y de datos reales. Cuenca hidrográfica del río Quesigua.

1.2. Principales rasgos económicos de la región.

Económicamente la región está dentro de las más industrializadas del país, no solo por sus riquezas minerales, sino además, porque cuenta con dos plantas procesadoras de menas de níquel en producción, la Comandante Ernesto “Che Guevara” y la Comandante “Pedro Soto Alba”, con capacidades de diseño original de 30 000 y 24 000 t de concentrados de Ni + Co al año respectivamente. Este renglón constituye el primer rubro exportable del país. Además de estas industrias, existen otras instalaciones de apoyo a la metalurgia y minería, tales como la Empresa Mecánica del Níquel Comandante Gustavo Machín Goetdebeche, Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONIQUEL), la Empresa Constructora y Reparadora del Níquel (ECRIN), así como otros centros industriales de menor tamaño, vinculados a la actividad económica del territorio.

En la zona se encuentran los yacimientos de cromo Merceditas, Amores y Los Naranjos; en Punta Gorda, a 8 Km al este de la ciudad de Moa y en Cayo Guam a 15 Km se encuentran importantes plantas beneficiadoras de mineral cromífero de los yacimientos Merceditas y Amores.

También existen otros organismos de los cuales depende la economía de la región tales como el establecimiento de la Empresa Geólogo Minera, la Presa Nuevo Mundo, el Tejar, el Combinado Lácteo y otros.

La agricultura tiene un peso fundamental dentro de la vida económica de la región, el municipio Sagua de Tánamo es uno de los más grandes productores de café de la provincia, en municipio Frank País además de la recolección del café se encuentra enclavado el complejo agroindustrial que lleva el mismo nombre de la localidad, el cual tiene una norma de producción de azúcar superior a las 250 000 t / año.

Existen otros sectores económicos como la explotación de recursos forestales, que son abundantes en la zona, siendo un eslabón importante de la economía y la ganadería aunque no tiene un gran peso puesto que no está muy desarrollada.

1.3. Hidrografía.

Las características del relieve y el régimen de las precipitaciones han favorecido la formación de una densa red hidrográfica bastante desarrollada que corre de sur a norte.

La red es densa y dendrítica, representada por numerosos ríos y arroyos, los más importantes que se desarrollan en la región estudio son los siguientes: “Sagua”, “Moa”, “Toa”. Otros ríos menos importantes por su caudal son: “Cabaña”, “Cayo Guam”, “*Quesigua*”, “Potosí”, “Jiguaní”. Estos ríos generalmente presentan una forma sinuosa y son alimentados por varios afluentes desembocando las arterias principales en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertos de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar.

El clima de la región es subtropical húmedo, se distinguen dos periodos bien marcados de distribución de las precipitaciones.

El caudal de estos ríos varía según las estaciones del año: en el periodo de seca (Noviembre-Abril) presenta un caudal mínimo y muchas manifestaciones son de carácter intermitente, en cambio en el periodo de lluvia (Mayo-Octubre) sus caudales aumentan vertiginosamente.

Los ríos poseen una velocidad promedio de 1,5 m/s y un gasto que oscilan en el intervalo de 100 y 200 l/ s.

1.4. Geomorfología.

Geomorfologicamente la región esta caracterizada por su complejidad y diversidad , existiendo pantanos litorales y llanuras pero con un predominio de un relieve de premontañas perteneciente a las cuchillas Sagua –Moa –Baracoa. La región se encuentra enclavada dentro del contexto de Cuba Oriental, al igual que el relieve cubano en general es el reflejo de la alta complejidad geológico estructural resultante de la acción de procesos compresivos durante la etapa Mesozoica y el Paleógeno (Rodríguez, A. 1998a, 1998b) a los cuales se han superpuesto desplazamientos verticales, oscilatorios, diferenciados e interrumpidos así como la separación en bloques del territorio.

Se distinguen en la región muchas morfoestructuras originadas por los procesos geodinámicos que se iniciaron a fines del Mesozoico continuaron hasta el Paleógeno, a consecuencia de los cuales se formó el sistema de escamas tectónicas que caracteriza al complejo ofiolítico y que son parcialmente enmascaradas por una vigorosa reestructuración neotectónica.

Genéticamente el relieve de la región está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques que corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas elevadas en la etapa neotectónica a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionados (Oliva, G. 1989).

Rodríguez, A. 1998a, en su Estudio Morfotectónico de la región clasificó el territorio en dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanura y la zona de relieve de montañas, con las características generales siguientes:

Zona de Llanuras: Se desarrolla en toda la parte norte del área ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur. Entre los tipos de llanuras se encuentran las fluviales, marinas y parálidas.

Las llanuras acumulativas marinas se ubican entre la barrera coralina y el litoral llegando a formar parte en algunos sectores de la zona litoral como ocurre en el extremo noreste de Cayo Moa Grande, Punta de Río Moa, Quemado del Negro, Punta del Mangle y Punta Guarico de Yamanigüey y se caracterizan por una pobre actividad erosiva. Los valores de pendientes predominantes son de 0° a 3° y sólo en pequeños sectores aislados y en la estrecha franja que bordea la barrera pueden llegar hasta 6° y 9°.

Las llanuras fluviales se clasifican en acumulativas y erosivo-acumulativas en dependencia del proceso que predomine en su morfogénesis, ocupando estas últimas una posición hipsométrica superior.

Las llanuras fluviales acumulativas se desarrollan en toda la franja norte del área, entre la línea litoral al norte, hasta los 100-110 m de altura hacia el sur, en la zona correspondiente a la base del escalón

inferior de las tierras emergidas y en las que se encuentran los cauces inferiores y desembocaduras de los ríos Moa, Cayo Guam, y Quesigua. Sus pendientes no sobrepasan como promedio los tres grados.

Las zonas de llanuras fluviales erosivo-acumulativas se localizan en los valles de los ríos Cananova, Cabaña y Centeno, así como en la zona comprendida entre Quesigua y Cupey. En estas zonas la superficie topográfica pierde su regularidad al aparecer sectores de hasta 9° de pendiente, condicionando la existencia de procesos erosivos.

Asociada genética y espacialmente con las llanuras fluviales y marinas y en la zona de intersección entre ambas, aparecen llanuras acumulativas palustres parálidas ocupando sectores con pendientes de cero a tres grados, donde predominan procesos acumulativos de sedimentos típicos de zonas pantanosas de color oscuro y olor fétido, anegadas en agua, siendo el mangle la vegetación predominante.

Zona de Montañas: Es la zona geomorfológica más extendida dentro del área de las investigaciones, ocupando toda la parte sur y central.

El relieve de montaña fue clasificado en cuatro subtipos: premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas, submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas, montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas y montañas bajas diseccionadas.

La zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas constituye la zona de transición gradual de las llanuras fluviales acumulativas y erosivo-acumulativas a las montañas bajas, como ocurre en la parte nordeste del área de la Mina Moa, apareciendo sólo como un sector aislado en Playa la Vaca al sur de Punta Cabagán, donde está bordeada por llanuras fluviales. Esta zona se caracteriza por presentar elevaciones de poca altura que llegan en el área a valores máximos de 182 m y cimas aplanadas por los propios procesos denudativos. Para esta zona las pendientes llegan hasta los 12°.

La zona de submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas se localiza en el área comprendida entre Cañamazo y Calentura, apareciendo en sectores aislados en las **localidades de Cananova**, El Cerro y Yamanigüey con elevaciones y cerros relativamente aislados de cimas redondeadas con pendientes variables que pueden alcanzar hasta los 15°.

La forma de relieve que mayor área abarca es la zona de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas y a ella están asociados los mayores yacimientos ferroniquelíferos. Los procesos de intemperismo son predominantes y están condicionados no solo por la litología y el grado de agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrolla, sino también, por la posición hipsométrica que estas ocupan. Al mismo tiempo, al ser las pendientes de bajo ángulo - de cero a seis grados - existe una

excelente conservación del producto meteorizado, siendo erosionado sólo en los barrancos y escarpes asociados al sistema fluvial que se encuentra controlado por dislocaciones tectónicas.

La zona de montañas bajas diseccionadas se localiza en los extremos sudeste y sudoeste del área y en el Cerro de Miraflores. Las elevaciones que constituyen esta zona se caracterizan por presentar cimas alargadas de orientación predominantemente nordeste con vertientes de paredes abruptas altamente diseccionadas por los sistemas de fallas que cortan y desplazan tanto las divisorias principales como secundarias.

Las pendientes son altas, predominando los valores mayores de 9° con amplios sectores mayores de 15° e incluso, mayores de 30° en zonas asociadas con fracturas.

Conjuntamente con estas zonas, aparecen en la región un conjunto de formas menores, que constituyen elementos importantes en la caracterización geomorfológica regional, como son las formas cársicas y barrancos como elementos naturales; y las áreas minadas y presas de cola como elementos antropogénicos.

1.5 Antecedentes geológicos, geoquímicos y geofísicos de la región de estudio.

Gran parte de los trabajos geológicos, geofísicos y geoquímicos realizados en la región de estudio, han estado dirigidos a evaluar desde el punto de vista geológico y económico las grandes reservas minerales asociadas al cinturón ofiolítico Mayarí-Sagua-Moa-Baracoa. Los primeros trabajos realizados centraron su atención en los depósitos de cromitas y se remontan a principios del siglo pasado, ellos son: *Chrome and Manganese ores in Cuba* (Burch y Burchard, 1919) y *Chrome ore deposits in Cuba* (Burchard, 1919). Estos trabajos estaban dedicados principalmente a discutir problemas económicos, mientras que la información geológica es abordada de manera muy superficial. Según Thayer (1942) las primeras explotaciones de cromitas en la región tuvieron lugar entre 1840 y 1850, en este mismo trabajo se hace, por vez primera, una descripción detallada de la morfología, estructura, texturas y mineralogía de los depósitos de cromita; además se realiza una propuesta genética y una estimación de los recursos. Guild en 1947 realiza el primer estudio petrológico y estructural de los depósitos de cromitas de la región, el cual es considerado como la investigación más detallada hasta ese momento.

Independientemente del valor científico y técnico de los trabajos citados anteriormente no es hasta la década de los sesenta que se desarrollan investigaciones profundas de carácter regional, realizadas en su gran mayoría por investigadores rusos, como la llevado a cabo por A. Adamovich y V. Chejovich (1963, 1964). Este trabajo constituyó un paso fundamental en el conocimiento geológico del territorio, ya que elaboraron un mapa geológico a escala 1: 250 000 sobre la base de interpretaciones

fotogeológicas y marchas de reconocimiento en el cual fueron limitadas las zonas de cortezas de intemperismo ricas en Fe-Ni-Co para el territorio Mayarí-Baracoa y establecieron la secuencia estratigráfica regional.

En 1965 V. Kenarev realiza trabajos de prospección en los yacimientos de cromita Delta II, Narcizo I-II en la región de Moa, en los cuales se evaluaron los recursos minerales y se definieron las reservas. En el período entre 1965-1966, A.G. Demen y A.S. Kosarieski llevan a cabo trabajos geológicos de búsqueda en los yacimientos de cromo refractario Merceditas y Yarey, así como en diferentes manifestaciones conocidas en los límites de los niveles ultramáficos del macizo Moa-Baracoa, con los cuales se estableció la asociación espacial de la mayoría de los yacimientos de cromita a la zona de contacto entre las peridotitas y los niveles basales de gabros bandeados. También en 1996 Murashko realiza investigaciones sobre las cromititas de la región.

V.M. Ogarkov en 1967 realiza trabajos de búsqueda de níquel en los yacimientos del macizo Moa-Baracoa, fundamentalmente en la zona del río Moa. En los mismos se calcularon las reservas para níquel.

En la década de los setenta se inicia una nueva etapa en el conocimiento geológico regional y como señala F. Quintas en su tesis doctoral (1989), se fue abriendo paso la concepción movilista como base para la interpretación geológica, especialmente con posterioridad a la publicación en 1974 de los trabajos de Knipper y Cabrera, quienes sobre la base de las observaciones de campo y revisión de materiales existentes plantearon que los cuerpos de rocas ultrabásicas serpentinizadas representan fragmentos de litosfera oceánica que se deslizaron por planos de fallas profundas hasta la superficie donde se emplazaron sobre formaciones sedimentarias del Cretácico en forma de mantos tectónicos.

En 1972 se inician investigaciones de carácter regional del territorio oriental cubano por especialistas del Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, luego Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. En 1976 se estableció que la tectónica de sobrepuje afecta también a las secuencias sedimentarias dislocadas fuertemente, detectando en numerosas localidades la presencia de mantos alóctonos. Con estos nuevos elementos es reinterpretada la geología del territorio y se esclarecen aspectos de vital importancia para la valoración de las reservas minerales. Como resultado de estos trabajos en 1978 J. Cobiella propone un esquema tectónico que resume una nueva interpretación estratigráfica y paleogeográfica de Cuba oriental delimitando cinco zonas estructuro faciales.

En el período 1972-1976 se realiza el levantamiento geológico de la antigua provincia de Oriente a escala 1:250 000 por la brigada cubano-húngara de la Academia de Ciencias de Cuba, siendo el primer

trabajo que generaliza la geología de Cuba Oriental. El mapa e informe final de esta investigación constituyó un aporte científico a la Geología de Cuba al ser la primera interpretación geológica regional de ese extenso territorio basada en datos de campo, obteniéndose resultados interesantes expresados en los mapas geológicos, tectónicos y de yacimientos minerales, columnas y perfiles regionales así como el desarrollo de variadas hipótesis sobre la evolución geológica de la región.

Paralela a estas investigaciones se desarrollan trabajos fotogeológicos sobre diferentes áreas del territorio por especialistas del Centro de Investigaciones Geológicas, entre los que se encuentran la caracterización de la corteza de intemperismo del sector occidental de las hojas topográficas de Moa y Palenque desarrollados por V. Teleguin quien realiza una clasificación de las fracturas que afectan al substrato serpentinitico. Además R. Pérez realiza el levantamiento fotogeológico de Farallones a escala 1:50 000 donde se plasma un estudio detallado de las distintas formaciones geológicas y su caracterización geomorfológica. En 1979 F. Formell realiza un estudio morfogenético de las lateritas desarrolladas sobre rocas ultrabásicas. En 1980, F. Formell y J. Oro investigan los procesos de redeposición en el yacimiento de lateritas ferroniquelíferas Punta Gorda. En el periodo 1980-1985 se desarrolló el tema de investigación Análisis Estructural del Macizo Mayarí-Baracoa donde se analiza por primera vez de forma integral para todo el nordeste de Holguín el grado de perspectividad de las cortezas de intemperismo ferroniquelíferas en dependencia de las condiciones geólogo-geomorfológicas para lo cual fueron aplicados métodos morfométricos y trabajos de fotointerpretación. Desde el punto de vista tectónico regional adquieren importancia relevante las investigaciones realizadas por M. Campos (1983, 1990) en su estudio tectónico de la porción oriental de las provincias Holguín y Guantánamo, donde propone siete unidades tectono-estratigráficas para el territorio, describiendo las características estructurales de cada una de ellas y estableciendo los periodos de evolución tectónica de la región.

En 1984 Murashko y Lavandero estudian los yacimientos de cromitas metalúrgicas de la región Mayarí-Sagua. También Kravchenko y Vázquez (1985) investigan las perspectivas de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa.

En 1989 Quintas realizó el estudio stratigráfico del extremo oriental de Cuba proponiendo las asociaciones estructuro-formacionales que constituyen ese extenso territorio así como las formaciones que las integran, realizando la reconstrucción paleogeográfica del Cretácico al Paleógeno, intervalo cronológico de mayor complejidad para la geología de la región oriental. Nekrasov y otros (1989) y Andó y otros (1989), realizan investigaciones en las ofiolitas orientales de Cuba, llegando a establecer

divisiones tectónicas de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, así como diferentes características geológicas y petrológicas de las mismas.

En 1990 se concluye el levantamiento geológico a escala 1:50 000 en el polígono CAME Guantánamo por especialistas cubanos y húngaros, el cual constituye uno de los trabajos más integrales que sobre la geología de la región se realizan al abordar todas las vertientes del trabajo geológico con un gran volumen de información textual y gráfica.

Paralelamente a estas investigaciones de carácter geológico regional debemos hacer referencia por su importancia a una serie de trabajos desarrollados por la Empresa Integral de Proyectos de la Industria Básica en el estudio sismotectónico para el complejo hidroenergético Toa-Duaba (1990) y de la Central Hidro-Acumuladora Oriente Norte durante los años noventa que junto a los trabajos de Hernández y otros (1987) sobre la geodinámica reciente han aportado valiosos datos sobre el área de investigación y constituyen una base metodológica y orientativa en el estudio de las estructuras sismogeneradoras y morfotectónicas.

En 1992 Fonseca y otros profundizan en las características geológicas de los yacimientos cromíticos de la región.

En los últimos años se han intensificado las investigaciones geológicas en la región nororiental de Cuba desarrolladas por el claustro de profesores del Departamento de Geología del ISMMM, ejemplo lo constituye la tesis doctorales de: A. Rojas (1995) donde fueron analizadas las principales fases minerales portadoras de níquel en los horizontes lateríticos del yacimiento Moa; J. Proenza (1997) realizó un estudio de la mineralización cromífera en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, en el ejemplo del yacimiento Mercedita; A. Rodríguez (1998a) en la cual se efectúa un estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgo de génesis tectónica. También la tesis de maestría de J. Blanco (1999) en la cual se realiza una profundización en el conocimiento geológico y tectónico de Moa. A estas investigaciones se le suman los trabajos de diplomas realizados por alumnos de la Facultad de Geología y Minas del ISMM desarrollados cada año en esta región.

Desde el punto de vista geofísico se han realizado numerosos trabajos orientados fundamentalmente a la búsqueda de cromo y áreas de desarrollo de lateritas ferroniquelíferas, entre 1964 y 1965 se realizan diferentes trabajos en la región orientados a la búsqueda y evaluación de cromitas metalúrgicas, en los cuales se aplican diferentes métodos geofísicos, fundamentalmente gravimetría y magnetometría.

M. E. Zamashikov y V. Tabachkov (1971) realizaron un levantamiento a escala 1:50 000, durante el cual se emplearon los métodos gravimétrico y magnético, orientado a la búsqueda de cromitas en la

parte suroeste del macizo Moa-Baracoa y de Asbestos crisotílicos y cromititas en los yacimientos Majayara-Rancho Yagua, en un área de desarrollo laterítico de 200 Km².

A. Dzuena y otros (1974) realizan trabajos geológicos y de búsqueda para cromitas en los ríos de la región Moa-Baracoa. Además se hace un estudio sobre las propiedades físicas de las rocas. Estos trabajos se realizan a escala 1:250 000. Con los mismos se evaluaron sectores perspectivas para cromo y se recomendaron otros trabajos geólogo-geofísicos.

L.I. Liuby (1983) realiza un informe sobre los resultados obtenidos durante el levantamiento aerogeofísico complejo realizado en la provincia Holguín y Guantánamo, en el cual se emplearon los métodos magnético, radiométrico y espectrométrico. La interpretación geólogo-geofísica arrojó nuevos elementos sobre la estructura del área y posibles zonas perspectivas.

J.L. Chang y otros (1990, 1991) realizan el levantamiento aerogeofísico complejo que abarcó la provincia de Guantánamo y Holguín (sector Guantánamo sur) con el cual se realizó la evaluación de pronóstico de las áreas perspectivas para el descubrimiento de manifestaciones y yacimientos minerales a escala 1:100 000.

J. Batista (1998) realiza en la región de Moa, la reinterpretación de los datos aeromagnéticos pertenecientes al levantamiento aerogeofísico complejo realizado por Chang y otros (1991) con la cual se establecen las zonas de predominio de rocas ultrabásicas serpentinizadas en superficie y profundidad, las variaciones laterales de sus espesores, así como de su grado de serpentización. También se corrobora la presencia de los principales sistemas de fallas de esta región, aclarando en ocasiones el carácter supuesto o probado de las mismas, reportando nuevas posibles zonas de fallas. Por último se delimitan zonas de probables desarrollo de alteraciones hidrotermales.

Entre 1987-1989, el Instituto de Geología y Paleontología realizó investigaciones temáticas para la búsqueda de cromititas, según este trabajo en los concentrados pesados de las cuencas fluviales de la región se detectaron hasta 0,96 g/m³ de oro.

Las primeras denuncias de mineralización aurífera en la región de estudio, datan desde principios del triunfo de la Revolución Cubana, cuando A. Adamovich y V. Chejovich al realizar el levantamiento geológico regional del nordeste de la antigua provincia de Oriente, formalizaron esporádicos muestreos de concentrados pesados en algunos depósitos fluviales (Río Yamanigüey, Cayo Guam, Quesigua, etc.) de la región de Moa, reportándose la presencia de raros granos de oro nativo en los sedimentos muestreados.

Esta revelación sirvió de estímulo para futuras investigaciones de prospección aurífera en la región, realizándose numerosos trabajos geoquímicos, muchos de ellos orientados a estudiar las aureolas mecánicas de dispersión auríferas y los depósitos de placeres laterales tipo playa.

En 1989 L. Kulachkov, R. Díaz y A. Rodríguez realizan trabajos de reconocimiento y evaluación pronóstico sobre los concentrados pesados en el sector de costa comprendido entre la Bahía de Nipe y el Río Toa. Como resultado de estos trabajos se revelaron varios sectores de costa muy enriquecidos en magnetita, ilmenita, rutilo, circón y oro.

A. Vila (1995) en su tesis de diploma titulada " Caracterización geoquímica y mineralógica de los concentrados pesados en la cuenca hidrográfica del río Yamanigüey " revela la presencia de abundantes granos de oro con una granulometría superior a los 0,5 mm.

Díaz (1996) en su tesis doctoral concluye que las fuentes primarias del oro se ubican cerca de las desembocaduras de los ríos, y que el origen de este debe estar relacionado con sistemas hidrotermales.

L. Ramayo (1996) estudia los flujos de dispersión mecánica de la región de Moa desde el punto de vista mineralógico y geoquímico. En este trabajo se vinculan los significativos contenidos de metales preciosos con la existencia de zonas de alteración hidrotermal.

A. Vila (1999) estudia las particularidades de la distribución del oro en los depósitos exógenos de la región Sagua – Moa – Baracoa, donde evalúa el carácter secundario del oro revelado en los perfiles de intemperismo del sector cabaña. Por último L. Ramayo (2003), estudia la geoquímica y mineralogía de la mineralización epitermal de la región nororiental de la provincia Holguín. En los ejemplos de las manifestaciones minerales Hato Viejo y El Rifle-Los Calderos, donde revela importantes concentraciones de oro en las diferentes manifestaciones hidrotermales estudiadas de la región Sagua – Moa. Los trabajos antes mencionados constituyen los antecedentes del presente trabajo de diploma.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

2.1 Introducción.

2.2 Principales rasgos geológicos de la región objeto de estudio.

2.3 Geología de la cuenca del Río Quesigua.

2.4 Estructura geológica y mineralogía de la manifestación mineral Quemado del Negro.

2.5. Tectónica.

2.1. Introducción.

En el presente capítulo se abordan los principales rasgos geológicos regionales y específicos de la cuenca del río Quesigua, así como también se hace referencia a la tectónica como elemento estructural de gran importancia sobre todo para las unidades oceánicas. Para la realización de este capítulo se tomaron los datos más recientes publicados en los trabajos de Iturralde-Vinent (1996, 1998), Quintas, F. (1989, 1996), Fonseca et. al. (1985, 1992), Proenza, J. (1997), Proenza et. al. (1999, 2000), Rodríguez, A. (1998), Cobiella, J. L. (1988, 1997, 2000), Gyarmati y Leyé O’Conor (1990).

2.2. Principales rasgos geológicos de la región objeto de estudio.

En la región Moa-Baracoa afloran las secuencias rocosas pertenecientes al cinturón plegado cubano y las rocas del “neoaútóctono” (fig. 2.1), (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998; Proenza, 1997; Proenza et. al., 1999a, 2000).

El cinturón plegado está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfizados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998). En la región de estudio están bien representadas las unidades oceánicas, constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy back* del Eoceno Medio-Oligoceno (fig. 2.2).

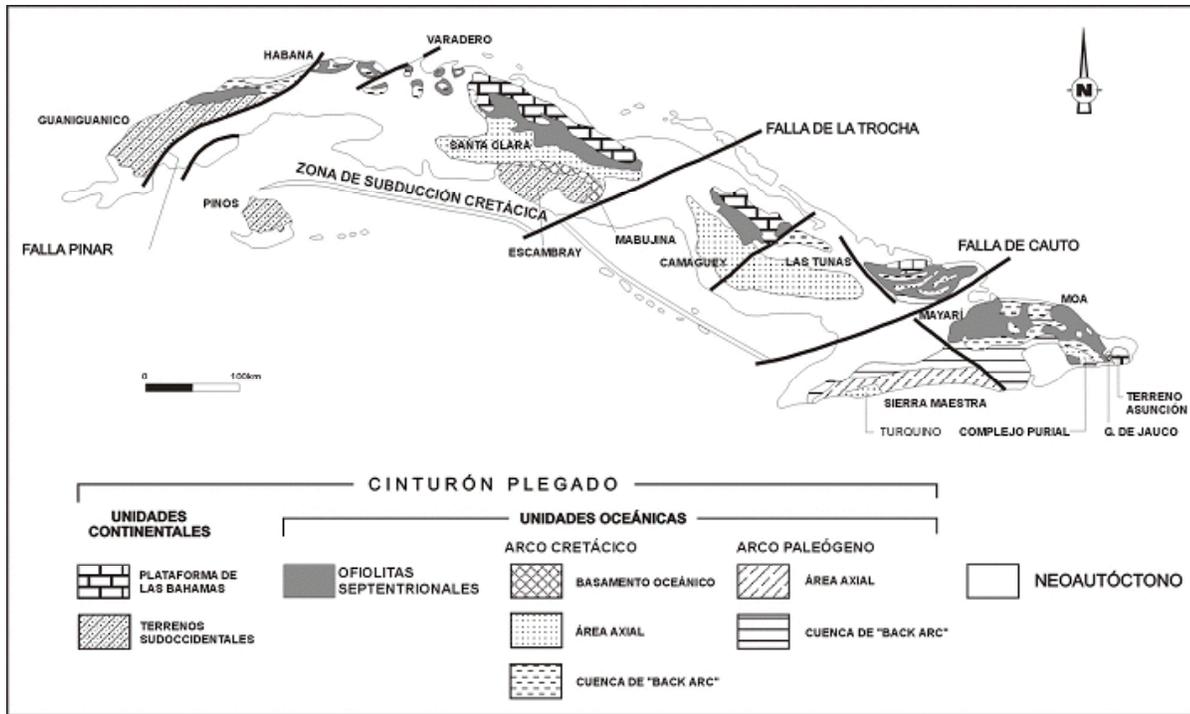


Fig. 2.1. Mapa geológico esquemático de Cuba, mostrando los afloramientos del cinturón plegado y del neoa autóctono (adaptado de Iturralde-Vinent, 1996a)

2.2.1. Ofiolitas septentrionales.

Las rocas típicas de la secuencia ofiolítica están ampliamente representadas en toda la región de estudio, formando parte del Macizo Moa-Baracoa, este se ubica en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa. El mismo ocupa un área aproximada de 1500 Km² y presenta un desarrollo considerable de los complejos ultramáfico, de gabros y volcano-sedimentario (Proenza, 1997; Proenza et. al., 1999a, 1999b, 1999c, 2000). Según Fonseca et. al. (1985) el espesor aproximado del complejo ultramáfico es de 1000 metros y el de gabros de 500 metros. Quintas, F. 1989, estima un espesor de 1200 metros para el complejo volcano-sedimentario.

El complejo ultramáfico desde el punto de vista petrológico se caracteriza por un predominio de harzburgitas, y en menor grado dunitas; también se han descrito dunitas plagioclásicas, wherlitas, lherzolitas, y piroxenitas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca et. al., 1985, 1992, Torres, 1987; Andó et. al., 1989; García y Fonseca, 1994; Proenza et. al., 1999a, 1999b). Recientemente se realizaron numerosas mediciones de foliación (Díaz Martínez, R-. comunicación personal) en el complejo de tectonitas, cuyos valores de dirección oscilaron entre 30-40 NE y ángulo de buzamiento entre 35-60 NW para

toda la franja desde Mayarí hasta Los Naranjos en Baracoa, lo cual evidencia una estructura monoclinall del manto con intensa fracturación frágil.

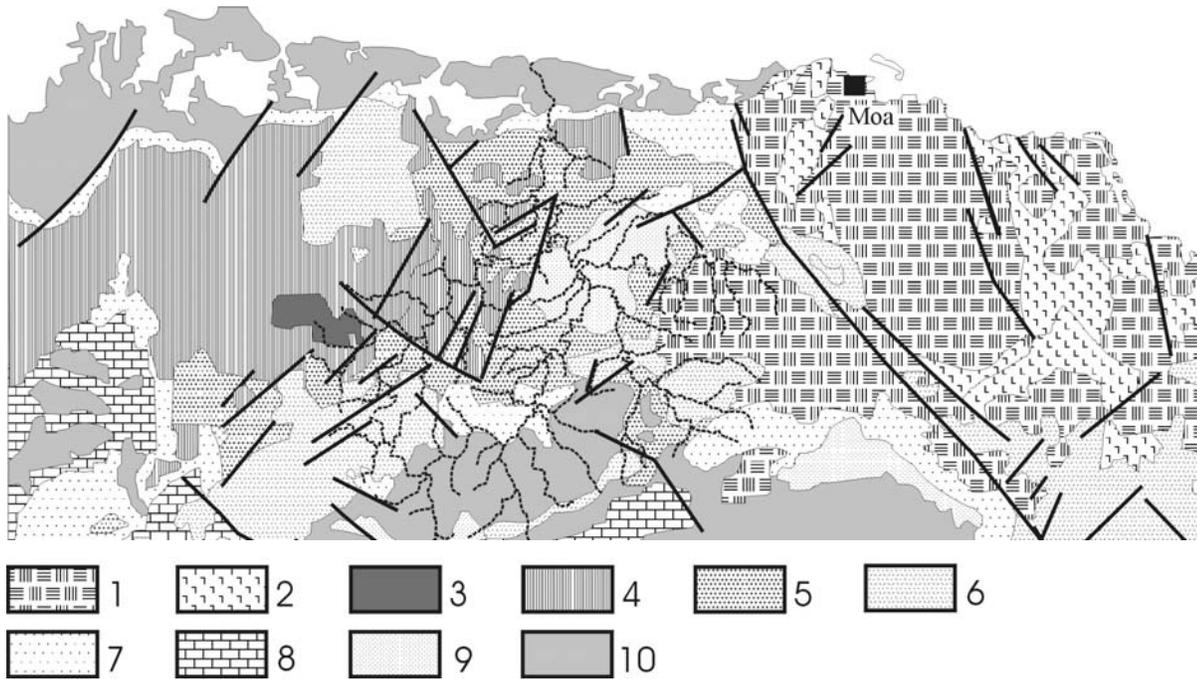


Fig. 2.2. Mapa geológico de la región estudiada, simplificado a partir de Mossakovsky et al. (1989).

1) Macizo ofiolítico Moa-Baracoa (constituido por peridotitas, principalmente harzburgitas); 2) Gabros del complejo de acumulados máficos; 3) Complejo metamórfico "La Corea" (anfibolitas, plagiognesis y horblenditas); 4) Macizo ofiolítico Mayarí-Cristal (constituido por peridotitas, principalmente harzburgitas y dunitas); 5) Materiales sedimentarios detríticos asociados a las cuencas transportadas (piggy back) del Campaniense tardío al Daniense ; 6) Rocas volcánicas y volcanosedimentarias del arco de islas volcánico del cretácico; 7) Rocas volcánicas y volcanosedimentarias del arco de islas volcánico del Paleógeno. Cuencas transportadas (piggy back) del eoceno medio al superior (Oligoceno?); 8) Formaciones carbonatadas; 9) Molasa flyschoides. Cobertura Neógena-Cuaternaria; 10) Calizas, gravas, arenas, arcillas.

Los cumulos de gabros forman grandes cuerpos con dimensiones entre 1 y 3 Km de ancho, por 10 a 15 Km de longitud. El contacto entre los gabros y el complejo ultramáfico generalmente es tectónico. Muchas veces los gabros están cubiertos por mantos de rocas ultramáficas (Fonseca et. al., 1985), aunque Andó et. al. (1989) plantean que en algunos sectores el contacto es transicional. Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronorita, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca et. al., 1985; Torres, 1987; Proenza, 1997; Proenza et. al., 1999a, 1999b; Rodríguez, R. 2000). En el área de estudio el más común es el gabro bandeado o modalmente transicional, cuyas bandas tienen una foliación concordante con el complejo de tectonitas. Las bandas son de color oscuro algo verdoso con textura masiva o fluidal. Los gabros isotrópicos al parecer no se

desarrollan o están muy mal representados. Estas rocas presentan alteraciones superficiales en forma de finísimas irregularidades semejantes a un microrelieve cársico, originadas por la meteorización diferencial de los minerales que las componen entre los cuales están los piroxenos monoclinicos, plagioclasas básicas y en menor grado olivino y piroxenos rómbicos (Rodríguez, A. 1998a). En la región de estudio los gabros afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, Centeno-Miraflores y Farallones-Caimanes. El complejo de diques de diabasas está muy mal representado y a nuestro juicio este no existe, razón por la cual puede inferirse una expansión (spraeiding) lenta de la corteza oceánica. Las diabasas descritas en la región aparecen principalmente en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo (Torres, 1987).

El complejo volcano-sedimentario contacta tectónicamente con los demás complejos del corte ofiolítico (Proenza, 1997; Proenza et. al., 1999a, 2000). Está representado por la Formación Quiviján (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998) la cual incluye basaltos amigdaloides y porfíricos (algunas veces con estructura de almohadilla), con intercalaciones de hialoclastitas, tobas, capas de *cherts* y calizas (Quintas, 1989). Datos de trazas (REE, LILE) de esta formación, publicados por Keer et. al. (1999) demuestran su carácter de *Island-arc tholeiite* (IAT). Este complejo aflora en la región de Farallones, al sur de Yamanigüey y en un pequeño bloque en Cupey.

2.2.2. Arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco).

Un rasgo sumamente importante de la geología de la región lo constituye el amplio desarrollo de las secuencias volcánicas y vulcanógeno-sedimentaria de edad Cretácico inferior pre-Aptiano-Cretácico Superior indiferenciado, probablemente pre-Conaciano. Estas secuencias están representadas por las rocas de las formaciones Téneme, Santo Domingo, así como del Complejo Cerrajón.

La Formación Téneme (Cretácico Superior-Inferior), está compuesta fundamentalmente por flujos de basaltos, andesitas basálticas, tobas y brechas Iturralde-(Proenza y Carralero, 1994; Vinent, 1996c, 1998; Gyarmati et. al., 1997). Se encuentra en las cuencas de los ríos Cabonico y Téneme y en la región de Moa. Aunque se han aportado pocos datos geoquímicos de estas rocas, algunos autores consideran que la Formación Téneme pudiera ser parte de un antiguo arco de isla Tipo PIA (Torres y Fonseca, 1990; Lebron y Perfit, 1994).

La Formación Santo Domingo (Albiano-Turoniano) está compuesta por tobas y lavobrechas andesíticas, dacitas, tufitas, argilitas, lutitas volcanomícticas, lavas basálticas, liparitodacíticas, conglomerados y calizas. También aparecen pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas (Iturralde-Vinent, 1976, 1996c, 1998; Proenza y Carralero, 1994; Gyarmati et. al., 1997) se

incluyen en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo, que afloran en la localidad de Centeno. Aflora en la región de Farallones-Calentura. Los materiales de la Formación Santo Domingo se encuentran imbricados tectónicamente con las ofiolitas de la Faja Mayarí-Baracoa. Muchas veces los contactos coinciden con zonas que presentan una mezcla de bloques de vulcanitas pertenecientes al arco y de ofiolitas (Iturralde-Vinent, 1996c)

El complejo Cerrajón (Aptiano-Turoniano) está compuesto de diques subparalelos de diabasas y gabrodiabasas (Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Gyarmati et. al., 1997).

La actividad volcánica se extendió desde el Aptiense al Campaniense Medio (Iturralde-Vinent, 1994, 1996c) y fue el resultado de una subducción intraoceánica. Restos de este basamento ofiolítico del arco afloran actualmente y están representados por las anfíbolitas de la Formación Güira de Jauco, al sur de la región de estudio (Millán, 1996; Iturralde-Vinent, 1996c)

En la zona de contacto de estas rocas cretácicas con las ofiolitas, las mismas se encuentran deformadas, generalmente trituradas hasta brechas. En ocasiones los contactos coinciden con zonas muy fisuradas y foliadas, o con masas caóticas que contienen mezcla de bloques de ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Iturralde-Vinent, 1996c, 1998; Cobiella, 2000).

2.2.3. Cuencas de "piggy back" del Campaniense Tardío-Daniense.

En el Campaniense medio, culminó la actividad volcánica y comenzaron los procesos de cabalgamiento de las secuencias volcánicas generadas y de las ofiolitas del mar marginal (obducción) sobre el borde meridional de la Plataforma de Las Bahamas. En estas condiciones de inestabilidad tectónica se desarrollaron una serie de cuencas, que se comportaron como cuencas de "piggy back" (también denominadas "cuencas superpuestas de primera generación"; Quintas, 1989). De este estadio son representativas las formaciones sedimentarias Mícara, La Picota y Gran Tierra. Dentro de las mismas se encuentran secuencias típicamente olistostrómicas como es el caso de la Formación La Picota (Maestrichtiano) y parte de la Formación Mícara (Maestrichtiano-Paleoceno), las cuales están compuestas por fragmentos y bloques procedentes de la secuencia ofiolítica y de las rocas volcánicas cretácicas (Cobiella, 1978a, 1978b, 2000; Quintas, 1989, 1996; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990). Por otro lado, la Formación Gran Tierra (Paleoceno) se compone de calizas brechosas, conglomerados volcanomícticos, brechas, margas, tobas, calizas organo-detríticas, areniscas volcanomícticas de cemento calcáreo, lutitas y tufitas (Iturralde-Vinent, 1976; Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989). En algunas localidades los depósitos Maestrichtiano-Daniense de tipo olistostrómico-flyschoide (formaciones Mícara y La Picota) transicionan a la secuencia del Daniense-Eoceno Superior

(formaciones Gran Tierra, Sabaneta, Charco Redondo y San Luis) (Iturralde-Vinent, 1996b, 1998; Cobiella, 2000).

El área de afloramiento de la formación Mícara es muy diversa, aflorando en los flancos meridionales de la sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo, Mayarí Arriba, Sector de Los Indios de Cananova y borde suroeste del cerro de Miraflores.

La formación La Picota tiene una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado. Existen dudas acerca de su pertenencia a esta formación o si son brechas tectónicas en algunas regiones donde afloran brechas muy cataclastizadas formando parte de los melanges. Aflora en los flancos meridionales de la Sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo, la base de la Sierra del Maquey y en la meseta de Caimanes.

La formación Gran Tierra es una secuencia terrígeno-carbonatada que aflora en los flancos meridionales de la sierra de Cristal. En las rocas arcillosas y margosas de esta formación se han registrado los primeros vestigios del vulcanismo paleogénico en forma de tobas.

En consecuencia, estas formaciones constituyen un registro temporal del proceso de emplazamiento tectónico (obducción) de las ofiolitas, el cual estuvo enmarcado en el tiempo de desarrollo de estas cuencas.

2.2.4. Arco de islas volcánico del Paleógeno (Neoarco).

Entre el Paleoceno-Thanetiense y el Eoceno Medio Inferior se desarrolló otro régimen geodinámico de arco de islas volcánicas en Cuba. Esta actividad volcánica estuvo restringida fundamentalmente a la parte oriental de la isla, y en nuestra zona se considera como materiales distales del vulcanismo paleogénico. Estas secuencias están compuesta por tobas vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobaceas, calizas, conglomerados tobaceos, lutitas, margas, gravelitas, conglomerados volcanomícticos y algunos cuerpos de basaltos, andesitas, y andesitas-basálticas, los cuales alcanzan hasta 6000 m de espesor (Formación Sabaneta) (Iturralde-Vinent, 1976, 1995, 1996d, 1998; Cobiella, 1988, 1997, 1998; Proenza y Carralero, 1994; Quintas et. al., 1995) la cual yace sobre una secuencia de transición que contiene finas intercalaciones de tufitas (Formación Gran Tierra) (Iturralde-Vinent, 1976) o descansa discordantemente sobre las formaciones Mícara y La Picota, y sobre las ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Nagy et. al., 1983). Albear et. al. (1988) dividen esta formación en Castillo de los Indios (Eoceno Inferior-Medio) y Miranda (Paleoceno-Eoceno), mientras que Gyarmati y Leyé O’Conor (1990) la dividen en Sabaneta y Castillo de los Indios. Todas ellas con características similares.

En Farallones el corte está compuesto por tobas vitroclásticas y cristalolitoclásticas zeolitizadas, en menor grado argilitizadas, tufitas, calizas, radiolaritas, tobas vítreas y tobas cineríticas.

Las calizas tobáceas y tufitas aparecen regularmente hacia la parte alta de la formación. La estratificación es buena, siendo frecuentemente gradacional.

En los Indios de Cananova, en la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad Paleoceno-Daneano. Esta formación aflora en los flancos septentrional y meridional de la Sierra Cristal, en la cuenca de Sagua de Tánamo, en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y en un pequeño bloque en Yamanigüey.

Las rocas pertenecientes al arco de isla volcánico del Paleógeno yacen sobre los materiales deformados del arco Cretácico, las ofiolitas y las cuencas de *piggy back* del Campaniano Tardío-Daniano (Proenza et. al., 1998).

2.2.5. Cuencas de "piggy back" del Eoceno Medio-Oligoceno.

En el Eoceno Medio Inferior concluyó la actividad volcánica paleógena. A partir de este momento y hasta el Oligoceno se desarrolló un segundo estadio de cuencas de *piggy back* (Quintas y Blanco, 1993) en las cuales se depositaron espesores considerables de materiales terrígenos y carbonatados. Las secuencias estratigráficas del Eoceno Medio-Oligoceno están representadas por las formaciones Puerto Boniato, Charco Redondo, Sagua, Sierra de Capiro, Cilindro, Mucaral, y Maquey.

La Formación Puerto Boniato (Eoceno Medio) se compone principalmente de calizas organo-detríticas, aporcelanadas, algaceas y margas (Nagy et. al., 1976), mientras que la Formación Sagua está compuesta por margas y calizas (Albear et. al., 1988; Quintas, 1989, 1996).

La Formación Charco Redondo (Eoceno Medio) está compuesta por calizas compactas organo-detríticas, fosilíferas, de color variable. En la parte inferior del corte son frecuentes las brechas. En esta parte predomina la estratificación gruesa, mientras que en la superior la fina (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989, 1996; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Formación Sierra de Capiro (Eoceno Superior) se compone de lutitas y margas con intercalaciones de lutitas y conglomerados con fragmentos de calizas arrecifales, serpentinitas y rocas volcánicas (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990). Aflora en la región de Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la **costa**.

La Formación Cilindro (Eoceno Medio-Superior) se conforma de conglomerados polimícticos con estratificación lenticular y a veces cruzadas, débilmente cementada con lentes de areniscas que

contienen lignito. La matriz es arenítica-polimíctica, conteniendo carbonato (Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Crespo, 1996).

La Formación Mucaral (Eoceno Medio-Oligoceno Inferior) está compuesta por margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, lutitas y tobas (Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Formación Maquey (Oligoceno-Mioceno Inferior) está conformada fundamentalmente por alternancia de lutitas, areniscas, arcillas calcáreas y espesor variable de calizas biodetríticas (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989; Crespo, 1996).

2.2.6. El "Neoautóctono" (Materiales post-Eoceno).

El "neoautóctono" está constituido por formaciones sedimentarias depositadas en régimen de plataforma continental que yacen discordantemente sobre las unidades del "cinturón plegado". Las rocas del "neoautóctono" constituyen una secuencia terrígeno-carbonatada poco deformada que aflora en las cercanías de las costas formando una franja que cubre discordantemente los complejos más antiguos y que estructuralmente se caracterizan por su yacencia monoclinal suave u horizontal (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1994, 1996b; Crespo, 1996; Rodríguez, 1998a, 1998b). Son representativas de esta secuencia las formaciones Cabacú, Yateras, Jagüeyes, Majimiana, Júcaro, Río Maya y Jaimanitas.

La Formación Cabacú (Oligoceno Medio-Mioceno Inferior) está compuesta por gravelitas, areniscas y lutitas polimícticas (proveniente principalmente de ultramafitas y vulcanitas) de cemento débilmente arcilloso-calcáreo y a veces algunos lentes de margas arcillosas en la parte inferior (Nagy et. al., 1976; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Crespo, 1996).

La Formación Yateras (Mioceno Inferior) se compone de alternancia de calizas biodetríticas y detríticas y calizas biógenas de granos finos a gruesos, duras, de porosidad variable y a veces aporcelanadas (Iturralde-Vinent, 1976; Nagy et. al., 1976; Cobiella, 1978a, 1978b; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Manso, 1995; Crespo, 1996).

La Formación Jagüeyes (Mioceno Medio Temprano) se compone de lutitas, areniscas, gravelitas polimícticas de matriz arenácea y arcillosa, con escaso cemento carbonático y margas arcillosas y arenáceas. Esta formación se caracteriza por ser fosilífera, en la cual alternan calizas biodetríticas, biohémicas, calcarenitas y arcillas. Las arcillas y lutitas pueden ser yesíferas (Nagy et. al., 1976; Albear et. al., 1988; Manso, 1995).

La Formación Majimiana está constituida por calizas organodetríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan

bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa. Se presenta en forma de franja paralela al litoral, con un relieve poco accidentado representado por pequeñas colinas onduladas de poca pendiente.

La Formación Júcaro (Mioceno Superior-Plioceno) está compuesta por calizas generalmente arcillosas, calcarenitas, margas, lutitas, a veces con gravas polimícticas y arcillas yesíferas (Nagy et. al., 1976; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Manso, 1995). Esta formación aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

La Formación Río Maya (Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior) se conforma de calizas biohémicas algáceas y coralinas muy duras, de matriz micrítica, frecuentemente aporcelanadas, conteniendo corales en posición de crecimiento, así como subordinadamente moldes y valvas de moluscos, todas muy recristalizadas. Las calizas frecuentemente están dolomitizadas. El contenido de arcillas es muy variable (Nagy et. al., 1976; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Formación Jaimanitas (Pleistoceno Medio-Superior) se compone de calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas. Contiene conchas bien preservadas y corales de especies actuales y ocasionalmente biohermas (Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

2.3. Geología de la cuenca del Río Quesigua.

El río Quesigua drena sobre un sector de rocas pertenecientes a la asociación ofiolítica Moa-Baracoa, fundamentalmente por el complejo cumulativo. Se destaca que gran parte de su curso principal marca el contacto entre las rocas de este complejo y el complejo de las tectonitas fig.2.3. Este río es típico de montañas, por lo que durante las avenidas transporta grandes cantidades de sedimentos hacia la costa del Océano Atlántico. Es significativo mencionar la abundancia de gabroides abarcada por la cuenca, destacándose los gabros normales, microgabros, gabro-pegmatitas, etc.

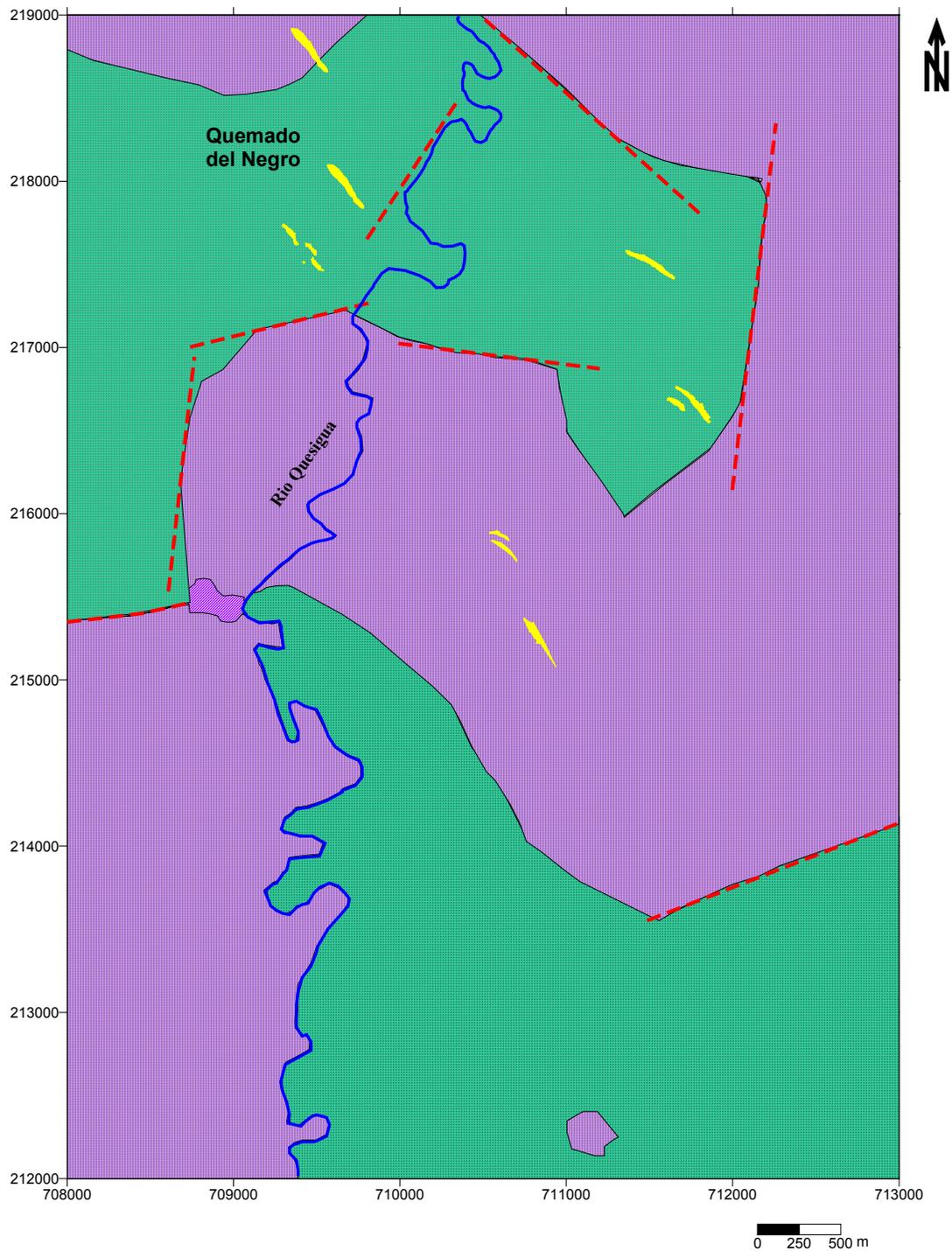
Estas secuencias en ocasiones se presentan muy alteradas, formando extensas cortezas de meteorización compuestas por materiales arcillosos de color que varía desde el pardo rojizo hasta el rosado.

Por otra parte, es necesario destacar la presencia de serpentinas y piroxenitas muy alteradas y agrietadas con vetillas de carbonatos, sílice amorfa (ópalo), calcedonia y cuarzo con sulfuros. Es muy probable la existencia de sectores en los que las serpentinas han experimentado una intensa alteración metasomática del tipo lisvanítica. A lo largo de toda la cuenca y en sus alrededores se aprecian

importantes indicadores de actividad hidrotermal, como son jasperoides, depósitos de sínter calcáreo vetas de cuarzo lechoso con sulfuros alterados de cobre, malaquita y óxidos e hidróxidos de hierro (probablemente pequeños gossans) con contenidos de oro que alcanzan los 0,66 ppm (Ramayo, L. 2003).

Hacia la parte baja del curso principal los sedimentos se corresponden con un material areno - gravoso y arenoso. Este material se observa fundamentalmente en aquellos sectores donde el río cambia bruscamente su dirección, formando bancos de pequeñas dimensiones. Hacia la parte media del curso principal se observa una disminución de los sedimentos aluviales finos, predominando los groseros y heterogéneos compuestos por material gravoso, en menor frecuencia gravo - arenoso, así como fragmentos y bloques de gabros. Hacia el curso superior los sedimentos aluviales son casi inexistentes predominando los grandes bloques de gabros.

En sentido general los sedimentos muestreados presentan una composición petrográfica acorde con la geología del área de estudio, por lo que en la misma se observa un material de composición ultrabásica (fragmentos y minerales provenientes de peridotitas, dunitas y dunitas serpentinizadas), un material básico, proveniente de los gabros y los materiales lateríticos provenientes de la corteza de intemperismo. Mas del 90% de los fragmentos detectados en los depósitos detríticos de este río provienen de los gabros.



Leyenda

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Rocas ultrabásicas
(Serpentinitas, harzburgitas, werlitas, etc.) |  | Filones y brechas epitermales
enriquecidas en oro. |
|  | Rocas ultrabásicas
(Dunitas) |  | Río Quesigua |
|  | Rocas básicas
(Gabros normales, isotrópicos, etc) |  | Fallas |

Fig. 2.3 Mapa geológico a escala 1: 25 000 del Sector Quemado del Negro

2.4. Estructura geológica y mineralogía de la manifestación mineral Quemado del Negro.

La manifestación mineral hidrotermal Quemado del Negro se encuentra ubicada en las inmediaciones de la cuenca hidrográfica del río Quesigua (fig. 2.3). Esta manifestación mineral consiste en una serie de vetas y vetillas de cuarzo con sulfuros.

El rumbo dominante de las vetas varia entre N 35 W y N 70 W, con direcciones de buzamiento verticales o subverticales. Todas las vetas reportadas se encuentran emplazadas dentro del complejo máfico y ultramáfico pertenecientes a la asociación ofiolítica. El espesor de las vetas varia desde escasos centímetros hasta 2,5 m. En ocasiones los enjambres de vetillas forman *stockwork*. Durante los trabajos de campo, en la zona de Quemado del Negro se identificaron 7 vetas principales. Los cuerpos filonianos están circundados por una aureola de alteración argílica, esta posee un carácter pervasivo. Tanto las rocas de caja como la mineralización hidrotermal están alteradas meteóricamente.

La mineralogía de las vetas es simple y muy similar en todas las vetas estudiadas, aunque las proporciones de los minerales varia de una a otra. Los estudios mineralógicos revelaron la presencia de varias fases minerales, tales como: calcopirita, pirita, galena, esfalerita, cobre y oro nativo. Como minerales de alteración supergénica fueron revelados cristales de cuprita, covelina, limonitas y carbonatos y sulfatos de Cobre. El cuarzo es el mineral de ganga mas abundante, este mineral ocupa entre el 95 y 97 % del total de los minerales constituyentes de la veta. La calcita es el segundo mineral de ganga de mayor distribución, los cristales de calcita presentan formas euedrales y subedrales, generalmente están intercrecidos con cuarzo y raramente con sulfuros.

Las aureolas de alteración no superan los 10 m de espesor. Se pudieron establecer dos subzonas de alteración bien diferenciadas yendo de la roca fresca hasta la veta: 1) Aureola externa (argílica) compuesta por minerales del grupo de las arcillas, fundamentalmente esmectitas, caolinita e illita, raramente aparecen cristales de clorita; 2) Aureola interior, compuesta por cuarzo microcristalino más calcita y pirita. En la tabla 2.1 se resume la composición mineralógica para el sistema de vetas Quemado del Negro.

Tabla 2.1 Composición mineralógica de las vetas y de las zonas de alteración hidrotermal de la manifestación mineral Quemado del Negro.

Vetas de Cuarzo		Aureola Interna	Aureola Externa
Minerales Meníferos	Ganga y minerales secundarios		
Calcopirita	Cuarzo cristalino	Cuarzo	Esmectitas
Pirita	Calcita	Calcita	Caolinita
Esfalerita	Hematita	Pirita	Illita

Galena	Magnetita	Clorita
Cobre Nativo	Limonitas	Cuarzo
Oro Nativo	Covelina y Cuprita	
	Carbonatos y sulfatos de Cobre	

2.5. Tectónica.

La tectónica del bloque oriental cubano, comprendido desde la falla Cauto-Nipe hasta el extremo oriental de la isla, se va a caracterizar por la alta complejidad, dado por la ocurrencia de eventos de diferentes índoles que se han superpuesto en el tiempo y que han generado estructuras que se manifiestan con variada intensidad e indicios en la superficie (Rodríguez, A. 1998a, 1998b). Este bloque se caracteriza por el amplio desarrollo de la tectónica de cabalgamiento que afecta las secuencias más antiguas (Campos, 1983).

Localmente esta complejidad en la región de estudio se pone de manifiesto a través de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección noreste y noroeste, que se cortan y desplazan entre sí, formando un enrejado de bloques y microbloques con movimientos verticales diferenciales, que se desplazan también en la componente horizontal y en ocasiones llegan a rotar por acción de las fuerzas tangenciales que los afecta como resultado de la compresión (Campos, 1983, 1990; Rodríguez, A. 1998a, 1998b). También se observan dislocaciones de plegamientos complejos, sobre todo en la cercanía de los contactos tectónicos (Campos, 1983, 1990).

En las secuencias más antiguas (rocas metamórficas y volcánicas) existen tres direcciones fundamentales de plegamientos: noreste-suroeste; noroeste-sureste y norte-sur, esta última, característica para las vulcanitas de la parte central del área. Las deformaciones más complejas se observan en las rocas metamórficas, en la cual en algunas zonas aparecen fases superpuestas de plegamientos (Campos, 1983, 1990).

En las rocas paleogénicas y eocénicas la dirección de plegamiento es este-oeste, mientras que las secuencias del Neógeno poseen yacencia monoclinas u horizontal (Campos, 1983, 1990).

El bloque Mayarí y el de Moa se separan por sistemas de fallas transcurrentes de dirección nortee-noreste subparalelas al rumbo de la falla principal Cauto, que limita al bloque oriental en su conjunto. El bloque Mayarí se acuña tectónicamente hacia el este y debe estar sobrecorrido al arco volcánico del Cretácico. En Pinares de Mayarí se observan pliegues de dirección noreste-suroeste (Campos, 1990). En el bloque Sierra Cristal en los cúmulos ultramáficos están presentes estructuras plicativas

probablemente de tipo isoclinal de orientación noreste y muy dislocadas por fallas de orientación noreste y noroeste (Campos, 1990).

En Moa se observan pliegues de dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste, dislocados por fallas con dirección sublatitudinal y submeridional. En su periferia sur la zona yace tectónicamente sobre los complejos volcano-sedimentarios relacionados con el arco volcánico Cretácico. Particularmente en los yacimientos de cromo Merceditas y Amores se observan estructuras plicativas de orientación sublatitudinal y probablemente submeridional (Campos, 1990; Rodríguez, A. 1998a, 1998b; Blanco, 1999).

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Trabajos de gabinete.
- 3.3 Trabajos de campo.
- 3.4 Trabajos de laboratorio.
- 3.5 Procesamiento de la información y representación de los resultados.

3.1. Introducción.

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la metodología empleada durante el estudio de los principales rasgos morfológicos, texturales y composicionales del oro en los sedimentos aluvionares del río Quesigua. Los procedimientos metodológicos, sobre todos los de campo se corresponden plenamente con los trabajos de prospección, para los cuales el método de muestreo de los concentrados pesados es el fundamental.

La investigación contempló cinco etapas importantes: trabajos de gabinete, trabajos de campo, de laboratorio, de procesamiento y representación de la información respectivamente. En los epígrafes subsiguientes se detallan los procedimientos empleados en cada etapa.

3.2 Trabajos de gabinete

Esta primera etapa incluyó una búsqueda bibliográfica actualizada acerca de las características morfotexturales y composicionales del oro en ambientes superficiales, realizándose además la reinterpretación de los resultados obtenidos durante las investigaciones precedentes en la región de estudio. También se procedió a la digitalización de mapas, con la ayuda de las técnicas de computación más modernas, utilizando los siguientes periféricos.

- ✓ Scanner marca Mustek 600 II
- ✓ Digitalizador SummaSketch III
- ✓ Penteon con 166 Mhz
- ✓ Programas profesionales como: Windsurf, Excel, TeleMap, Autocad y Word para Window 2000

En esta etapa se proyectaron los puntos de muestreo teniendo en consideración los elementos estructurales de la cuenca estudiada y de los sectores con desarrollo de procesos hidrotermales preexistente en la parte central y baja de la cuenca hidrográfica del río Quesigua (fig. 1.1).

3.3. Trabajos de campo.

Para la proyección y realización de estos trabajos, se tomaron como colofón los trabajos realizados por los estudiantes Apiemé Ekoulo Jules Brice y Mountso Mambisse y Ursule Guillene (1998) en la cuenca del río Quesigua.

Los trabajos de campo propiamente dicho consistieron en el muestreo sistemático de depósitos aluviales de la cuenca y de los afluentes existentes en la parte media y alta del río Quesigua, por último se realizó un reconocimiento geológico en los alrededores de los objetos muestreados para esclarecer aspectos relacionados con la geología de la cuenca y con las características de los materiales muestreados (tamaño, composición).

El método de campo empleado es el de los concentrados pesados (heavy mineral concentrate), en el cual se le prestó especial atención a las fracciones finas (inferior a 0.5 mm) y muy finas (inferior a 0.1 mm) de los sedimentos muestreados, por ser estas las que mayor información mineralógica y geoquímica aportan.

En la tabla 3.1 se reflejan los depósitos estudiados, señalando en cada caso la cantidad de muestras tomadas y el método aplicado.

Objetos Muestreados	Muestras recolectadas	Métodos empleados
Río Quesigua	9	Concentrados Pesados
Afluentes del río Quesigua.	2	

Tabla 3.1. Volumen de muestras recolectadas en la cuenca del río Quesigua.

Para el muestreo de los depósitos aluvionares de la cuenca se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Selección y caracterización del punto de muestreo.
- ✓ Toma de las muestras.
- ✓ Volumen y masa de las muestras.
- ✓ Beneficio de las muestras.

A continuación se exponen los principales aspectos relacionados con el muestreo de los sedimentos muestreados.

3.3.1. Selección y caracterización del punto de muestreo.

Esta subetapa fue realizada previamente a los trabajos de campo con la ayuda de las cartas topográficas y mapas geológicos, considerando los accidentes geomorfológicos más influyentes en la acumulación de los sedimentos aluviales. Posteriormente, durante los trabajos de campo se ubicaron adecuadamente los puntos de muestreos, tomando sus coordenadas espaciales de Lambert, lo cual permitió elaborar el mapa de datos reales (fig.1.1).

Las muestras fueron tomadas en los lugares idóneos para la concentración de oro y otros minerales pesados; estos sitios coinciden, según la experiencia mundial con:

- ✓ Presencia de lenguas de tierras.
- ✓ Meandros abandonados.
- ✓ Obstáculos naturales en los cauces de los ríos.
- ✓ Cambios de dirección en los cauces.
- ✓ Terrazas jóvenes.
- ✓ Bancos de arenas gruesas.

Antes de proceder a la toma de muestra se realizó una descripción o documentación del punto de muestreo en la libreta de campo, destacando las dimensiones de las acumulaciones detríticas, rocas aflorantes en el lecho y riberas de los ríos, dimensiones de los fragmentos, bloques y cantos rodados, grado de selección de los materiales y su composición.

3.3.2. Toma de muestras.

En los depósitos aluviales el muestreo se realizó en los sectores de mayor potencia, la profundidad seleccionada para la toma de muestras por el método de los concentrados pesados osciló entre 0,5 m y 0,7 m, tratando siempre que las muestras fueran tomadas de los horizontes gravo-arenosos y gravosos ya que en estos se dan condiciones propicias para la acumulación de minerales pesados, especialmente el oro.

En todos los depósitos muestreados el volumen de material extraído fue de aproximadamente 10 litros, equivalente a unos 15-20 kg.

3.3.3. Beneficio de las muestras.

El beneficio del material friable se realizó en condiciones de campo y tuvo como objetivo obtener los concentrados pesados. Esta operación se realizó con la ayuda de un recipiente especial conocido en Cuba como "Batea de Jagua" de sección rectangular y con capacidad para lavar 0,07 m³ de sedimentos. Para la obtención de los concentrados pesados las muestras fueron vertidas en una batea plástica de sección rectangular y tamizadas inicialmente a 4 mm para eliminar los fragmentos gruesos, cantos rodados, fragmentos de conchas, corales, restos de raíces y plantas, los cuales dificultan el proceso de obtención de los concentrados pesados. Posteriormente se procedió al lavado del material, el cual consistió en la ejecución de tres operaciones básicas:

- ✓ Levigación
- ✓ Lavado propiamente dicho
- ✓ Rectificación

Levigación: Una vez colocado el material en la batea de cedro se comienza a eliminar todo el material arcilloso presente en las muestras; para ello la batea se sumerge en el agua y se amasa, luego se decanta el agua enturbiada con las partículas arcillosas.

Lavado propiamente dicho: Se coloca la batea de 3 a 4 cm por debajo de la superficie del agua en zona de corriente suave y ejecutando movimientos de vaivén a la batea dentro del agua se logra un régimen de enturbamiento en los cuales las partículas más ligeras son eliminadas por decantación cada cierto tiempo y las más pesadas se concentran en el fondo de la batea.

Rectificación: Esta operación se realiza con sumo cuidado y su objetivo fundamental es la obtención del concentrado pesado, el cual nunca deberá ser inferior a los 50 gramos de material pesado. Durante esta operación se eliminan los minerales de colores claros y gruesos y se concentran los minerales oscuros y finos. Así, el concentrado obtenido es colocado en bolsas de nylon de polietileno, enumeradas y enviadas al laboratorio para su posterior análisis. Un rasgo característico de los pesados es su color negro o gris oscuro típico de las mineralogías de las secuencias rocosas que afloran en la región.

3.4. Trabajos de laboratorio.

Los trabajos de laboratorio se dividieron en dos operaciones básicas:

- a) Preparación de las muestras para los análisis.
- b) Análisis de laboratorio propiamente dicho.

A continuación se procederá a describir cada una de las operaciones adoptadas durante los trabajos de laboratorio.

3.4.1. Preparación de las muestras para los análisis.

Las muestras de concentrados pesados fueron enviadas a al laboratorio de preparación de muestras de la Facultad de Geología del ISMM de Moa, con vistas a la realización posterior de los análisis correspondientes. En el organigrama representado en la figura 3.1 se observa el flujo de preparación de muestras seguido.

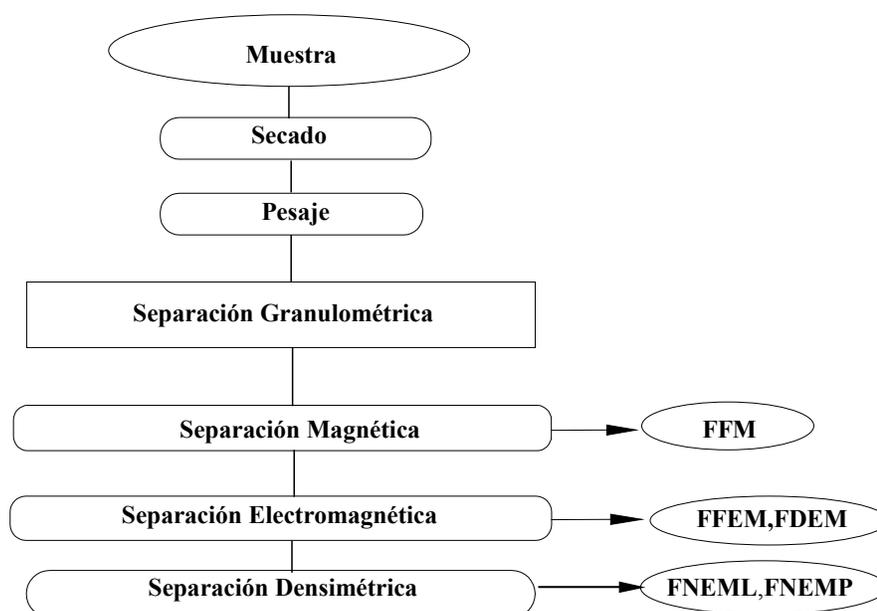


Fig. 3.1. Organigrama de preparación de muestras.

El secado de las muestras se efectuó por medio de la estufa de fabricación alemana marca MEMMERT, el tiempo de exposición de las muestras en la misma fue de dos horas a una temperatura de 100 °C aproximadamente.

El pesaje inicial de las muestras se efectuó con la ayuda de la balanza analítica OWA LABOR de fabricación alemana, la cual realiza mediciones con un error de 0,1 g y tiene capacidad máxima de 1000g.

El proceso de homogeneización y cuarteo fue sencillo y de forma manual. El material fue vertido en la superficie de una hoja de papel y con una regla se fue cuarteando de manera sucesiva hasta la obtención del peso adecuado.

La separación granulométrica se realizó empleando un juego de tamices de fabricación inglesa con las aberturas (en mm) siguientes: 1,4, 0,71, 0,5, 0,21 y 0,1. Esta operación se efectuó manualmente lo que permitió el control de las pérdidas. Como resultado final de esta separación se obtuvieron las siguientes clases o fracciones:

- ✓ Fracción $>1,4$ mm.
- ✓ Fracción 1,4-0,71 mm.
- ✓ Fracción 0,71-0,5 mm.
- ✓ Fracción 0,5-0,21 mm.
- ✓ Fracción 0,21-0,1 mm.
- ✓ Fracción $< 0,1$ mm.

Posteriormente las fracciones fueron sometidas a un proceso de separación magnética el cual consiste en someter cada fracción granulométrica a la acción de un campo magnético.

Esta separación se le realizó a todas las clases granulométricas y para ello se empleó un imán de mano, marca SOCHNEV-5, de fabricación rusa. La metodología consistió en verter la muestra sobre una hoja de papel, logrando crear una superficie plana monogranular por encima de la cual se hace pasar uno de los polos del imán, los minerales atraídos son separados y colocados en un sobre de papel. Como resultado de esta operación en cada muestra de concentrado pesado se obtuvieron dos fracciones: un concentrado magnético (FM) y uno no magnético (FNM).

La fracción no magnética (FNM) fue sometida a una separación electromagnética con la ayuda de un separador de inducción del tipo "Rodillo", de fabricación rusa, teniendo en cuenta la intensidad del campo y el ángulo de inclinación del canal vibrante. Esta separación se le practicó a las fracciones inferiores a 1.4 mm. El mismo consistió en hacer deslizar la muestra de forma continua a través de un campo electromagnético que opera al final de una canal vibratoria, el cual se divide en dos partes terminales.

Los minerales paramagnéticos o electromagnéticos son atraídos por el campo, mientras que los diamagnéticos son rechazados y pasan a la parte inferior de la canal. La separación se realizó con una intensidad de campo de 7.5 A y una potencia de 50 V, permitiéndonos obtener dos fracciones, una fracción electromagnética (FEM) y una fracción no electromagnético (FNEM), al terminar la operación cada fracción fue pesada y colocada en un sobre de papel.

Por último cada fracción no electromagnética (FNEM) se somete a un proceso de separación densimétrica, la cual se efectuó mediante la inmersión de las muestras en un líquido de densidad conocida. Como resultado de esta operación los minerales de densidad mayor que el líquido se hunden,

mientras que los de menor densidad permanecen flotando obteniéndose la fracción no electromagnética ligera (FNEML) y la fracción no electromagnética pesada (FNEMP). Se sometieron a esta operación las fracciones 0,21– 0,1 mm y la menor que 0,1 mm.

Los reactivos y materiales utilizados para la obtención de las fracciones densimétricas fueron los siguientes:

- ✓ Agitador.
- ✓ Alcohol etílico.
- ✓ Cápsula de porcelana.
- ✓ Embudo de cristal.
- ✓ Embudo separador.
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Papel de filtro.
- ✓ Tetrabromoetano ($d=2.8 - 2.9 \text{ g/cm}^3$).

La metodología seguida para la obtención de las fracciones no electromagnéticas pesada y ligera es la común y corriente utilizada para estos fines y aparece en numerosos manuales y normas

Todo este proceso de separación permitió obtener las fracciones siguientes:

Fracción magnética (FM).

Fracción electromagnética (FEM)

Fracción no electromagnética ligera (FNEML).

Fracción no electromagnética pesada (FNEMP)

Una vez obtenida la fracción no electromagnética pesada se procedió a la separación del oro del resto de los minerales pesados. Las muestras fueron colocadas en portaobjetos y colocadas bajo el microscopio estereográfico marca TECHNIVAL-2; posteriormente con la ayuda de agujas de cobre se extrajeron todos los granos de oro visibles y colocados en bolsas de papel. De esta forma se fueron conformando los monoconcentrados de oro de la cuenca del río Quesigua, utilizados para los análisis morfológicos y texturales previos.

Estos monoconcentrados de oro fueron enviados a los laboratorios de los servicios científico-técnicos de la Universidad de Barcelona, España. Cada muestra de oro fue montada en resina epoxy, prensadas, pulidas y metalizadas al vacío para su posterior análisis.

Se analizaron 48 granos de oro recolectados en los diferentes puntos de la cuenca hidrográfica del río Quesigua.

3.4.2 Análisis de laboratorio.

Los análisis de laboratorio propiamente dicho se realizaron en tres etapas sucesivas, la primera se realizó en los servicios científicos técnicas de la Universidad de Barcelona y tuvo como objetivo determinar la textura, tamaño y composición cualitativa y cuantitativa de los granos de oro recolectados. Las imágenes de electrones retrodispersados, obtenidos mediante SEM (microscopio electrónico de barrido con analizador de energías), y los mapas de distribución de elementos, obtenidos a partir de rayos X característicos, mediante microsonda electrónica que dan una visión general de la composición cualitativa y de los rasgos texturales y morfológicos internos de los granos de oro de los depósitos estudiados. El microscopio electrónico utilizado fue un Cambridge Stereoscan-120. Finalmente se determinó la composición cuantitativa interna de los granos de oro mediante una microsonda electrónica marca CAMECA SX50. El empleo de la misma se realizó bajo el siguiente régimen de trabajo: tensión de aceleración de 25 keV y una corriente de sonda de 20 nA. Se utilizaron los siguientes cristales, patrones y líneas espectrales: Au, oro metal $L\alpha$ (LIF); Ag, plata metal $L\alpha$ (PET); Cu, cobre metal $K\alpha$ (LIF) y Fe, hierro metal $K\alpha$ (LIF).

Los elementos químicos determinados en los granos de oro fueron: Au, Ag, Hg, Cu e Fe. Se realizaron 34 análisis puntuales de microsonda electrónica (tabla 4.3).

La segunda etapa de análisis de laboratorio se realizó en el laboratorio de análisis mineralógico de la Facultad de Geología y Minería del ISMM y tuvo dos objetivos principales: 1) realizar la descripción morfológica y textural de los granos de oro y 2) realizar las mediciones morfométricas de los granos. Para dar cumplimiento al primer objetivo se empleó un microscopio estereográfico marca TECHNIVAL-2 de procedencia alemana, el cual permitió la realización de las descripciones de las formas y texturas superficiales.

Al tubo del ocular se instaló una cámara digital marca LG con la cual se obtuvieron las imágenes de los granos de oro. El segundo objetivo se cumplimentó con la ayuda de un microscopio JENAPOL de la firma alemana CARL ZAISS al cual se le instaló un micrómetro ocular marca MOV-1-16 de fabricación rusa y con el cual se realizaron cuidadosamente todas las mediciones (largo, ancho y grosor) en los granos.

La medición del largo (L), ancho (A) y grosor (G) de cada grano permitió calcular dos parámetros morfométricos importantes, el diámetro equivalente (D_{eq}) y el factor de forma Corey (Giusti, L., 1986) los cuales son indicadores del grado de aplastamiento de los granos lo que se traduce en el mayor o menor grado de transporte sufrido por los granos minerales con respecto a la fuente primaria o de origen.

El diámetro equivalente se calcula mediante la expresión siguiente:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{\left(\frac{6}{\pi}\right) * L * A * G}$$

Donde: D_{eq} - Diámetro equivalente del grano de oro

L- largo

A- Ancho

G- Grosor

El factor de forma "Corey" se calcula mediante la expresión siguiente:

$$IA = \frac{G}{\sqrt{L * A}}$$

Donde: L, A y G son los mismos parámetros anteriores.

Estos parámetros han sido determinados también en trabajos similares realizados durante la exploración de oro realizada en las cuencas fluviales de los ríos Saskatchewan y el Athabasca en la región de Alberta, Canadá (Giusti, L.1986) para determinar el grado de aplastamiento o esfericidad de los granos de oro revelados en los depósitos investigados. Si el IA es pequeño indica un gran aplastamiento de los granos, mientras que valores elevados indican que las partículas prácticamente son esféricas.

Por último la tercera etapa se realizó en los laboratorios de una Universidad australiana, la cuál tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de los EGP, en los sedimentos fluviales de la cuenca del río Quesigua, con la ayuda del ICP, para lo cual se tomaron 2 ejemplares compósitos de las fracciones fuertemente magnéticas y no magnética de clases granulométricas 0,1 mm – 0,2 mm., donde cada muestra fue pulverizada en un mortero de ágata, hasta lograr una granulometría por debajo de 1 microm

3.5. Procesamiento de la información y representación de los resultados

Los datos obtenidos durante los análisis de microsonda electrónica fueron tabulados y procesados con ayuda *Microsoft Excel 2000 (Microsoft Corporation, 1985-1999)*. Los resultados fueron representados en forma de histogramas con las herramientas del Excel y con ayuda de diagramas ternarios con las herramientas del *software Grapher 2.01 (Golden Software, Inc., 1992-1998)*.

En la tabla 3.2 se resumen todos los volúmenes de trabajos y análisis de laboratorio realizados a los concentrados pesados.

Tipo de depósitos	Muestras analizadas	Granos de oro revelados	Granos de Au analizados con microsonda	Mediciones morfométricas	Imágenes de BSE
Río Quesigua	9	31	30	31	17
Afluentes del Quesigua	2	17	-	17	-

Tabla 3.2. Resumen de los trabajos y análisis realizados según la metodología empleada.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

4.1. Introducción.

4.2. Rasgos de la distribución del oro en la cuenca.

4.3. Características morfo-texturales de las partículas de oro.

4.4. Particularidades composicionales de las partículas de oro.

4.5. Particularidades composicionales de los EGP en los sedimentos aluvionares.

4.6. Fuentes del oro en la cuenca del río Quesigua.

4.1 Introducción.

Las partículas de oro reveladas en los depósitos fluviales de la cuenca hidrográfica del río Quesigua (Fig.1.1), poseen rasgos morfológicos y texturales propios de ambientes tropicales, donde la acción de los agentes de la meteorización sobre los materiales primarios y secundarios preexistentes portadores de oro provocan: disolución, reprecipitación o redistribución mecánica con la consiguiente acumulación y transformación postdeposicional en los diferentes sectores del río. El análisis combinado de los rasgos morfológicos, texturales y composicionales de las partículas de oro reveladas en esta cuenca, proporcionan información sobre la posición relativa de la fuente primaria respecto a los depósitos investigados y nos brinda además, información sobre los mecanismos de formación y composición de la fuente primaria portadora de la mineralización aurífera. Tales análisis señalan procesos multiepisódicos de formación de las partículas de oro, procedentes de diferentes áreas fuentes, tales como vetas de cuarzo-carbonatos con sulfuros de metales base, filones y brechas epitermales enriquecidas en oro, existentes en la parte intermedia de la cuenca estudiada (Ramayo. L, 2003), complejos ofiolíticos y procesos de listvenitización, etc.

4.2 Rasgos de la distribución del oro en la cuenca.

Los concentrados pesados del río Quesigua se destacan por la alta frecuencia de aparición del oro, solo dos muestras tomadas en la parte baja del río no reportaron este metal (figura 1.1). A lo largo de la cuenca fueron detectados un total de 48 partículas de oro en diferentes clases granulométricas (tabla 4.1), correspondientes a las muestras denominadas QVO (11 muestras en total).

Muestra	Cantidad de granos de oro por fracción						Total
	Fr<0,1	0,1 - 0,21	0,21 - 0,5	0,5 - 0,71	0,71 - 1,4	+1,4	
QVO-1	0	0	0	0	0	0	0
QVO-2	0	0	0	0	0	0	0
QVO-3	1	1	1	0	0	0	3
QVO-4	8	3	0	0	0	0	11
QVO-5a	0	6	0	0	0	0	6
QVO-5b	0	2	0	0	0	0	2
QVO-6	0	3	0	0	0	0	3
QVO-7	11	0	0	0	0	0	11
QVO-8	1	0	0	0	0	0	1
QVO-9	0	0	6	0	0	0	6
QVO-10	0	5	0	0	0	0	5

Tabla 4.1 . Cantidad de granos de oro por clases granulométricas detectadas en el río Quesigua.

Según el mapa de distribución se observa la presencia de dos flujos bien marcados dentro de la cuenca, uno en la parte alta con un total de 36 granos y el otro en la parte intermedia de la cuenca, con un total de 12 granos. Hacia la parte alta de la cuenca, el cauce principal del río marca el contacto de los gabros con las serpentinitas. Estas zonas son propicias para la acumulación del oro, siempre y cuando los procesos que han operado son portadores de este metal. Además se aprecia que dentro de los gabros se hospedan numerosos filones de pequeñas dimensiones de cuarzo-carbonatos con sulfuros de metales base, filones y brechas epitermales enriquecidas en oro (Ramayo. L, 2003). Esta mineralización y la presencia de zonas cuarcificadas y sinter calcáreo pueden constituir importantes índices para la búsqueda de mineralización aurífera en la cuenca del río Quesigua y áreas adyacentes.

4.3 Características morfo-texturales de las partículas de oro.

Las partículas de Au estudiadas en los depósitos fluviales del río Quesigua, muestran morfologías muy variadas, predominando las esferoidales, tabulares y discoidales respectivamente (fig. 4.1). La mayoría de las partículas muestran contornos irregulares con bordes cóncavos y convexos y cariado de los granos. Las dimensiones (Largo, Ancho, Grosor) de las partículas de oro analizadas son muy variables (tabla 4.2). A partir de estos datos fueron calculados estadísticamente los valores mínimos, máximos, la media y la desviación estándar para las tres dimensiones medidas. Del análisis realizado podemos constatar que las partículas de oro del río Quesigua alcanzan dimensiones, con rangos de

longitud comprendidos entre 0,10 y 0,42 mm con valores medios de 0,18 mm; el ancho oscila entre 0,02 y 0,22 mm, mientras que el grosor se presenta con valores en el rango de 0,012 a 0,18mm.

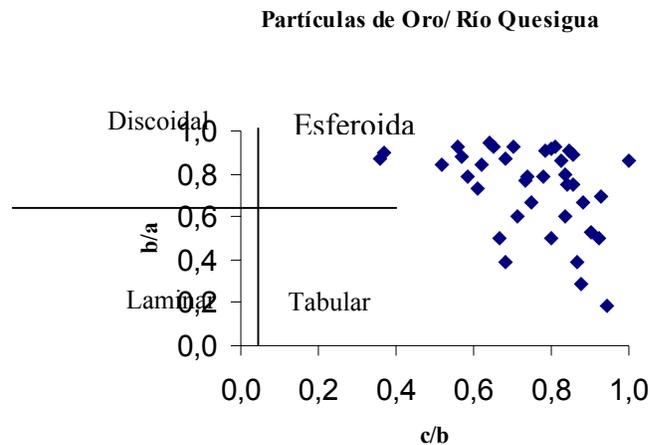


Fig.4.1. Diagrama de clasificación morfológica (Según Zingg., 1985) de 50 partículas de oro del río Quesigua, ilustrando una distribución de formas, con tendencia hacia los campos: esferoidal y tabular, respectivamente. a: largo, b: ancho, c: grosor

Al determinar el factor de forma Corey ó índice de aplastamiento (IA) de los granos de oro analizados, se aprecia según la (Tabla 4.2.), valores que oscilan entre 0,182 y 1,291. Para un mejor estudio del comportamiento de este parámetro en la cuenca, se seleccionó la clase granulométrica 0,1mm – 0,21 mm, por ser esta fracción la más representativa, apreciándose según la fig.4.2 que el IA para esta granulometría es variable, alcanzando los valores más altos en las muestras QVO-3, situada en la parte alta de la cuenca (fig.1.1) y en las QVO-5a, QVO-6 y QVO-10 situadas en la parte media, tal comportamiento indica una mayor tendencia a la esfericidad de las partículas analizadas en estas muestras, lo que responde a un menor grado de desplazamiento o transporte de las partículas reveladas en estos puntos de muestreo y por lo tanto una mayor cercanía con respecto a la fuentes auríferas primarias.

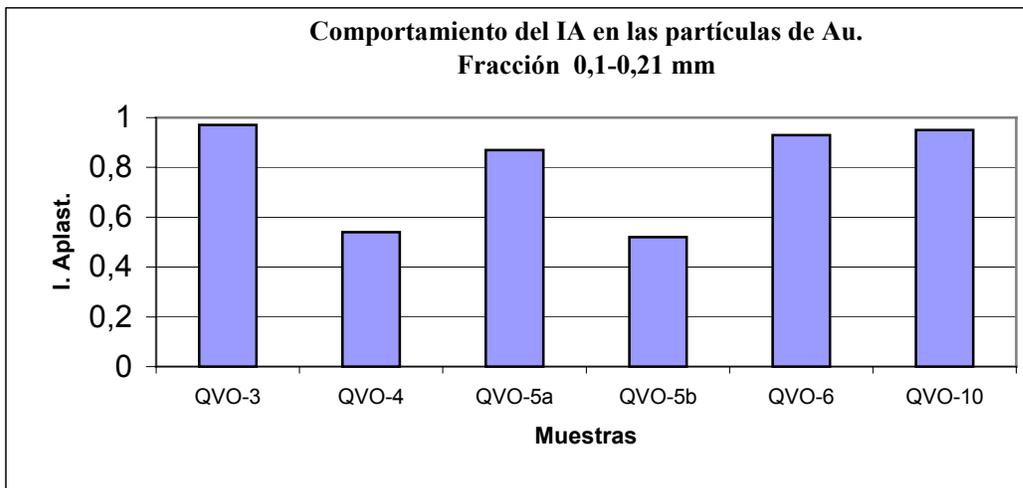


Fig.4.2. Gráfico que muestra el comportamiento del IA de las partículas de oro (fracción 0,1mm – 0,21mm) en los diferentes puntos de muestreo realizados en el río Quesigua.

Por otra parte las partículas de oro reveladas en las muestras QVO-4 y QVO-5b presentan valores bajos con respecto al resto, tal comportamiento señala que los granos en estos puntos de muestreo están más aplastado, lo que indica un mayor grado de desplazamiento o transporte de las partículas reveladas en estos puntos de muestreo y por lo tanto una mayor lejanía con respecto a la fuentes auríferas primarias. Atendiendo al comportamiento del IA en la cuenca del río Quesigua, podemos constatar de que hay dos tendencias bien marcadas de este parámetro, lo que pone en evidencia que en la cuenca existan más de una fuente primaria de oro ubicadas espacialmente en diferentes niveles a lo largo de toda la cuenca. De este modo podemos concluir que el oro del río Quesigua, atendiendo al comportamiento del índice de aplastamiento proviene de varias fuentes ubicadas a diferentes distancias de las concentraciones actuales. El diámetro equivalente determinado a estas partículas oscila entre 0,0012 y 0,0698 mm.

Cuenca	N° de Muestra	N° de Granos	Dimensiones de los Granos (mm)			Parámetros Morfométricos	
			Largo (a)	Ancho (b)	Grosor (c)	Deq	Iap
Río Quesigua	QVO-3	2	0,15	0,12	0,11	0,0165	0,820
			0,19	0,14	0,11	0,0243	0,674
	QVO-4	11	0,17	0,14	0,12	0,0224	0,778
			0,25	0,2	0,1	0,0443	0,447
			0,42	0,15	0,13	0,0609	0,518
			0,14	0,02	0,12	0,0026	2,268
			0,25	0,13	0,11	0,0297	0,610
			0,24	0,14	0,11	0,0307	0,600
			0,19	0,16	0,12	0,0286	0,688
			0,18	0,15	0,09	0,0231	0,548
			0,1	0,11	0,1	0,0097	0,953
			0,11	0,12	0,11	0,0121	0,957
	0,14	0,12	0,09	0,0144	0,694		
	QVO-5a	6	0,3	0,22	0,17	0,0698	0,662
			0,2	0,13	0,12	0,0245	0,744
			0,18	0,14	0,11	0,0230	0,693
			0,13	0,12	0,06	0,0117	0,480
			0,2	0,14	0,13	0,0271	0,777
	0,2	0,15	0,1	0,0266	0,577		
	QVO-5b	2	0,21	0,19	0,1	0,0354	0,501
			0,27	0,1	0,09	0,0231	0,548
	QVO-7	3	0,22	0,15	0,13	0,0319	0,716
			0,14	0,1	0,06	0,0105	0,507
			0,14	0,14	0,12	0,0185	0,857
	QVO-8	12	0,14	0,13	0,09	0,0156	0,667
			0,12	0,1	0,08	0,0099	0,730
			0,18	0,12	0,06	0,0161	0,408
			0,14	0,11	0,1	0,0136	0,806
			0,14	0,08	0,07	0,0088	0,661
			0,18	0,11	0,08	0,0163	0,569
			0,19	0,13	0,05	0,0174	0,318
			0,12	0,15	0,06	0,0135	0,447
			0,13	0,11	0,1	0,0127	0,836
			0,17	0,16	0,03	0,0161	0,182
			0,12	0,05	0,1	0,0053	1,291
	0,16	0,05	0,06	0,0060	0,671		
	QVO-9	6	0,21	0,13	0,11	0,0250	0,666
			0,25	0,14	0,13	0,0338	0,695
			0,16	0,13	0,12	0,0196	0,832
			0,18	0,08	0,1	0,0128	0,833
			0,21	0,16	0,18	0,0362	0,982
			0,16	0,14	0,04	0,0146	0,267
			0,21	0,18	0,16	0,0392	0,823

La textura superficial de los granos de oro es predominantemente rugosa con claros efectos de corrosión producidos posiblemente, por procesos de disolución química de los metales nativos, texturas similares han sido observadas en otras regiones del mundo (Claudio, G., Martín, H., 1996). En ocasiones se observan superficies estriadas y lisas debido probablemente a efectos mecánicos provocados por el desplazamiento de las partículas por el fondo del lecho rocoso, aguas abajo. En la tabla 4.3 se sintetizan las texturas superficiales y formas de los granos de oro observadas, bajo la lupa binocular, en los depósitos fluviales de la cuenca estudiada.

Cuenca	Forma	Textura superficial
Río Quesigua y afluentes	Esferoidales, tabulares y discoidales, etc.	Rugosa, corroída, porosa superficies, estriadas, lisas y semilisas, esponjiformes.

Tabla 4.3. Clasificación de las formas y texturas superficiales de los granos de oro revelados en los depósitos fluviales de la cuenca hidrográfica del río Quesigua.

Las imágenes de electrones retrodispersados (BSE) (fig. 4.3 ABCD), obtenidas a partir de secciones pulidas de los granos de oro en los sedimentos fluviales del río Quesigua, revelan texturas de corrosión y estructuras internas complejas en las partículas, dadas por la disposición espacial y relaciones mutuas entre los subgranos minerales que han sido soldados, al parecer por coalescencia. Las características texturales más importantes de las partículas analizadas son: existencia de subgranos de diferente composición en una misma partícula (fig. 4.3 A), y la presencia de partículas de oro con alteraciones en sus bordes (fig. 4.3 C), consistentes en un enriquecimiento en oro con relación a la plata. Estas características son difíciles de explicar a partir de un mismo proceso. En cambio, se sugiere un proceso multiepisódico de formación de las partículas. Es decir, ellas no pueden haberse formado por un proceso simple de acreción química (ej: Clough y Craw, 1989; Mann, 1984). Para explicar las texturas observadas, como mínimo deben tenerse en cuenta las siguientes etapas: (1) lixiviación de oro sobre los minerales primarios, (2) coalescencia de partículas, y (3) enriquecimiento supergénico de oro en las partículas.

Tabla 4.2. Resultados de las mediciones tridimensionales y del cálculo de los parámetros morfométricos (**Deq**, diámetro equivalente, **Iap**, índice de aplastamiento) realizados a los granos de oro presentes en los depósitos fluviales del río Quesigua.

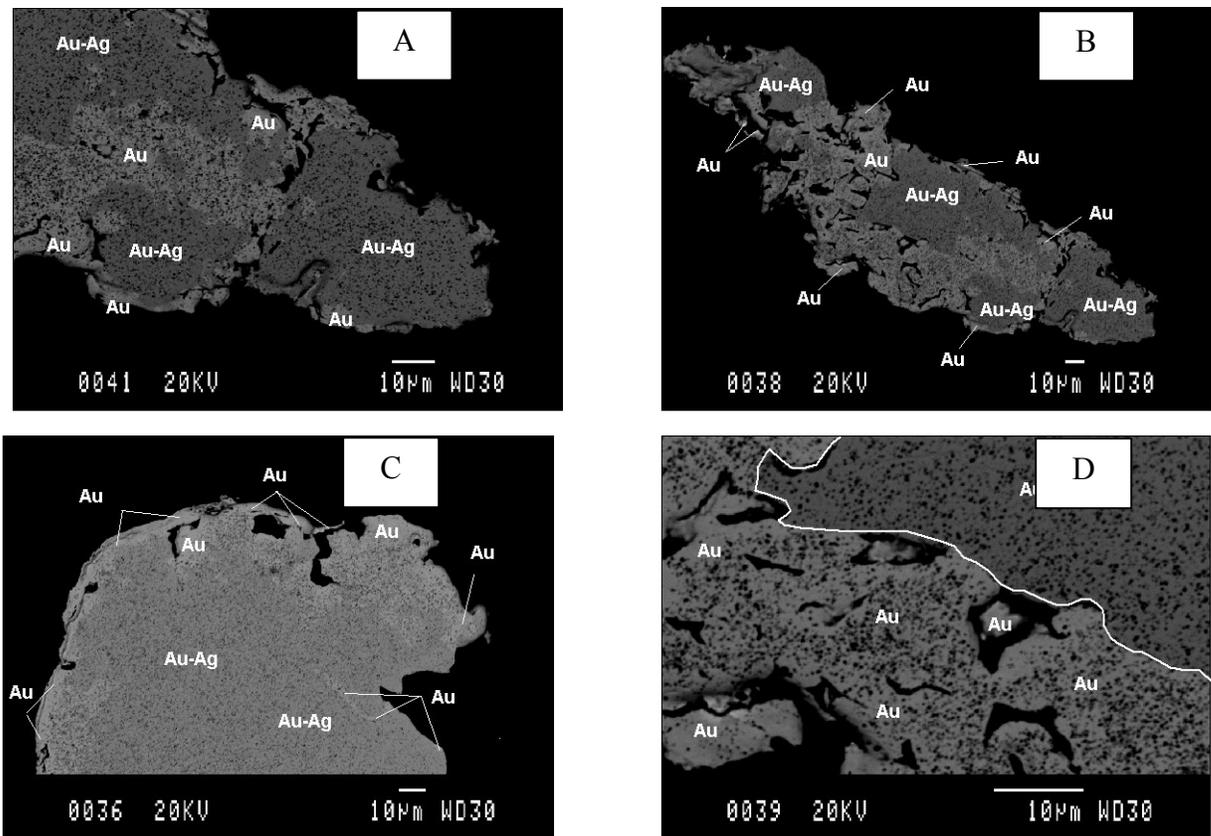


Fig. 4.3. Imágenes de electrones retrodispersados de partículas de oro de composición compleja. Se distinguen granos de oro de diferentes composiciones en los sistemas Au y Au-Ag. Nótese el aspecto corroído de los bordes y superficies de las partículas. Se distinguen granos de oro de diferente composición.

4.4 Particularidades composicionales de las partículas de oro.

4.4.1 Oro primario hospedado en vetillas de cuarzo con sulfuros (Manifestación hidrotermal Quemado del Negro).

Generalmente el oro en las vetas de cuarzo con sulfuro (fig. 2.3) aparece en forma nativa. Los cristales presentan formas euedrales y subedrales, presentando diámetros que varían desde 20 a 55 μm. Los estudios microanalíticos, realizados por microsonda electrónica sobre los granos de oro, arrojaron valores superiores al 85 % en peso de Au, observándose variaciones composicionales en los mismos.

Los cristales de oro son de composición variable como lo evidencia el diagrama ternario Au-Ag-Cu (fig. 4.4). Algunos de ellos presentan composiciones correspondientes al Electrum, con contenidos de Ag que oscilan entre 25 y 32 %, mientras que otros poseen composiciones próximas al oro nativo con

valores por encima del 85 % de Au . Los cristales de oro primario, hospedados en las vetillas de cuarzo con sulfuro, poseen un rango composicional variado, con presencia de oro nativo y aleaciones intermetálica Au/Ag correspondientes al Electrum, el cobre (fig. 4.4) presenta contenidos extremadamente bajos por lo que no merece comentario alguno.

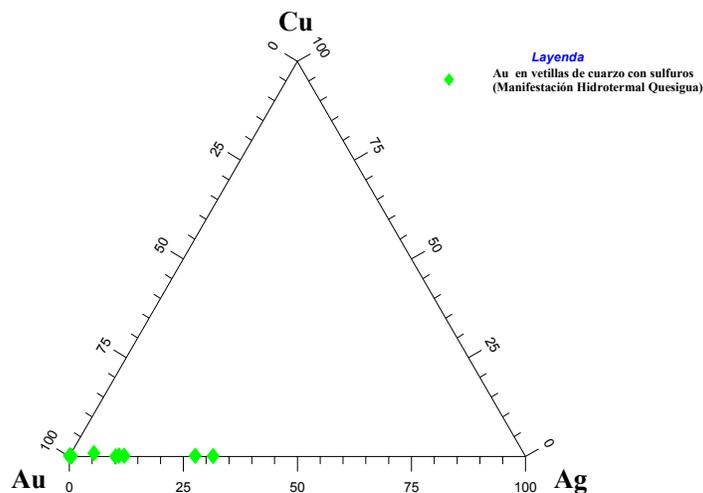


Fig. 4.4. Diagrama ternario Au-Ag-Cu obtenido a partir de microsonda electrónica en cristales de oro primario hospedados en vetillas de cuarzo con sulfuros. Manifestación hidrotermal Quemado del Negro.

4.4.2 Partículas de oro aluvial.

El análisis microquímico reveló composiciones muy heterogéneas en las partículas analizadas. La composición química (tabla 4.4) de los granos es muy variada en detalle, como lo demuestran las imágenes de electrones retrodispersados (BSE) (fig. 4.3 ABCD), obtenidas a partir del microscopio electrónico de barrido. Se trata de partículas compuestas por subgranos de composición diversa, alterados en sus bordes (Fig. 4.3 C) consistente en un enriquecimiento de oro con relación a la plata.

Localidad	Muestra	Au % w	Ag % w	Hg % w	Cu % w	Fe % w	Total
		77,91	21,50	0,00	0,02	0,00	99,43
		77,12	21,72	0,00	0,06	0,00	98,90
		76,92	20,71	0,21	0,03	0,01	97,88
		77,44	21,67	0,20	0,03	0,01	99,34
		77,33	21,69	0,07	0,02	0,01	99,12
		78,49	21,00	0,04	0,01	0,01	99,55

Río Quesigua	Compósito Au-QUES	78,41	21,99	0,16	0,03	0,00	100,59
		77,69	21,76	0,22	0,06	0,00	99,73
		78,50	21,15	0,16	0,02	0,00	99,82
		77,02	21,31	0,34	0,00	0,01	98,67
		78,89	21,25	0,20	0,06	0,00	100,40
		77,67	21,06	0,14	0,00	0,00	98,88
		77,94	20,23	0,20	0,03	0,00	98,40
		78,59	20,77	0,34	0,02	0,00	99,72
		78,07	21,85	0,20	0,02	0,00	100,13
		79,06	20,76	0,29	0,02	0,00	100,13
		77,75	20,98	0,28	0,02	0,00	99,03
		78,64	21,11	0,15	0,02	0,00	99,92
		78,36	21,26	0,20	0,02	0,00	99,85
		77,72	21,02	0,11	0,03	0,50	99,38
		77,78	21,03	0,25	0,00	0,16	99,21
		77,65	21,40	0,20	0,02	0,00	99,27
		77,05	21,21	0,26	0,01	0,01	98,55
		71,51	25,97	0,21	0,06	0,01	97,76
		98,33	1,40	0,00	0,01	0,00	99,74
		98,46	1,76	0,09	0,00	0,01	100,32
		98,31	2,34	0,15	0,00	0,00	100,80
		74,45	25,81	0,11	0,07	0,02	100,45
		69,96	28,56	0,31	0,01	0,01	98,84
		69,07	31,18	0,19	0,01	0,02	100,47
		69,66	28,85	0,30	0,01	0,01	98,83
		70,26	28,77	0,27	0,00	0,00	99,31
70,38	29,09	0,17	0,01	0,00	99,65		
71,01	27,44	0,16	0,03	0,01	98,65		

Tabla 4.4. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica sobre los granos de oro del río Quesigua.

Los subgranos son de composición variable como lo evidencia el diagrama ternario Au-Ag-Hg (fig. 4.5 A). Algunos de ellos presentan composiciones correspondientes al Electrum, con contenidos de Ag por encima del 30 %, mientras que algunos subgranos poseen composiciones próximas al oro nativo con valores por encima del 80 %. El oro de Quesigua posee un rango composicional variado, con

presencia de oro nativo y aleaciones intermetálica Au/Ag correspondientes al Electrum, el mercurio y el cobre (fig. 4.5 B) presentan contenidos muy bajos por lo que no merecen comentario al respecto. Esta especialización geoquímica (Au, Au/Ag) de las partículas de oro presentes en los depósitos fluviales de la cuenca hidrográfica del río Quesigua, está en plena correspondencia con la composición que tienen las fuentes primarias preexistentes (filones y brechas epitermales enriquecidas en oro, existentes en la parte intermedia de la cuenca estudiada (Ramayo, L. 2003).

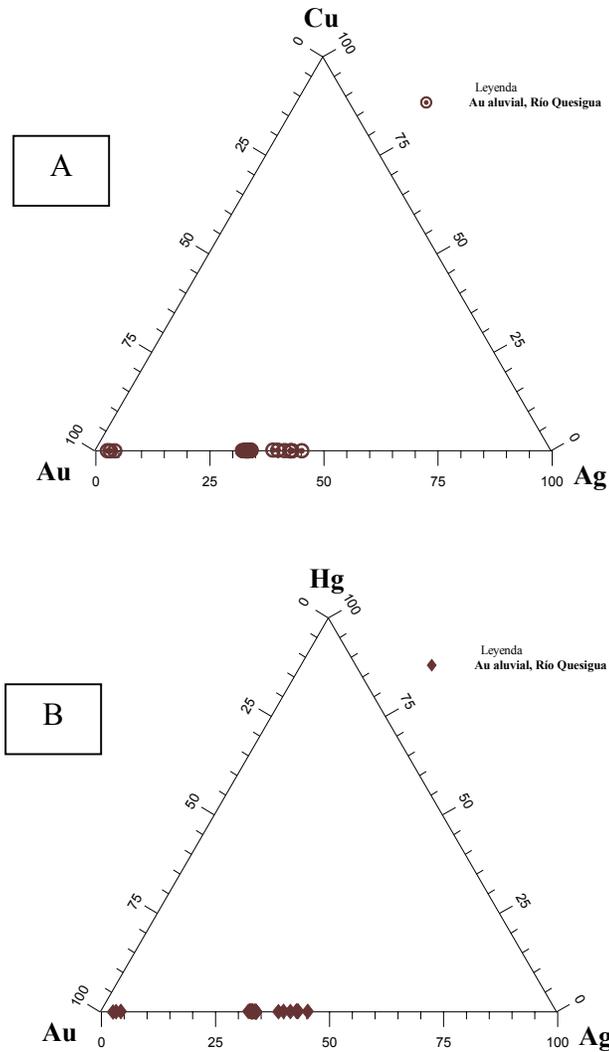


Fig. 4.5. Diagramas ternarios Au-Ag-Cu (A) y Au-Ag-Hg (B) obtenidos a partir de microsonda electrónica en granos de oro de los depósitos fluviales del río Quesigua.

4.5 Particularidades composicionales de los EGP en los sedimentos aluvionares.

Con el objetivo de esclarecer las particularidades composicionales de los EGP en los sedimentos aluvionares del río Quesigua, fue tomada 1 muestra compósito de concentrados pesados en la cuenca del río Quesigua, perteneciente a la clase granulométrica 0,1 mm – 0,2 mm (correspondiente a la fracción fuertemente magnética -FM- y no magnética -FNM- respectivamente), las cuales fueron enviadas a los laboratorios de una Universidad australiana para realizarle análisis de platinoides con la ayuda de la microsonda electrónica, etc.

La muestra QVO-102 compuesta por la fracción fuertemente magnética (casi 100 % magnetita), se destaca por el notable enriquecimiento en EGP (tabla 4.5), particularmente de Pd y Pt (fig.4.6), lo que confirma que las principales fases portadoras de estos elementos en la cuenca objeto de estudio, son aleaciones metálicas y magnéticas.

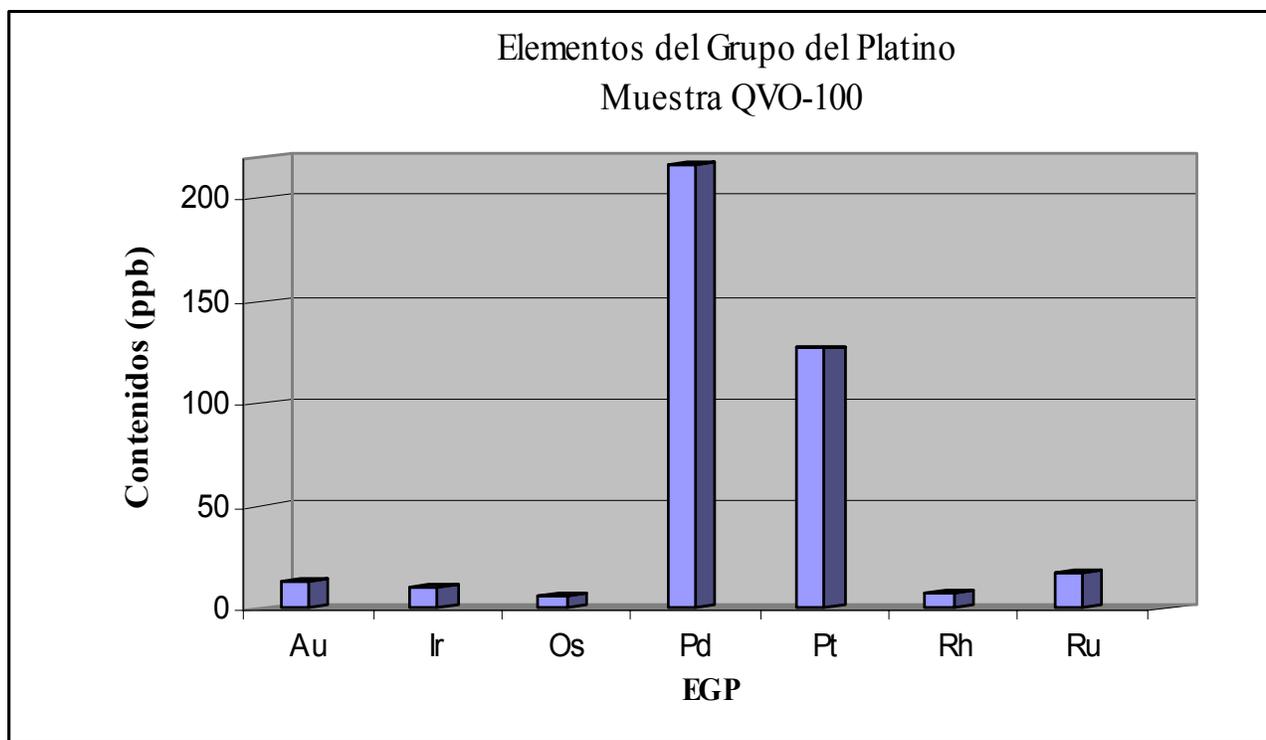


Fig.4.6. Comportamiento de los EGP en la fracción fuertemente magnética de los sedimentos aluvionares del río Quesigua.

Muestra	Contenidos en ppb						
	Au	Ir	Os	Pd	Pt	Rh	Ru
QVO-102	13	10	6	217	127	7	18

Tabla 4.5. Contenidos de los EGP en la muestra QVO-102 perteneciente a la fracción fuertemente magnética –FM– de los sedimentos fluviales del río Quesigua.

Tomando en consideración de que el río Quesigua drena casi en su totalidad por encima de rocas de afinidad ofiolítica (fig.2.3), donde no se han reportado hasta el momento, la más mínima manifestación de cromititas y considerando además que dicha cuenca fluvial se desarrolla casi exclusivamente sobre gabros de diferentes variedades petrológicas, nos obliga a pensar en un tipo de mineralización de EGP vinculada al complejo gabrico, como sucede en otras regiones del mundo, como en el caso de las ofiolitas de Chipre y Omán, donde la precipitación de Pt/Pd, ocurre recién en la base de los garbos.

Es por ello que el marcado predominio de Pd y Pt, con relación a los restantes platinoides (Ru, Ir y Os) constituyen un sólido argumento a favor de una paragénesis de EGP no cromitítica. La fracción no magnética –FNM– de la muestra QVO-102 presenta contenidos muy bajos de EGP, por lo que no merece comentario al respecto.

4.6. Fuentes del oro en la cuenca del río Quesigua.

Un inconveniente importante para determinar las posibles fuentes del oro, es que en la cuenca objeto de estudio, se dan potencialmente, diversos posibles metalotectos para oro (Proenza y Melgarejo, 1998): complejos ofiolíticos, listvenitas, depósitos de sulfuros masivos mesozoicos, filones epitermales y posiblemente vetas de oro orogénico o mesotermal. A todo ello cabe añadir la presencia de fenómenos intensos de laterización cuya influencia sobre cualquier tipo de mineralización debe ser analizada.

No obstante después de haber realizado un análisis pormenorizado de toda la información disponible en esta investigación, somos del criterio que el oro aluvial revelado en los diferentes puntos muestreados de la cuenca, provienen de la meteorización física y química que han experimentado las vetas, de cuarzo con sulfuros enriquecidas en Au, aflorantes en el seno de la cuenca investigada, estas vetas, debido a los efectos de la tectónica transpresional están intensamente fracturadas y muy cizalladas y es muy probable que formaran parte de sistemas epitermales asociadas al arco Cretácico removilizadas

durante el emplazamiento tectónico de las ofiolitas. En dichas vetillas el oro es libre y su composición química revelada por microsonda electrónica revela una especialización geoquímica muy similar a la que presenta el oro aluvial en dicha cuenca, constituida por oro nativo y combinaciones intermetálicas Au/Ag (Electrum) (fig. 4.4 y 4.5)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo del presente trabajo de diploma se establecieron una serie de conclusiones y recomendaciones relacionadas con la caracterización morfo-textural y composicional del oro aluvionar presente en la cuenca del río Quesigua, las cuáles se señalan a continuación:

CONCLUSIONES:

- ✓ Las formas más comunes de presentarse el oro en estos sedimentos son las esferoidales, tabulares y discoidales respectivamente.
- ✓ Se establecieron dos tendencias en el comportamiento del Índice de Aplastamiento (IA) de las partículas de Au, evidenciando la existencia de fuentes primarias, ubicadas espacialmente a diferentes distancias a lo largo de toda la cuenca.
- ✓ Las características texturales más importantes de las partículas de oro analizadas son:
 - (a) La existencia de subgranos de diferente composición en una misma partícula.
 - (b) La presencia de partículas de oro con alteraciones en sus bordes, consistentes en un enriquecimiento en oro con relación a la plata.
- ✓ La realización de los análisis microquímicos a las partículas de oro aluvial, revelaron un quimismo muy heterogéneo, observándose variaciones composicionales correspondientes a las combinaciones intermetálicas de Au-Ag (Electrum) y Au (oro nativo), las cuáles están en plena correspondencia con la composición que tienen las fuentes primarias preexistentes (filones y brechas epitermales enriquecidas en oro, existentes en la parte intermedia de la cuenca estudiada.)
- ✓ Los filones y brechas epitermales enriquecidas en oro, existentes en la parte intermedia de la cuenca estudiada constituyen la fuente principal de aporte de Au a los depósitos fluviales del río Quesigua.
- ✓ La fracción fuertemente magnética de los sedimentos aluvionares del río Quesigua, se caracterizan por presentar un notable enriquecimiento de EGP, especialmente de Pd y Pt .

RECOMENDACIONES

- ✓ Emplear la metodología adoptada en esta investigación para la realización de futuros trabajos similares en otras regiones del país.
- ✓ Establecer comparaciones de los rasgos morfo-texturales y composicionales de las partículas de oro en los diferentes sectores del río, con el fin de poder establecer las variaciones composicionales que experimentan las partículas de Au a medida que se alejan de su área fuente.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Adamovich A.; V.D. Chejovich. Estructuras geológicas y minerales útiles de la región Nipe - Cristal, provincia de Oriente. O.N.R.M., 1963.
- Adamovich A.; V.D. Chejovich. Principales características de la geología y de los minerales útiles de la región nordeste de la provincia de Oriente. Revista Tecnológica, 2:14-20, 1964.
- Adamovich A.; V.D. Chejovich. Levantamiento de Jagua realizado en la Región Moa-Baracoa, 1965.
- Albear, J.; I. Boyanov; K. Brezsnianszky; R. Cabrera; V. Chejovich; B. Echevarría; R. Flores; F. Formell; G. Franco; I. Haydutov; M. Iturralde-Vinent; I. Kantchev; I. Kartashov; V. Kostadinov; G. Millán; R. Myczynski; E. Nagy; J. Oro; L. Peñalver; K. Piotrowska; A. Pszczolkowski; J. Radoczj; Rudnicki; M.L. Somin. Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250000, 1988.
- Andó, J.; M. Kozák; Y. Ríos. Caracterización general de la asociación ofiolítica de la zona Holguín-Moa y el papel de las ofiolitas en el desarrollo estructural de Cuba. Minería y Geología, 1:15-33, 1989.
- Apiemé, J. B. ; M. Guillene "Principales rasgos de la distribución del oro en los sedimentos aluviales de la región de Moa" Trabajo de diploma. ISMM, Moa, Holguín 1998.
- Batista, J. Características geológicas y estructurales de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000. Tesis de Maestría. Centro de Información. ISMMM, 1998. 79 p.
- Blanco, J.L. Profundización en el estudio geológico y tectónico de Moa. Tesis de Maestría. Centro de Información. ISMMM, 1999. 72 p.
- Cabrera, R.; Kramer; J.L., Dobrovolskaya, M.; Catá, A. La formación menífera aurolistvenítica del yacimiento Descanso en Villa Clara (Cuba). Ciencias de la Tierra y del Espacio, 11: 59-66, 1986.
- Campos, M. Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de Holguín y Guantánamo. Minería y Geología, 2: 51-76, 1983.
- Campos, M. Tectónica y minerales útiles de la asociación ofiolítica y de los complejos vulcanógenos del arco insular Cretácico de Cuba oriental. Inédito, 1990.
- Chang, J.L.; G. Gribnirov; A. Brodoboí. Informe sobre resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias de Santiago de Cuba, Holguín, Granma y Guantánamo (Sector Pinares de Mayarí). O.N.R.M., 1990, 314p.
- Chang, J.L.; L. Corbea ; F. Prieto ; J. Hernández ; G. Brito. Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias Guantánamo y Holguín (Sector Guantánamo sur). O.N.R.M., 1991. 260p.

- Claudio, G.; Martin, H. Mineralogy, morphology and chemistry of gold in the stone line lateritic profile of the Posse deposit, central Brazil. *Journal of geochemical exploration*, Vol. 57, 1996.
- Clough, D. M.; Craw, D. Authigenic gold-marcasite association: evidence for nugget growth by chemical accretion in fluvial gravels, Southland, New Zealand. *Econ. Geol.*, 84, 953-958, 1989.
- Cobiella, J.L. Estratigrafía y paleogeografía del Paleógeno de Cuba oriental. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1978a. 210 p.
- Cobiella, J.L. Un melange en Cuba oriental. *La Minería en Cuba*, 4(4) :4-51, 1978b.
- Cobiella, J.L. El vulcanismo paleogénico cubano. Apuntes para un nuevo enfoque. *Revista Tecnológica*, 18(4): 25-32, 1988.
- Cobiella, J.L. Zonación estructural facial del corte Paleoceno Eoceno Medio de Cuba. *Minería y Geología*, 14(1): 3-12, 1997.
- Cobiella, J.L. Zonación de la sedimentación, el magmatismo y la tectónica del Paleoceno-Eoceno Medio de Cuba. III Congreso Cubano de Geología y Minería (GEOMIN 98). *Geología y Minería 98*, La Habana, 132-135, 1998.
- Cobiella, J.L. Jurassic and Cretaceous geological history of Cuba. *International Geology Review*, 42: 594-616, 2000.
- Crespo, E. Análisis estratigráfico del Oligoceno en Cuba oriental. Tesis de Maestría. Centro de Información. ISMMM, 1996. 79 p.
- Demén, A.G.; A.S. Kosarieski. Informe sobre los trabajos de búsqueda en los yacimientos de Merceditas y Yarey. O.N.R.M., 1966.
- Díaz Martínez, R. Distribución del oro, platinoídes y otros minerales en los placeres de la costa norte de Cuba Oriental. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1996.
- Díaz Martínez, R. et. al.. El placer lateral de playa Mejías (noreste de Cuba Oriental): un ejemplo de interacción de procesos aluviales y marinos en la concentración de minerales de elementos preciosos. *Acta Geológica Hispánica*, V.33, no 1-4, p.351-371, 1998.
- Dzúena, A. et. al.. Trabajos geológicos y búsqueda de cromitas entre los ríos de la región Moa - Jiguaní - Baracoa. O.N.R.M., 1974.
- Fonseca, E.; V.N. Zelepugin; M. Heredia. Structure of the ophiolite association of Cuba. *Geotectonic*, 19: 321-329, 1985.
- Fonseca, E.; V. Sladkevich; M. Santa Cruz; A. Morales; R. Rodríguez; C. Capote; M. Navarrete; I. García. Geología de los yacimientos cromíticos con evaluación pronóstica. Informe final tema 401-12. Unidad Minera Punta Gorda, Moa, Cuba, 1992.

- Formell, F. Caracterización morfogenéticas de las cortezas de intemperismo níquelíferas sobre las rocas ultrabásicas de Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 2: 33-49, 1979.
- Formell, F.; J. Oro. Sobre los procesos de redeposición en el yacimiento en el yacimiento Punta Gorda. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 2: 53-66, 1980.
- García, I.; E. Fonseca. La mineralización cromítica y su relación con las cloritas en el yacimiento Amores. *Minería y Geología*, 11: 50-54, 1994.
- Giusti, L. The Morphology, mineralogy, and behavior of "fine-grained" gold from placer deposits of Alberta: sampling and implications for mineral exploration. *Canadian J. Earth. Vol. 23*, 1986.
- Guild, P. W. Petrology and structure of the Moa Chromite Distric, Oriente province, Cuba. *Amer. Geophys. Union*, 28: 218-246, 1947.
- Gyarmati, P.; I. Méndez; M. Lay. Caracterización de las rocas del arco de islas Cretácico en la Zona Estructuro – Facial Nipe – Cristal – Baracoa. En: G. F. Furrázola, K. E. Núñez – Cambra (eds). *Estudios sobre Geología de Cuba*. Ciudad de La Habana. Instituto de Geología y Paleontología, 1997. p 357 – 364.
- Gyarmati, P.; J. Leyé O`Conor. Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1:50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. O. N. R. M., 1990.
- Hernández, J.R.; M. Márquez; D. Lilienberg. Carácter oscilatorio de la geodinámica endógena reciente en zonas sismogeneradoras cubanas. *Ciencias de la tierra y el espacio*, 13: 23-31, 1987.
- Iturrealde-Vinent, M. A. Estratigrafía de la zona Calabazas-Achotal, Mayarí Arriba. Oriente. *La Minería en Cuba*, 5: 9-23, 1976.
- Iturrealde-Vinent, M. A. Cuba Geology: a new plate-tectonic synthesis. *Journal of Petroleum Geology*, 17: 39-70, 1994.
- Iturrealde-Vinent, M. A. El segmento cubano del arco volcánico paleoceno-eoceno medio del Caribe. In: A. Ali y P.V. Young (eds), *Transaction of the 3rd Geological Conference of the Geological Society of T&T*, 1, 343-362, 1995.
- Iturrealde-Vinent, M. A. Geología de las ofiolitas de Cuba. En: Iturrealde-Vinent, M. (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. IGCP project 364. Special contribution n.1, 1996a, p. 83-120.
- Iturrealde-Vinent, M. A. Introduction to Cuban Geology and Tectonics. En: Iturrealde-Vinent, M. (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. IGCP Project 364. Special contribution n.1, 1996b, p. 3-35.
- Iturrealde-Vinent, M. A. Cuba: el arco de islas volcánicas del Cretácico. En: M. Iturrealde-Vinent (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. IGCP project 364. 1996c, p. 179-189.

- Iturralde-Vinent, M. A. Cuba: el archipiélago volcánico Paleoceno-Eoceno Medio. En Iturralde-Vinent, M. (ed.). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP Project 364. Special contribution n. 1, 1996d, p. 231-246.
- Iturralde-Vinent, M. A. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. Acta Geológica Hispana, 33(1-4): 9-56, 1998.
- Keer, A.C.; M. Iturralde-Vinent; A.D. Saunders; T.L. Babbs; J. Tarney. A new plate tectonic model of the Caribbean: implications from a geochemical reconnaissance of Cuba Mesozoic volcanic rocks. GSA Bulletin, 111: 1581-1599, 1999.
- Kenarev, V. Informe sobre los trabajos de prospección, revisión y exploración en el yacimiento de cromitas Delta II, Narcizo I -II en la región de Moa. O.N.R.M., 1965.
- Knipper, A.; R. Cabrera. Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y el eugeosinclinal de Cuba y del cinturón hiperbasítico de Cuba. En: Contribución a la geología de Cuba, Academia de Ciencias de Cuba, 1974, p. 15-77.
- Kravchenko, G.G.; S.O. Vázquez. Estructuras y perspectivas cromíferas de algunas regiones de los macizos ultrabásicos de Cuba. Ciencias de la Tierra y el Espacio, 10: 37-55, 1985.
- Kulachkov L.; R. Díaz; A. Rodríguez. Reconocimiento y evaluación pronóstico sobre la concentración de minerales pesados en las cercanías del Macizo ofiolítico Mayarí - Baracoa. Fondo geológico. ISMM, 1989.
- Lebron, M.C.; M.R. Perfit. Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc rock, Cordillera Oriental, Dominican Republic. Tectonophysics, 229: 69-100, 1994.
- Liuby, L.I. Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo realizado en el territorio de las provincias de Holguín y Guantánamo. O.N.R.M., 1983.
- Manso, A. Estudio generalizado del Oligo-Mioceno en el sector Frank País. Trabajo de Diploma. Centro de Información. ISMMM, 1995. 73p.
- Millán, G. Metamorfitas de la Asociación Ofiolítica de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M.A. ed., Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP Project 364. Special Contribution n.1, 1996. p. 131-153.
- Murashko, V.I. Cromititas de la isla de Cuba. La Habana. C.N.E.G, 1996.
- Murashko, V.I.; R.M. Lavandero. Yacimientos de cromitas metalúrgicas de la región Mayarí-Sagua de Tánamo. Serie Geológica, 3: 17-31, 1984.
- Nagy, E.; K. Brezsnianszky; A. Brito; D.P. Coutin; F. Formell; G.L. Franco; P. Gyarmati; P. Jakus; G.Y. Radocz. Contribución a la geología de Cuba oriental. La Habana, Editorial Científico Técnica, 1983. 273 p.

- Nagy, E.; K. Brezsnyszky; A. Brito; D.P. Coutin; F. Formell; G.L. Franco; P. Gyarmati; P. Jakus; G.Y. Radocz. Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250000. Academia de Ciencias de Cuba, 1976.
- Nekrasov, G.YE.; J. Oro; S.D. Sokolov; R. Flores; M.V. Shavyrina. Ophiolites of Eastern Cuba. *Geotectonic*, 23: 60-71, 1989.
- Oliva G. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, ACC, 1989.
- Pérez Mateos, L. Análisis mineralógico de arenas. Métodos de estudio. Manuales de ciencia actual. n. 1. Madrid, 1965.
- Proenza F.J. Mineralización de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba): Ejemplo del yacimiento Mercedita. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1997. 227p.
- Proenza, J.; N.M. Carralero. Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo. *Minería y Geología*, 11: 3-10, 1994.
- Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla; W. Lavaut; D. Revé; G. Rodríguez. Cromititas podiformes en la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). En: J.C. Melgarejo y J.A. Proenza (eds.). *Geología y Metalogenia de Cuba: Una Introducción*. *Acta Geológica Hispánica*, 33(1-4), 1998. p. 153-177.
- Proenza, J.; F. Gervilla; J.C. Melgarejo; J.L. Bodinier. Al- and Cr-rich chromitites from the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (Eastern Cuba): Consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, 94: 547-566, 1999a.
- Proenza, J.; F. Gervilla; J.C. Melgarejo. La Moho Transition Zone en el Macizo Ofiolítico Moa-Baracoa: un ejemplo de interacción magma/peridotita. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(3-4): 309-327, 1999b.
- Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla; J. Solé. Los niveles de gabros bandeados en el macizo ofiolítico Moa-Baracoa (Cuba). Gabros característicos de cumulos de ofiolitas de zonas de suprasubducción. *Minería y Geología*, 16 (2): 5-12, 1999c.
- Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla. La faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba oriental): una litosfera oceánica modificada en una zona de suprasubducción cretácica. En: Tercera Conferencia Internacional sobre Geología de Cuba, el Golfo de México y el Caribe Noroccidental, 2000.
- Quintas, F. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1989. 161p.
- Quintas, F. Bioestratigrafía del corte Meso-Cenozoico del extremo oriental de Cuba. *Minería y Geología*, 13(1): 3-8, 1996.

- Quintas, F.; J. Blanco. Paleogeografía de la cuenca San Luis y su importancia para la interpretación de la evolución geológica de Cuba Oriental. *Minería y Geología*, 10: 3-14, 1993.
- Quintas, F.; J. Proenza; J.L. Castillo. Análisis tectono-sedimentario de la paleocuenca Sabaneta. *Minería y Geología*, 12: 3-8, 1995.
- Ramayo, L. Mineralogía y geoquímica de los flujos mecánicos de dispersión en la región de Moa. Trabajo de Diploma. Centro de Información. ISMMM, 1996. 63p.
- Ramayo-Cortés, L. Geoquímica y mineralogía de la mineralización epitermal de la región nororiental de la provincia Holguín. En los ejemplos de las manifestaciones minerales Hato Viejo y El Rifle-Los Calderos, Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 2003. 127p
- Ríos, Y.I.; J.L. Cobiella. Estudio preliminar del macizo de gabroides Quesigua de las ofiolitas del este de la provincia de Holguín. *Minería y Geología*, 2: 109-132, 1984.
- Rodríguez-Infante, A. Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgo de génesis tectónica. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1998a. 124p.
- Rodríguez-Infante, A. Estilo tectónico y geodinámico de la región de Moa. *Minería y Geología*, 15(2): 37-41, 1998b.
- Rodríguez, R. Estudio petrológico de las rocas de afinidad ofiolítica portadoras de ilmenita en la zona de Cayo Grande en el macizo Moa-Baracoa. Tesis de Maestría. Centro de Información. ISMMM, 2000. 69p.
- Rojas, A.L. Principales fases minerales portadoras de níquel en los horizontes lateríticos del yacimiento Moa. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1995.
- Thaver, T.P. Chrome resources of Cuba. U.S. Geological Survey Bulletin, 93-A: 1-74, 1942.
- Torres, M. Característica de la asociación ofiolítica de la región norte de Moa-Baracoa y su relación con el arco volcánico Cretácico. Trabajo de Diploma. Centro de Información. ISMMM, 1987.
- Torres, M.; E. Fonseca. Características geólogo – petrológicas del contacto entre la asociación ofiolítica y el arco volcánico en Moa – Baracoa. *Boletín de Geociencias*, 4: 18-32, 1990.
- Vila, A. Principales rasgos de la distribución del oro en los depósitos exógenos de la región Sagua-Moa. Trabajo de Maestría. Centro de Información. ISMMM, 1999. 76p.
- Zamashikov, M.E.; V. Tobachkov. Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda a escala 1:50 000 en la parte suroeste del macizo hiperbasáltico Moa - Baracoa. O.N.R.M., 1971.
- Zingg, T. 1985. Beiträge zur Shottenganalyse. *Schweizer Mineralogische und Petrologische Mitteilungen*. 15, 39 – 140. Zürich.