

**REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"**

**FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**Tesis en Opción al Grado Científico de
Doctor en Ciencias Geológicas**

**MORFO-TEXTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS
GRANOS DE ORO EN LOS SEDIMENTOS FRIABLES Y
HORIZONTES LATERÍTICOS DE LA REGIÓN SAGUA DE
TÁNAMO – MOA: IMPLICACIONES EN LA METALOGENIA Y
LA PROSPECCIÓN GEOLÓGICA.**

AUTOR: MSC. ALBERTO RAMÓN VILA SÁNCHEZ

MOA, 2004

**REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"**

**FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS GEOLÓGICAS**

**MORFO-TEXTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS
GRANOS DE ORO EN LOS SEDIMENTOS FRIABLES Y
HORIZONTES LATERÍTICOS DE LA REGIÓN SAGUA DE
TÁNAMO – MOA: IMPLICACIONES EN LA METALOGENIA Y
LA PROSPECCIÓN GEOLÓGICA**

**AUTOR: MSC. ALBERTO RAMÓN VILA SÁNCHEZ
TUTOR: DR. ROBERTO DÍAZ MARTÍNEZ**

MOA, 2004

**A mis queridos padres
familiares y amigos**

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones que se realizan durante todo el período de tiempo que dura la realización de la Tesis Doctoral, son muy tensas y duras, los investigadores solamente pueden soportar por el apoyo que le brindan sus compañeros de trabajo, amigos, personas allegadas, estudiantes y muchas personas conocidas.

Quiero agradecer de forma muy especial al Dr. Roberto Díaz Martínez, tutor de este trabajo, quién desde un inicio depositó toda su confianza en la culminación exitosa del mismo. Además por su apoyo incondicional, orientación y oportunas sugerencias durante su desarrollo.

A los doctores José Nicolás Muños Gómez y Arturo Rojas Purón por sus oportunas y valiosas sugerencias, críticas y recomendaciones realizadas durante la oponentia en la predefensa, lo cual permitió el perfeccionamiento del trabajo.

Al Dr. Antonio Rodríguez Vega, por las valiosas sugerencias vertidas, orientación e informaciones brindadas durante la realización de la tesis.

Al Dr. Jesús Blanco Moreno por su paciencia y dedicación durante la revisión y corrección del estilo de redacción del trabajo.

Al Dr. Gerardo Orozco Melgar, por sus oportunas sugerencias durante la realización de esta investigación.

A la Ing. Bárbara Fuentes, por su entereza, dedicación y amabilidad mostrada durante la corrección de la redacción de la memoria escrita de la tesis.

Al Dr. Leduar Ramayo Cortés por su apoyo y preocupación mostrada desde el cono sur durante la etapa final de la tesis.

A las especialistas Ing. Ana Tarafa, Niurka de la Vara y demás personal del ICT, por sus oportunas correcciones en el estilo de redacción de las síntesis bibliográfica utilizada y por la profesionalidad mostrada por este colectivo durante la búsqueda de información científica.

Al Dr. Joaquín Proenza, por el incondicional y especial apoyo brindado durante las ejecuciones de los trabajos de laboratorio en el Departamento de Geología de la Universidad de Barcelona, España.

Al Dr. Joan Carles Melgarejo, por la ayuda prestada en la realización de los análisis en los laboratorios de los servicios científico-técnicos de la Universidad de Barcelona
A mis ex estudiantes de Geología (Egresados como Ing. Geólogo) por su apoyo brindado durante la realización de los trabajos de campo.

A la Ms.C Elizabeth Crespo, por sus oportunas sugerencias durante la realización del trabajo.

A mis compañeros de estudio Ing. Jorge Luis Urra y Ing. Nelsy Domínguez por su apoyo logístico durante la realización de la predefensa y defensa.

A todos mis compañeros del Departamento de Geología, la Facultad y el ISMM, por su apoyo brindado directa ó indirectamente en la culminación de esta investigación.

A todos ustedes, mis más sinceros agradecimientos

A todos muchas gracias

Contenido	Pág.
Índice	
Síntesis	
Introducción	1
CAPÍTULO I.	
CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN SAGUA DE TÁNAMO – MOA	7
Introducción	7
1.1 Características físico - geográficas de la región Sagua de Tánamo – Moa.	8
1.1.1 Situación geográfica	8
1.1.2 Orografía	8
1.1.3 Hidrografía	9
1.1.4 Clima	9
1.2 Antecedentes de los trabajos geológicos, geoquímicos y geofísicos realizados en la región de estudio	10
1.2.1 Trabajos geológicos regionales	10
1.2.2 Trabajos geofísicos regionales	12
1.2.3 Trabajos geoquímicos regionales	13
1.3 Características geológicas de la región de estudio	15
1.4 Generalidades sobre las tipologías de las mineralizaciones auríferas primarias presentes en la región Sagua de Tánamo– Moa.	24
Conclusiones	26
CAPÍTULO II.	
METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS RASGOS MORFO-TEXTURALES Y COMPOSICIONALES DE LAS PARTÍCULAS DE ORO	28
Introducción	28
2.1 Trabajos preliminares	29
2.2. Trabajos de campo	30
2.2.1. Selección y caracterización del punto de muestreo	31
2.2.2. Toma de muestras	31
2.2.3. Obtención de los concentrados pesados	33
2.3 Preparación de las muestras para los análisis	35
2.4 Métodos de laboratorio	39
2.4.1. Estudios ópticos	39
2.4.2. Microscopía electrónica de barrido	41
2.4.3. Microsonda electrónica	42
2.4.4. Potenciometría de redisolución anódica	43
2.4.5. Espectrometría de masa con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS- siglas en ingles) (ICP-MS)	44
2.5 Fineza de los granos de oro	45
2.6 Procesamiento de la información y representación de los resultados	46

**CAPÍTULO III.
MORFO-TEXTURA Y COMPOSICION QUÍMICA DE LOS GRANOS DE ORO EN LOS
SEDIMENTOS FRIABLES Y HORIZONTES LATERÍTICOS: IMPLICACIONES EN LA
METALOGENIA Y LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA**

Introducción

3.1. Principales rasgos geológicos de los sectores de estudio	47
3.2. Composición mineralógica de los concentrados pesados	59
3.3. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos aluviales del río Quesigua: Implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica	62
3.4. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos aluviales del río Cayo Guam: Implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica	72
3.5. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en las arenas de playa Mejías: Implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica	80
3.6. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en las arenas de playa Jiguaní: Implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica	90
3.7. Morfo-textura y composición química de los granos de los granos de oro en el perfil laterítico del Sector Cabañas: Implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica	96
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

SINTESIS

La investigación titulada **“Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa: implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica”**, tiene como objetivo principal caracterizar la forma, textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa mediante el empleo combinado de técnicas analíticas tradicionales y avanzadas con el fin de esclarecer su naturaleza, posibles áreas fuente y ubicación espacial de éstas últimas.

Las partículas de oro identificadas en los sedimentos aluviales presentan formas esferoidal y tabular con texturas superficiales rugosas y corroídas. Los índices de aplastamiento resultaron bajos (entre 1 y 2 unidades), lo que refleja el bajo grado de transporte experimentado.

El oro presente en los sedimentos de playa tiene formas laminares y discoidales con texturas lisas y estriadas. Los índices de aplastamiento reportaron valores por encima de las 5 unidades lo que indica mayor distancia de transporte. Las partículas de oro reveladas en los horizontes lateríticos poseen formas tabulares con texturas corroídas y esponjiformes. Los valores del índice de aplastamiento fueron bajos (entre 1 y 2 unidades). Las áreas-fuente de las partículas auríferas de los sedimentos aluviales se localizan en un radio no mayor de 50 m, mientras que las fuentes del oro de los sedimentos marinos se ubican a distancias mayores que pueden superar el kilómetro para ambos sectores estudiados.

Los granos de oro muestran variaciones composicionales correspondientes a combinaciones intermetálicas de Au-Ag-Hg (oro mercurial) en el placer Mejías, de Au-Cu (tetraauricúprido) en los sedimentos de playa Jiguaní, en el horizonte saprolítico del perfil laterítico y en los sedimentos aluviales del río Cayo Guam y de Au-Ag (electrum) en todos los sedimentos, excepto en las acumulaciones marinas de la playa Jiguaní. Estos resultados indican la complejidad de la metalogenia del oro en la región de estudio. El grado de transporte sufrido por los granos de oro indica la cercanía o lejanía de las áreas fuentes y por consiguiente su importancia en la prospección geológica, revelándose el área de la cuenca del río Castro, Cerrajón y las Novillas como la más prometedoras para futuras campañas de exploración auríferas, así como la cuenca del río Quesigua y los sectores de cortezas lateríticas con amplio desarrollo de procesos hidrotermales.

INTRODUCCIÓN

En Cuba Oriental no existen grandes yacimientos de metales preciosos; ellos se reducen a pequeños depósitos o manifestaciones minerales cuyas leyes no sobrepasan las decenas de g/t. Sin embargo, existen acumulaciones aluviales y marino costeras, en las cuales se han revelado cantidades significativas de partículas de oro con diferentes granulometrías (Díaz, R., et. al., 1998; Vila, A., 1999).

Los primeros reportes de existencia de oro en la región Sagua de Tánamo- Moa datan de 1963, cuando Adamovich y Chejovich revelan la presencia de raros granos de oro nativo en sedimentos aluviales de los ríos Yamanigüey, Cayo Guam y Quesigua.

A partir de 1980, se inician en la región, de manera sistemática, estudios mineralógicos y geoquímicos de concentrados pesados obtenidos en sedimentos aluviales y marino-costeros. Se destacan dentro de éstos los realizados por la brigada CAME Guantánamo en la cuenca del río Sagua (1985), los ejecutados por Fonseca *et al.* (1992) en la región Moa-Baracoa y los realizados por la ex - empresa GEOMAR en el litoral norte de Cuba Oriental (1989-1991).

También investigaron los granos de oro presentes en los concentrados pesados de la región Kulachkov *et al.* (1990), Rodríguez (1995), Ramayo (1996), Díaz (1996, 1997), Díaz *et al.* (1998), Vila (1999) y Rodríguez *et al.* (2001). Estas investigaciones estuvieron orientadas a revelar la presencia de elementos químicos indicadores de mineralización aurífera primaria y a evaluar las concentraciones anómalas de oro en los flujos mecánicos de dispersión.

En el año 1996, el Departamento de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, en colaboración con la Universidad de Barcelona y el Instituto Geológico y Minero de Portugal, retomó el estudio de las partículas de oro alojadas en sedimentos friables de la región Sagua de Tánamo-Moa, con el objetivo, entre otros, de proponer a la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) posibles metalotectos de interés para la realización de futuros trabajos de reconocimiento y prospección geológica.

Para determinar las posibles fuentes de oro en la región se parte de la existencia potencial de diversos posibles metalotectos para oro, tales como: litologías de afinidad ofiolítica, listvenitas, mineralizaciones epitermales o de sulfuros masivos mesozoicos. A

ello hay que añadir la presencia de procesos de meteorización cuya influencia debe ser tomada en cuenta sobre cualquier tipo de mineralización.

Los estudios morfo-texturales y composicionales de partículas auríferas reveladas en acumulaciones secundarias, han sido muy útiles durante los trabajos de exploración llevados a cabo en diferentes regiones del mundo. Por ejemplo, en la porción sur de Chile, resultados de estudios de este tipo fueron utilizados con éxito en la prospección de yacimientos auríferos primarios (Groen et al., 1990; Herail et al., 1990).

Hasta el momento de acometer esta investigación, la naturaleza del oro revelado en las acumulaciones secundarias de la región constituía una incógnita a nivel nacional para los especialistas dedicados a esta temática, sólo se tenían criterios teóricos generales no verificados mediante técnicas analíticas avanzadas.

La presente investigación se propone determinar, a partir del conocimiento de la forma, textura y composición química de las partículas auríferas, los diferentes estilos o tipos de mineralización aurífera, sus posibles áreas-fuente y la ubicación espacial de éstas últimas respecto a las acumulaciones estudiadas.

Se conoce que el análisis de la textura y los parámetros morfométricos de los granos de oro constituye un indicador efectivo para determinar la proximidad de su fuente de procedencia. Durante el transporte, la morfología y textura de los granos se modifican, en función de factores como el agente de transporte, el material acompañante de los granos de oro, así como de las características particulares del medio que los contiene (Herail et al., 1990; 1999). A la par de las modificaciones físicas, tienen lugar transformaciones químicas desde el borde hacia el centro del grano, que se manifiestan por la aparición de un anillo fino, enriquecido en oro, mientras que en su núcleo se conserva la composición original de la mineralización (Herail et al., 1990). Es por ello que la composición química del núcleo de las partículas auríferas permite inferir el tipo de mineralización aurífera primaria de la cual provienen (Palacios et al., 1999).

De ahí que el análisis conjugado de la morfología, textura y quimismo de los granos pueda ser utilizado para reconstruir la historia geológica de éstos en su transcurso por los diferentes ambientes supergénicos y caracterizar el estilo de mineralización de su fuente de procedencia así como establecer la ubicación espacial de la misma.

Problema científico

Necesidad de esclarecer la naturaleza y posibles metalotectos de los granos de oro presentes en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa, teniendo en cuenta sus rasgos morfológicos, texturales y de composición química.

Hipótesis científica

Si se conoce la forma, textura y composición química de las partículas de oro existentes en los depósitos secundarios de la región Sagua de Tánamo – Moa, es posible conocer los tipos de mineralización aurífera de las áreas fuentes y la ubicación espacial de estas respecto a los depósitos secundarios estudiados.

Objeto de estudio

Los granos de oro identificados en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa.

Objetivo principal

Caracterizar la forma, textura y composición química de las partículas de oro asociadas a los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa mediante el empleo combinado de técnicas analíticas avanzadas (Microscopía Electrónica de Barrido y Microsonda Electrónica) con el fin de esclarecer su naturaleza, posibles áreas fuente y ubicación espacial de éstas últimas. De este objetivo principal se derivan otros específicos:

- Determinar las principales fases minerales en las partículas de oro presentes en los depósitos estudiados.
- Establecer las particularidades geoquímicas de las partículas de oro y sus variaciones composicionales a nivel de subgrano en los depósitos estudiados y su relación con las posibles áreas fuentes.
- Argumentar la naturaleza de las partículas de oro identificadas en los sedimentos friables y horizontes lateríticos.

Metodología de la investigación

La metodología seguida para dar respuesta a los objetivos propuestos en la presente investigación, de forma resumida y por etapas de trabajo, se presenta a continuación:

Etapas I. Diseño de la investigación y revisión bibliográfica

Sub-etapa A. Recopilación bibliográfica preliminar, definición y aprobación del proyecto de investigación y su cronograma de trabajo. Incluyó el diseño experimental con la definición de los trabajos de campo y de laboratorio que se realizaron, así como las técnicas analíticas a emplear.

Sub-etapa B. Estudio y análisis de la información existente en relación a los depósitos secundarios con presencia de partículas auríferas, así como una valoración crítica de los trabajos precedentes. En esta etapa se elaboró la introducción y el Capítulo I.

Etapas II. Elaboración de la propuesta metodológica

Sub-etapa A. Trabajos de campo y de laboratorio. Ejecución de los itinerarios planificados para la toma de las muestras en los diferentes depósitos secundarios.

Sub-etapa B. Beneficio y procesamiento de las muestras tomadas para la realización de los ensayos de laboratorio. En esta etapa se elaboró el Capítulo II.

Etapas III. Análisis e interpretación de los resultados

Sub-etapa A. Procesamiento automatizado de los datos obtenidos y su representación gráfica.

Sub-etapa B. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Etapas IV. Elaboración y defensa de la tesis doctoral

Novedad científica:

Por primera vez en Cuba se hace un estudio complejo y detallado de los rasgos morfotexturales y composicionales del oro detrítico y el alojado en laterita asociada a zonas con amplio desarrollo de alteraciones hidrotermales, cuyos resultados tienen importantes implicaciones en la metalogía del oro y su prospección geológica.

De la presente investigación se han derivado los siguientes aportes científicos:

- Se delimitan dentro de las cuencas fluviales la posición espacial más probable de las áreas fuente
- Se revela la naturaleza primaria del oro aluvionar
- Se establece la procedencia del oro presente en las acumulaciones friables
- La clasificación morfológica, textural y composicional de las partículas de oro en los sedimentos estudiados.
- La determinación de las particularidades geoquímicas de las partículas de oro y sus variaciones composicionales a nivel de subgranos en los sedimentos estudiados y su relación con las posibles áreas fuente.
- La determinación composicional de las partículas de oro (Au nativo, Electrum, Au mercurial, Tetraauricúprido) en los sedimentos y horizontes lateríticos estudiados.
- El reporte por primera vez en Cuba de tetraauricúprido estequiométrico.

Campo de aplicación:

En la exploración de yacimientos auríferos.

Esta investigación fue realizada por una contribución a los proyectos BTE2001-3308 y a un proyecto de la AECl (Programa de Cooperación Científica con Iberoamérica), con el apoyo además de la RED CYTED. Los análisis de SEM-EDS y de microsonda electrónica fueron realizados en los Serveis Científic-Tècnics de la Universitat de Barcelona. Los trabajos de campo y la preparación las muestras para los análisis de laboratorio fueron realizados con la ayuda de estudiantes y profesores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM).

Los resultados analíticos, los cálculos estadísticos, gráficos, imágenes y tablas han sido procesados y elaborados con la aplicación de programas profesionales de computación, entre otros:

Software Grapher 2.01 (Golden Software, Inc., 1992-1998). Construcción de diagramas ternarios.

Software Surfer versión 8.1 y Corel Draw versión 9.0: Representación gráfica de los mapas de ubicación de las muestras de los sectores de estudio.

Microsoft Excel 2000 (Microsoft Corporation, 1985-1999): procesamiento de datos, tabulación y graficado (histogramas) de la información.

Imaging para Windows: Tratamiento de las imágenes de electrones retrodispersado y la de los mapas de distribución de elementos

En el texto de la memoria se han utilizado las siguientes abreviaturas:

mm- milímetros

g/t- gramos por toneladas

ppm- partes por millón

ppb-partes por billón

μm- micrones

IA- Índice de Aplastamiento

CSF- Factor de Forma Corey

En el cuerpo del texto de la tesis se emplean indistintamente los términos granos de oro y partículas auríferas para referirse a las unidades físicas objeto de estudio, cuyas dimensiones corresponden a las de arenas finas y muy finas (0,25-0,0625 mm) según Udden (1898). Así mismo los términos subgranos y subpartículas aluden a aquellas partículas de composición química homogénea que conforman los granos y/o partículas cuyas dimensiones están por debajo de los 0,0625 mm (62,5 micrones).

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN SAGUA DE TÁNAMO – MOA

Introducción

1.1 Características geográficas de la región Sagua de Tánamo de Tánamo – Moa

1.1.1 Situación geográfica

1.1.2 Orografía

1.1.3 Hidrografía

1.1.4 Clima

1.2 Antecedentes de los trabajos geológicos, geoquímicos y geofísicos realizados en la región de estudio

1.3 Características geológicas de la región de estudio

1.4 Generalidades sobre las tipologías de las mineralizaciones auríferas primarias presentes en la región Sagua de Tánamo– Moa.

Conclusiones

Introducción

La región Sagua de Tánamo-Moa hospeda numerosos recursos minerales. Además de yacimientos de níquel y cobalto, asociados a cortezas de intemperismo desarrolladas sobre rocas de afinidad ofiolítica, existen manifestaciones o yacimientos minerales de espinelas cromíferas, zeolitas y otras materias primas metálicas y no metálicas.

En sedimentos friables de esta región se han identificado partículas de oro y de minerales del grupo del platino, tanto en sedimentos marinos–costeros, aluviales como en las cortezas lateríticas (Kulaskov et al., 1990; Díaz, 1995; Vila, 1999) originadas a partir de la meteorización y erosión de las fuentes minerales primarias (Díaz, 1996; Ramayo, 1996). También son conocidas manifestaciones minerales hidrotermales con mineralización aurífera acompañante alojadas en rocas de naturaleza ofiolítica y volcánicas que afloran en la región (Rodríguez, 1996a y 1998; Díaz y otros, 2000; Ramayo, 2003 y Batista, 2000; Ramayo et al., 2001a; Ramayo, 2001b).

La descripción detallada de las características geográficas y geológicas de la región de estudio, permite una mayor comprensión de los aspectos tratados en la investigación llevada a cabo. Para ello se incluyen los conocimientos más actuales de la literatura especializada sobre el tema, la cual ha sido referida en el texto y aparece en la bibliografía consultada. Por último se ofrece una información sobre las tipologías de las mineralizaciones auríferas primarias presentes en la región Sagua de Tánamo-Moa.

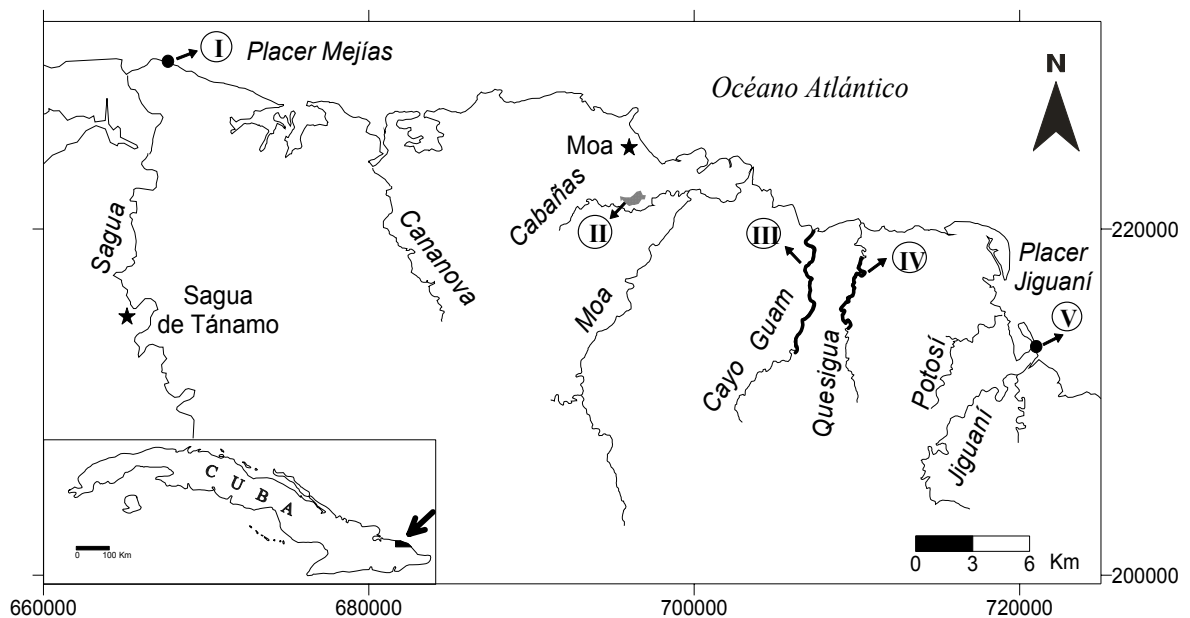
1.1 Características geográficas de la región Sagua de Tánamo – Moa

1.1.1 Situación geográfica

La región de estudio se ubica en la zona nororiental de Cuba; está comprendida entre las cuencas de los ríos Sagua de Tánamo por el Oeste y Jiguaní por el Este, de Norte a Sur abarca desde la línea de costa hasta las inmediaciones del sistema montañoso Sagua – Baracoa (Figura 1.1). De forma orientativa puede definirse por las coordenadas de Lambert siguientes:

X: 660 000 – 724 000

Y: 200 000 – 239 000



Leyenda

- | | |
|--|---|
| Ⓘ Depósitos marinos del placer Mejías | Ⓓ Depósitos fluviales del río Cayo Guam |
| Ⓜ Depósitos lateríticos del sector Cabañas | Ⓥ Depósitos marinos del placer Jiguaní |
| Ⓜ Depósitos fluviales del río Cayo Guam | ★ Ciudades |

Figura 1.1 Mapa de ubicación geográfica de la región Sagua de Tánamo-Moa, señalando los sectores investigados.

1.1.2 Orografía

El relieve de la zona es montañoso, conformado predominantemente por colinas de mediana altitud con cotas que oscilan entre 600 y 800 m de altitud sobre el nivel medio del mar y hacia el sur se encuentran las cotas más altas, siendo el alto de La Calinga, con 1100 metros sobre el NMM, la mayor altura de la región (Rodríguez,

1998; Muñoz, 1997). Existe un marcado predominio de pendientes suaves (ángulos 15°- 20°- 30°), lo que no excluye la presencia de abruptas pendientes con ángulos próximos a 70°-80° (Rodríguez, A.,1998).

Un rasgo típico de la orografía de la región es la existencia de pequeñas mesetas con áreas desde dos hasta seis kilómetros cuadrados donde es frecuente el desarrollado de potentes cortezas de intemperismo ferroniquelíferas.

Los procesos erosivos son intensos y las corrientes fluviales han cortado las litologías máficas, ultramáficas y vulcanógenas, originando valles profundos en forma de **V** que delatan la juventud de los procesos erosivos y propician una intensa erosión de fondo y el arrastre aguas abajo de grandes volúmenes de detritos rocosos.

1.1.3 Hidrografía

La red hidrográfica la conforman ríos principales, tributarios y una densa red de cañadas que constituyen, por el volumen de sus aguas, la red fluvial más importante de la isla. Los de mayor caudal en la región son los ríos Sagua de Tánamo, Cabañas, Jiguaní, Cayo Guam, Moa, Yamanigüey y Quesigua. Todos, incluyendo los tributarios y una buena parte de las cañadas, mantienen su caudal durante todo el año debido a las abundantes precipitaciones que superan los 1000 milímetros anuales (Muñoz, 1997).

1.1.4 Clima

Las condiciones climáticas son propias de un clima tropical lluvioso, muy húmedo y con precipitaciones superiores a los 1000 mm/año. Las particularidades de la orografía y por tanto de su relieve inciden en gran medida en las características climatológicas de la región.

El mayor volumen de precipitaciones se produce desde septiembre hasta marzo. Las variaciones de las temperaturas en sentido general son pequeñas, manifestándose temperaturas cálidas, próximas a los 28°C - 30°C, en los meses de verano, en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en la temporada invernal, siendo enero y febrero los meses más frescos motivado por el arribo de los frentes fríos provenientes del continente. Es una peculiaridad de las condiciones climatológicas del territorio que los frentes fríos se mantengan frecuentemente estacionarios, ocasionando los valores altos de precipitaciones durante la temporada invernal.

Estas características del relieve y del clima, propias de la región, conjugadas con la composición máfica y ultramáfica de las rocas del complejo ofiolítico constituyen los factores geológicos hipergénicos fundamentales que dieron lugar a la formación de las potentes y ricas cortezas de intemperismo de perfil laterítico (Smirnov, 1986; Vera, 1979).

1.2 Antecedentes de los trabajos 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, los recursos minerales asociados al cinturón ofiolítico Mayarí-Sagua-Moa-Baracoa.

Trabajos geológicos regionales

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* y *Chrome ore deposits in Cuba* (Burch y 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 cromitas; 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 llevada a cabo por Adamovich y Chejovich (1963, 1964). Este trabajo constituyó un paso fundamental en el conocimiento geológico del territorio, ya que sobre la base de interpretaciones fotogeológicas y marchas de reconocimiento, elaboraron un mapa geológico a escala 1: 250 000 en el cual fueron limitadas, para el territorio Mayarí-Baracoa, las zonas de cortezas de intemperismo ricas en Fe-Ni-Co y establecieron la secuencia estratigráfica regional.

En la década de los setenta se inicia una nueva etapa en el conocimiento geológico regional y como señala 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, en forma de mantos tectónicos, sobre formaciones sedimentarias del Cretácico.

En 1972 se inician investigaciones de carácter regional del territorio oriental cubano por especialistas del Departamento de Geología de la Universidad de Oriente. En 1976 se estableció que la tectónica de sobrepuye afecta también a las secuencias sedimentarias fuertemente dislocadas, 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 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, que expuso resultados novedosos 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 donde se realiza una clasificación de las fracturas que afectan al substrato serpentinitico.

En 1979 Formell realiza un estudio morfogenético de las lateritas desarrolladas sobre rocas ultrabásicas. En 1980, Formell y Oro investigan los procesos de redeposición en el yacimiento de lateritas ferroniquelíferas Punta Gorda. En el periodo 1980-1985 se desarrolla 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 geológico-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 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 1989 Quintas realiza el estudio estratigráfico del extremo oriental de Cuba proponiendo las asociaciones estructuro-formacionales que constituyen ese extenso territorio así como las formaciones que las integran, y realiza además 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 constituyó uno de los trabajos más integrales sobre la geología de la región al abordar todas las vertientes del trabajo geológico con un gran volumen de información textual y gráfica.

Trabajos geofísicos regionales

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.

Zamashikov y otros (1971) realizan un levantamiento a escala 1:50 000, durante el cual se emplearon los métodos gravimétrico y magnético, orientados 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.

Dzuená 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 prospectivos para cromo y se recomendaron otros trabajos geólogo-geofísicos.

Liuby (1983) realiza un informe sobre los resultados obtenidos durante el levantamiento aerogeofísico complejo realizado en las provincias 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.

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.

Batista (1998, 2002) en la región de Moa realiza 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 y reportando nuevas posibles zonas de fallas. Por último se delimitaron zonas de probables desarrollo de alteraciones hidrotermales, perspectivas para la búsqueda de mineralización aurífera.

Trabajos gequímicos regionales

Las primeras denuncias de mineralización aurífera en la región de estudio, datan desde principios del triunfo de la Revolución Cubana, cuando Adamovich y Chejovich (1963) realizaron el levantamiento geológico regional del nordeste de la antigua provincia de Oriente, donde formalizaron esporádicos muestreos de concentrados

pesados en algunos depósitos fluviales (Río Yamanigüey, Cayo Guam, Quesigua, etc.) de la región de Moa, y reportan la presencia de raros granos de oro nativo en los sedimentos muestreados. Esta revelación sirvió de estímulo para fomentar 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 del tipo playa.

Entre 1987-1989, el Instituto de Geología y Paleontología realizó investigaciones temáticas para la búsqueda de cromititas, según las cuales en los concentrados pesados de las cuencas fluviales de la región se detectaron hasta $0,96 \text{ g/m}^3$ de oro.

En 1989, Kulachkov y otros 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. Vila y Barberán (1995) en la tesis de diploma titulada " Caracterización geoquímica y mineralógica de los concentrados pesados en la cuenca hidrográfica del río Yamanigüey " revelan la presencia de partículas de oro con una granulometría superior a los 0,5 mm. Díaz (1996) estudia las particularidades de distribución del oro, platinoides y otros minerales pesados en los placeres laterales del nordeste de Cuba Oriental y su evaluación perspectiva.

Ramayo (1996) estudia los flujos de dispersión mecánica de la región de Moa desde el punto de vista mineralógico y geoquímico, donde identifica granos de oro en asociación a minerales indicadores de mineralización epitermal; en este trabajo se vinculan los significativos contenidos de metales preciosos con la existencia de zonas de alteración hidrotermal existentes en la región investigada.

Proenza (1997) realizó un estudio de la mineralización cromífera en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, en el ejemplo del yacimiento Mercedita donde reveló la existencia de fases minerales portadoras de EGP y diminutas partículas de oro.

Vila (1999) estudia las particularidades de la distribución del oro en los depósitos exógenos de la región Sagua de Tánamo – Moa – Baracoa, donde revela la presencia de partículas de oro en perfiles de intemperismo ferroniquelíferos del sector Cabaña, asociados a zonas con desarrollo de alteraciones hidrotermales. Por último Ramayo (2003) investiga 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 determina que las vetas de estas manifestaciones están constituidas

mineralógicamente por oro nativo, plata nativa, electrum, y otros minerales meniferos como piritita, calcopiritita, galena, argentita, escalerita.

1.3 Características geológicas de la región de estudio.

El área de estudio se caracteriza desde el punto de vista geológico por la presencia de las secuencias del cinturón plegado cubano y las rocas del “neoaútóctono” (Figura 1.2) (Iturralde-Vinent, 1994, 1996b, 1998).

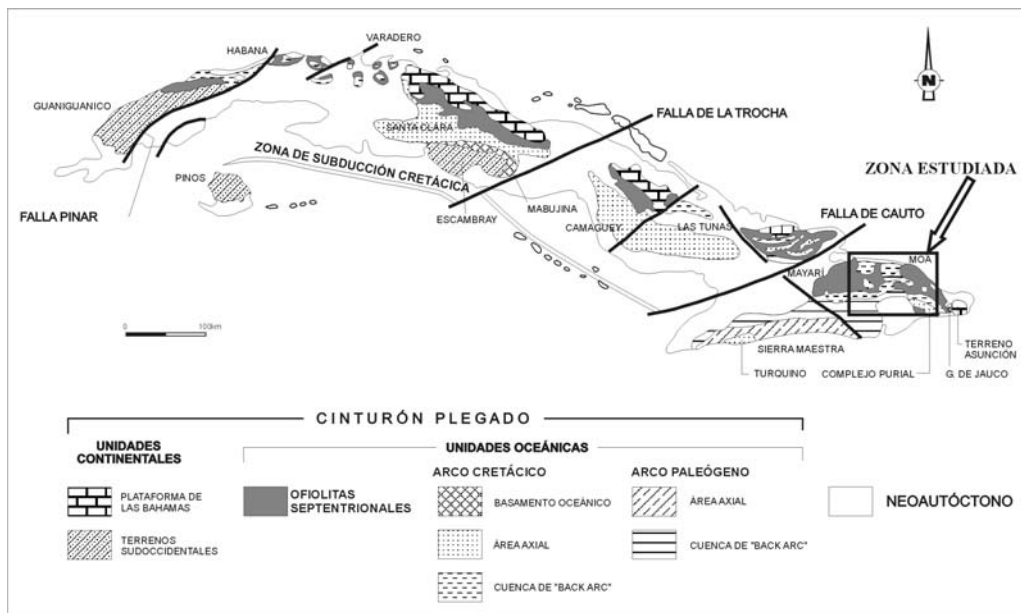


Figura 1.2. Mapa geológico esquemático de Cuba, mostrando los afloramientos del cinturón plegado y del neoaútóctono (adaptado de Iturralde – Vinent, 1996).

En la región Sagua de Tánamo – Moa, se pueden reconocer 6 unidades tecto-estratigráficas (UTE) principales: 1) rocas de afinidad ofiolítica, 2) materiales volcánicos y volcano-sedimentarios asociados a un arco de islas Cretácico, 3) materiales asociados a cuencas transportadas del Campaniense Tardío al Daniense, 4) rocas volcánicas y volcano-sedimentarias pertenecientes al arco de islas terciario, 5) materiales asociados a cuencas transportadas del Eoceno medio al Oligoceno, y 6) materiales asociados a un estadio neoplatafórmico “Neoaútóctono” desde el Oligoceno al Reciente (Iturralde, 1999 a, y 1998, Proenza et. al. 2000) (Anexo 1.1). Como se observa en el mapa geológico de la región de estudio (Anexo 1.1), las rocas de afinidad ofiolítica son las de mayor distribución en el área, enmarcándose dentro de la llamada Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Iturralde-Vinent, 1994, 1996a y 1998). Estas ofiolitas han sido interpretadas como representativas de un sistema de cuenca de retroarco-mar marginal, ubicado paleogeográficamente entre la

Plataforma de Las Bahamas y el Arco Volcánico de las Antillas Mayores (Iturralde-Vinent, 1994, 1996b, 1998; Cobiella, 2000).

La faja ofiolítica constituye un cuerpo alóctono tabular con una longitud de 170 Km, geomorfológicamente dividido en diferentes partes por el valle del río Sagua de Tánamo y las montañas del Purial. Posee un espesor que en ocasiones sobrepasa los 1000 m (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998). Según Torres (1987), Fonseca y otros (1985a, 1992), Iturralde-Vinent (1996c, 1998) y Proenza (1997), y está constituida por diferentes términos litológicos representativos de una secuencia ofiolítica, aunque separados por contactos tectónicos (Proenza (1997)).

La secuencia, de piso a techo, está compuesta por peridotitas con texturas de tectonitas, "cumulados ultramáficos", cumulados máficos, diques de diabasas y secuencias efusivas-sedimentarias. Estas ofiolitas se disponen en forma de escamas tectónicas, cabalgando las rocas volcano-sedimentarias del arco de isla Cretácico, las cuales están cubiertas transgresivamente, por secuencias flyschoides y olistostrómicas del Maestrichtiano al Paleoceno (formaciones Mícara y La Picota). En ocasiones las ofiolitas están cubiertas por materiales volcano-sedimentarios del arco de isla del Paleógeno y por secuencias terrígenas-carbonatas más jóvenes (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1998; Proenza, 1997; Cobiella, 1997, 2000).

Complejo Ofiolítico Mayarí-Cristal

El complejo ofiolítico Mayarí-Cristal se ubica en la parte occidental de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, ocupando un área aproximada de 1 200 km² y posee una morfología tabular con un espesor de 1 a 1,5 km (Fonseca y otros, 1985b). En él se han descrito, principalmente, los complejos ultramáficos y diques de diabasas; en cambio la existencia del complejo de gabros es polémica y el volcano-sedimentario no ha sido localizado (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998; Proenza, 1997, Proenza y otros, 1999a, 2000; Cobiella, 2000).

Las rocas ultramáficas están constituidas predominantemente por harzburgitas y dunitas, y raras veces lherzolitas y piroxenitas (Fonseca y otros, 1985a; Nekrasov y otros, 1989; Proenza y otros, 1999a).

Al sur del Macizo Mayarí-Cristal, se localiza el "melange La Corea", la cual es una zona metamórfica de unos 25 km² (Adamovich y Chejovich, 1964; Nagy et al., 1983; Millán, 1996). Esta zona se compone de diferentes bloques separados por una matriz serpentinitica. Predominan las rocas metamórficas de alta presión, así como metabasitas de baja presión de origen ofiolítico (Millán, 1996). Las metamorfitas de

alta presión son anfibolitas granatíferas y bloques aislados de esquistos glaucofánicos; además existen esquistos verdes, esquistos tremolíticos, actinolíticos, diques de pegmatitas y granitoides masivos.

Las metamorfitas de La Corea, afloran hacia el extremo suroeste de la región de estudio (Anexo 1.1), estando constituidas por rocas metamórficas de diferentes facies, entre las que se distinguen:

- ✓ Facies de los esquistos verdes: A estas facies se asocian esquistos micáceos, grafiticos, cuarcíferos y otros.
- ✓ Facies de las Corneanas: Con esta facie, típica de metamorfismo de contacto, se asocian mármoles, cuarcitas secundarias, etc.
- ✓ Facies de las anfibolitas: Es una facie de altas presiones y temperaturas con la cual se asocian las anfibolitas propiamente dichas.

Este melange está constituido por bloques totalmente alóctonos y exóticos enclavados en la Sierra del Cristal. En esta faja ofiolítica también existen numerosos cuerpos de cromititas en diferentes niveles estructurales del corte ofiolítico. Las cromititas ricas en Cr se localizan en peridotitas con texturas de tectonitas (tipo Mayarí) y las ricas en Al en la denominada *Moho Transition Zone* (tipo Moa-Baracoa) (Proenza, 1998; Proenza et al., 1999a). Sin embargo, en la zona de Sagua de Tánamo (extremo oriental del macizo Mayarí-Cristal) aparecen tanto depósitos de cromita ricos en Cr, como ricos en Al. En esta zona las rocas de afinidad ofiolíticas (principalmente peridotitas serpentinizadas) forman una zona compleja de “melange” (Proenza et al., 1999a).

En Mayarí-Cristal también están presentes diques de piroxenitas, los cuales cortan las peridotitas y los cuerpos de cromititas (Iturralde, 1996a, 1998; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a; 2000; Cobiella, 2000).

El complejo de gabros no se encuentra bien expuesto y su presencia ha sido cuestionada. Knipper y Cabrera (1974) reconocen una zona compuesta por gabros normales, gabros anfibolitizados juntos con diabasas en el extremo noroccidental del macizo; en cambio, Fonseca y otros (1985b) y Nekrasov y otros (1989) no reconocen la existencia del complejo de gabros. Navarrete y Rodríguez (1991), describen la presencia de gabros, microgabros y gabros-diabasas y los relacionan con el complejo cumulativo máfico, aunque plantean que el gabro no es la variedad predominante. Iturralde-Vinent (1996a, 1998) reconoce una zona de gabros junto con diques de diabasas.

Los diques de diabasas presentan pocos centímetros de espesor y se disponen paralelos, con una separación de 1 a 5 m (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998). Este complejo tiene un espesor de 500 m (Fonseca y otros, 1985a).

Complejo Ofiolítico Moa-Baracoa

Este macizo de rocas de afinidad ofiolítica, se ubica en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa, ocupando una área aproximada de 1500 km² (Proenza et al., 1999a, 1999b), en esta Faja se han descrito tanto niveles mantélicos (Jurásico-Cretácico Temprano) como corticales (Hauteriviano-Campaniano) (Iturralde-Vinent, 1996a).

Según Proenza et al. (2003) y Marchesi et al. (2003), en el macizo Moa-Baracoa se pueden reconocer los niveles mantélicos, niveles de gabros bandeados inferiores y niveles volcánicos discordantes. Sin embargo, los niveles de gabros isotrópicos superiores y de diques de diabasas de una secuencia ofiolítica ideal no afloran. 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).

La secuencia mantélica tiene un espesor de "paleomanto" superior a 2.2 km y los niveles de gabros bandeados de aproximadamente 300 m (Proenza, J. et al. 2003).

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, wehrlitas, lherzolitas, y piroxenitas (García y Fonseca, 1994; Proenza y otros, 1999a, 1999b).

Los cumulos de gabros forman grandes cuerpos incluidos en el complejo ultramáfico. La dimensión de estos cuerpos oscila 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. Los gabros muchas veces están cubiertos por mantos de rocas ultramáficas (Fonseca y otros, 1985b), aunque Andó y otros (1989) plantean que en algunos sectores el contacto es transicional. Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronoritas, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca y otros, 1985a; Torres, 1987; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 1999b).

El complejo volcano-sedimentario contacta tectónicamente con los demás complejos del corte ofiolítico (Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a; 2000) y está

representado por la Fm. Quiviján (Iturralde-Vinent, 1996, 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).

Bajo las ofiolitas de la región de estudio subyacen, a través de una falla subhorizontal, rocas volcano-sedimentarias del arco de islas Cretácico. Aunque en otras regiones los cuerpos ofiolíticos aparecen cubiertos por materiales volcano-sedimentarios pertenecientes al arco de islas del Paleógeno (Fm. Sabaneta) y por secuencias terrígenas-carbonatadas más jóvenes (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1996b). Los principales afloramientos de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa están representados por los macizos Mayarí-Cristal y Moa-Baracoa (Proenza, 1998; Proenza et al., 1999a; 1999b).

Arco Volcánico Cretácico

Las rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de edad cretácica están representadas por la Fm. Santo Domingo. Esta se compone por tobas y tufitas con cuerpos de lavas y calizas intercalados (Iturralde-Vinent, 1976; Proenza y Carralero, 1994). Los materiales de la Fm. 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 volcanitas pertenecientes al arco y de ofiolitas. Las rocas representativas de esta formación afloran hacia la parte centro occidental de la región de estudio (al norte y sur de la Sierra Cristal), en la parte alta de la cuenca del río Sagua de Tánamo, en la región de Farallones - Calentura y en una pequeña área en la localidad de Centeno. Los materiales de la Fm. Santo Domingo se encuentran imbricados tectónicamente con las ofiolitas de la Faja Mayarí -Baracoa.

También aparecen pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas (Iturralde-Vinent, 1976, 1996b, 1998; Proenza y Carralero, 1994; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990; Gyarmati y otros, 1997).

El complejo Cerrajón de edad Aptiano-Turoniano (Rodríguez, A., 1998 y Ramayo, L., 2003), representante de la actividad volcánica Cretácica en la región de estudio, está compuesto por diques subparalelos de diabasas, gabro-diabasas, por microgabros de espesores variables entre 0,8 y 2,5 m y por volcanitas basálticas y andesito-basálticas (Gyarmati, 2001; Ramayo 2003) Este complejo constituye el encajante de las mineralizaciones hidrotermales Hato Viejo y El Rifle-Los Calderos,

constituidas por cuerpos filonianos y brechas hidrotermales respectivamente con presencia de fases minerales de Ag y Au, rodeadas por aureolas de alteración fílica, argílica y propilitica, emplazadas dentro de este complejo (Ramayo, 2003).

La actividad volcánica se extendió desde el Aptiense al Campaniense Medio (Iturralde-Vinent, 1994) y fue el resultado de una subducción intraoceánica (Iturralde-Vinent, 1998).

Secuencias Sedimentarias del Campaniano Tardío-Daniense

Los materiales asociados a las cuencas transportadas del Campaniense Tardío-Daniense se componen de las formaciones Micara y La Picota. Dentro de estas formaciones se encuentran secuencias típicamente olistostrómicas y con características de *melange* (Fm. La Picota y parte de la Fm. Micara), las cuales están compuestas por fragmentos y bloques procedentes de la secuencia ofiolítica y de las rocas volcánicas Cretácicas (Quintas, 1989). En consecuencia, estas unidades litoestratigráficas constituyen un registro temporal del proceso emplazamiento tectónico (obducción) de las ofiolitas, el cual estuvo enmarcado en el tiempo de desarrollo de estas cuencas.

La formación Micara está compuesta de facies terrígenas y terrígenas carbonatadas de edad Maastrichtiano-Daniense. La secuencia inferior es de tipo molásica y la superior de tipo flysch. En la zona de Cananova, esta formación está compuestas por areniscas de granos medios, con intercalaciones olistostrómicas compuestas de areniscas y gravelitas, con bloques de diversos tamaños de rocas ígneas básicas (Quintas, 1989). El límite inferior no se ha observado, pero se supone discordante sobre la formación Santo Domingo. El área de afloramiento de la formación Micara 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. De acuerdo a las características de esta formación se estima que la misma se acumuló a finales del Cretácico e incluso en el Paleoceno inicial, asociada al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de

suministro. Aflora en los flancos meridionales de la Sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo de Tanámo, 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, constituyendo en Cuba Oriental el límite entre el Cretácico y el Terciario en forma concordante. 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.

Arco Volcánico del Terciario

Entre el Paleoceno Inicial 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 la región de estudio está representada por la Fm Sabaneta (Iturralde-Vinent, 1976, 1995; Proenza y Carralero, 1994; Quintas et al., 1995), la cuál ha sido depositada en una cuenca de back arc (Iturralde-Vinent, 1996b). La unidad se compone de rocas epiclásticas (tobas, tufitas) (Iturralde-Vinent, 1976, 1996b; Proenza y Carralero, 1994; Quintas et al., 1996, García, M., et al., 1996). Las rocas pertenecientes al arco de islas volcánico del Paleógeno yacen sobre los materiales deformados del arco Cretácico, las ofiolitas y las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense.

La Formación Sabaneta está constituida por rocas vulcanógenas-sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizados o montmorillonitizados, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos. 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 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 islas volcánico del Paleógeno yacen sobre los materiales deformados del arco Cretácico, las ofiolitas y las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense.

Secuencias sedimentarias del Eoceno Medio-Oligoceno

Las secuencias estratigráficas del Eoceno Medio-Oligoceno están representadas por las formaciones Puerto Boniato, Charco Redondo, Sagua de Tánamo, Sierra de Capiro, Cilindro, Mucaral, y Maquey.

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

La Fm. 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, 1978; Quintas, 1989,1996; Gyarmati y Leyé O’Conor, 1990).

La Fm. 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, 1978, Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O’Conor, 1990).

La Fm. Cilindro (Eoceno Medio-Superior) se conforma de conglomerados polimícticos con estratificación lenticular y a veces cruzada, 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 Fm. 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 Fm. Maquey (Oligoceno-Mioceno Inferior) está conformada fundamentalmente por alternancia de lutitas, areniscas, arcillas calcáreas y espesor variable de calizas biodetríticas (Cobiella, 1978; Quintas, 1989; Crespo, 1996).

Secuencias sedimentarias del Neoautoctono.

El "neoautóctono" está constituido por formaciones sedimentarias depositadas en régimen de plataforma continental que yacen discordantemente sobre las unidades del "cinturón plegado", donde predominan las rocas carbonatadas sobre rocas terrígenas, aparece representado en la región por las formaciones Majimiana del Oligoceno Superior-Mioceno Medio, Jagüeyes del Mioceno Inferior a Mioceno Medio y Júcaro del Mioceno Superior.

Todas estas formaciones son esencialmente carbonatadas con materiales clásticos subordinados, predominando en ella diferentes variedades de calizas (masivas, biogénicas, organodetríticas y arcillosas), margas, calcarenitas y areniscas. Estructuralmente estas secuencias se caracterizan por su yacencia monoclinal suave u horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones jóvenes. La formación Júcaro está constituida por calizas margosas poco consolidadas y a veces por margas de edad Oligoceno-Mioceno. Esta formación aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey. 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.

Sobre todas las litologías antes descritas se encuentran los depósitos cuaternarios que constituyen una cobertura prácticamente continua de génesis predominantemente continental de pocas variaciones diagenéticas y pequeños espesores. Estos depósitos están constituidos por calizas organodetríticas con gran contenido de fauna, predominando los moluscos contemporáneos. Aparecen también aleurolitas calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial.

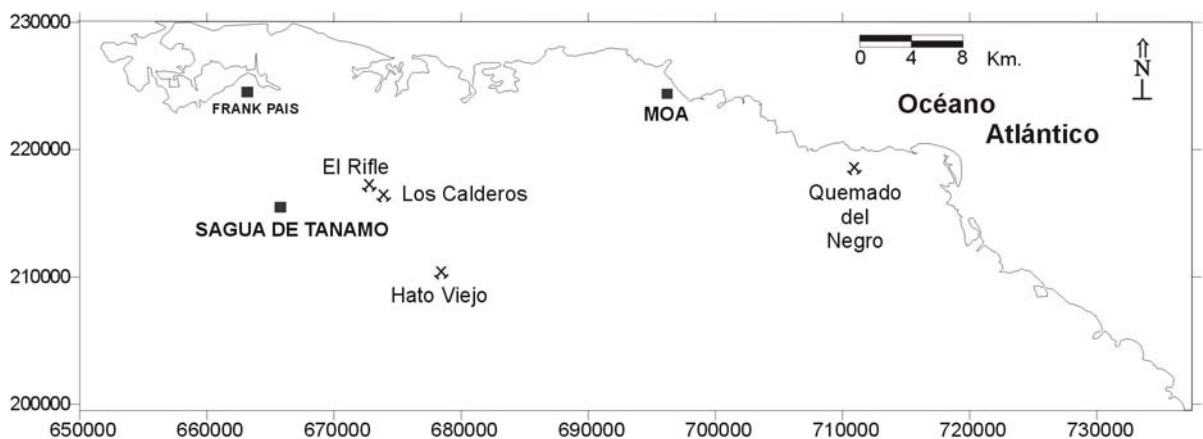
Estos depósitos constituyen una cobertura prácticamente continua en forma de franja a lo largo de la costa y discontinuo en las partes interiores.

1.4 Generalidades sobre las tipologías de las mineralizaciones auríferas primarias presentes en la región Sagua de Tánamo – Moa

En el distrito Sagua de Tánamo - Moa, existen numerosas mineralizaciones de oro de origen primario (Figura 1.3), las cuales se asocian a las secuencias de rocas del arco volcánico Cretácico y a las litologías máficas del complejo ofiolítico. Las investigaciones realizadas han confirmado para las primeras un origen epitermal de baja sulfuración, mientras que para las segundas es de tipo orogénico (Ramayo, 2003). A continuación se describen los rasgos fundamentales de estas mineralizaciones.

Mineralización de oro epitermal de baja sulfuración (EBS).

Se desarrolla en forma de vetas y brechas de cuarzo hospedadas en las rocas del arco volcánico Cretácico. Estas aparecen en las localidades de Hato Viejo y El Rifle- Los Calderos (Figura 1.3); también se destacan las localidades de Téneme, Santa María, Quibijan, Mal Nombre y Santa Catalina de Sagua de Tánamo.



Leyenda

- ✕ Manifestaciones minerales de origen hidrotermal estudiadas por Ramayo (2003)
- Zonas urbanas de la región

Figura 1.3 Ubicación de las manifestaciones minerales de origen hidrotermal, con contenidos anómalos de oro, en la región Sagua de Tánamo – Moa (Ramayo, 2003).

Mineralización Hato Viejo

En el sector Hato Viejo afloran vetas y brechas hidrotermales mineralizadas vinculadas espacialmente al sistema de fallas NW-SE. La mineralización se encaja en las secuencias rocosas pertenecientes al Complejo Cerrajón, de edad Cretácica (Ramayo, 2003).

La mineralización está compuesta por cuarzo como fase más abundante, pirita, calcopirita y galena, oro libre, electrum, plata nativa y argentita. Como fases minerales secundarias tenemos los carbonatos de cobre, covelina, limonitas, alunita y otros.

Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de esta mineralización sugieren que la misma se ubique en la parte superior de la superzona costiforme-coloiforme de un sistema epitermal de baja sulfuración, por lo que es posible que los contenidos de metales nobles aumenten con la profundidad del sistema epitermal (Ramayo, 2003).

Las vetas de cuarzo alcanzan longitudes, por el rumbo, de hasta 700 metros, mientras que según el buzamiento se extienden hasta 10-15 metros. El espesor varía según el rumbo, alcanzando valores de hasta 1.50 metros, aunque generalmente este no sobrepasa los 0.5 metros.

Los contenidos de Au en algunas muestras tomadas en esta mineralización alcanzan valores de hasta 3.14 g/t, mientras que el de Ag es de aproximadamente 122 g/t (Ramayo, 2003). Los recursos hipotéticos de oro y plata en este sector son del orden de las 0.148 toneladas de Au y 3.8 toneladas de Ag respectivamente (Ramayo, 2003).

Mineralización El Rifle-Los Calderos

La mineralización aurífera El Rifle – Los Calderos está hospedada en brechas de cuarzo hidrotermal, con características muy similares a las de Hato Viejo. Los clastos de las brechas son angulosos y de tamaños muy variables. El cuarzo es lechoso, cristalino y con gran variedad de texturas primarias y de recristalización. En algunos fragmentos de brecha fueron identificados microcristales de adularia rómbica intercrecidos con cuarzo microcristalino (Ramayo, 2003). Esta mineralización está compuesta por cuarzo como fase principal, pirita, calcopirita, galena y esfalerita, oro nativo y plata nativa. El contenido medio de oro es de 1.6 g/t, mientras que el de plata es de 53 g/t (Ramayo, 2003). Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de esta mineralización sugieren que la misma se formó por reactivación

hidrotermal de vetas preexistentes vinculadas a un estilo epitermal de baja sulfuración (Ramayo, 2003).

Mineralización de oro orogénico.

Están representadas por manifestaciones de vetas de cuarzo con sulfuros y oro, fundamentalmente dentro de los gabros del complejo cumulativo. Las localidades tipo son Quemado de Negro y Cupey (Figura 1.3).

Mineralización aurífera Quemado del Negro

La manifestación hidrotermal Quemado del Negro consiste en una serie de vetas y vetillas de cuarzo con sulfuros y oro en menor cantidad (Ramayo, 2003). Estas vetas exhiben numerosos episodios de fracturación y deposición. Todas las vetas reportadas se encuentran emplazadas dentro del complejo de gabros bandeados pertenecientes a la asociación ofiolítica. El espesor de las vetas varía desde escasos centímetros hasta 2 m (Ramayo, 2003). Los estudios mineralógicos revelaron la presencia de varias fases minerales, tales como: calcopirita, pirita, esfalerita, cobre nativo y oro; como minerales de alteración fueron revelados cristales de cuprita y covelina. El cobre nativo aparece formando cristales aislados intercrecido con cuarzo o como inclusión sólida dentro de la calcopirita.

El cuarzo es el mineral de ganga mas abundante en las vetas, el mismo ocupa entre el 95 y 97 % del total de los minerales constituyentes de la veta. Fueron determinados tres tipos genéticos de cuarzo, los cuales se corresponden a diferentes estadios de formación. El contenido medio de Au es de 3.26 ppm y se vincula fundamentalmente al ultimo estadio de formación. Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de esta manifestación sugieren que la misma se vincula a un sistema mesotermal del tipo oro orogénico (Ramayo, 2003).

Conclusiones

En la región de estudio afloran mayoritariamente rocas ofiolíticas sobre las cuales se han desarrollado potentes cortezas de meteorización, sobre todo en las rocas ultrabásicas serpentinizadas, contribuyendo a la formación de grandes yacimientos de lateritas ferroniquelíferas-cobaltíferas. En algunas zonas se reportan lateritas redepositadas sobre rocas sedimentarias con similares características. Vinculados a las rocas ofiolíticas también aparecen yacimientos de cromitas. Estas ofiolitas pertenecen a la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, la cual tiene una longitud de 170 Km. y un espesor que en ocasiones sobrepasa los 1000 m. El macizo Moa-Baracoa,

compuesto fundamentalmente por los niveles de tectonitas y cumulativo, y en menor grado el complejo efusivo-sedimentario, con espesores de 1 Km, 500 m y 1.2 Km, respectivamente.

En esta región, afloran rocas volcano-sedimentarias, sedimentarias y metamórficas. Las ofiolitas se encuentran cabalgando a las rocas volcano-sedimentarias cretácicas, las cuales están cubiertas por las formaciones Mícara y La Picota, compuestas estas por bloques provenientes de las ofiolitas y los volcánicos cretácicos. Se considera que las rocas cretácicas poseen un basamento metamórfico. Las ofiolitas en algunas partes están cubiertas por formaciones sedimentarias y volcano-sedimentarias paleogénicas, y en ocasiones cretácicas. En estos dos tipos de rocas y algunas sedimentarias (Formaciones Mícara y La Picota) así como en los gabros pertenecientes a la asociación ofiolítica y el en el complejo Cerrajón, se reportan alteraciones de carácter hidrotermal con contenidos anómalos de oro y plata, alcanzando, en el caso de la mineralización de Hato Viejo valores de hasta 1,7 ppm de Au y 50.2 ppm de Ag (Ramayo, 2003).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS RASGOS MORFO-TEXTURALES Y COMPOSICIONALES DE LAS PARTÍCULAS DE ORO.

Introducción

2.1. Trabajos preliminares

2.2. Trabajos de campo

2.2.1. Selección y caracterización del punto de muestreo

2.2.2. Toma de muestras

2.2.3. Obtención de los concentrados pesados

2.3 Preparación de las muestras para los análisis

2.4 Métodos de laboratorio

2.4.1 Estudios ópticos

2.4.2. Microscopía electrónica de barrido

2.4.3. Microsonda electrónica

2.4.4. Potenciometría de redisolución anódica

2.4.5 Espectrometría de masa con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS- siglas en ingles)

2.5 Fineza de los granos de oro

2.6 Procesamiento de la información y representación de los resultados

Introducción

Para dar respuesta a los objetivos propuestos en esta investigación, se aplicó un complejo de métodos geológicos, mineralógicos y geoquímicos, los cuales no difieren sustancialmente de aquellos que se emplean actualmente en el mundo, durante los trabajos de exploración geológica de depósitos secundarios con partículas auríferas.

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la metodología empleada durante el estudio de los principales rasgos morfológicos, texturales y composicionales de las partículas auríferas reveladas en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo – Moa.

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 tres etapas principales:

- I. Trabajos preliminares
- II. Trabajos de campo

III. Métodos de Laboratorio

2.1 Trabajos preliminares

En esta etapa se estableció el área de trabajo, garantizando que en ella quedaran incluidas las principales cuencas fluviales, depósitos de placeres de playas y cortezas de meteorización asociadas espacialmente con alteraciones hidrotermales en la región Sagua de Tánamo–Moa. La selección del área de estudio se fundamentó en los aspectos siguientes:

1. Abundante información científica sobre la geología de la región.
2. Importantes resultados sobre la existencia de placeres marino-laterales y acumulaciones aluviales con elevada frecuencia de aparición de granos de oro.
3. El hallazgo de nuevos estilos de mineralización primaria de oro en la región de estudio.

Los objetos seleccionados se enmarcan dentro de los límites de los territorios Sagua de Tánamo y Moa. Según el sistema de coordenadas Lambert el área de trabajo se encuentra delimitada por las coordenadas:

X: 660 000 – 724 000

Y: 200 000 – 239 000

A continuación se realizó la recopilación y análisis de la información disponible, se consultaron diferentes trabajos geológicos, geoquímicos y geofísicos realizados en la región de estudio y en otras regiones del mundo, fueron llevados a formato digital los mapas geológicos, topográficos, estructurales y geoquímicos, con el objetivo de facilitar el manejo de la información y la toma de decisiones. Dentro de los materiales utilizados se encuentran:

- Mapa geológico de la región Mayarí-Moa, 1:250 000 (Albear y otros, 1988).
- Mapa geológico de Mayarí-Moa, 1:100 000 (Gyarmati y Leye O’Conor , 1990).
- Hojas topográficas, 1:50 000 y 1:25 000.
- Bases de datos de trabajos geofísicos, geoquímicos, petrológicos y otros.

Para la selección del área de trabajo se dio prioridad a aquellos sectores con un amplio desarrollo de rocas ofiolíticas, listvenitas, alteraciones hidrotermales con mineralización sulfurada y aurífera acompañante así como cortezas de meteorización asociadas espacialmente a zonas de desarrollo de alteraciones hidrotermales. Finalmente se decidió realizar la investigación en los objetos geológicos siguientes:

- ✓ Sedimentos marinos laterales de las playas Mejías y Jiguaní.
- ✓ Sedimentos fluviales de las cuencas hidrográficas de los ríos Cayo Guam y Quesigua.
- ✓ Horizontes lateríticos del sector Cabañas.

2.2. Trabajos de campo

Durante los trabajos de campo se realizó el reconocimiento- observación y descripción y muestreo de los principales objetos geológicos seleccionados investigar en la región de estudio (Tabla 2.1). El muestreo este último se realizó con el objetivo de identificar partículas auríferas, en los depósitos secundarios investigados (Figura 1.1), para su posterior análisis morfo – textural y composicional de las mismas.

Los trabajos de campo se basaron en el tradicionalmente conocido “Método de los Concentrados Pesados” y conocido en Cuba como "método de jagua", ampliamente utilizado en la región de estudio (Adamovich y Chejovich, 1965; Morales, R. y Rodríguez, R., 1988; Díaz, R.,1996), el cual satisface plenamente con los objetivos propuestos en esta investigación.

El muestreo tuvo en consideración los siguientes aspectos:

- ✓ Selección y caracterización del punto de muestreo.
- ✓ Toma de las muestras.
- ✓ Obtención de los concentrados pesados.

2.2.1. 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 y marinos costeros. También fueron consultados trabajos anteriores realizados en la región (Díaz, R., 1996; Ramayo, I. 1996; Vila, A., 1999). Finalmente, durante los trabajos de campo se ubicaron los puntos de muestreo, anotando sus coordenadas espaciales de Lambert, lo cual permitió elaborar el mapa de ubicación espacial de los puntos.

Al mismo tiempo se realizó una descripción breve del punto de muestreo, destacando las dimensiones de las acumulaciones detríticas, rocas aflorantes en el lecho y márgenes de los ríos, dimensiones y composición de los fragmentos, bloques y cantos rodados, grado de selección de los materiales, etc.

2.2.2. Toma de muestras

Se procesó un total de 47 muestras de aluviones, sedimentos de playa y lateritas ferroniquelíferas (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Volumen de muestras recolectadas y analizadas en la región de estudio.

Localidad	Áreas muestreadas	Cantidad de muestras
Sagua de Tánamo	Placer Mejías	11
Moa	Río Cayo Guam	10
	Río Quesigua	13
	Lateritas de Cabañas	8
	Placer Jiguaní	5
TOTAL	5	47

A continuación se describe el procedimiento de toma de muestras según el tipo de depósito muestreado.

- Depósitos aluviales

Las muestras fueron tomadas en lugares idóneos para la concentración de oro y otros minerales pesados; estos sitios coinciden, según la experiencia mundial (Lobo de Maranhao, R. 1983) 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.
- ✓ Perfiles de cortezas de intemperismo asociados espacialmente a zonas con desarrollo de alteraciones hidrotermales.

Los depósitos aluviales se muestrearon en los sectores de mayor acumulación de sedimentos, de acuerdo con la práctica mundial. Antes de la toma de muestra se eliminó los 10 primeros centímetros del material superficial, eliminando así elevadas cantidades de minerales ligeros depositados durante la última crecida del río.

La profundidad de toma de muestras osciló entre 0,5 - 0,7 metros, coincidiendo con los horizontes gravo-arenosos y gravosos ya que es donde se dan las condiciones más favorables para la acumulación de los minerales pesados, especialmente las partículas de oro.

El volumen de muestra recolectada en cada punto fue de aproximadamente 10 litros. Esta cantidad de material se justifica por el hecho de que en trabajos anteriores, volúmenes similares han arrojado resultados satisfactorios (Díaz, R., 1996; Vila, A., 1999).

- Depósitos costeros

Los depósitos costeros se muestrearon en la berma de la playa; para ello se realizaron pequeños pozos criollos de sección rectangular (0,60 x 1.0 m). La pared más larga se ubicó transversal a la dirección de las capas de arenas negras.

La profundidad de los pozos varió entre 1 y 2 metros, según la profundidad del nivel del agua de mar y la presencia de sedimentos biogénicos o cantos rodados aluviales.

Las muestras tomadas son representativas de las capas de arenas negras, que contienen elevadas concentraciones de minerales pesados (Figura 3. 22). El volumen de material fue de cinco litros, suficiente si tenemos en cuenta el elevado grado de enriquecimiento en minerales pesados.

- Perfil laterítico

Se seleccionó el área del sector Cabañas, asociada espacialmente a una extensa zona silicificada, de origen hidrotermal, dentro del perfil laterítico investigado. El muestreo se realizó por surco continuo, con sección de 10 cm de ancho, 5 cm de profundidad y el alto según la potencia de los diferentes niveles que desde la superficie hasta la base se correspondieron con el horizonte del suelo, los ocre inestructurales con concreciones ferruginosas (OICP), los ocre inestructurales sin concreciones ferruginosas (OI) y por último se observaron los ocre estructurales iniciales (Figura 2.1). El volumen de material a lavar fue de 10 litros.

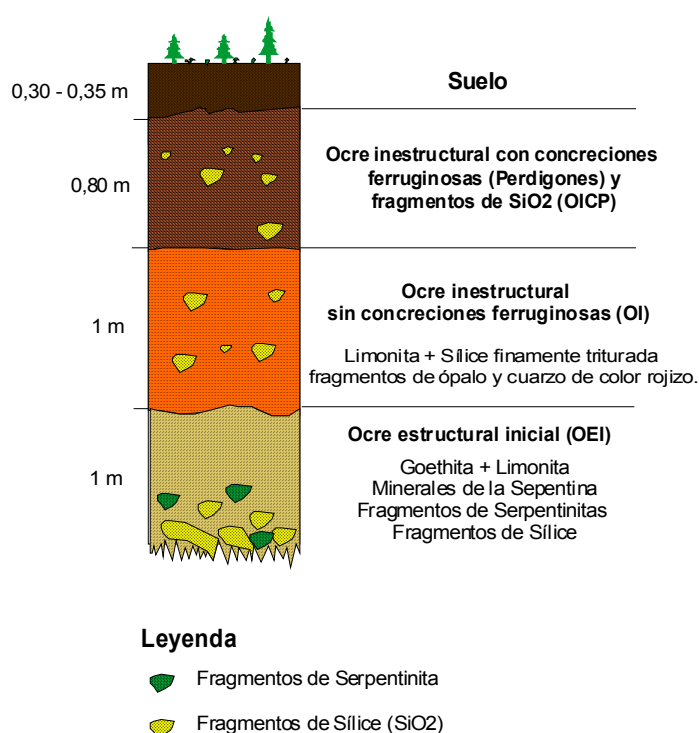


Figura. 2.1. Perfil laterítico esquemático del sector Cabañas (Adaptado de Lavaut, 2003).

2.2.3. Obtención de los concentrados pesados

Los métodos de bateo y el de canalones representan actualmente las vías más efectivas en condiciones de campo para la recuperación de oro de placer, sin embargo ambos métodos son ineficientes en la recuperación de oro con dimensiones inferior a 100 μm (Romaniuk, 1981). Esta afirmación categórica ha sido demostrada en investigaciones realizadas en Inglaterra, donde se comparó los resultados de la recuperación de oro por el método de la batea y el de congelación del sedimento.

Basta con citar el mencionado ejemplo del yacimiento Carlin, en los Estados Unidos, que pasó inadvertido para los geólogos prospectores que emplearon el método del bateado. No obstante, este método ha sido empleado con mucho éxito por profesores y estudiantes del Departamento de Geología del ISMM de Moa.

El beneficio del material friable se realizó en condiciones de campo y tuvo como objetivo obtener los concentrados pesados en cada uno de los depósitos investigados; se exceptúan los sedimentos de playa. Esta operación se realizó con la ayuda de un recipiente especial conocido en Cuba como "Batea de Jagua" construida con madera de cedro; su sección es rectangular (0,30 x 0,60 m) y la profundidad de 0,10 m. Con estas dimensiones se garantizó lavar un volumen de cinco litros de sedimento de una sola vez.

Para la obtención de los concentrados pesados las muestras fueron vertidas en una batea plástica y tamizadas 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. En el caso de los depósitos aluviales el volumen de material a lavar, luego del tamizado, se redujo entre el 30 y 40 %. Los sedimentos de playa y el material laterítico sufrieron pérdidas insignificantes.

Posteriormente se procedió al lavado del material, el cual consistió en la ejecución de tres operaciones básicas:

- ✓ Levigación
- ✓ Lavado propiamente dicho
- ✓ Rectificación

Las arenas negras de los placeres de playa no se sometieron a estas operaciones debido al elevado contenido de minerales pesados.

Levigación: Una vez colocado el material en la batea de cedro se comienza a eliminar todo el material limo-arcilloso y arcilloso presente en las muestras; para ello la batea se sumerge en el agua y se amasa, luego se decanta el agua enturbada 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 realizó 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 ligeros y gruesos y se concentran los minerales densos 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 físico característico de los concentrados pesados en esta región lo constituye su color negro y en ocasiones gris oscuro, en plena correspondencia con las características petrológicas y mineralógicas de las secuencias rocosas por las cuales circulan los diferentes ríos de la región.

2.3 Preparación de las muestras para los análisis

La separación o extracción de partículas de oro a partir de concentrados pesados a escala de laboratorio, es una tarea de gran complejidad que requiere de mucha habilidad por parte de quien la realice. Este es el punto de partida para la aplicación de los diferentes métodos de laboratorio. Por tanto, todo concentrado pesado debe ser sometido a una previa preparación antes de iniciar los análisis de laboratorio correspondientes.

Los concentrados pesados obtenidos en condiciones de campo y trasladados a los laboratorios de la Facultad de Geología del ISMM de Moa fueron sometidos a un proceso de preparación con vistas a la realización de los análisis correspondientes. La metodología de preparación de las muestras de concentrados pesados se puede observar en la Figura 2.2. Seguidamente se procederá a describir las diferentes operaciones realizadas.

- **Secado**

Los concentrados pesados fueron colocados en cápsulas de porcelanas y secados en una estufa marca MEMMERT de procedencia alemana; el tiempo empleado fue de dos

horas a temperatura de 60 °C. Posteriormente fueron embasados en sobres de papel etiquetados debidamente.

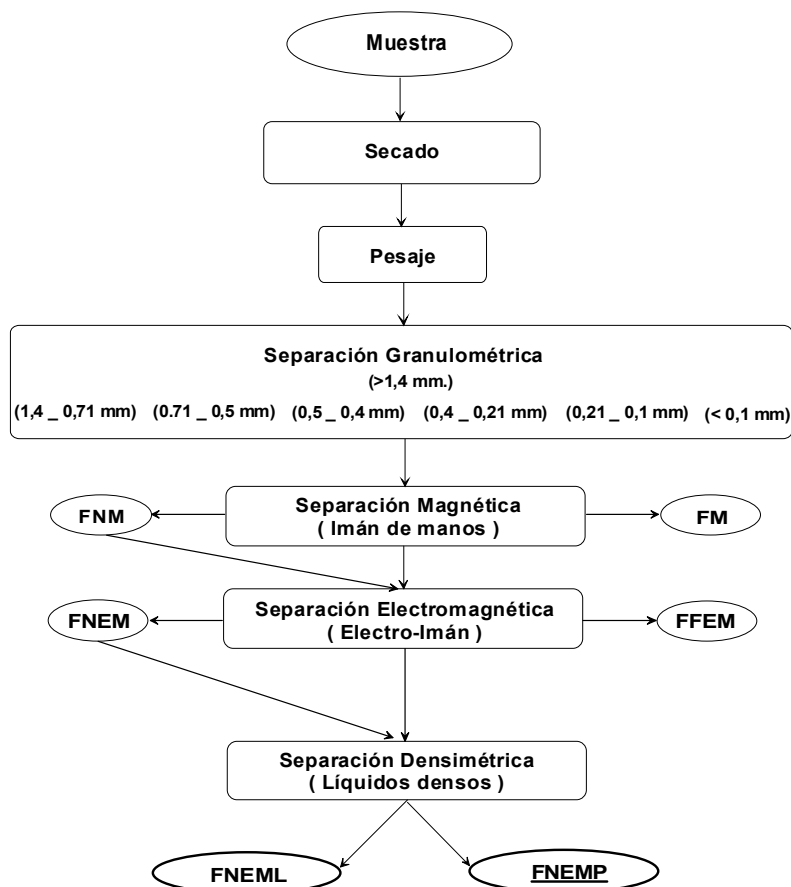


Figura. 2.2 Esquema de preparación de los concentrados pesados a escala de laboratorio, obtenidos a partir del lavado de los sedimentos friables presentes en las diferentes áreas muestreadas. Donde: FNM (Fracción no magnética), FM (Fracción magnética), FNEM (Fracción no electromagnética), FFEM (Fracción fuertemente electromagnética), FNEML (Fracción no electromagnética ligera), FNEMP (Fracción no electromagnética pesada).

- **Pesaje**

El pesaje inicial del concentrado seco se efectuó con ayuda de una balanza analítica marca OWA LABOR de fabricación alemana, la cual realiza mediciones con un error de 0,1 g y capacidad máxima para pesar 1000g.

- **Separación granulométrica**

La separación granulométrica se realizó empleando un juego de tamices de fabricación inglesa con las aberturas (en milímetros) siguientes: 1, 4, 0.71, 0.5, 0.4, 0.21 y 0.1mm respectivamente. Esta operación se efectuó manualmente lo que permitió el control de las pérdidas.

Como resultado final de esta separación se obtuvieron las siguientes clases ó fracciones granulométricas:

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

- Separación magnética

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, y deslizando una regla plástica por encima del material se logra una superficie plana de espesor equivalente al grosor de los granos minerales, para evitar el arrastre de minerales no magnéticos al pasar uno de los polos del imán. Los minerales atraídos son separados y colocados en un sobre de papel. Como resultado de esta operación se obtuvieron dos fracciones: magnética (FM) y no magnética (FNM). Por último la fracción magnética fue pesada, embasada en sobres de papel y guardada para su posterior análisis mineralógico y químico.

- Separación electromagnética

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 de la 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 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. El resultado final fue la obtención de dos fracciones: electromagnética (FEM) y no electromagnética (FNEM), las cuales fueron pesadas y embasadas en sobres de papel.

• Separación con líquidos densos

La separación con líquidos densos, cuando se investiga minerales de oro y de elementos del grupo del platino en depósitos secundarios, es considerada la operación más importante ya que las fracciones pesadas son las que concentran estos minerales. Este tipo de separación es la comúnmente utilizada para estos fines (Pérez Mateos, J. 1965) y no merece comentario alguno; sin embargo, investigaciones anteriores (Díaz, R., 1996; Ramayo, L., 1996; Vila, A., 2001) han demostrado que los concentrados pesados de la región de estudio son pobres en minerales no magnéticos pesados (< 1 % en peso), razón por la cual la misma se realizó posterior a la separación magnética. Como resultado de esta operación los minerales de densidad mayor que el líquido, se hunden, mientras que los de menor densidad permanecen flotando obteniéndose dos fracciones: fracción no electromagnética pesada (FNEMP) y fracción no electromagnética ligera (FNEML). Solamente se sometieron a esta operación las clases granulométricas 0,21– 0,1 mm y la menor que 0,1 mm, ya que investigaciones anteriores han demostrado que son estas las clases que contienen partículas de oro. Los materiales y reactivos 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 ($d=2.8 - 2.9 \text{ g/cm}^3$).

Una vez obtenida la fracción densa se procedió a la extracción de los granos de minerales de oro del resto de los minerales pesados. Para esta operación se empleó una lupa binocular, agujas de cobre y portamuestras. Al finalizar la extracción del oro se agruparon todas las partículas obteniéndose monoconcentrados o compósitos en cada tipo de depósito a estudiar. Posteriormente se realizaron los análisis morfológicos, morfométricos y texturales de las partículas de oro.

Una vez determinados los parámetros antes señalados, las muestras compósitos de cada sector investigado, fueron enviadas a los laboratorios de los servicios científico-técnicos de la Universidad de Barcelona, España, para la realización de los análisis químicos cuantitativos y cualitativos. Cada muestra compósito de oro fue montada en resina epoxy, prensada, pulida y metalizada al vacío para obtener las probetas ó láminas pulidas.

2.4 Métodos de laboratorio

Para alcanzar los objetivos propuestos en la presente investigación, se aplicaron métodos de investigación de alta precisión, como los análisis microquímicos cualitativos y cuantitativos a través del microscopio electrónico de barrido con analizador de energías (SEM-EDS), la microsonda electrónica y la potenciometría de redisolución anódica.

La aplicación de estas técnicas ofrecen datos que al ser procesados e interpretados correctamente profundizan en el conocimiento, sobre numerosos aspectos relacionados con la mineralización de las fuentes de las concentraciones auríferas aluviales y marinas costeras existentes.

2.4.1 Estudios ópticos

Los análisis de laboratorio se realizaron en dos etapas sucesivas; la primera se realizó en el laboratorio de análisis mineralógico de la Facultad de Geología y Minería del ISMMM y tuvo dos objetivos principales: 1) realizar la descripción morfológica y textural y 2) realizar las mediciones morfométricas de los granos de oro revelados en cada uno de los depósitos investigados. 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 Zeiss 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) de los granos de oro identificados.

La medición del largo (L), ancho (A) y grosor (G) de cada grano permitió calcular el Factor de Forma Corey (CSF) y el Índice de Aplastamiento (I.A). Este último parámetro reviste gran importancia en la estimación del grado de transporte sufrido por las partículas y por tanto de la posición relativa de las fuentes de suministros del oro (Giusti, L., 1986; Herail, G., 1999). El IA fue calculado mediante la expresión siguiente:

$$IA = \frac{L + A}{2G}$$

Donde: L, A y G son el largo, ancho y grosor de las partículas.

Diferentes estudios han demostrado que las morfologías de los granos de oro evolucionan durante el transporte, en función de la distancia del área fuente, constituyendo una importante vía para la identificación de la proximidad de la mineralización aurífera.

Numerosas investigaciones relacionadas con estudios morfológicos, morfométricos y texturales de partículas auríferas identificadas en diferentes regiones climáticas y ambientes supergénicos de diferentes regiones del mundo, han sido reportadas por Herail et al 1999, el cuál ha estudiado más de 12 000 partículas auríferas de diferentes ambientes geológicos de Chile, Bolivia, costa Oeste de África y Canadá, alcanzándose como resultado de esas investigaciones, la obtención de 4 rangos bien definidos de las distancias de transporte de partículas auríferas desde su área fuente (Tabla 2.2).

Trabajos similares se han llevado a cabo 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. La información que brinda este parámetro es de gran utilidad en la exploración geológica. Cuando el IA alcanza valores pequeños (próximo a la unidad) las partículas han sufrido poco transporte y por tanto las fuentes primarias se ubican relativamente cerca de los depósitos secundarios donde se revela el oro; mientras que

valores elevados del IA indica mayor transporte de las partículas de oro y por tanto mayor distancia con respecto a la fuente de origen (Herail et al 1999, Giusti, L.1986).

En la Tabla 2.2 se ofrecen los valores del IA en relación con la distancia de transporte de las partículas de oro.

Tabla 2.2 Rangos de distancias de transporte, teniendo en cuenta las características morfológicas y morfométricas de las partículas de oro, según Herail et al 1999.

Rangos de distancias de transporte	Contornos de las partículas	Superficies de las partículas	Inclusiones de minerales en las partículas	Índice de aplastamiento de las partículas
0– 50 m	Muy irregular	Irregular, rugosas, cristales primarios	Cuarzo, óxidos de hierro ó pirita	1,0 – 3,0
50– 300 m	Regular	Regular	Cuarzo	2,1 – 4,6
300m – 1 Km	Regular		_____	3,0 – 8,6
> 1 Km	Muy regular y lisos	Estriados y marcas de impactos, aplastados	_____	4,0 – 16,0

El Factor de Forma Corey (CSF) ha sido empleado con éxito en otras investigaciones (Guisti, 1986) y tiene importancia para determinar la capacidad de transporte de las partículas de oro por las corrientes fluviales. Valores muy pequeños (con tendencia a cero) de CSF indican una mayor facilidad de transporte del oro ya que estos son más aplastados mientras los valores de CSF con tendencia a la unidad se corresponden con partículas con formas esféricas. Para determinar este factor se empleó la expresión siguiente:

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

Donde: L, A y G son el largo, ancho y grosor de las partículas.

2.4.2. Microscopía electrónica de barrido con analizador de dispersión de energía

A partir de los concentrados de partículas de oro para cada depósito se confeccionaron secciones pulidas para el análisis cuantitativo y cualitativo con el microscopio electrónico de barrido con analizador de energías (SEM-EDS).

El SEM-EDS utilizado fue un equipo Cambridge Stereoscan-120. Mediante este método se realizaron análisis químicos cualitativos de los elementos químicos Au, Ag, Hg, Cu, Fe presentes en las muestras monominerales investigadas. Además fueron obtenidos los mapas de distribución de elementos, a partir de los rayos X característicos, mediante microsonda electrónica.

El equipo utilizado fue un Cambridge Stereoscan-120 con analizador de energías. El analizador de energía acoplado es un EDS (*energy dispersive spectrometer*) constituido por un cristal de Si(Li) con ventana de Be distribuido por LINK. Este trabajo se realizó en los servicios científicos técnicos de la Universidad de Barcelona. Mediante esta técnica se identificaron los elementos químicos presentes en las diferentes fases minerales, los cuales serían cuantificados posteriormente por microsonda electrónica. Las condiciones de trabajo fueron de 20Kv para la obtención de imágenes de electrones retrodispersados (BSE-siglas en inglés) y análisis cualitativo.

2.4.3. Microsonda electrónica

Los análisis cuantitativos se realizaron mediante una microsonda electrónica (CAMECA SX-50) con la cual también se obtuvieron imágenes de intensidad de rayos X (mapas de distribución de elementos), para el estudio de las texturas internas de las partículas de Au y la determinación de los análisis químicos cualitativos de los elementos geoquímicamente afines (Au, Ag, Hg, Cu, Fe) a las partículas de oro investigadas.

La microsonda electrónica ha sido la técnica analítica principal de esta investigación. El equipo utilizado fue una CAMECA SX-50, equipadas con cuatro espectrómetros de dispersión de longitud de onda (*WDS-wavelength dispersive spectrometer*). Esta técnica analítica permitió la realización de análisis químicos cualitativos mediante imágenes de rayos X (IRx), y de los análisis cuantitativos (EMP) a nivel de granos. Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: 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.

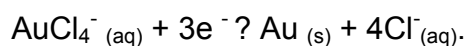
En la Tabla 2.3 se resumen los análisis realizados en los laboratorios de los servicios científicos técnicas de la Universidad de Barcelona, España.

Tabla 2.3 Cantidad de análisis realizados a las partículas auríferas identificadas en diferentes depósitos investigados de la región Sagua – Moa.

Tipo de análisis	Placeres de Playa		Depósitos Aluviales		Lateritas	Total
	Mejías	Jiguaní	Cayo guam	Quesigua	Cabañas	
BSE	5	4	7	12	4	32
IRx	2	-	6	9	-	17
EMP	34	12	11	34	16	107
Total	41	16	24	55	20	156

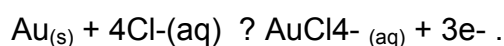
2.4.4. Potenciometría de redisolución anódica

Esta técnica analítica se utilizó de manera complementaria para el análisis cuantitativo del Au en las lateritas del sector cabaña. Consiste en la electrolisis de los iones Au (III), por la aplicación de un potencial negativo (potencial de deposición) durante un tiempo dado (tiempo de deposición). En este paso el Au (III) en solución es reducido a Au metálico a la superficie del electrodo de trabajo, en este caso, el electrodo de carbono vítreo:



La cantidad de metal depositado en el electrodo va hacer proporcional a la concentración de los iones en solución, para un tiempo dado de acumulación.

El segundo paso corresponde a la fase de adquisición de la señal analítica, donde es aplicada una corriente constante en el electrodo que irá reoxidando al oro depositado nuevamente en forma de ion Au (III), pasando para la solución de acuerdo con la reacción siguiente:



La variación del potencial del electrodo de trabajo es registrada en función del tiempo, siendo registrada en una curva de tiempo vs potencial en forma de pico.

El tiempo que demora en reoxidarse el Au del electrodo es proporcional a la cantidad del metal depositado y por consiguiente a la concentración de los respectivos iones Au (III) en solución.

El tratamiento de las muestras de lateritas del sector cabañas, para la determinación del contenido de Au, consistió en los siguientes procedimientos:

1. Trituración de la muestra a 400 mesh.
2. Secado de 15 g de la muestra a 650 °C.
3. Disolución de la muestra con agua regia (3 HCl: 1HNO₃)

4. Adición de HCl 4 M para retomar la solubilidad y decantación por centrifugación.
5. Adición de acetato de etilo a la solución centrifugada para la separación de los iones Au (III) de la matriz de la muestra (en esta fase de separación es registrada a la fase acuosa)
6. A la fase orgánica anterior (acetato de etilo + Au (III)) se le adiciona HCl 0,5M para la remoción de los iones de hierro (el hierro es separado conjuntamente con Au (III), ya que interfiere en los análisis). Se registra la fase acuosa que contiene el hierro. Se repite este paso las veces necesarias hasta que todo el hierro sea removido.
7. Se evapora hasta cerca de 1 mL el extracto orgánico.
8. Se retoma el evaporado con 15 mL de solución electrolito soporte (solución 1% HCl + 2% HNO₃ + 1ppm Cu (II) y se evapora hasta cerca de 0,5 mL.
9. Se retoma el evaporado con 15 mL de solución electrolito soporte.
10. Se procede a la lectura por CCSA (Constant Current Stripping Analysis) efectuándose una recta de calibración con soluciones patrones de Au (III) (de 5 a 75 ppb) sujetas al mismo proceso de extracción con el acetato de etilo, para el cálculo de las concentraciones del Au en las muestras.

La muestra utilizada fue de 15 gramos, siendo retomada para un volumen final de 15 mL. El límite de detección de este método para el análisis del contenido de oro en las lateritas fue de 7 ppb.

2.4.5. Espectrometría de masa con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS- siglas en ingles)

Los elementos del grupo del platino (EGP) y Au fueron medidos con un ICP-MS Perkin Elmer Elan 6000 en el Genalysis Laboratory Services Pty. Ltd en Maddington, Australia. Las muestras de rocas fueron trituradas en un mortero de carburo de Tungsteno y las de concentrados pesados minerales en un mortero de corindón sintético. Todas las muestras se han atacado por duplicado junto a 9 blancos. El ataque ácido se ha llevado a cabo según el procedimiento siguiente:

Se pesaron, en vasos de teflón, aproximadamente 0,1 g de cada muestra desecada a 110 °C durante 12 horas. A continuación se le añadieron 5 mL de HNO₃. Las muestras

se calentaron a 80-90° C durante una hora y, tras enfriar a temperatura ambiente, se añadieron 2 mL de HClO₄ más 10 mL de HF. La solución resultante se guardó a temperatura ambiente durante toda una noche. Después se calentó a reflujo en baño de arena durante media hora. Inmediatamente después se pasó a un baño de arena a 150-200 °C y se llevó a evaporación casi completa. La pasta resultante se enfrió a temperatura ambiente. Entonces se añadió otra mezcla de 2 mL de HClO₄ más 10 mL de HF. Se volvió a calentar en baño de arenas repitiendo el proceso anterior. Esta vez, sin embargo, no se dejó enfriar la pasta y se añadieron directamente 5 mL de HClO₄. Se evaporó todo el ácido y se dejó enfriar. Después se añadieron 2,5 mL de H₂O más 2,5 mL de la pasta y se añadieron HNO₃ y se calentó suavemente en baño de arena a la temperatura de ebullición de la solución, hasta que se consiguió una total disolución de la pasta. Una vez enfriado, se inspeccionó el líquido para comprobar que estaba transparente y homogéneo. Si esto no fuera así, se añadirían otra vez 2 mL de HClO₄ más 10 mL de HF y se repetiría el proceso. Si la muestra resultaba transparente, se enrasaba a 25 mL de agua ultrapura y se guardaba en frigorífico hasta su análisis posterior.

Antes del análisis las muestras fueron diluidas nuevamente a la relación 1:10, lo que resulta equivalente a diluir el sólido inicial en 250 mL de agua. Primero se midieron los blancos para detectar los límites de calibración.

Los límites de detección fueron 1 ppb para el Rh y 2 ppb para el Os, Ir, Ru, Pt y Pd, mientras que para el Au fue de 3 ppb

2.5 Fineza de las partículas de oro.

La fineza o pureza del oro constituye un importante criterio para evaluar su naturaleza u origen y los efectos provocados por la meteorización. Como regla general el oro de placer es mucho más puro que el oro en vetas, pues algunos metales que son mucho más móviles en medios acuosos con determinadas condiciones de pH y Eh son lixiviados quedando un oro de alta ley o muy puro.

El oro conjuntamente con los platinoides forma parte del grupo de los metales nobles, caracterizado por la contracción lantánida de los volúmenes atómicos, razón por la cual es muy estable desde el punto de vista químico, de ahí su resistencia a la acción de los

agentes atmosféricos y por tanto la posibilidad de encontrarse en el mismo estado en los depósitos aluviales. No obstante, en la naturaleza el oro contiene además de plata, cobre, hierro, bismuto, estaño, plomo, zinc, platino, paladio, iridio. El oro común contiene de 10 a 15 % de plata. Cuando el contenido de Ag sobrepasa el 20% se denomina electrum. La combinación natural del oro metálico con otros metales nativos se debe a la capacidad que tiene el oro de disolver estos metales formando soluciones sólidas continuas, que se conocen como aleaciones o compuestos intermetálicos. La pureza del oro se expresa en términos de fineza (F) que es la relación existente entre el contenido de oro en una aleación (en % en peso) y la suma de las concentraciones de oro y plata (Au-Ag) de esa aleación multiplicada por mil ($F = [Au/Au+Ag] * 1000$).

Si se trata de una aleación intermetálica con el cobre (tetrauricúprido) entonces el elemento que se introduce en la fórmula es el cobre. El mercurio es un elemento muy móvil el cual reacciona fácilmente con el oro y la plata para formar amalgamas. Este término, no está aceptado por la IMA por lo que hemos decidido utilizar el término de oro "mercurial" para designar las aleaciones intermetálicas de oro-plata (Au-Ag) con contenidos de mercurio por encima del límite de detección del mercurio (Hg).

2.6 Procesamiento de la información y representación de los resultados

Los datos obtenidos durante los diferentes análisis realizados fueron procesados y tabulados por el autor empleando diversas tecnologías de la información científica, las cuales se señalan a continuación:

- *Microsoft Excel 2000 (Microsoft Corporation, 1985-1999)*: procesamiento de datos, tabulación y graficado (histogramas) de la información.
- *Software Grapher 2.01 (Golden Software, Inc., 1992-1998)*. Construcción de diagramas ternarios.
- *Software Surfer versión 8.1*: Representación gráfica de los mapas de ubicación de las muestras de los sectores de estudio.
- Cámara digital LG: microfotografías de partículas de oro bajo la lupa binocular.

CAPÍTULO III

MORFO-TEXTURA Y COMPOSICION QUÍMICA DE LOS GRANOS DE ORO EN LOS SEDIMENTOS FRIABLES Y HORIZONTES LATERÍTICOS DE LA REGIÓN SAGUAMO: IMPLICACIONES EN LA METALOGENIA Y LA PROSPECCIÓN GEOLÓGICA

Introducción

- 3.1. Principales rasgos geológicos de los sectores de estudio.**
- 3.2. Composición mineralógica de los concentrados pesados.**
- 3.3. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos aluviales del río Quesigua: implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.**
- 3.4. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos aluviales del río Cayo Guam: implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.**
- 3.5. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en las arenas de playa Mejías: implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.**
- 3.6. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en las arenas de playa Jiguaní: implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.**
- 3.7. Morfo-textura y composición química de los granos de los granos de oro en el perfil laterítico del Sector Cabañas: implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.**

Introducción

Las características morfológicas, composición química y estructura interna de las partículas de oro en los diferentes tipos de placeres evolucionan durante el transporte fluvial en función de la distancia de transporte (Yeend, 1975; Youngson & Craw, 1999; Herail et al., 1990; Eyles, 1995). Las mismas han sido interpretadas en términos de las relaciones espaciales placer-fuente (Tishchenko, 1981; Herail et al., 1990; Loen, 1995) y génesis de los granos de oro (Youngson & Craw, 1993, 1995; Eyles, 1995).

Investigaciones detalladas con microsonda electrónica han demostrado que el incremento de la fineza de las partículas de oro, es el resultado de la formación de un borde enriquecido en Au, mientras que sus núcleos mantienen una composición similar

a las de sus fuentes primarias (Desborough, 1970). Por tanto, la composición promedio del núcleo de las partículas de oro de los placeres permite el reconocimiento de fuentes múltiples, pudiendo diferenciar el oro de origen primario de aquel secundario (Leake et al., 1998; Chapman et al., 2000).

En el presente capítulo se establecen las principales características morfológicas, texturales y composicionales de los granos de oro identificados en los sedimentos aluviales y de playa así como en un perfil laterítico del sector Zona A de la Mina ferroniquelífera de la Empresa Mixta Moa Nickel S.A. Cmdte Pedro Soto Alba aledaña al río Cabañas y sus implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.

3.1. Principales rasgos geológicos de los sectores de estudio

Cuenca del Río Quesigua

La cuenca del río Quesigua tiene un área de aproximadamente 30 km². La red fluvial está integrada por un curso principal y varios arroyos y cañadas de carácter permanente, debido a las abundantes precipitaciones durante todo el año. En esta cuenca afloran ampliamente las rocas pertenecientes a los complejos ultramáfico, de gabro y vulcanógeno de la asociación ofiolítica, así como las secuencias vulcano-sedimentaria del arco Cretácico (Figura 3.1).

El complejo ultramáfico se caracteriza petrológicamente por un predominio de las harzburgitas y en menor medida dunitas. Hacia la parte alta de la cuenca se han descrito dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas y piroxenitas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca et al., 1985; Andó et al., 1989; Rodríguez, R. et al., 2001).

Todas estas litologías se encuentran en mayor o menor medida serpentinizadas, y en algunos casos las peridotitas presentan una completa transformación de las asociaciones minerales primarias a minerales del grupo de la serpentina. Esta transformación es frecuente observarla en las zonas intensamente fracturadas.

El complejo máfico está representado por gabros cumulativos en forma de grandes cuerpos incluidos en el complejo ultramáfico. Dentro de los principales tipos petrológicos se reconocen gabros olivínicos, gabronoritas, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca et al., 1985). El nivel cortical está en contacto tectónico con las rocas ultramáficas, el cual está constituido principalmente por gabros normales, gabros olivínicos, microgabros y pegmatoides gabroícos.

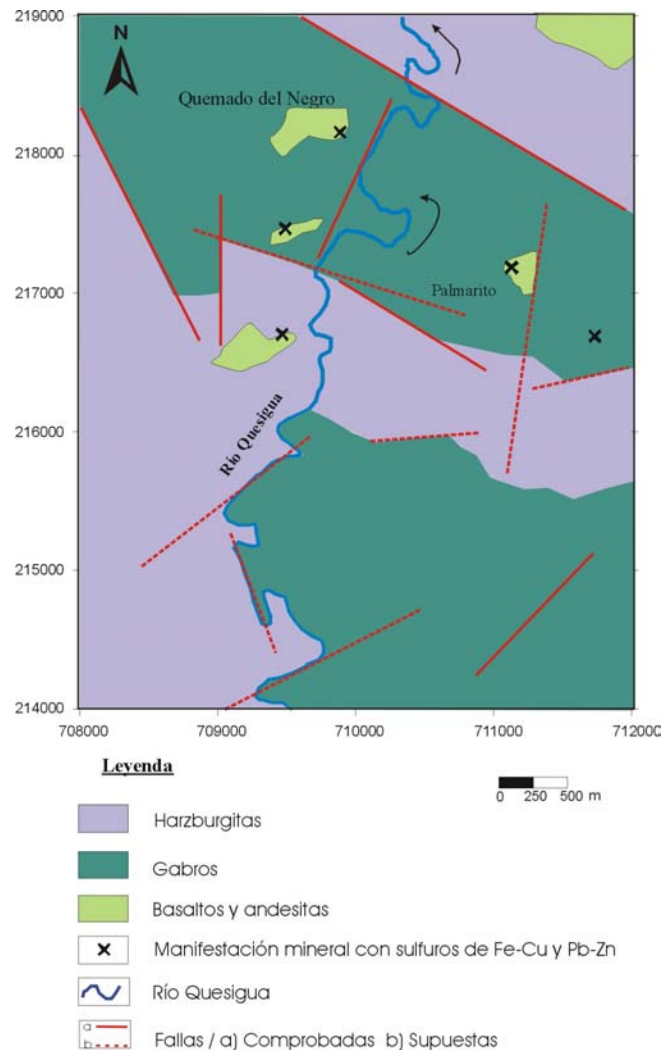


Figura 3.1. Mapa geológico esquemático de la cuenca hidrográfica del río Quesigua.

Las rocas del complejo vulcanógeno de la asociación ofiolítica afloran en pequeños sectores de la cuenca y están representadas por lavas en almohadillas.

El complejo vulcanógeno-sedimentario perteneciente al arco Cretácico está representado por andesitas, basaltos y tobas de diferente granulometría. Estas rocas afloran en varias localidades hacia el noreste y este de la cuenca, en las localidades de Cupey y Palmarito. Hacia la vertiente occidental afloran andesitas muy fracturadas y alteradas por los agentes de la meteorización. Estas rocas contactan tectónicamente con gabros en la zona de Quemado del Negro. Las vetillas de cuarzo lechoso son frecuentes en las zonas intensamente fracturadas (Figura 3.2)



Figura 3.2. Vetillas de cuarzo de origen hidrotermal, encajadas en volcánicos alterados. Margen izquierda del río Quesigua.

En esta zona las vulcanitas hospedan abundantes vetas de cuarzo con sulfuros de Fe, Cu, Pb, Zn y Au (Figura 3.3). Estas vetas son paralelas y tienen yacencia vertical a subvertical con rumbo N60°W y N70°W; sus espesores oscilan entre 20 y 30 cm y en ocasiones llegan hasta los 50 cm. En estas vetas de cuarzo fueron determinadas inclusiones fluidas en cuarzo de tipo acuosa ricas en CO₂ y acuo-carbónicas. Las salinidades calculadas oscilan entre 5 y 13 % en peso NaCl_{equiv.} y una temperatura de formación que varía entre 293 y 428°C (Ramayo, 2003). Estas condiciones son propias de ambientes de deposición de metales mesotermiales.



Figura 3.3. Vetas de cuarzo con sulfuros de Fe y Cu (Au), malaquita y azurita en la zona de contacto entre los gabros y las andesitas de la zona de Quemado del Negro.

La alteración hipergénica de estos sulfuros primarios y su transformación a óxidos e hidróxidos de hierro y carbonatos secundarios de cobre (malaquita, azurita, etc) ha dado lugar a la formación de una pequeña zona de alteración laterítica de tipo Gossan.

Estudios realizados por Ramayo (2003) revelan contenidos de oro en estas vetas de hasta 0,66 ppm, valores anómalos y dignos de considerar en futuras campañas de exploración.

Sobre las ultramafitas y mafitas se desarrollan extensas cortezas lateríticas de pequeño espesor que desaparecen en las inmediaciones de los valles fluviales. Los depósitos aluviales del Cuaternario tienen una distribución bastante irregular y limitada en la cuenca; hacia la parte alta del río abundan bloques y fragmentos poco rodados de gabros, peridotitas y esporádicamente volcánicos con poca abundancia de material gravo-arenoso; mientras que hacia la parte media el volumen de material gravo-arenoso y arenoso aumenta, alcanzando las máximas concentraciones donde se alcanza el perfil de equilibrio del río. Hacia la parte baja de la cuenca se desarrollan sedimentos aluviales finos y parálicos típicos de zonas próximas al sector costero.

Cuenca del Río Cayo Guam

La cuenca del río Cayo Guam abarca un área de aproximadamente 29 km², con una longitud de su curso principal de aproximadamente 30 Km, es una cuenca joven, de montaña, su red de drenaje es de tipo paralela y subparalela; sus principales afluentes se ubican hacia la vertiente occidental de la cuenca donde afloran potentes cortezas de meteorización desarrolladas sobre serpentinitas y gabros. La intensa erosión de estas cortezas provoca una gran descarga de los materiales lateríticos al curso principal del río. Hacia la parte alta de la cuenca predominan rocas propias del complejo de tectonitas, así como numerosos depósitos de cromitas (Figura 3.4), la mayoría de ellos explotados por compañías norteamericanas antes del triunfo de la revolución.

En esta cuenca, afloran rocas representativas tanto de los niveles mantélicos como corticales de la secuencia ofiolítica. Los niveles mantélicos están representados por rocas ultramáficas las cuales se caracterizan petrológicamente por un predominio de peridotitas, peridotitas impregnadas con plagioclasa y clinopiroxenos y dunitas con mineralización de cromita con concentraciones que alcanzan los 243 ppb de Au (Tabla

3.1). Todas estas litologías se encuentran serpentinizadas, y son las que aportan la mayor cantidad de sedimentos al curso principal del río.

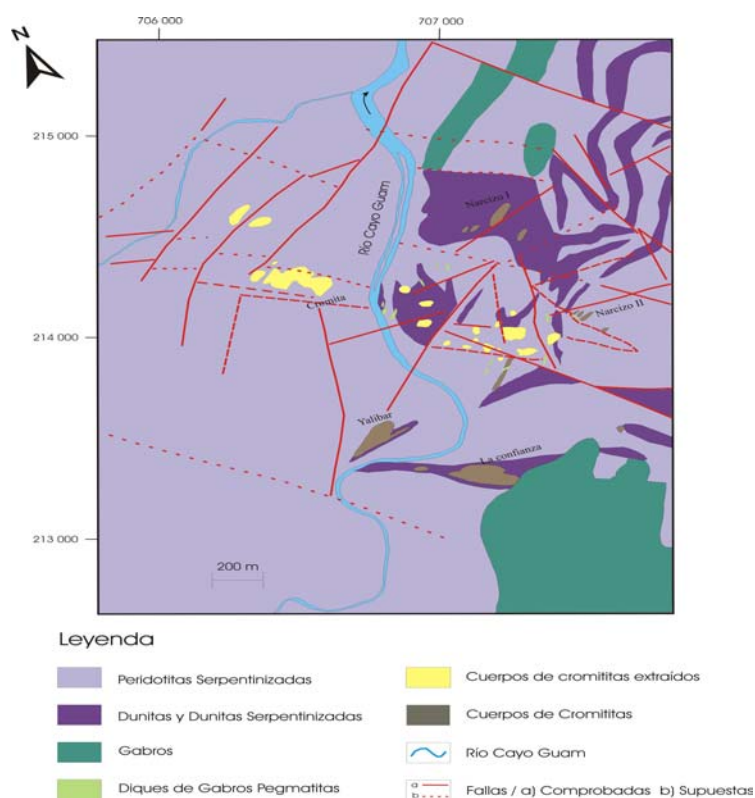


Figura 3.4. Mapa geológico esquemático de la cuenca del río Cayo Guam (Barzana, J., A. et al, 1998).

Las rocas básicas del complejo cumulativo están constituidas principalmente por gabros normales, troctolitas y pequeños diques de pegmatoides gabroícos; estos últimos presentan impregnaciones de sulfuros de Cu-Ni-Fe con concentraciones anómalas de Au de hasta 38 ppb (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Contenidos de EGP y Au (ppb) en muestras de diferentes rocas ofílticas presentes en la cuenca del río Cayo Guam.

Muestra	Litologías	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Σ EGP	Au
CG-05	Serpentinita	12	8	19	2	13	--	54	5
CG-06	Gabropegmatita con poco sulfuro	9	12	22	5	46	61	155	38
CG-08	Gabropegmatita con mucho sulfuro	13	10	23	6	36	83	171	14
CG-09	Peridotita serpentinizada	--	--	2	1	8	3	14	--
CG-11	Dunita con cromita	6	8	10	2	6	3	35	243

En sentido general los sedimentos de este río se caracterizan por ser gruesos, aumentando en tamaño según el relieve se hace más abrupto. Los mayores espesores

de sedimentos gravo - arenosos y areno - gravosos se observan hacia la parte baja del río. La composición petrográfica de los grandes fragmentos, así como la composición mineralógica de los concentrados pesados reflejan los principales rasgos de la geología de la cuenca.

En sectores aislados de la cuenca, dentro de las secuencias serpentínicas se observan zonas de alteración hidrotermal vetas de pequeñas dimensiones rellenas con cuarzo y carbonato y en ocasiones sulfuros de hierro y cobre, evidenciando los procesos de mineralización hidrotermal que afectaron a las ofiolitas posterior a su emplazamiento.

Sector Cabañas

El sector Cabañas está situado a unos 3 km. al SW del municipio de Moa. En esta zona se pueden reconocer las rocas de afinidad ofiolítica y las del arco de isla volcánico del Cretácico conocida como Formación Santo Domingo (Figura 3.5).

Las ofiolitas se distribuyen ampliamente y están representadas por harzburgitas, en mayor o menor grado serpentinizadas, serpentinitas, gabros y pillow lavas, mientras que las rocas del arco tienen una limitada distribución.

Las harzburgitas están muy cizalladas y muy esquistas debido a los efectos de una intensa tectónica de desgarre post-emplazamiento. Ellas se emplazan en forma de mantos tectónicos y yacen por encima de los volcánicos y los gabros. A partir de estas rocas se han desarrollado cortezas de meteorización ferroniquelíferas cuyos espesores disminuyen de sur a norte.

En los alrededores del Jucaral las serpentinitas están remplazadas totalmente por sílice formando jasperoides con variadas tonalidades de color, predominando tonos de verde, rojo y negro.

Los gabros se desarrollan hacia la parte centro-oeste de la zona y bordean el límite más occidental del yacimiento ferroniquelífero de la empresa mixta Moa Níckel S.A. Comandante Pedro Soto Alba.

Las lavas en almohadillas afloran en el tramo comprendido entre el poblado de Centeno y hasta la entrada de Yaguaneque, aunque su mejor aflorabilidad es en las márgenes del río Centeno detrás del tejár de Centeno. Encima de esta secuencia lávica se encuentran los sedimentos pelágicos formados por silicitas y radiolaritas como las que aparecen en la granja del Jucaral. Estas rocas han sido afectadas por la meteorización dando lugar a

cortezas lateríticas que han sido en más de una ocasión confundidas por cortezas sobre gabros (Figura 3.5).

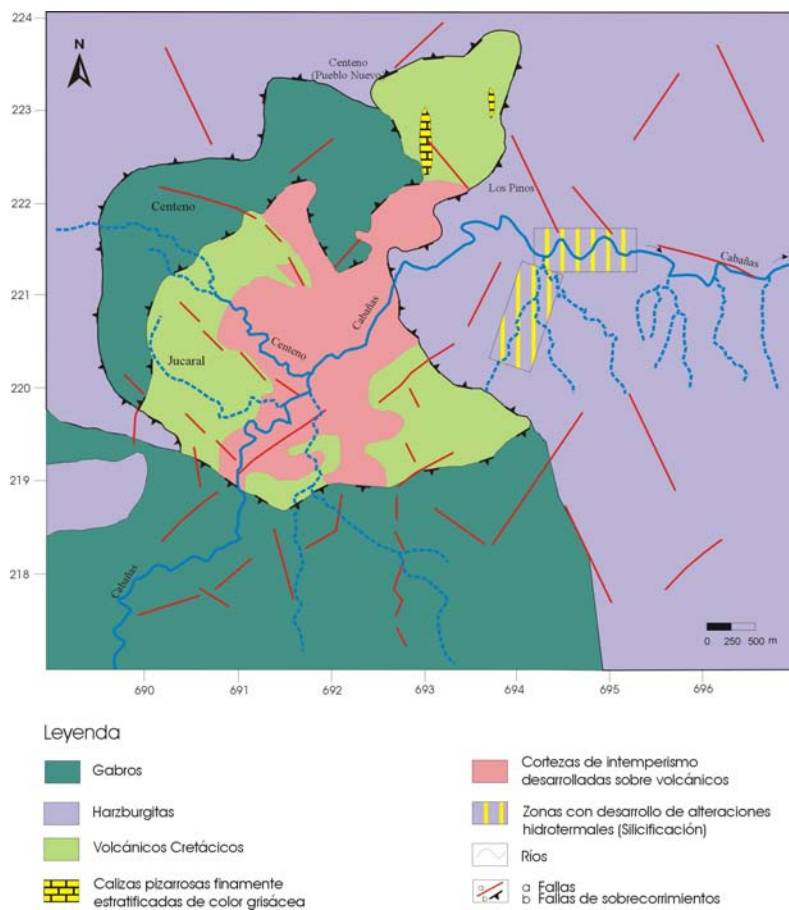


Figura 3.5 Mapa geológico esquemático del sector Cabañas- Centeno.

En la localidad de Centeno (Pueblo Nuevo) afloran tufitas y areniscas tobáceas bien estratificadas, de grano fino y color marrón claro a oscuro con dos lentes intercalados de calizas con espesores de 5 metros aproximadamente cada uno. Estas rocas, equivalentes de la parte superior de la formación Santo Domingo, están compuestas por capas potentes, de color gris claro de biocalciruditas a biocalcarenitas, compuestas por fragmentos calcáreos y vulcanógenos, con algún material bioclástico. Recientemente estas rocas han sido investigadas y datadas en base a microfósiles planctónicos y bentónicos (Díaz-Martínez, R. comunicación personal), sugiriendo una edad Maastrichtiense.

En la cuenca del río Cabañas, muy cerca del caserío de Cabañas Arriba afloran enormes cuerpos de cuarzo y calcedonia (Figura 3.6). La dirección de estos cuerpos es E-W a SE-

NE coincidiendo con la dirección del río y las principales alineaciones tectónicas de la zona. Algunos especialistas son del criterio que estos cuerpos se formaron como resultado de los procesos de meteorización que han experimentado las ultramafitas. Esta opinión no es compartida por el autor del presente trabajo si se tiene en cuenta las principales leyes de la distribución y migración del silicio en condiciones superficiales, pues en ambientes alcalinas el silicio al igual que el magnesio son elementos muy móviles que se van lixiviando en la misma medida en que avanza el proceso de meteorización de las ultramafitas; además las soluciones tendrían que sobresaturarse en SiO_2 y en condiciones superficiales de presión y temperatura esta sobresaturación nunca se alcanza. La sílice que se observa en la corteza de intemperismo es residual y forma capas costriformes. La existencia de estos enormes cuerpos de cuarzo-calcedonia debe ser explicado única y exclusivamente por un mecanismo hidrotermal.



Figura 3.6 Bloques de cuarzo-calcedonia en el cauce y márgenes del río Cabaña.

La alteración argílica está presente en los volcánicos de Centeno donde existen arcillas caoliníticas de importancia económica; también se observan derrames de sílice en forma de calcedonia opalina y jasperioides a partir de serpentinitas.

Los suelos lateríticos del sector Cabañas se diferencian del resto de los suelos de la zona de Moa por sus elevados contenidos de SiO_2 (Arias, Ruiz, O., 1995), revelándose concentraciones anómalas de Cu, Zn, Sn, Ag y Mo (Olimpio, G., 1998). Por otro lado, los concentrados pesados concentran significativamente Sn, Ag y Cu. (Rodríguez, Vega, A., 1995).

Playa Mejías

El placer Mejías constituye el primer ejemplo de placeres laterales marinos descubierto en el noreste de Cuba (Kulaskov et al., 1990). Este depósito está compuesto por arenas negras de grano fino con elevados contenidos de elementos pesados (Díaz-Martínez, R. et al., 1998). A ambos lados de la desembocadura del río Sagua de Tánamo afloran las arenas negras muy enriquecidas en minerales pesados y cuya mitad occidental corresponde a la playa El Canal y la parte oriental a la playa Mejías.

La parte de la playa Mejías tiene forma de hoz con un espesor máximo de 350 m, siendo su longitud de 1300 m aproximadamente (Díaz, R., 1996). La capa enriquecida con minerales pesados alcanza una potencia de 0,8 m, disminuyendo en forma de cuña hacia los extremos.

Los cuerpos tienen forma lenticular y se disponen de forma paralela a la línea de costa, de lo que se deduce que su formación no está vinculada a paleocauces del río Sagua de Tánamo sino a sedimentación costera, por lo que pueden ser descritos como placeres laterales de playa (Díaz-Martínez, R., 1997)

En profundidad se observa alternancias de capas oscuras y claras con espesores variables e inferiores a los 40 cm. El 94 % de estas arenas presentan granulometría inferior a los 0,2 mm.

La composición mineralógica de las arenas del placer Mejías (Tabla 3.2) refleja el variado mosaico de litologías por las que atraviesan los diferentes afluentes del río Sagua de Tánamo.

Los sedimentos que alimentan al placer Mejías provienen de fuentes diferentes tales como rocas de afinidad ofiolítica, rocas volcánicas y vulcanógeno-sedimentarias asociados a un arco de islas Cretácico, materiales asociados a cuencas transportadas (*piggy back*) del Campaniense Tardío al Daniense, rocas volcánicas y vulcanógeno-sedimentarias relacionados con un arco de islas Terciario, materiales asociados a cuencas transportadas del Eoceno Medio al Oligoceno y los materiales asociados a un estadio neoplatafórmico del Oligoceno al reciente.

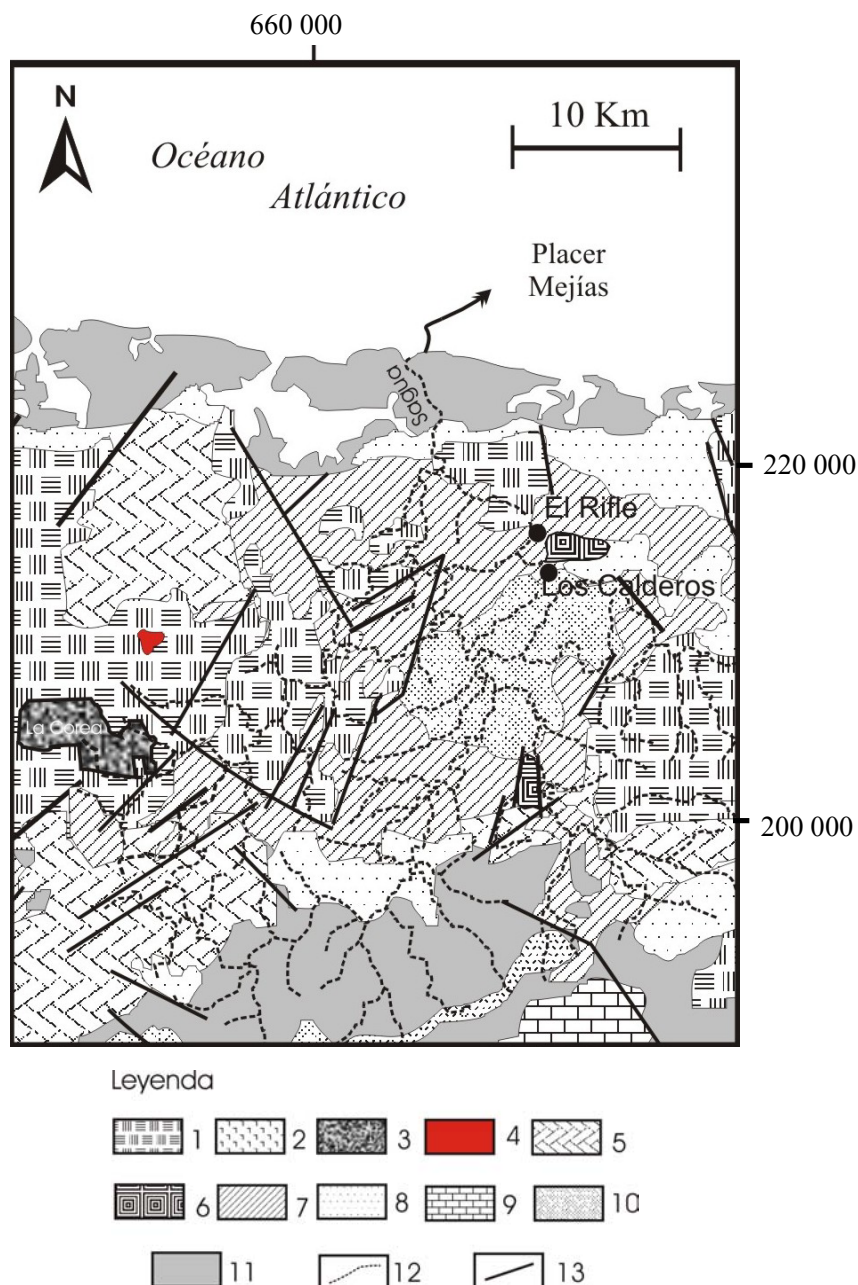


Figura 3.7 Esquema geológico de la cuenca del río Sagua, simplificado a partir de Mossakovskiy et al. (1989 y modificado por el autor). Se ha superpuesto el trazado de la red hidrográfica del río Sagua (líneas discontinuas). 1) peridotitas (harzburgitas y dunitas); 2) gabros. 3) anfibolitas, plagiogneises y hornblenditas. 4). Intrusivos ácidos 5) Andesitas, basaltos, tobas y tufitas, calizas 6) Diques subparalelos de diabasas, gabros diabasas. 7) Olistostromas de serpentinitas, turbiditas y sedimentos vulcanomícticos y serpentinoclásticos. 8) tobas y tufitas. 9) Calizas. 10) Molasa flyschoides. Cobertera Neógena-Cuaternaria: 11) calizas, gravas, arenas, arcillas. ; 12) Red Fluvial; 13) Fallas.

Playa Jiguaní

A ambos lados de la desembocadura del río Jiguaní se acumulan sedimentos costeros de tipo playa muy enriquecidos en minerales pesados y cuyas dimensiones no supera a

las de la playa Mejías pero que pudiese ser considerado un pequeño depósito de placer. Este depósito se extiende a todo lo largo de la costa alcanzando una longitud de aproximadamente 400 m y una anchura de 75m.

El río Jiguaní drena sobre las rocas ofiolíticas del macizo Moa-Baracoa, donde gran parte de su curso principal y de sus afluentes surcan rocas ultramáficas serpentinizadas y en menor medida rocas pertenecientes a los niveles de gabros y rocas volcánicas cretácicas (Figura 3.8).

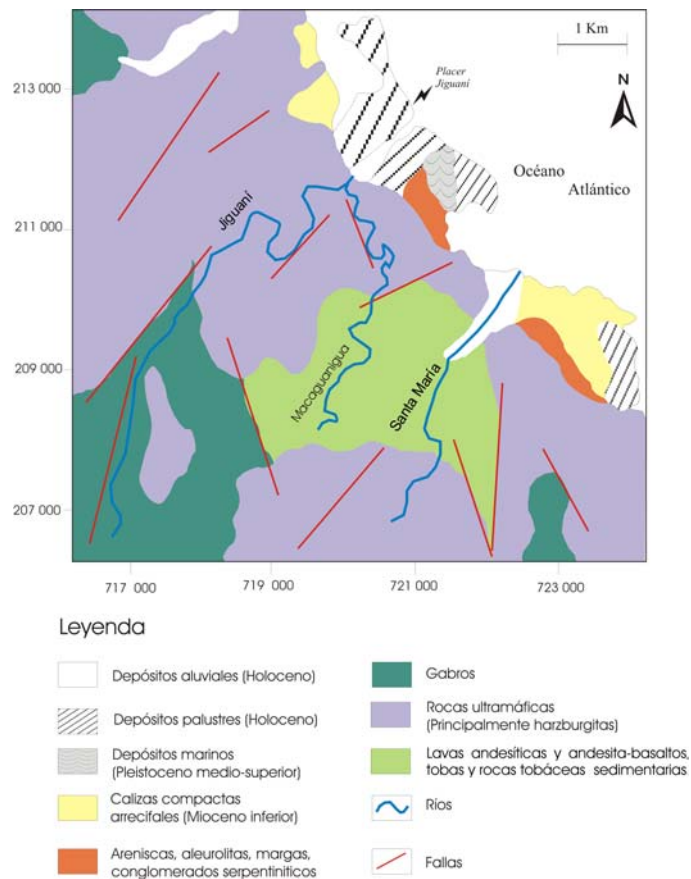


Figura 3.8. Mapa geológico esquemático del sector Jiguaní (según Sanamé 1996, modificado por el autor).

En la cuenca del río Jiguaní afloran rocas representativas tanto del arco volcánico cretácico como de los niveles mantélicos y corticales de la secuencia ofiolítica del macizo Moa-Baracoa. Los niveles mantélicos están representados por rocas ultramáficas las cuales se caracterizan petrológicamente por un predominio de harzburgitas, y en menor medida de peridotitas serpentinizadas. Los cuerpos de gabros están en contacto tectónico con las rocas ultramáficas y están constituidos principalmente por gabros normales, gabros olivínicos, microgabros y pegmatoides gabroicos.

Las rocas volcánicas cretácicas presentes en la cuenca hidrográfica del río Macaguanigua – importante afluente del río Jiguaní – están representadas por la Formación Téneme, de edad Cretácico inferior, constituida fundamentalmente por lavas andesíticas y andesita-basaltos, gabro-diabasa, microgabros, tobas y rocas tobáceas – sedimentarias.

Sobre todas estas rocas ultramáficas y máficas se han desarrollado extensas áreas de cortezas lateríticas con un color desde pardo rojizas hasta rosadas y un espesor muy variable. Sobre las rocas ultramáficas se forman cortezas lateríticas ricas en Fe-Ni-Co, y sobre los cuerpos de gabros se dan cortezas de intemperismo con cantidades considerables de gibbsita.

En la parte baja del río Jiguaní, se desarrollan depósitos parálicos típicos de este tipo de costa, separados del mar por playas con arenas de color negra, las cuales transicionan a arenas blancas hacia el occidente del depósito producto de la contaminación de estas con material biogénico provenientes de la barrera arrecifal, el área total para todo el depósito es de aproximadamente 187 000 m² (Díaz, R., 1996).

El río Jiguaní, es típico de montañas, por lo que durante las avenidas transporta grandes cantidades de sedimentos hacia la costa del océano Atlántico.

3.2. Composición mineralógica de los concentrados pesados.

Los concentrados pesados fueron examinados con el propósito de determinar la procedencia de los sedimentos portadores de oro. En la Tabla 3.2 se reportan las asociaciones minerales presentes en los concentrados pesados obtenidos a partir del lavado de los diferentes materiales muestreados. No se ofrecen datos cuantitativos ya que no es objetivo de este trabajo

Las asociaciones minerales presentes en las fracciones magnéticas, electromagnéticas y no magnéticas ligeras son muy similares y señalan que las rocas de procedencia ofiolítica son las principales suministradoras de los minerales pesados. Sin embargo la mineralogía de las fracciones pesadas de ambos ríos indica que los procesos metalogenéticos que han operado en ambos sectores son diferentes. La presencia mayoritaria de metálicos nativos (Cu, Ni, Au) en los sedimentos del río Cayo Guam es indicadora de intensos procesos de serpentinización, en contraste con una de mayor cantidad de oro, menor cantidad de metálicos nativos, abundantes sulfuros hidrotermales

en vetas de cuarzo con sulfuros y carbonatos secundarios de cobre indicadores de ambientes hidrotermales en la cuenca del río Quesigua.

Tabla 3.2. Composición mineralógica de los concentrados pesados de los sedimentos portadores de oro (Según Díaz, R., 1996; Díaz-Martínez et al., 1998; Vila, A., 1999).

Tipos de Fracciones	Sedimentos del río Quesigua	Sedimentos del río Cayo Guam	Sedimentos de playa Mejías	Sedimentos de playa Jiguaní	Perfil de Intemperismo
Magnética	magnetita, goethita, hematita, pirrotina (?)	magnetita, goethita, hematita, pirrotina	magnetita, titanomagnetita,	magnetita, goethita.	hematita, magnetita, goethita.
Electro-magnética	cromita, ilmenita, piroxenos, hematita, granates.	cromita, ilmenita, piroxenos, hematita, granates.	ilmenita, cromita, titanita, hematita, vesuvianita férica, dióxido, cromita aluminica, zircón, talco, rutilo, ankerita, epidota.	ilmenita, cromita, piroxenos, granates, hematita, anfíboles.	hematita, cromita, piroxenos,
No electro magnética pesada	zircón, rutilo, leucoxeno, granates, oro, sulfuros de Fe y Cu, malaquita, azurita.	zircón, rutilo, leucoxeno, grosularia, uvarovita, oro, plomo nativo, Pt Nativo, Cobre nativo, moissanita, sulfuros de EGP .	rutilo, zircón, leucoxeno, grosularia, apatito, minerales de tierras raras ligeras, níquel nativo, arseniuros de níquel, oro, oro mercurial, sulfuros y arseniuros de EGP	rutilo, esfena, zircón, oro, leucoxeno, cinabrio.	rutilo, oro, sulfuros de cobre, plata nativa, cobre nativo.
No electro magnética ligera	plagioclasas, serpentinas, bastitas, carbonatos, cuarzo.	plagioclasas, serpentinas, bastita, carbonatos, cuarzo.	plagioclasas Serpentinatas, carbonatos, punpellyita, cuarzo.	plagioclasas, serpentina, carbonatos, cuarzo.	cuarzo cristal de roca, ópalo calcedonia, carbonatos.

La concentración de los elementos del grupo del platino (EGP) en la fracción magnética de los concentrados pesados del río Quesigua y Cayo Guam (Tabla 3.3) alcanza valores de 207 y 385 ppb respectivamente. Estos altos valores pudieran estar relacionados con la presencia de fases minerales magnéticas portadoras de EGP, tales como pirrotina, isoferroplatino, ferroplatino, etc.

La composición de los concentrados pesados de los sedimentos de las playas Mejías y Jiguaní indica que la principal área fuente son las rocas ofiolíticas de la faja Mayarí-Baracoa. No obstante, los sedimentos de playa Mejías tienen diversas procedencias como lo prueban la presencia de hasta cuatro tipos de cristales de zircón (Díaz-Martínez et al., 1996), minerales típicos de asociaciones listveníticas (epidota, ankerita, grosularia), partículas de minerales de elementos del grupo del platino (laurita rica en

osmio e iridoarsenita) provenientes de mineralizaciones en las rocas ultrabásicas atravesadas por los cursos fluviales del río Sagua de Tánamo.

Tabla 3.3 Composición elemental (EGP+Au) en arenas y algunas rocas ofiolíticas presentes en la región Sagua-Moa. Los análisis fueron realizados por ICP-MS.

Tipo de material	No. muestra	Tipo Fracción	Concentraciones de EGP y Au (ppb)							
			Au	Ir	Os	Pd	Pt	Rh	Ru	ΣEGP
Arenas de playa Mejías	Cu-106	Arenas sin beneficio	93	4	X	6	5	3	13	31
Arenas de playa Mejías	Cu-107	Arenas sin beneficio	38	3	X	3	2	X	5	13
Arenas de playa Mejías	Cu-108	Arenas sin beneficio	32	2	2	3	X	1	5	13
Arenas de playa Mejías	Cu-109	Arenas sin beneficio	X	3	X	X	3	1	6	13
Arenas de playa Mejías	Cu-100	No magnética	867	X	X	X	3	X	X	3
Aluviones de Cayo Guam	Cu-103	Magnética	12	16	11	70	71	8	31	207
Aluviones de Cayo Guam	Cu-101	No magnética	X	X	X	3	X	X	X	3
Aluviones del Río Quesigua	Cu-102	Magnética	13	10	6	217	127	7	18	385

En la mina de cromita Monte Bueno, ubicada en la cercanía de la playa Mejías se han revelado minerales de la serie laurita-erlichmanita con texturas cataclásticas (Proenza, J., comunicación personal) muy similares a la reportada en Mejías por Díaz-Martínez, R., et al. (1998). Estas texturas se producen durante la serpentización, en condiciones de muy bajas fugacidades de azufre y de oxígeno (Proenza, 1998) y han sido observadas en las cromititas serpentizadas del complejo de Vourinos en Grecia (Garuti y Zaccarini, 1997), o en los placeres aluviales derivados de la erosión de complejos ofiolíticos, como los de Kalimantan en Borneo (Burgath, 1998), en los de Nueva Caledonia (Augé y Maurizot, 1995), o en los de Hokkaido en Japón y de Samar en Filipinas (Nakagawa y Franco, 1997).

La existencia de aleaciones naturales de oro-plata y oro mercurial en los concentrados pesados de playa Mejías permiten suponer procedencias de fuentes epitermales, las cuales podrían ubicarse dentro de los límites del Complejo Cerrajón, en donde ya se han reportado mineralizaciones de oro epidermal (Ramayo, 2003). La elevada frecuencia de aparición de zircón y rutilo en los aluviones de los ríos Castro, Cerrajón y La Novilla, así como en el río Miguel sugieren dos fuentes adicionales de aporte de sedimentos a la playa Mejías, las rocas del complejo Cerrajón y el melange La Corea.

La presencia de oro libre y sulfuros de cobre y metálicos nativos de plata y cobre en los concentrados pesados obtenidos a partir del lavado de los materiales lateríticos del sector Cabañas sugieren la existencia de una fuente mineral de origen hidrotermal muy vinculada a los procesos de silicificación que operaron en la zona probablemente durante el emplazamiento de los mantos tectónicos sobre las vulcanitas cretácicas.

3.3 Caracterización morfo-textural y composicional de los granos de oro en los sedimentos aluviales del río Quesigua. Implicaciones en la metalogena y la exploración.

3.3.1. Distribución del oro en los sedimentos aluviales

En los concentrados pesados de este río se revelaron 52 granos de oro (Tabla 3.4). El 83.83 % de las muestras analizadas dieron resultados positivos, mientras que el 16.16 % de las muestras no reveló la presencia de oro.

Tabla 3.4. Cantidad de granos de oro en las fracciones granulométricas de los concentrados pesados de los sedimentos fluviales del Río Quesigua.

Muestras	Cantidad de granos de oro por fracción			Total
	Fr < 0.1mm	0.1 – 0.21mm	0.21 – 0.4mm	
QSG-1	1	3	1	5
QSG-2	1	4	0	5
QSG-3	0	1	2	3
QSG-4	1	6	4	11
QSG-5a	0	2	0	2
QSG-5b	0	2	0	2
QSG-6	0	3	0	3
QSG-7	4	0	7	11
QSG-8	1	0	0	1
QSG-9	1	0	2	3
QSG-10	1	4	1	6
QSG-11	0	0	0	0
QSG-12	0	0	0	0
Total	10	25	17	52

Aunque la frecuencia de aparición de granos de oro es baja estos resultados no deben ser obviados debido al poco volumen de material sometido al lavado y la baja recuperación del oro fino.

La experiencia mundial advierte que solo el 30 % del oro de los aluviones puede ser recuperado con el método de batea, pues el efecto de elutriación permite la salida del oro fino durante la toma de muestras y el lavado. Una partícula de oro de tamaño inferior a

0.063 micrones tiene un coeficiente hidráulico muy similar a un grano de cuarzo de 0.1 mm y por tanto no se retiene en el concentrado de batea.

En la Figura 3.9 se observa un flujo mecánico de dispersión de oro continuo con dos sectores de elevadas frecuencias de aparición. La existencia de estos sectores de enriquecimiento obedece a zonas de acumulación natural del oro, tales como meandros muy pronunciados e intercepciones del curso principal con sus afluentes.

El oro se distribuye de forma muy irregular en las diferentes fracciones granulométricas analizadas (Tabla 3.4); el 5,2 % de los granos corresponden a la clase inferior a 0.1 mm, el 48,07 % corresponden a la clase 0.1-0.2 mm y el 32.69 % se ubicaron en la clase 0.2-0.4 mm.

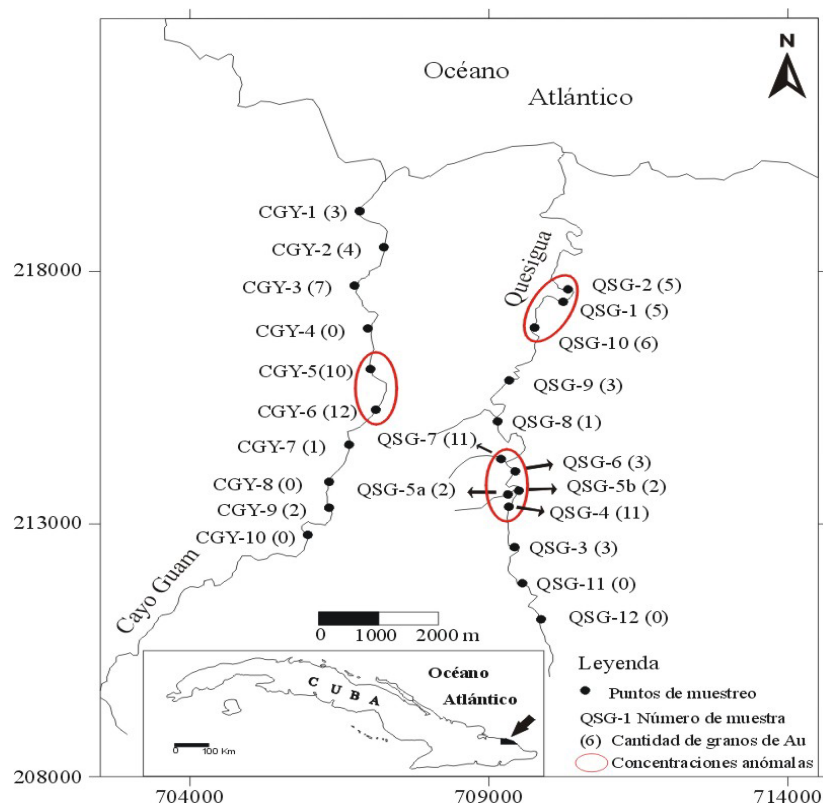


Figura 3.9. Mapa de datos reales que ilustra las muestras de concentrados pesados tomadas en los ríos Cayo Guam y Quesigua.

3.3.2. Rasgos morfo-texturales de los granos de oro del río Quesigua.

El 70 % de los granos analizados son alargados, con contornos muy irregulares (Figura 3.10A, 3.10C) puntiformes y ganchudos (Figura. 3.10A, 3.10B). Es frecuente observar formas euédrales, caras de octaedros y pequeños cubos deformados por los efectos de

impacto y rodaduras de los granos durante su transporte en medio fluvial (Figura 3.10A y 3.10B).

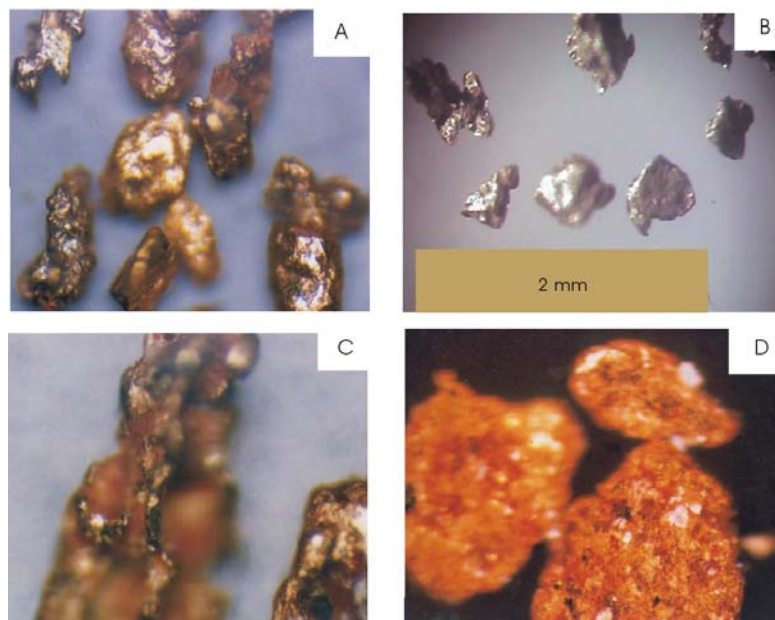


Figura 3.10 Microfotografías digitales de partículas auríferas presentes en los depósitos fluviales del río Quesigua. Aumento $32\times$ [B]; Aumento $20\times$ [ACD].

La superficie de las partículas es irregular con textura rugosa y frecuentes cavidades de disolución de otros minerales menos resistentes a los agentes de la meteorización. En ocasiones la superficie es cubierta por un material rojizo, al parecer pátinas de óxidos e hidróxidos de hierro proveniente de la alteración de sulfuros primarios.

La coloración de los granos es variable, observándose tonos de amarillo latón intenso hasta el amarillo claro y plateado. Estas variaciones de intensidades de colores y tonos se podrían explicar a partir del cambio de la composición química de las partículas.

El oro generalmente se presenta de forma libre, aunque en ocasiones también se entrecrece con cuarzo.

Para la realización del estudio morfométrico se seleccionó la clase 0.1-0.2 mm por ser la más representativa. A partir de las mediciones del largo (L), ancho (A) y grosor (G) de los granos de oro (Tabla 3.5) se calcularon las relaciones G/A y A/L . Estos valores fueron ploteados en el diagrama de Zingg (1985). Según se observa en la Figura 3.11 los granos de oro presentes en los sedimentos aluviales de esta cuenca se clasifican como esferoidal-tabular.

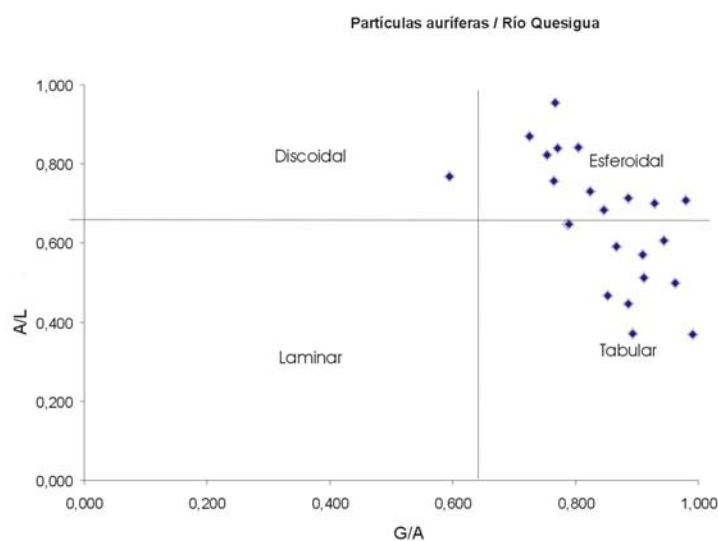


Figura 3.11. Diagrama de clasificación morfológica (Según Zingg., 1985) de las partículas auríferas identificadas en los sedimentos fluviales del río Quesigua.

En la Tabla 3.5 se muestran los parámetros morfométricos (IA y CSF) de los granos de oro de la cuenca del río Quesigua.

Tabla 3.5 Parámetros morfométricos de los granos de oro del río Quesigua (L, A y G en mm).

Muestras	No. granos	L	A	G	IA	CSF
QSG-1	1	0,163	0,119	0,098	1,44	0,7
	2	0,227	0,106	0,090	1,84	0,6
	3	0,251	0,112	0,099	1,83	0,58
QSG-2	4	0,127	0,107	0,086	1,36	0,72
	5	0,123	0,101	0,076	1,47	0,7
	6	0,271	0,1	0,099	1,87	0,6
	7	0,217	0,111	0,101	1,62	0,63
QSG-3	8	0,212	0,121	0,11	1,51	0,68
	9	0,212	0,15	0,147	1,23	0,85
QSG-4	10	0,26	0,2	0,119	1,93	0,52
	11	0,202	0,153	0,117	1,52	0,67
	12	0,153	0,146	0,112	1,33	0,79
	13	0,2	0,14	0,13	1,31	0,77
	14	0,17	0,14	0,11	1,00	0,71
QSG-5a	15	0,209	0,149	0,132	1,36	0,76
	16	0,17	0,142	0,113	1,00	0,8
QSG-5b	17	0,27	0,112	0,102	1,65	0,58
	18	0,21	0,105	0,101	1,56	0,7
QSG-6	19	0,16	0,146	0,1	1,53	0,7
	20	0,22	0,15	0,13	1,17	0,71
	21	0,28	0,18	0,17	1,25	0,76
QSG-10	22	0,19	0,13	0,103	1,23	0,65
	23	0,187	0,157	0,121	1,42	0,69
	24	0,209	0,182	0,132	1,48	0,67
	25	0,28	0,18	0,164	1,25	0,73

El IA fluctúa entre 1.00 y 1.93 con valor medio de 1.4 pudiéndose considerar muy bajo si se compara con los valores obtenidos en los granos de oro de los sedimentos de playa. La curva de distribución del IA es muy irregular con pendientes positivas y negativas de un grano a otro (Figura 3.12).

El Factor de forma Corey (CSF) alcanza valores elevados en el rango de 0.52 – 0.85. La media, moda y mediana es de 0.7 y la desviación estándar es de 0.07. Estos valores se ajustan a una ley de distribución normal. El diagrama del CSF (Figura 3.12) muestra una distribución plana lo que indica un comportamiento homogéneo de este parámetro a todo lo largo de la cuenca fluvial

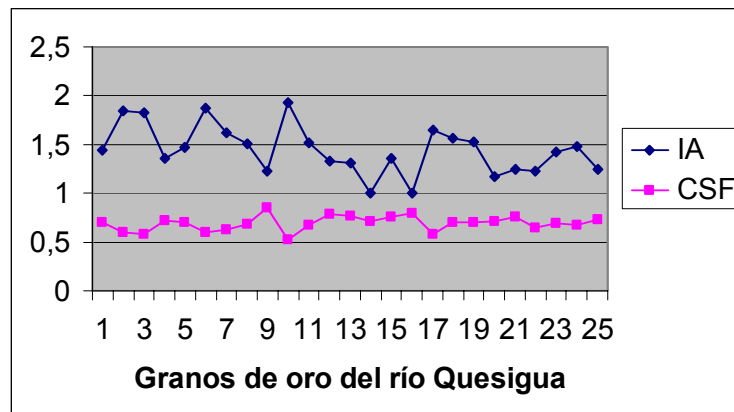


Figura. 3.12. Diagrama de distribución del IA y el CSF de los granos de oro del río Quesigua.

Teniendo en cuenta el análisis de los rasgos morfo-texturales y el cálculo del IA las partículas de oro del río Quesigua han sufrido poco transporte y por tanto sus fuentes primarias deben buscarse en los alrededores de los puntos de muestreos a distancias inferiores a los 50 metros.

3.3.3. Composición química de los granos de oro de los sedimentos aluviales del río Quesigua.

La composición química de los granos de oro es muy heterogénea (Figuras 3.13 y 3.14). Las partículas presentan estructura compleja, con zonas enriquecidas en oro y oro-plata. La textura interna es porosa debido a los efectos de corrosión provocadas por soluciones químicas; estos poros alcanzan diámetros de hasta 1 micrón; se observan zonas ennegrecidas (huecos) en el interior de los granos con dimensiones superiores a las 10 micras. Estas zonas responden a la presencia de cuarzo. Los bordes se encuentran muy alterados, con entrantes y salientes muy pronunciados; en ellos se observa una banda muy delgada, de aproximadamente 5 micrones con tonos de grises más claros,

pudiéndose interpretar como zonas con oro de alta ley. El número atómico del oro (79) al ser mucho mayor que el de la plata (47) produce una mayor retrodispersión del haz de electrones que incide en la superficie del grano y como consecuencia las zonas más claras o iluminadas indican que la cantidad de oro es mucho mayor que la de plata. Estos fenómenos son claramente observables en la Figura 3.13 A, B y C. En la Figura 3.13 D, que representa una vista ampliada de la Figura 3.13 B se puede observar el límite entre dos zonas, una más clara que la otra; las zonas más claras al mismo tiempo poseen oquedades muy oscuras y bordes mucho más irregulares que en las zonas más oscuras; estas oquedades representan incrustaciones de cuarzo.

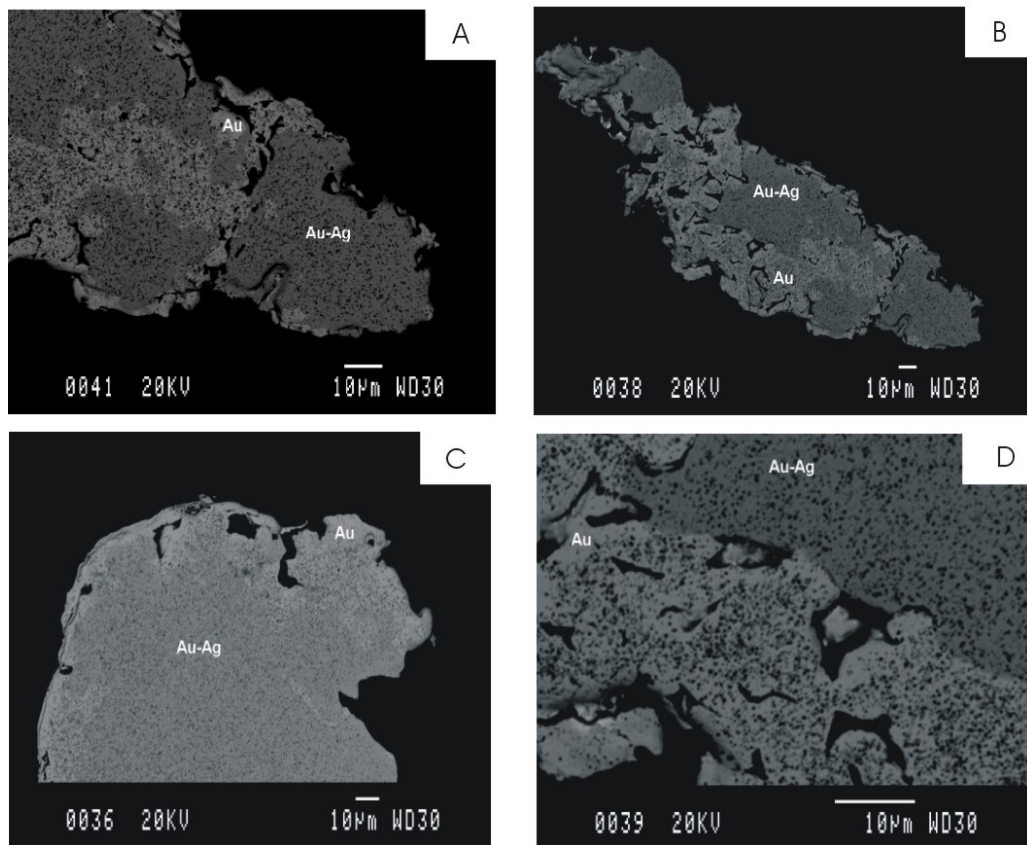


Figura 3.13. Imágenes de electrones retrodispersados de partículas de oro identificadas en los sedimentos fluviales del río Quesigua. Nótese el aspecto corroído de los bordes y superficies de las partículas, así como granos de oro de diferentes composiciones. Las zonas más claras corresponden a las mayores concentraciones de Au.

Los mapas de distribución elemental obtenidos a partir de imágenes de rayos X reflejan las variaciones composicionales de oro y plata. En el mapa de distribución de oro (Figura 3.14B) se revelan zonas con concentración por encima del 80 %. Estas zonas se ubican indistintamente en toda la partícula, pero con un mayor predominio hacia los bordes

donde se alcanzan valores de hasta 98 % de Au. En el núcleo del grano los contenidos de oro disminuyen con respecto al borde.

En el mapa de distribución de la plata (Figura 3.14C) sucede lo contrario; hacia la parte central e inferior derecha del grano predomina el color amarillo latón lo que significa que la plata alcanza valores entre un 50 y un 70 % en peso. El mapa de cobre no ofrece información alguna.

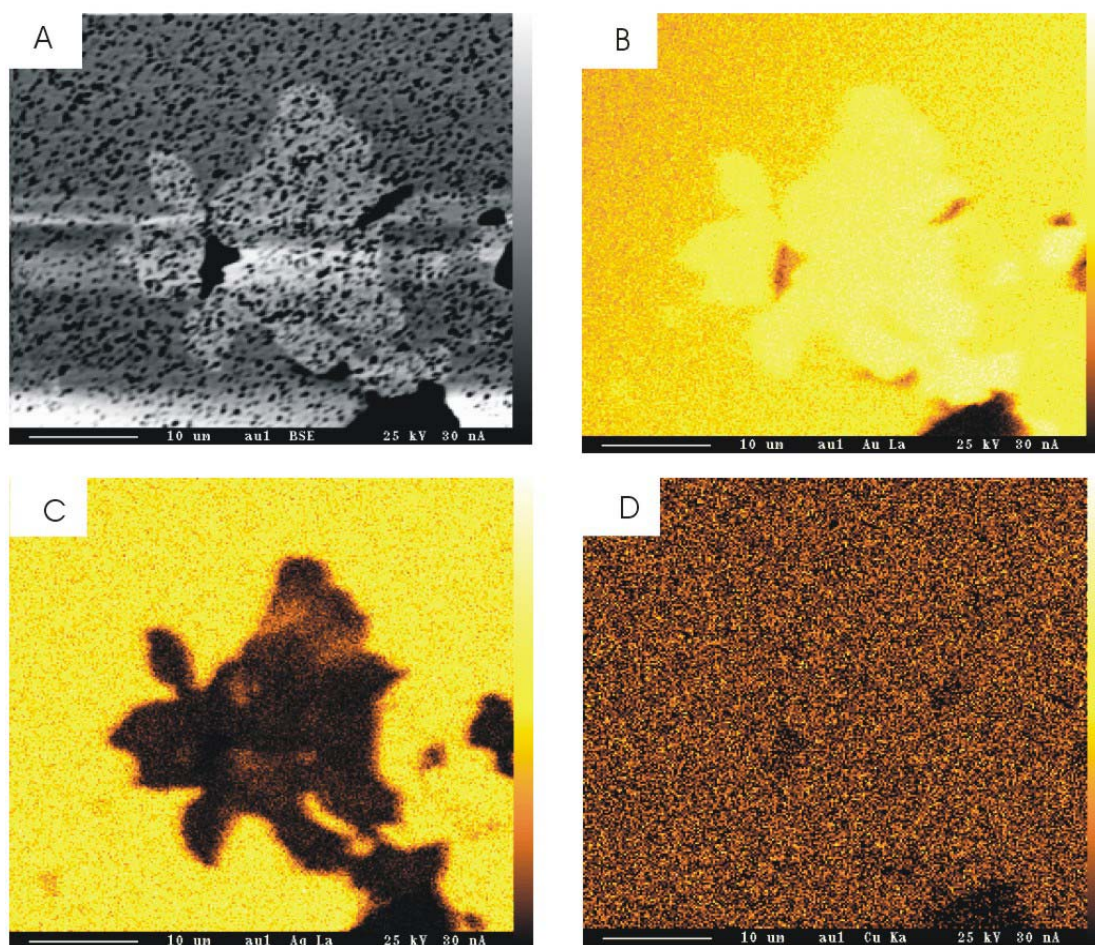


Figura 3.14 A: Detalle de una partícula aurífera, identificada en los sedimentos fluviales del río Quesigua, exhibiendo estructura y composición compleja observada en sección pulida mediante el microscopio electrónico de barrido (imagen de electrones retrodispersados). Nótese el aspecto corroído en la superficie de la partícula. B: Mapa de distribución de Au en la pepita anterior, a partir de rayos X, obtenido mediante microsonda electrónica. Se distinguen diferentes subgranos con diferente proporción de oro. C: Mapa de distribución de Ag de la misma partícula, a partir de rayos X, nótese los subgranos más ricos en Ag, englobando un subgrano más rico en oro. D: Mapa de distribución de Cu en la misma partícula, nótese la ausencia de este metal.

Los diagramas ternarios construidos a partir de los datos de microsonda electrónica (Anexo 3.1^a y 3.1B.) representan los sistemas Au-Ag-Cu (Figura 3.15 A) y Au-Ag-Hg (Figura 3.15 B). Como se puede observar la mayoría de los granos analizados se ubican

en el eje Au-Ag correspondiendo a fases minerales de Au-Ag con composiciones próximas al electrum y el oro nativo. Los contenidos de oro oscilan entre 69.07 y 78.64 % en peso mientras que la plata oscilan entre 20.23 y 31.18 % en peso. Tres granos analizados puntualmente en diferentes partes arrojaron valores de oro entre 98.31 y 98,46 % en peso, mientras que la plata osciló entre 1.40 y 2.34 % en peso.

El mercurio alcanza valores de hasta 0.34 % en peso y se empobrece en las zonas de mayor concentración de oro, llegando a alcanzar valores entre 0.00 y 0.15 % en peso.

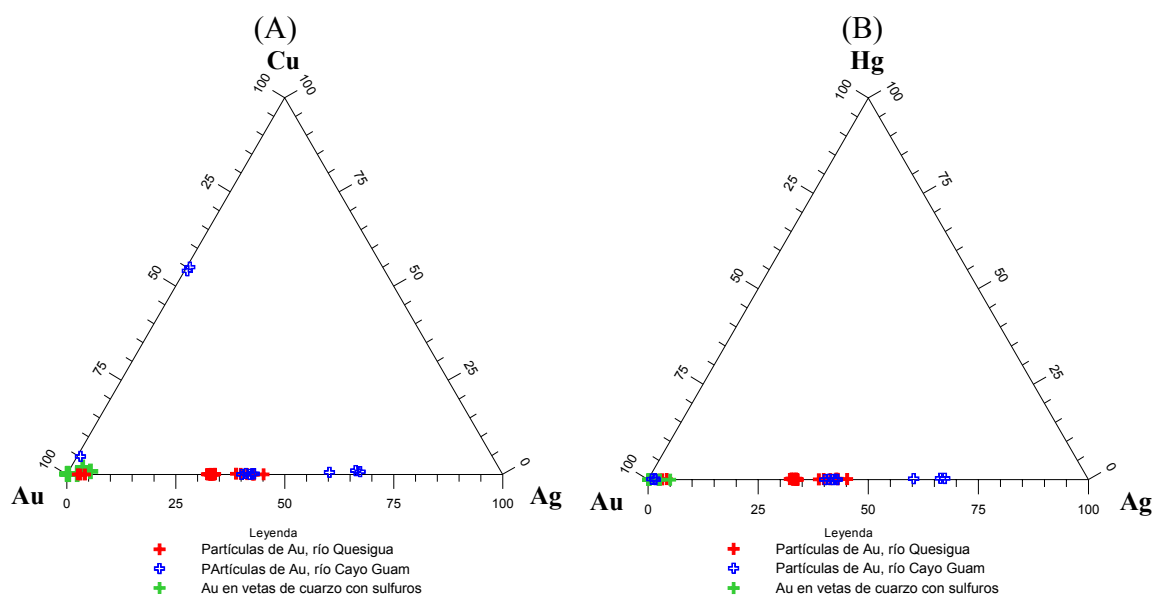


Figura 3.15. Diagramas ternarios que reflejan la composición química (% Atómico) de los granos de oro identificados en los sedimentos fluviales de los ríos Cayo Guam y Quesigua, estudiadas en los sistemas Au-Ag-Hg [A] y Au-Ag-Cu [B]. A manera de comparación también se muestran, en estos mismos sistemas, la composición de los granos de oro primario analizados por Ramayo (2003) en las vetas de cuarzo con sulfuros de la cuenca del río Quesigua. Se tomaron los datos del Anexo 3.1B.

Según los resultados cuantitativos el 91.17 % de los análisis realizados responden a composiciones próximas a electrum con valores de oro entre 69.07 y 79.26 % en peso y plata entre 31.18 y 20.76 % en peso (Anexo 3.1A).

El 8.82 % en peso corresponden a oro nativo con valores entre 98.31 y 98.46 % en peso. Al realizar varios perfiles de microsonda electrónica y analizar la fineza del oro puntualmente de borde a centro de grano se puede observar las variaciones del oro respecto a la plata. En los bordes la fineza del oro alcanza valores de hasta 805 mientras que hacia el núcleo de la partícula disminuye hasta 707 (Figura 3.16). Esto se traduce en un aumento del oro con respecto a la plata en los bordes mientras que hacia el núcleo sucede lo contrario, aumentando significativamente la plata. Si se observa la imagen que

aparece representada en la Figura 3.16B las zonas más claras son las que a su vez poseen mayores finezas del oro.

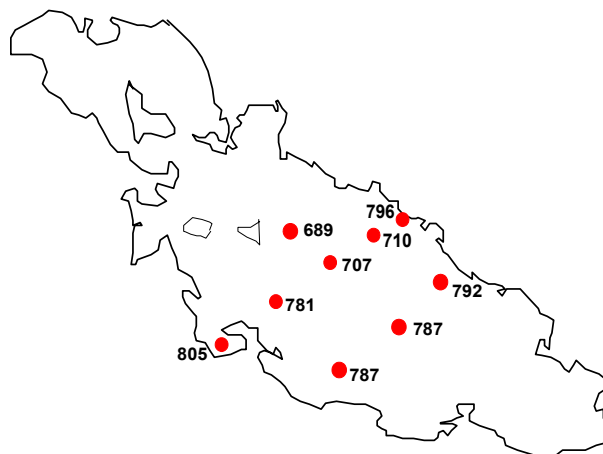


Figura 3.16. Contorno del grano de oro que se muestra en la Figura 13.3 B con varios perfiles de microsonda electrónica.

El análisis comparativo con los resultados obtenidos por Ramayo (2003) evidencia que existe oro nativo en vetas de cuarzo con sulfuros. Este oro no contiene plata; el cobre y hierro son muy bajos, mientras que el mercurio no se reporta o está por debajo del límite de detección de la microsonda electrónica (Anexo 3.2).

En resumen los granos de oro de la cuenca del río Quesigua poseen composiciones variables de oro y plata, predominando aquellas correspondientes a electrum y oro nativo.

3.3.4. Interpretación de los resultados y sus Implicaciones en la metalogena y la prospección geológica.

Los resultados del análisis morfo-textural de los granos de oro presentes en los sedimentos aluviales del río Quesigua han permitido establecer varios aspectos fundamentales. En primer lugar las formas cristalinas y modificadas de los granos por efectos de impacto y disolución superficial de oro y plata sugieren una naturaleza primaria del oro. En segundo lugar, los bordes irregulares, con terminaciones puntiagudas y ganchudas, cuarzo entrecrecido, así como valores del índice de aplastamiento bajo (1.00 – 1.93) y valores altos del CSF (0.52 – 0.85) indican que las áreas fuentes de procedencia del oro aluvionar se ubican muy cerca del área de distribución de los flujos mecánicos de dispersión, a distancias inferiores a los 50 metros.

En tercer lugar, las variaciones composicionales complejas de los granos de oro y su textura porosa vista a través de las imágenes de electrones retrodispersados y mapas de rayos X indican procesos de corrosión en que la plata y el mercurio a nivel de borde de grano son lixiviados en proporciones diferentes.

Estos procesos debieron ocurrir “in situ” antes de que las partículas de oro llegaran a las zonas de acumulación aluvial y son el resultado de la oxidación de las vetas de cuarzo con sulfuro donde el oro y el electrum se encuentran libres. Los mayores valores de oro ocurren en los bordes de grano, con fineza de hasta 805 disminuyendo hasta 707 hacia las zonas internas o núcleos de los granos.

Partiendo de lo antes expuesto cabe pensar que inicialmente la partícula debió ser un electrum, pues la composición química de los núcleos de los granos se conservan durante la acción de los agentes químicos del intemperismo, sobretudo los ácidos fúlvicos propios de terrenos tropicales. A esto se debe añadir los modestos contenidos de mercurio (hasta 0.34 % en peso) en las partes centrales, los que disminuyen hacia la periferia del grano.

Los granos de oro se asocian a vetas de cuarzo en las cuales fueron determinadas inclusiones fluidas en cuarzo de tipo acuosa ricas en CO₂ y acuo-carbónicas. Las salinidades calculadas oscilan entre 5 y 13 % en peso NaCl_{equiv.} y una temperatura de formación que varía entre 293 y 428°C (Ramayo, 2003). Estas condiciones son propias de ambientes de deposición de metales mesotermales.

Al analizar estos aspectos de suma importancia en la metalogenia y la prospección geológica cabría preguntarse entonces ¿existen varias fuentes de oro en la cuenca del río Quesigua?, la respuesta es no; aquí existe una única fuente, las vetas de cuarzo con sulfuros y oro ya meteorizados y transformados en gossans inmaduros. El análisis comparativo de estos resultados con los alcanzados por Ramayo (2003) permite confirmar que la fuente primaria del oro de los aluviones del río Quesigua lo constituye, sin lugar a dudas, las vetas de cuarzo con sulfuro y oro que afloran en el área de un posible origen mesotermal u oro orogénico.

La ausencia de antimonio y arsénico en los granos analizados explicaría una mayor profundidad del corte erosivo y por tanto si se decidiese realizar una campaña de exploración geológica estos elementos no se contemplarían durante la campaña

geoquímica. Los modestos valores de mercurio en los granos de oro justifica el empleo de este elemento en una campaña geoquímica en suelos residuales.

Por todo lo antes expuesto se concluye que las áreas fuentes están relacionadas con mineralizaciones de oro hidrotermal, probablemente mesotermal u oro orogénico y estas fuentes se ubican muy próximas a los flujos mecánicos de dispersión de oro. La campaña geoquímica a realizar en suelos residuales con el fin de revelar anomalías de de oro de valor práctico debe contemplar el sector seleccionado como área fuente para la búsqueda de mineralización aurífera primaria (Anexo 3.6).

3.4. Caracterización morfo-textural y composicional de los granos de oro en los sedimentos aluviales del río Cayo Guam. Implicaciones en la metalogena y la exploración.

3.4.1. Distribución del oro en los sedimentos aluviales

En los concentrados pesados del río Cayo Guam se revelaron 39 granos de oro (Tabla 3.6). En la fracción granulométrica menor de 0,1 mm se revelaron 23 granos para un 58.97 %; en la fracción 0.1 – 0.21 mm se revelaron 15 granos para un 38.46 %, mientras que en la fracción 0.21 – 0.4 mm se reportó un solo grano lo que representa el 2.56 % del total de granos identificados. Por tanto las fracciones finas son las que concentran oro en esta cuenca.

Tabla 3.6 Cantidad de partículas auríferas en las fracciones granulométricas más representativas en los sedimentos fluviales del río Cayo Guam.

Muestras	Cantidad de granos de oro por fracción			Total
	Fr < 0.1mm	0.1 – 0.21mm	0.21 – 0.4mm	
CGY-1	1	2	0	3
CGY-2	3	1	0	4
CGY-3	4	3	0	7
CGY-4	0	0	0	0
CGY-5	6	4	0	10
CGY-6	7	4	1	12
CGY-7	0	1	0	1
CGY-8	0	0	0	0
CGY-9	2	0	0	2
CGY-10	0	0	0	0
Total	23	15	1	39

De forma general el oro presente en los sedimentos aluviales del río Cayo Guam se distribuye de forma muy irregular en las diferentes fracciones granulométricas analizadas con tendencia hacia las fracciones menores de 0,1 mm.

Los mayores contenidos de oro en los concentrado pesado de este río se observan hacia la parte baja de río donde predominan sedimentos finos y muy finos. Un rasgo importante de esta cuenca es la elevada concentración de cromitas debido a la existencias de yacimientos de cromitas que fueron explotados en el pasado y que aun quedan cuerpos aflorando que al erosionarse depositan los minerales de cromo en el lecho y riveras del curso actual. La cantidad de granos de oro en el flujo mecánico de dispersión disminuye desde la muestra CGY-6 a la CGY-1 (Figura 3.9) es decir aguas abajo con muy baja frecuencia de aparición de los granos de oro.

3.4.2. Rasgos morfo-texturales de los granos de oro del río Cayo Guam.

Las partículas de oro se presentan de diversas formas (Figura 3.17), predominando los granos irregulares con caras vagamente redondeadas, tabulares y esferoidales; también es muy común observar formas tabulares las que en ocasiones exhiben caras cristalinas bien definidas (Figura 3.17A).

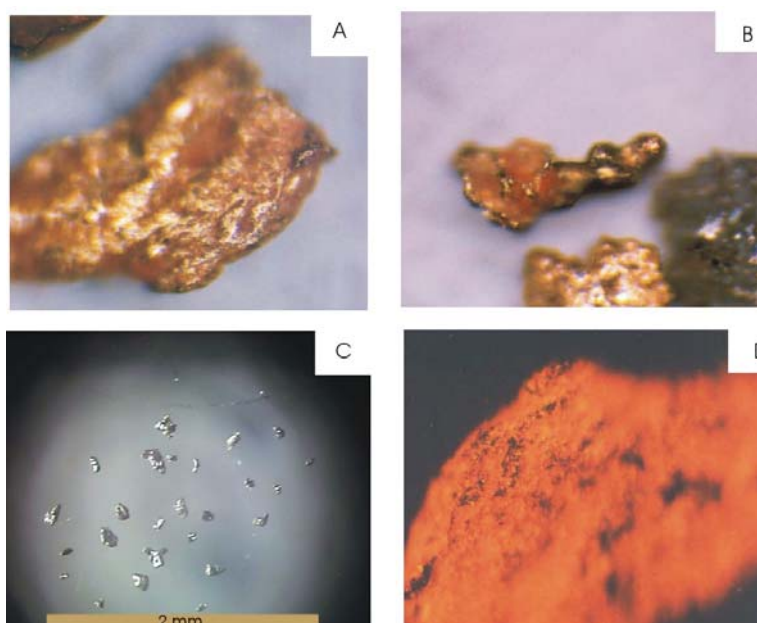


Figura 3.17. Microfotografías digitales de partículas auríferas presentes en los depósitos fluviales del río Cayo Guam. Tomadas con una cámara digital LG acoplada a un microscopio Tehcnival-2. Aumento $20\times$ (ABD) y $32\times$ (C). Nótese las superficies rugosas que exhiben las partículas (A y B) así como la presencia de bordes angulosos y subangulosos.

Los bordes suelen ser cóncavos y convexos.

La superficie es rugosa y algo carriada, todo lo cual evidencia fenómenos de corrosión. El oro se presenta libre y en su superficie se observan pátinas o manchas de óxidos de hierro.

El estudio morfométrico fue practicado a los granos de oro de la clase granulométrica inferior a 0,1mm por ser esta la más representativa (Tabla 3.6). Según se observa en el diagrama de clasificación de Zingg (1985), la forma predominante es la esferoidal-tabular (Figura 3.18).

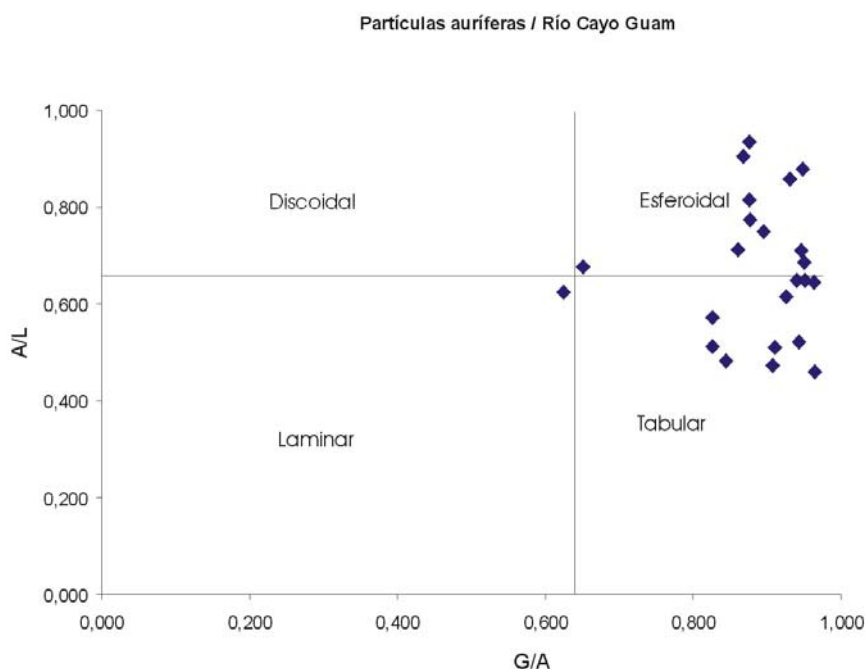


Figura 3.18. Diagrama de clasificación morfológica (Según Zingg., 1985) de los granos de oro identificados en los sedimentos fluviales del río Cayo Guam.

La Tabla 3.7 muestra los valores de los parámetros morfométricos (IA y CSF) de los granos de oro del Río Cayo Guam. Los valores del IA son bajos, en rangos que varían entre 1.09 y 1.95.

Tabla 3.7 Parámetros morfométricos de los granos de oro del Río Cayo Guam (L, A y G en mm).

Muestras	L	A	G	IA	CSF
CGY- 1	0,10	0,06	0,05	1,46	0,7
	0,10	0,07	0,06	1,49	0,7
CGY- 2	0,10	0,06	0,05	1,46	0,7
	0,20	0,09	0,09	1,65	0,7
	0,08	0,05	0,05	1,32	0,8
CGY- 3	0,10	0,09	0,06	1,74	0,6
	0,19	0,10	0,09	1,69	0,6
	0,21	0,09	0,07	1,22	0,8
	0,11	0,08	0,07	1,35	0,7
CGY- 5	0,11	0,10	0,10	1,09	0,9
	0,11	0,11	0,09	1,23	0,8
	0,21	0,10	0,09	1,81	0,6
	0,21	0,10	0,09	1,72	0,6
	0,10	0,09	0,06	1,67	0,6
	0,11	0,10	0,09	1,18	0,8
CGY- 6	0,10	0,09	0,08	1,23	0,8
	0,13	0,08	0,07	1,50	0,7
	0,20	0,10	0,09	1,61	0,7
	0,11	0,10	0,09	1,12	0,9
	0,22	0,08	0,08	1,93	0,6
	0,19	0,07	0,07	1,95	0,6
	0,21	0,10	0,09	1,81	0,6
CGY- 9	0,10	0,07	0,07	1,32	0,8

El Factor de forma Corey (CSF) alcanza valores elevados en el rango de 0.6 – 0.9, con valor promedio de 0.68 (Figura 3.19). Este factor de forma es mucho más homogéneo en su distribución a todo lo largo de la cuenca que el IA.

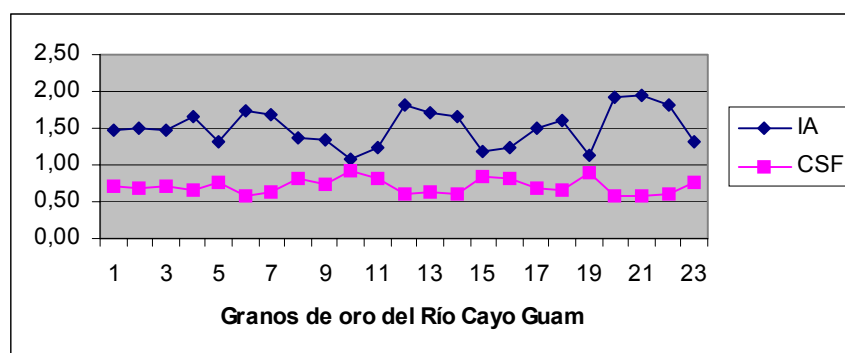


Figura 3.19. Curvas de distribución del IA y el CSF de los granos de oro del río Cayo Guam. Según los valores del IA y el CSF las áreas fuente del oro se ubican en las proximidades de los sectores de acumulación de los sedimentos aluviales (Anexo 3.6).

3.4.3. Composición química de los granos de oro del río Cayo Guam.

Los granos de oro identificados en los depósitos fluviales del río Cayo Guam presentan una estructura interna compleja y composición química muy heterogénea (Figura 3.20), como lo prueban las imágenes de electrones retrodispersados (Figura 3.20 B, 3.20D)

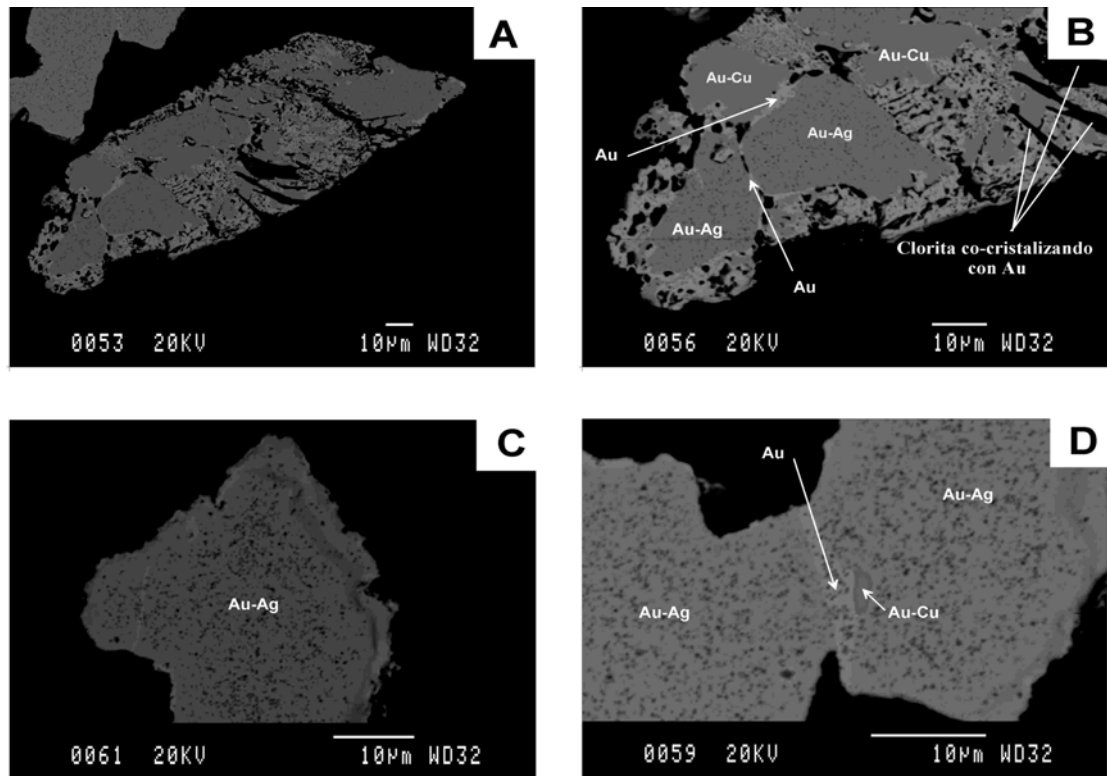


Figura 3.20 Partículas de oro del río Cayo Guam con estructura compleja observadas en sección pulida mediante el microscopio electrónico de barrido (imagen de electrones retrodispersados).

Estas partículas están compuestas por subgranos de composición diversa, que varían desde electrum hasta aleaciones intermetálicas oro-cobre (Figura 3.21B); estos últimos presentan superficies lisas, mientras que los subgranos de electrum se presentan corroídos de forma variable. El contacto entre los subgranos de electrum y entre estos y los de Au-Cu es a menudo difuso. Todo el conjunto se encuentra cementado por una generación tardía de oro puro.

Este oro en forma de películas intergranulares o vetillas de contactos muy netos se encuentra en los bordes de los granos o penetrando dentro de los mismos a través de los contactos entre los subgranos; su composición es muy homogénea (rica en Au y

pobre en Ag y se asocia casi siempre con porosidad localizada en los contactos entre los subgranos.

Las zonas muy enriquecidas en oro bordean todo el grano con un nivel de corrosión tal que devienen texturas muy porosas y esqueléticas. Los poros alcanzan dimensiones de hasta 5 micrones.

Los mapas de distribución elemental obtenidos a partir de rayos X (Figura 3.21) también prueban la composición química heterogénea a nivel de subgranos con diferentes proporciones de Au, Ag y Cu, donde se aprecian subgranos ricos en Au- Ag y Au-Cu dentro de una misma partícula aurífera. En el interior de los granos se observa clorita cocrystalizando con oro y cobre nativo (Figura 3.20B)

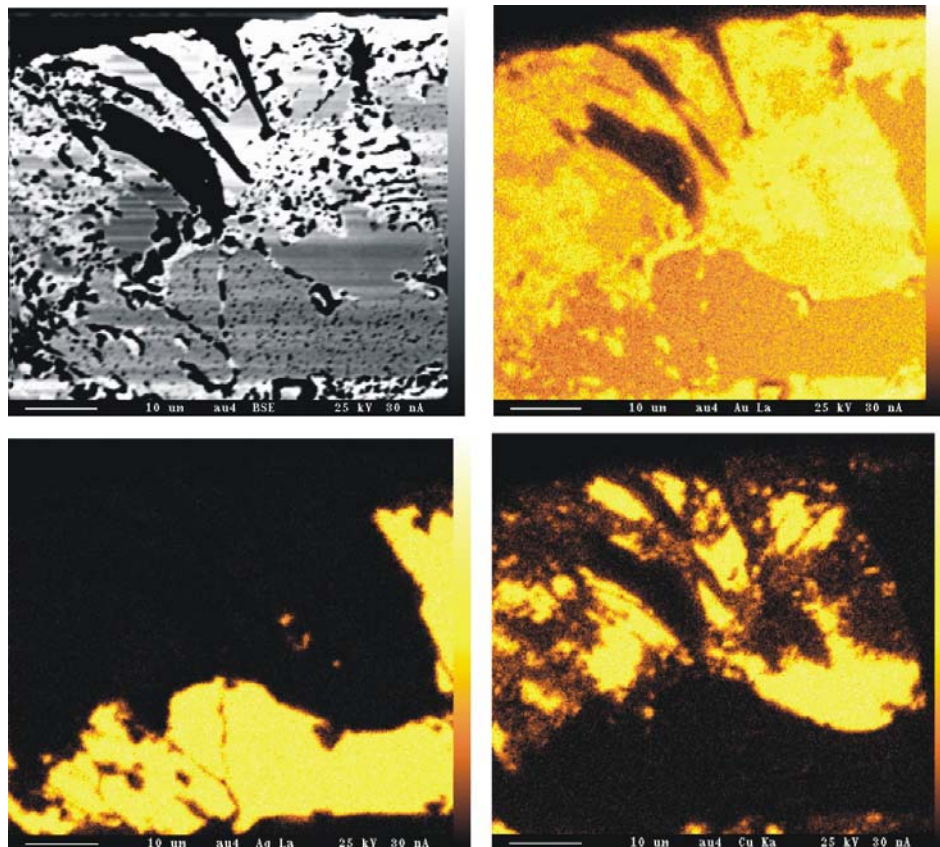


Figura 3.21 A: Detalle de una partícula aurífera, identificada en los sedimentos fluviales del río Cayo Guam, exhibiendo estructura, morfología y composición compleja observada en sección pulida mediante el microscopio electrónico de barrido (imagen de electrones retrodispersados). Nótese el aspecto corroído en la superficie de la partícula y cavidades superficiales irregulares. B: Mapa de distribución de Au en la pepita anterior, a partir de rayos X, obtenido mediante microsonda electrónica. Se distinguen diferentes subgranos con diferente proporción de oro. C: Mapa de distribución de Ag de la misma partícula, a partir de rayos X, nótese los subgranos más ricos en Ag, hacia la parte inferior y porción derecha de la imagen. D: Mapa de distribución de Cu en la misma partícula, nótese como los subgranos ricos en Cu están siendo englobados por subgranos ricos en Au y Ag.

La composición química puntual de los granos es muy heterogénea (Figura 3.15, Tabla 3.8) lo cual sugiere la existencia de un amplio espectro de soluciones sólidas en condiciones naturales en el sistema Au-Ag-Cu y Au-Ag-Hg. En los bordes esqueléticos el contenido de oro alcanza valores de 94 % en peso, mientras que la plata y el cobre alcanzan valores de 0.77 y 4.73 % en peso respectivamente. El mercurio en las zonas de mayor concentración de plata alcanza valores de hasta 0.33 % en peso.

Tabla 3.8. Composición química de los granos de oro de los sedimentos del río Cayo Guam. Arriba: en % en peso; abajo: en % atómicos.

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
1	71,320	26,20	0,00	0,000	0,035	97,55
2	69,136	28,52	0,02	0,074	0,000	97,75
3	73,070	27,88	0,09	0,100	0,000	101,14
4	72,825	28,86	0,00	0,000	0,070	101,75
5	47,402	53,74	0,46	0,338	0,000	101,94
6	70,077	0,65	0,00	28,095	0,000	98,82
7	70,295	0,53	0,17	27,036	0,146	98,18
8	96,147	0,43	0,12	1,559	0,116	98,38
9	47,182	51,19	0,47	0,462	0,000	99,31
10	53,439	44,52	0,33	0,239	0,050	98,58
11	71,044	28,79	0,11	0,044	0,020	100,00

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
1	59,790	40,100	0,000	0,000	0,10	99,99
2	56,920	42,880	0,010	0,190	0,00	100,00
3	58,750	40,930	0,070	0,250	0,00	100,00
4	57,910	41,900	0,000	0,000	0,20	100,00
5	32,240	66,740	0,310	0,710	0,00	100,00
6	44,250	0,750	0,000	55,000	0,00	100,00
7	45,130	0,630	0,110	53,810	0,33	100,00
8	93,990	0,770	0,120	4,730	0,40	100,00
9	33,100	65,570	0,330	1,010	0,00	100,00
10	39,300	59,780	0,240	0,540	0,13	99,99
11	57,330	42,420	0,080	0,110	0,06	100

3.4.4. Interpretación de los resultados y sus implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.

La presencia de formas euhedrales, irregulares, IA inferior a las 2 unidades y CSF entre 0.6 y 0.9 es un rasgo típico de los granos de oro de los sedimentos fluviales del río Cayo Guam. Por tanto, tal presencia tiene un significado práctico de gran valor para la prospección geológica debido a que indica la poca capacidad de transporte del oro en el medio fluvial y su desplazamiento por rodadura; Estos parámetros indican además una

cercanía de la áreas fuentes al sitio de deposición del oro, las cuales no sobrepasan los 50 metros. De hecho esta cuenca hacia la parte media forma un valle en forma de V muy estrecho cuyos partes aguas a ambos lados no sobrepasan los 150 metros.

Esta cuenca a pesar de estar muy próxima a la cuenca del río Quesigua difiere sustancialmente en cuanto a su geología, la mineralogía de los concentrados pesados y la composición química del oro.

En ella no se reportan rocas volcánicas, ni la presencia de vetas de cuarzo con sulfuros; Sin embargo existen indicios de alteración hidrotermal en las ultrabasitas serpentinizadas cercanas a los cuerpos de cromititas (Bárcena, comunicación personal).

En estas alteraciones los contenidos de oro llegan a alcanzar contenidos entre 300 y 400 ppb, valores considerados extremadamente anómalos si se tiene en cuenta que el fondo en una ultrabasita es 11.4 ppb de Au (Boyle, 1979).

Los fenómenos de alteración hidrotermal parecen ser los causantes de tales variaciones composicionales A nivel de subgrano se observaron aleaciones de Au-Cu. Estas aleaciones pudieran corresponderse con una fase mineral con composición próxima al tatraauricúprido estequiométrico $(\text{Cu}_{0.54} \text{Au}_{0.45})_{0.99}$.

Proenza et al. (1998) señala, en el caso del yacimiento Merceditas que las asociaciones minerales primarias están reemplazadas normalmente por diversas asociaciones de fases secundarias correspondientes a dos etapas de alteración; una primera etapa de serpentización en la que se forman serpentinas, magnetita, diversas aleaciones de Fe y Ni, elementos nativos (Ni, Au, Cu) y sulfuros de Ni y de Fe-Ni sucedida por una etapa de ferricromitización-cloritización en la que se produce el reemplazamiento parcial de la cromita por ferricromita y el reemplazamiento de los minerales del grupo de la serpentina por clorita.

En varios granos de oro se observa la presencia de clorita cocrystalizando con el oro (Figura 3.20B) lo que sugiere que la formación de granos de oro nativo entre la ganga silicatada no es un proceso primario sino que estuvo ligado al procesos de serpentización-cloritización de las ultrabasitas.

La alteración supergénica que actúa intensamente sobre los granos de oro ya formados produce la lixiviación del cobre y la plata dando texturas porosas y esqueléticas sobre todo en los bordes de los granos.

Los resultados alcanzados no permiten proponer esta área como perspectiva para la realización de campañas de prospección que orienten la búsqueda de mineralización primaria de oro de interés económico.

3.5. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en las arenas de playa Mejías: Implicaciones en la metalogenia y la prospección geológica.

3.5.1. Distribución del oro en las arenas de playa Mejías.

Las arenas negras de playa Mejías se caracterizan por la alternancias de capas negras y capas grises con restos de corales (Figura 3.22). En las capas oscuras se concentran significativamente los granos de oro.

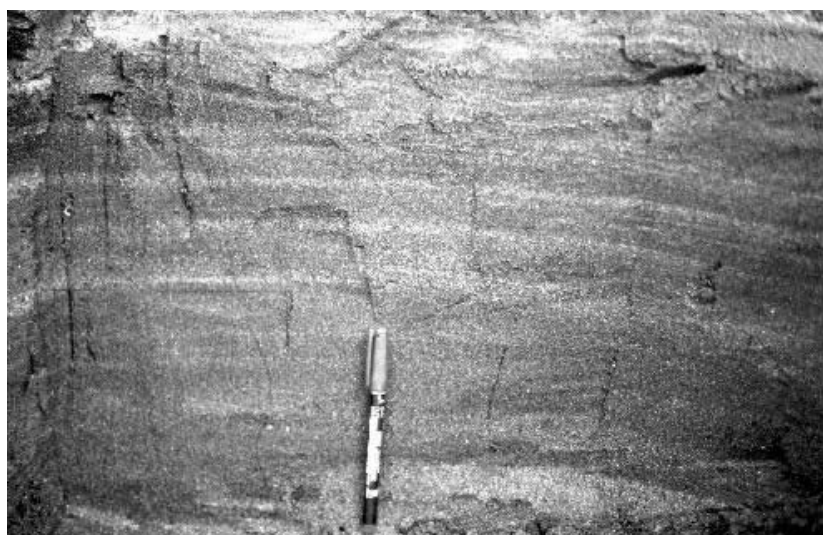


Figura 3.22 Detalle de una pared del pozo # 1, donde se observan las alternancias de arenas negras con arenas de color gris claro. Nótese la laminación.

En la Figura 3.23 se observa la ubicación de ambos pozos y la distribución de granos de oro por capas estudiadas. En total se revelaron 78 partículas, 40 en el pozo # 1 y 38 partículas en el pozo # 2.

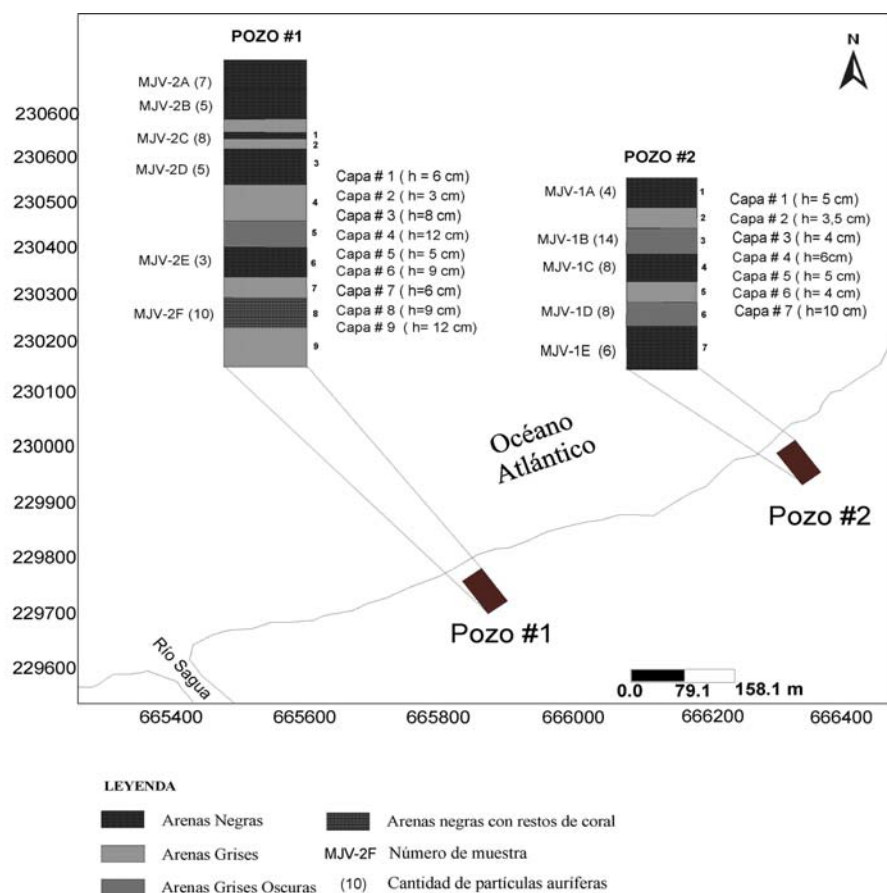


Figura 3.23. Esquema de ubicación de los pozos criollos en la playa Mejías y cantidad de granos de oro revelados.

En la clase granulométrica inferior a 0.1 mm se reportaron 48 partículas de oro (Tabla 3.9), por tanto se considera la más representativa.

Tabla 3.9. Cantidad de granos de oro en las fracciones granulométricas más representativas en los sedimentos marinos costeros del placer Mejías.

Muestras	Fr < 0.1mm	0.1 – 0.21mm	0.21 – 0.4mm	Total
MJV-1A	3	1	0	4
MJV-1B	8	6	0	14
MJV-1C	4	4	0	8
MJV-1D	5	3	0	8
MJV-1E	4	2	0	6
MJV-2A	4	3	0	7
MJV-2B	3	2	0	5
MJV-2C	4	4	0	8
MJV-2D	3	2	0	5
MJV-2E	3	0	0	3
MJV-2F	7	3	0	10
Total	48	30	0	78

Existe una tendencia hacia la concentración de oro hacia las capas más superficiales, por lo que se puede inferir que los sedimentos friables acumulados en la playa son recientes, probablemente del Cuaternario.

3.5.2. Rasgos morfo-texturales de las partículas de oro de las arenas de playa Mejías.

Las partículas de oro presentan formas irregulares (Figura 3.24), a veces vagamente redondeados con bordes cóncavos y convexos; la superficie aunque rugosa en algunos casos generalmente se presenta pulida y con color amarillo latón. En las aristas de los granos se observan cambios de tonalidades que van desde un amarillo pálido hasta verde amarillento, lo que supone cambios composicionales; el oro se presenta de forma libre.

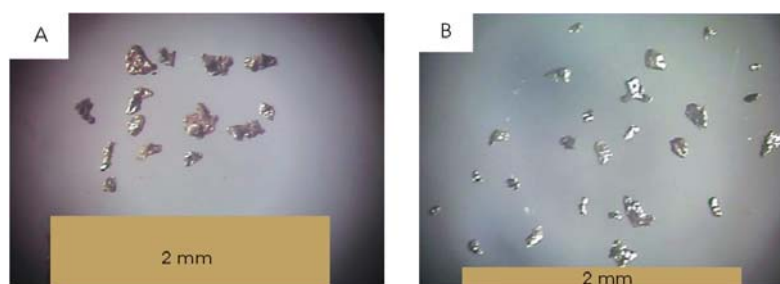


Figura 3.24 Microfotografías digitales de granos de oro en las arenas negras de playa Mejías. Aumento 32^x.

En el Anexo 3.3 se muestran los resultados de las mediciones del largo, ancho y grosor, Según el diagrama de clasificación de Zingg (1985) los granos de oro se clasifican como tabulares, laminares y discoidales, predominando la laminar (Figura 3.25).

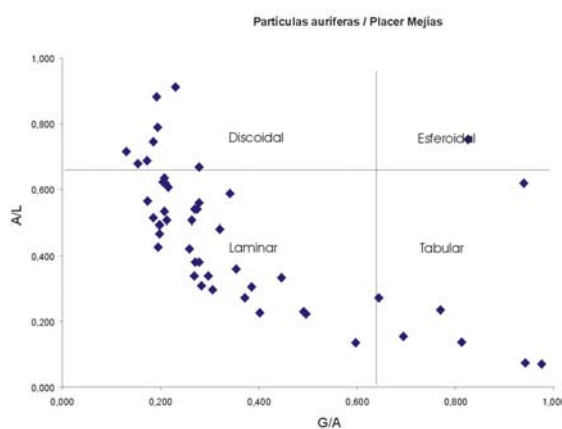


Figura 3.25. Diagrama de clasificación morfológica (Según Zingg., 1985) de los granos de oro identificados en las arenas de playa Mejías.

El estudio morfométrico realizado reveló valores del IA diferentes para cada pozo. En los pozos #1 y #2 el IA alcanzó los 5.75 y 6.82 unidades respectivamente; los valores del CSF para ambos pozos fueron de 0.2 y 0.18 respectivamente. Estos valores están en plena correspondencia con la distancia de transporte pues el pozo #1 se ubica a una menor distancia en relación con la desembocadura del río Sagua de Tánamo que el pozo #2. No se debe perder de vista que los granos de oro durante su transporte y deposición en medio marino sufren desgaste considerable alcanzando morfologías cada vez más laminares, con aspecto escamoso. Esta es una de las causas del porqué los placeres de oro de tipo marino costeros son muy raros en el mundo. Por lo general las mayores concentraciones de oro se ubican en los sectores más profundos de los taludes continentales, en los sedimentos abisales.

3.5.3. Composición química de los granos de oro de las arenas de playa Mejías.

Las imágenes de electrones retrodispersados (BSE) de los granos de oro identificados en las arenas de playa Mejías presentan una estructura compleja y composición química muy heterogénea (Figura 3.26).

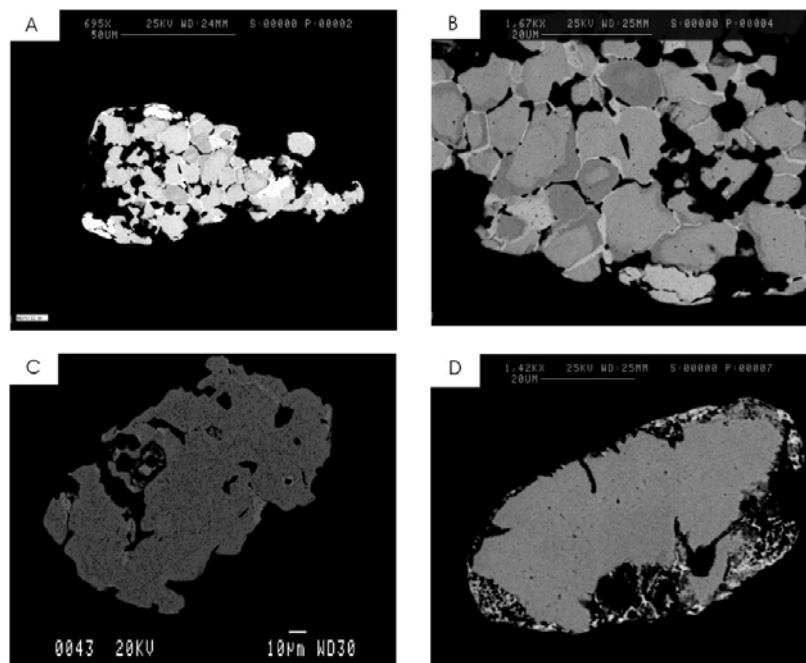


Figura 3.26. Imágenes de electrones retrodispersados de partículas auríferas, identificadas en los sedimentos de playa Mejías, presentando una composición y estructura compleja. Nótese el aspecto corroído de los bordes y superficies de las partículas, así como granos de oro de diferentes composiciones. Las zonas más claras corresponden a las mayores concentraciones de Au.

Los mapas de distribución elemental a partir de rayos X (Figura 3.27) muestran que los granos de oro están compuestos por subgranos de composición diversa, los cuáles se encuentran alterados en sus bordes y empobrecidos en oro con relación a la plata (Figura 3.27 B, C) y finalmente cementados por una generación tardía de oro puro. El conjunto se encuentra corroído de forma variable.

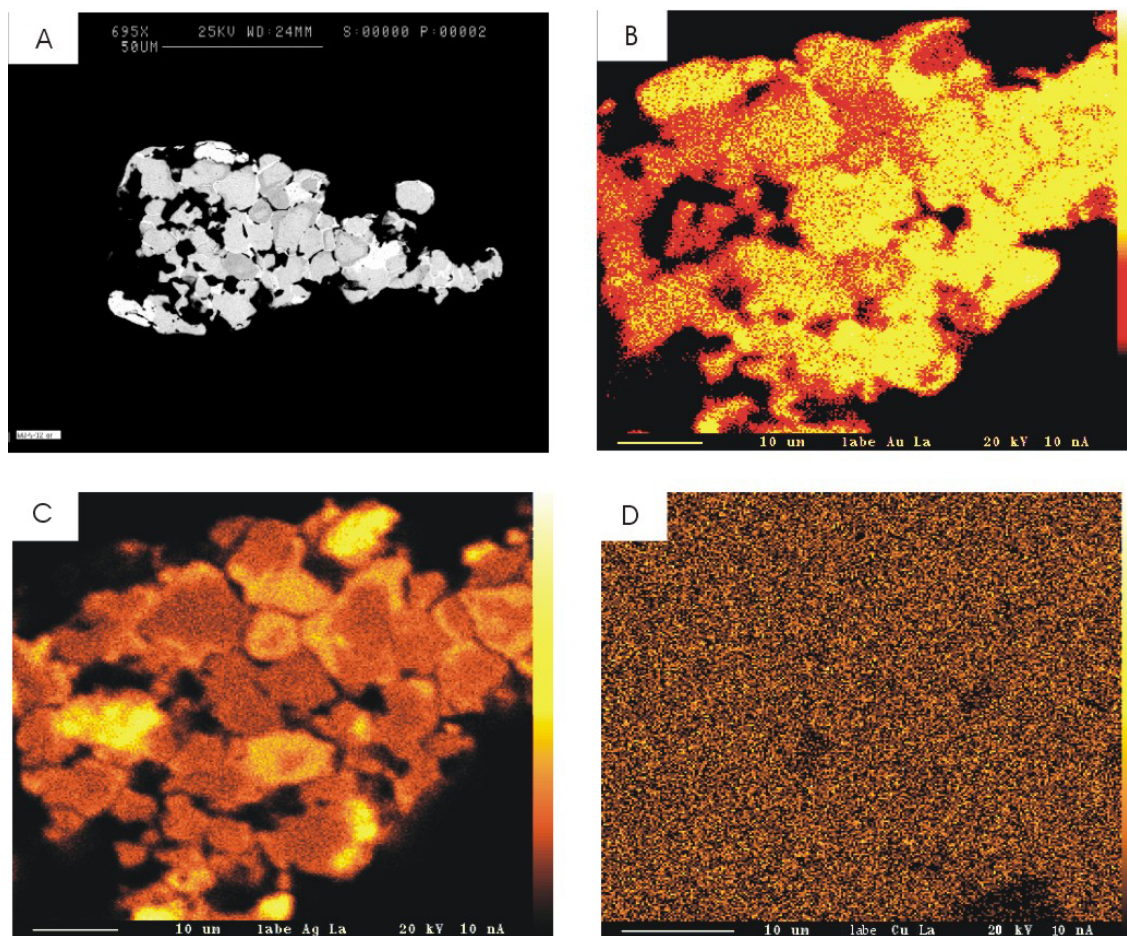


Figura 3.27. A: Partícula de oro, identificada en las arenas de playa Mejías, de estructura compleja observada en sección pulida mediante el microscopio electrónico de barrido (imagen de electrones retrodispersados). Nótese el aspecto corroído en los bordes de la pepita y en los bordes de los subgranos. Se distinguen subgranos de oro de diferente composición, generalmente ricos en Au (tonos intermedios de gris, ó parcialmente corroídos a electrum (gris oscuro). El conjunto es cementado por oro muy puro (color claro) y finalmente corroído (nótese los bordes cóncavos y convexos). B: Mapa de distribución de Au en la pepita anterior, a partir de rayos X, obtenido mediante microsonda electrónica. Se distinguen diferentes subgranos con diferente proporción de oro, y una generación tardía rica en oro cementando los subgranos. C: Mapa de distribución de Ag de la misma muestra. Nótese los subgranos inicialmente más ricos en Ag, así como las envueltas de electrum a partir de subgranos más ricos en oro. D: Mapa de distribución de Cu de la misma muestra, nótese la ausencia de Cu en las partículas del placer Mejías.

Los subgranos pueden ser de composición muy variable, y algunos de ellos presentan composiciones correspondientes a electrum, mientras que otros son de composiciones próximas a los extremos oro y plata. Algunos subgranos de electrum se encuentran reemplazados por una generación de electrum más pobre en oro; otros, no. El contacto entre ambos tipos de electrum es a menudo difuso.

La generación tardía de oro, en forma de películas intergranulares o vetillas de contactos muy netos (Figura 3.26 B), se encuentra dispuesta según los bordes del grano o penetrando dentro de los mismos a partir de los contactos entre los subgranos. A menudo esta generación de oro corta a la generación de electrum más pobre en oro. Esta generación tardía de oro es de composición muy homogénea y muy rica en Au y pobre en Ag.

Las partículas auríferas identificadas en los depósitos laterales marinos de playa Mejías, presentan contenidos medios de Au y Ag de 55,63 y 40,53 % en peso respectivamente, así como concentraciones promedias de Hg que alcanzan los 4,16 % de este elemento.

La composición química (Anexos 3. 4A, 3.4B) de los granos es muy heterogéneas y variadas en detalles como lo señalan los mapas de distribución elemental de Au, Ag y Cu (Figura 3.27B, 3.27C, 3.27D).

Estas partículas están compuestas mayoritariamente por aleaciones intermetálicas correspondientes a electrum, con contenidos de Ag que oscilan entre 37 - 63 % en peso, mientras que otras partículas presentan composiciones próximas al oro puro entre 88 - 97 % en peso, mientras que la plata alcanza el 77 % en peso.

El diagrama ternario Au-Ag-Hg (Figura 3.28A) muestra la presencia de granos de oro con contenidos anómalos de mercurio, con valores de hasta 20 % de este metal; estos agregados auríferos microscópicos enriquecidos con Hg, son conocidos internacionalmente con el término de amalgama.

Esta denominación aun no está aceptada por la Asociación Internacional de Mineralogía (IMA-siglas en ingles) se ha utilizado con frecuencia por otros autores. De acuerdo con las normas IMA este compuesto podría ser designado con el nombre de plata mercurial u oro mercurial.

En este trabajo se ha empleado el término amalgama por su simplicidad y popularidad.

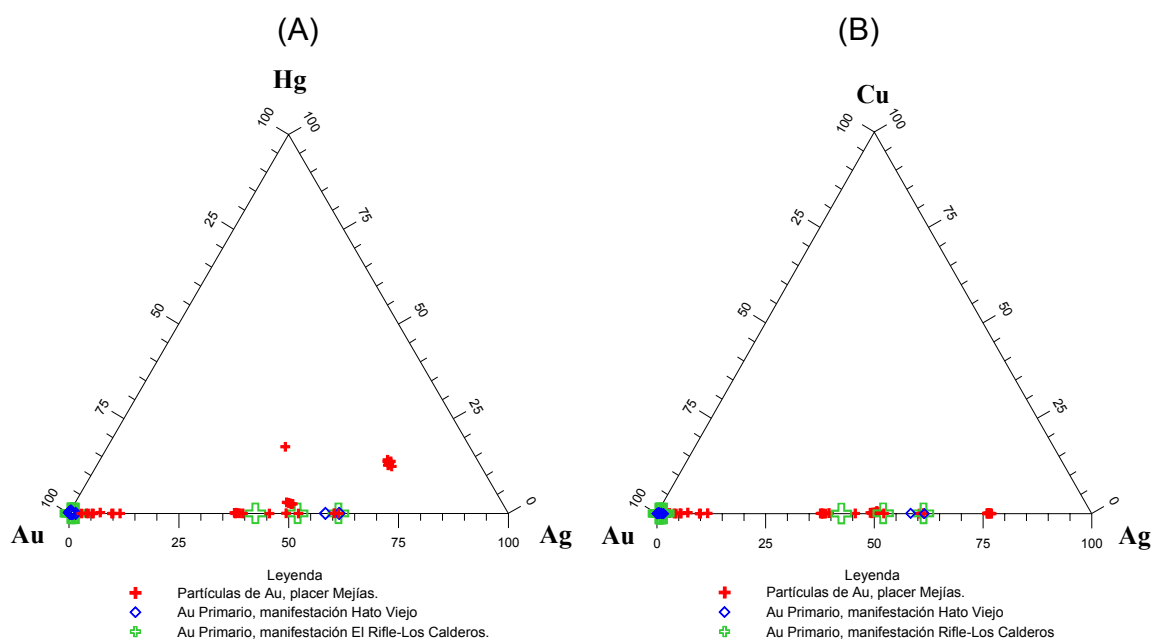


Figura 3.28. Diagramas ternarios que reflejan la composición química (% atómico) de los granos de oro identificados en los sedimentos de playa Mejiás, estudiados en los sistemas Au-Ag-Hg [A] y Au-Ag-Cu [B]. A manera de comparación también se muestran la composición de los granos de oro primario analizados por Ramayo (2003) en las brechas y vetas de cuarzo con sulfuros del de los sectores el Rifle-Los Calderos Viejo y Hato Viejo.

Los contenidos de Cu presentes en las partículas de oro del placer Mejiás son extremadamente bajos, muchas veces por debajo del límite de detección de la microsonda electrónica.

3.5.4. Interpretación de los resultados y sus implicaciones en la metalogénia y la prospección geológica

La morfología laminar-discoidal con IA entre 5.75 y 6.82 y valores de CSF entre 0.2 y 0.18 indican la elevada capacidad de transporte de los granos de oro revelados en la playa Mejiás sugiriendo que las áreas fuentes se encuentran muy distantes de la playa (Anexo 3.6).

La textura de los granos de oro hace referencia a la propia existencia de subgranos de diferente composición en una misma pepita. En efecto, cada subgrano presenta aureolas de alteración con diferente grado de desarrollo y composición. Esta alteración consiste en una lixiviación de oro, generando una aureola rica en plata alrededor de los granos. Hay, además, oro muy puro en forma de finas películas en las juntas de subgranos.

Texturas muy similares han sido encontradas en otros placeres aluviales sin participación de agua marina, como en los de Gold Creek en Montana (Loen, 1989). Por tanto, estas

texturas pueden ser el resultado de procesos acaecidos durante el transporte del oro en medio fluvial.

En cambio, la existencia de diversos subgranos de diferente composición dentro de una misma pepita es difícil de explicarla por un mismo proceso. Pepitas de oro con subgranos de composición diversa han sido también descritas por Youngson y Craw (1995). Estas texturas pueden formarse por acreción mecánica de partículas de oro, favorecidas por la maleabilidad de este metal. Eyles y Kocsis (1989) también sugieren un mecanismo de acreción mecánica de partículas de oro para formar granos mayores.

Las superficies de separación de los subgranos se han comportado, por otra parte, como superficies de debilidad estructural que han posibilitado la alteración química de la pepita, como se deduce del análisis de la porosidad. Como se aprecia en la Figura 3.26, existe un cierto grado de corrosión tanto de los subgranos como de las películas intersticiales de oro, que debe haberse producido al ser sometidas las pepitas a la acción de un fluido rico en componentes clorurados como es el agua marina. En estas condiciones, tanto la plata como el oro pueden ser extraídos en forma de complejos clorurados.

La especialización geoquímica de las partículas auríferas reveladas en los sedimentos de la playa Mejías, parece estar asociada genéticamente con la presencia de filones y brechas hidrotermales enriquecidos en oro, encajados en las rocas perteneciente al complejo Cerrajón, ampliamente difundidas en las cuencas de los ríos Castro, Cerrajón y La Novilla.

En los diagramas ternarios que se ilustran en la Figura 3.28, se observan datos composicionales comparativos de granos de oro primario analizados por Ramayo (2003) en las manifestaciones hidrotermales El Rifle-Los Calderos y Hato Viejo. Este oro primario presenta un patrón composicional muy similar al determinado en los granos de oro de playa Mejías por lo que dichas manifestaciones podrían constituir una de las posibles fuentes primarias del oro.

Esta implicación metalogenética está avalada en gran medida por los innumerables trabajos realizados en la cuenca del río Santa Catalina, durante la década de los años 90 (Rodríguez-Vega, A., 1995), donde fueron revelados, en los concentrados pesados concentraciones anómalas de talio, plomo, estaño, plata, galio, cobre y zinc que

representan importantes indicadores geoquímicos la existencia de posibles mineralizaciones epitermales.

En relación a la posibilidad de una fuente en los complejos ofiolíticos, cabe recordar que Proenza (1998) encuentra granos de oro libre en las cromititas de la faja Mayarí-Baracoa. Estos granos tienen tamaños muy pequeños (entre 5 y 10 micras) y muestran una amplia variación composicional en cuanto a la relación Au/Ag, de forma análoga a lo que acontece en playa Mejías.

Por otra parte, hay que considerar que se pueden formar mineralizaciones de Au en relación con procesos de carbonatización de las rocas ultramáficas ofiolíticas (listvenitización). Mineralizaciones de este tipo se han descrito en otros sectores del complejo ofiolítico cubano (Cabrera et al., 1986), aunque hasta ahora no se han descrito en la parte Oriental de Cuba. No obstante, la presencia de ankerita y epidota (minerales típicos de rocas listveníticas) en las muestras analizadas (Tabla 3.2), es un indicador indirecto de que una fuente listvenítica del oro no puede ser, en principio, desechada.

Por último, se han descrito zonas de alteración hidrotermal en rocas volcánicas del arco Cretácico, que son también drenadas por la red fluvial de la cuenca del río Sagua (Rodríguez-Vega, 1995), en los que se desconoce, por el momento, el potencial en oro.

Se conocen pocos datos sobre la composición del oro primario de los diferentes tipos de depósitos cubanos que puedan servir para comparar con las composiciones de las posibles áreas fuente.

El problema más complejo para determinar la fuente de los granos de minerales de oro es, no obstante, la diferente composición química interna de los granos, que podría indicar una diferente procedencia o diferentes mecanismos de alteración. En efecto, las texturas observadas en los granos de electrum indican un proceso multiepisódico de formación de las pepitas. En primer lugar, las pepitas no pueden haberse formado por un proceso simple de acreción química, como sugieren algunos autores (por ejemplo, Clough y Craw, 1989, Mann, 1984) o por coloides (Seeley y Senden, 1994), debido a la existencia de subgranos de diferente composición química y, además, con alteraciones diferentes. Por tanto, en la generación de texturas como las observadas en la Figura 3.26 deben tenerse en cuenta los siguientes episodios: a) etapa de lixiviación de oro sobre los minerales primarios; b) coalescencia de partículas; c) enriquecimiento supergénico de oro en las pepitas.

La lixiviación de oro en perfiles de alteración es un hecho comúnmente observado y abundantemente descrito, pese a que antiguamente se pensaba que el oro, por su baja movilidad, quedaba fijado en los perfiles de alteración.

Colin et al. (1993) discuten los mecanismos por los que el oro puede ser puesto en solución. Así, en depósitos ricos en sulfuros y carbonatos, capaces de generar durante su meteorización un medio ácido y alcalino, el Au puede transportarse en forma de complejos como tiosulfatos ($\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$), o como complejos bisulfuro ($(\text{Au}(\text{HS})_2)^-$) si el medio es más ácido. En el caso que nos ocupa, en el área fuente no parecen darse las condiciones para la formación de estos complejos, pues en ninguno de los posibles depósitos primarios se dan concentraciones significativas de sulfuros.

En estos casos, otro mecanismo propuesto para la lixiviación y transporte de oro es en forma de complejos clorurados (AuCl_4^-), los cuales requieren, no obstante, ambiente muy ácido, altamente oxidante y medio extremadamente rico en Cl. En las lateritas tampoco se dan estas condiciones, y Colin et al. (1993) proponen el transporte de Au como ligandos inorgánicos u orgánicos: $\text{Au}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})^0$, AuClOH^- o $\text{Au}(\text{OH})_2\text{FA}^-$ (éste último, por acción de ácido fúlvico presente en los suelos tropicales).

Estos autores, además, concluyen que este proceso no ofrece enriquecimiento supergénico en oro sino todo lo contrario, y muestran que en estas condiciones se produce un lavado selectivo del oro en la estructura del electrum. Esta circunstancia explica las diferencias composicionales en el electrum del centro de los subgranos.

Por otro lado los granos de amalgama introducen una cierta problemática, pues se conocen pocas referencias sobre la presencia de este mineral. La amalgama se ha descrito en diversos depósitos volcanogénicos, como los de Langsele en Suecia (Nysten, 1986), los de Trout Creek en Canadá (Heal y Petruk, 1990) y los de La Zarza, en la Faja Pirítica Ibérica (Ruiz y Samper, 1995). No obstante, también ha sido citada en depósitos asociados a rocas ultrabásicas en China (Keqiao et al., 1981) y, más recientemente, en placeres producidos por erosión de rocas ofiolíticas, en asociación con platinoides (Krstić y Tarkian, 1997). Es común, por otra parte, en los depósitos de placeres fósiles de Witwatersrand (Oberthür y Saager, 1986).

Se conocen pocos datos sobre la estabilidad de este mineral. Groen et al. (1989) señalan que la precipitación de gruesas capas de amalgama sobre oro se ve favorecida por temperaturas más altas. El oro mercurial revelado en playa Mejías aparenta ser primario,

pues es homogéneo internamente (Figura 3.26D). La alteración de los bordes parece estar relacionada con diferente movilidad de Au, Ag y Hg en agua marina: el oro más puro parece ser mucho más estable que la plata y ésta, que el mercurio. El resultado es la formación de texturas de oro y plata esponjiformes en los bordes corroídos de los granos. Texturas muy similares han sido producidas por ataque químico ácido sobre amalgamas (Watterson, 1994).

En conclusión las principales áreas fuentes del oro de los sedimentos friables de la playa Mejías se ubican a grandes distancias y preferentemente en los alrededores de las cuencas de los ríos Castro, Cerrajón y La Novilla (Anexo 3.6), donde afloran las rocas del complejo Cerrajón que hospedan pequeñas y medianas vetas de cuarzo y brechas epitermales con sulfuro de Fe, Cu, Zn y oro. La presencia de granos de oro nativo, electrum y amalgamas son indicadores de mineralizaciones de bajas temperaturas de tipo epitermal. Evidencias de tales estilos de mineralización han sido confirmadas en la zona El Rifle-Los Calderos y Hato Viejo (Ramayo, 2003).

3.6. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en las arenas de playa Jiguaní. Implicaciones en la metalogénia y la prospección geológica.

3.6.1. Distribución del oro en las arenas de playa Jiguaní.

Durante los trabajos de campo llevados a cabo en las arenas de playa Jiguaní, fueron tomadas un total de 5 muestras de arenas grises localizadas hacia la porción occidental de la desembocadura del río de igual nombre (Figura 3.29).

Los concentrados pesados obtenidos a partir del lavado de estas arenas reportaron una baja frecuencia de aparición de partículas auríferas; en total se revelaron 47 granos de oro.

La mayor frecuencia de aparición de los granos se observa hacia el extremo más occidental de la playa, destacándose las muestras ubicadas en los puntos PJ-3, PJ-4 y PJ-5, las cuáles concentraron el 78,72 % de todo el oro revelado.

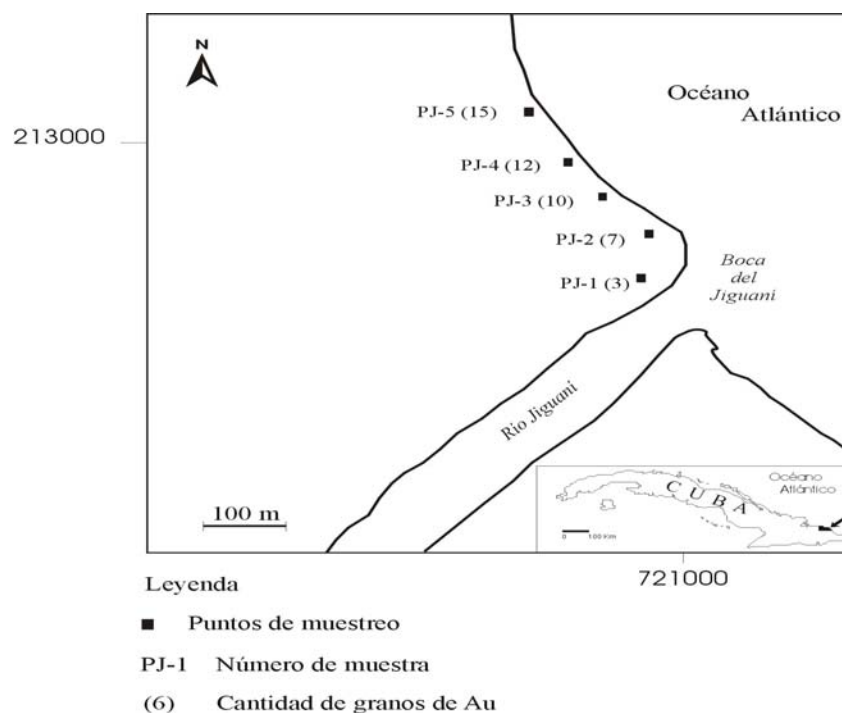


Figura 3.29. Esquema de ubicación de las muestras y cantidad de granos de oro revelados en playa Jiguaní.

La fracción granulométrica inferior a 0,1 mm es la más representativa de todas las clases analizadas en los sedimentos de la playa Jiguaní (Tabla 3.10), si tomamos en cuenta que en esta, se concentraron un total de 30 granos lo que representa el 63,83 % de todo el oro revelado en los sedimentos, mientras que el 36,17 % del oro se concentró en la fracción granulométrica 0.1 – 0.21mm.

Tabla 3.10 Cantidad de partículas auríferas en las fracciones granulométricas más representativas en los sedimentos marinos costeros del placer Jiguaní.

Muestras	Cantidad de granos de oro por fracción			Total
	Fr < 0.1mm	0.1 – 0.21mm	0.21 – 0.4mm	
PJ-1	3	0	0	3
PJ-2	4	3	0	7
PJ-3	6	4	0	10
PJ-4	8	4	0	12
PJ-5	9	6	0	15
Total	30	17	0	47

3.6.2. Rasgos morfo-texturales de los granos de oro de las arenas de la playa Jiguaní.

Los granos de oro se presentan en forma de partículas muy finas y libres. Las formas típicas son las irregulares, con bordes angulosos y subangulosos. La superficie es lisa y en ocasiones se observan estrías provocadas por la abrasión en flujo laminar. También se observan granos con texturas de corrosión (Figura 3.30).

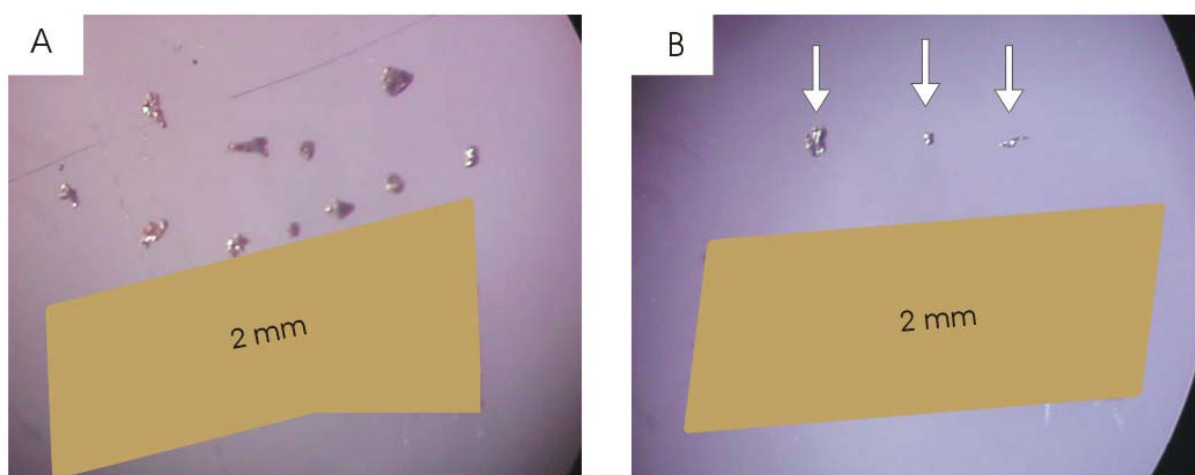


Figura 3.30 Microfotografías digitales de partículas auríferas presentes en los sedimentos de la playa Jiguaní. Aumento 32^x.

El índice de aplastamiento varía en un amplio rango entre 5.71 y 14.02 unidades, mientras que el CSF varía entre 0.1 y 0.3 (Anexo 3.5). Esto significa que los granos de oro poseen elevada capacidad de transporte y por tanto se han transportado fundamentalmente en flujo laminar.

Según los datos reflejados en el diagrama de Zingg (1985) las formas principales de presentarse los granos de oro son las laminares, discoidales y tabulares. Estas formas garantizan un elevado transporte de las partículas en medio fluvial. También se presentan granos de formas tabulares.

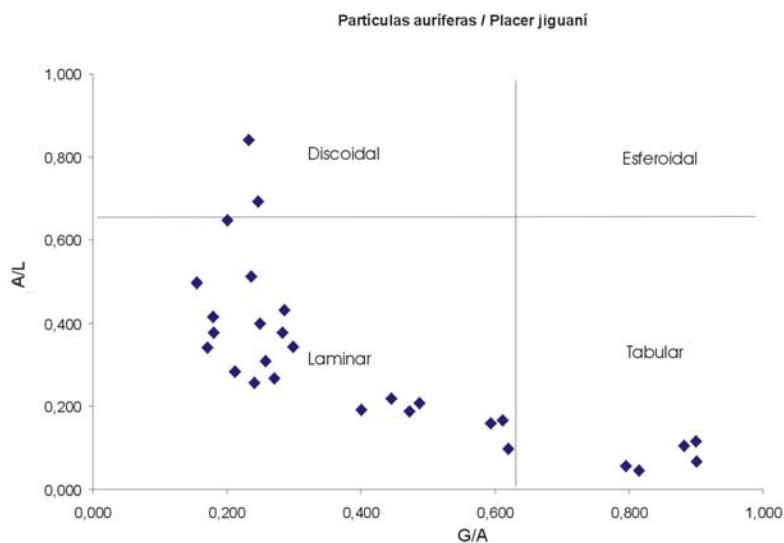


Figura 3.31. Diagrama de clasificación morfológica (Según Zingg., 1985) de los granos de oro identificados en las arenas de playa Jiguaní.

La imagen de electrones retrodispersados (Figura 3.32B) revela una textura típica esponjosa resultado de una intensa corrosión a que ha sido sometido el grano de oro. La Figura 3.32B representa una vista ampliada de la Figura 3.32A. Se observa en superficie un tono plateado, mientras que en profundidad predomina el tono gris, lo que pudiera estar relacionado con la lixiviación de los metales presentes.

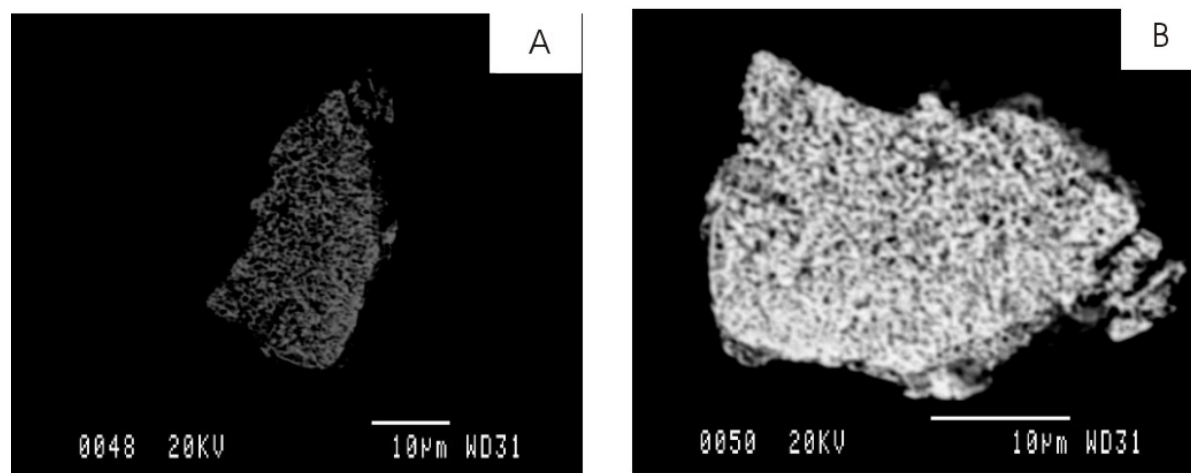


Figura 3.32 Imágenes de electrones retrodispersados de partículas auríferas, identificadas en los depósitos del placer Jiguaní, presentando una textura típica de corrosión. Nótese el aspecto esponjiforme de los bordes y superficies de las partículas.

3.6.3 Composición química de las partículas auríferas del placer Jiguaní.

Las partículas de oro presentan contenidos de Au que oscilan entre 88.4 y 100.23 % en peso y de Cu entre 0.08 y 3.95 % en peso (Tabla 3.11). Con el aumento del contenido de oro disminuye el contenido de cobre hasta hacerse oro nativo de alta fineza. La Ag prácticamente es insignificante al igual que el mercurio; algunos análisis muestran modestos valores de Fe (2.19 % en peso), aunque en sentido general también es bajo.

Tabla 3.11 Composición química de los granos de oro de los sedimentos de playa Jiguaní. Arriba: en % en peso; abajo: en % atómicos.

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
1	94,32	0,33	0,22	2,53	0,38	97,78
2	100,23	0,08	0,00	0,03	0,04	100,38
3	92,81	0,12	0,15	2,91	0,20	96,18
4	86,40	0,00	0,00	3,95	0,17	90,52
5	92,94	0,00	0,00	2,67	0,18	95,79
6	92,33	0,09	0,00	3,42	0,11	95,95
7	89,73	0,17	0,00	3,16	0,03	93,09
8	92,25	0,00	0,46	2,90	0,28	95,89
9	86,40	0,00	0,00	3,37	0,31	90,08
10	93,08	0,00	0,00	3,18	0,15	96,40
11	88,68	0,02	0,00	2,60	0,01	91,32
12	97,52	0,11	0,00	0,08	2,19	99,90

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
1	90,40	0,58	0,21	7,51	1,30	100,00
2	99,62	0,15	0,00	0,08	0,15	100,00
3	90,20	0,21	0,14	8,74	0,69	99,98
4	87,06	0,00	0,00	12,35	0,59	100,00
5	91,25	0,00	0,00	8,13	0,62	100,00
6	89,21	0,15	0,00	10,25	0,39	100,00
7	89,80	0,31	0,00	9,80	0,09	100,00
8	89,84	0,00	0,44	8,76	0,97	100,01
9	88,23	0,00	0,00	10,65	1,12	100,00
10	89,98	0,00	0,00	9,52	0,51	100,01
11	91,58	0,04	0,00	8,33	0,05	100,00
12	93,13	0,10	0,01	6,49	0,05	99,78

Los diagramas ternarios correspondientes a los sistemas Au-Ag-Hg (Figura 3.33A) y Au-Ag-Cu (Figura 3.33B) reflejan composiciones correspondientes a oro nativo y una aleación natural de Au-Cu muy similar al auricúprido estequiométrico ($Au_{0.87} Cu_{0.12}$). Estos datos reflejan composiciones muy similares a las encontradas en el río Cayo Guam.

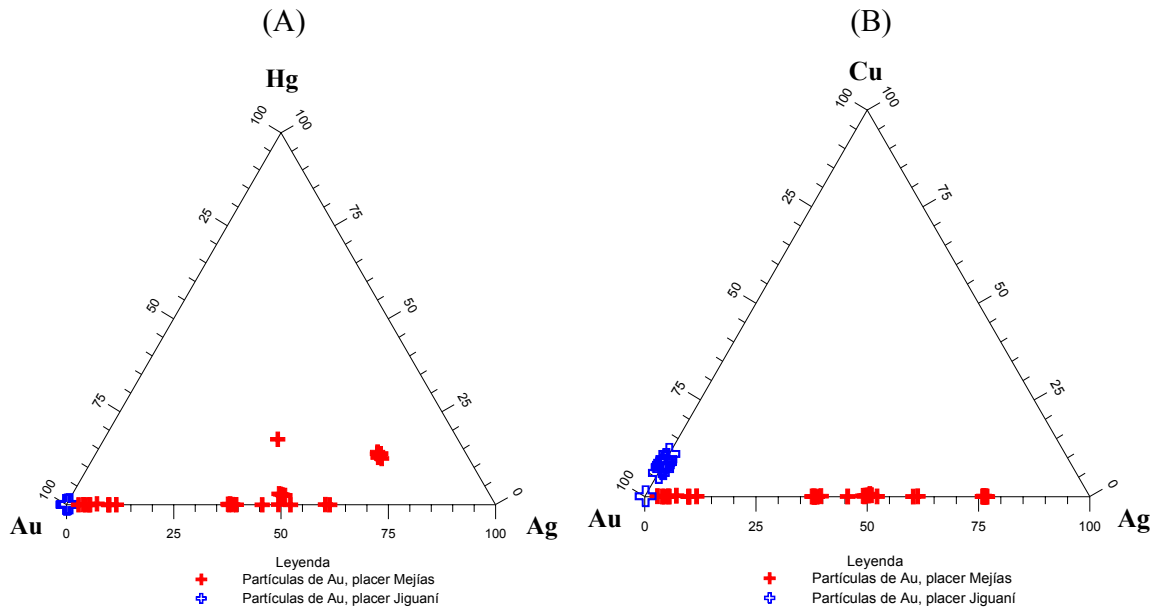


Figura 3.33. Composición de granos de oro de los sedimentos de la playa Mejías y Jiguaní. A: sistema Au-Ag-Hg; B: sistema Au-Ag-Cu.

3.6.4. Interpretación de los resultados y sus implicaciones en la metalogena y la prospección geológica

Las formas principalmente laminares y discoidales de los granos de oro con IA entre 5.71 y 14.02 y CSF entre 0.11 y 0.3 sugieren que el área fuente del oro de las arenas de Jiguaní se encuentra distante de la zona costera a distancias superiores a los 1000 metros (Anexo 3.6).

Las texturas esponjosas son características de granos de oro expuestos a intenso proceso de laterización que provoca la redisolución de los metales más móviles (Ag, Cu, Hg) incluyendo al oro que es mucho más estable en condiciones de meteorización en clima tropical húmedo como el existente en la zona.

El oro de las arenas de Jiguaní es muy similar al existente en los sedimentos del río Cayo Guam e independientemente de los efectos sufridos por el intemperismo aún conserva los rasgos composicionales primarios próximos al tetraauricúprido, por lo que se sugiere una naturaleza hidrotermal vinculado con los procesos de serpentinización de las ultrabasitas. Por tanto si se decide en un futuro realizar trabajos de prospección para la búsqueda de mineralización aurífera los mismos deben dirigirse dentro de los límites

de las cortezas de intemperismo que se desarrollan en las ultrabasitas ubicadas distantes de la costa.

3.7. Morfo-textura y composición química de los granos de los granos de oro en el perfil laterítico del Sector Cabañas: Implicaciones en la metalogena y la prospección geológica.

3.7.1. Distribución del oro en el perfil laterítico del sector Cabañas.

En la Figura 3.34 se presentan los contenidos de oro (ppb) y cantidad de granos en un conjunto de muestras de lateritas y concentrados pesados procedentes de diferentes horizontes del perfil laterítico del sector Cabañas. En los tres primeros horizontes no se revelaron granos de oro en los concentrados pesados, sin embargo en las muestras sin lavar y empleando el método potenciométrico de redisolución anódica los contenidos de oro de arriba hacia abajo fueron de 98, 141 y 30 ppb respectivamente.

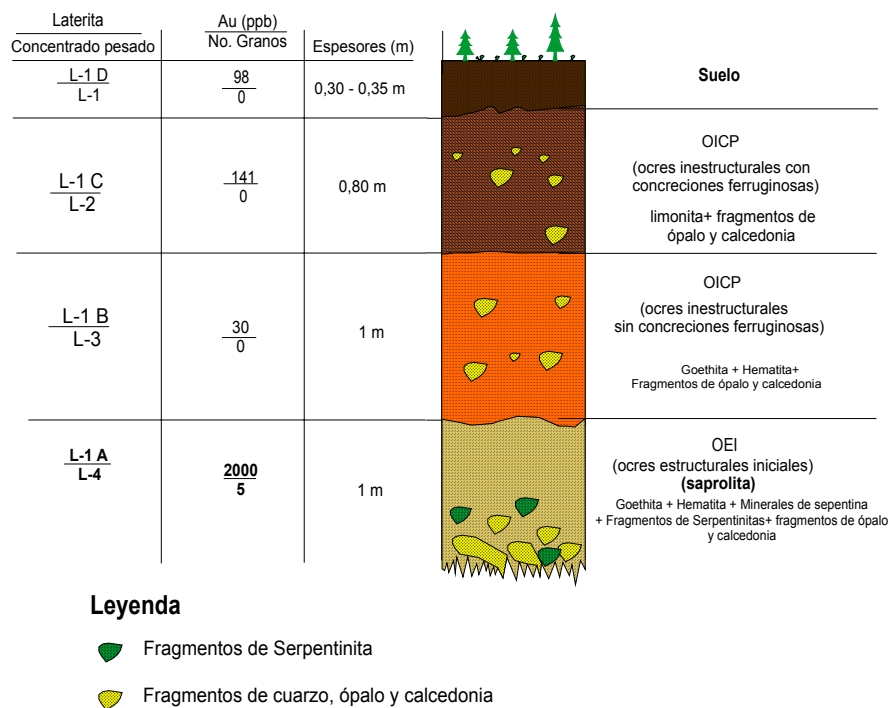


Figura 3.34. Perfil laterítico del sector Cabañas que muestra la distribución del oro en los diferentes horizontes. (Adaptado de Lavaut, W., 2003).

El horizonte saprolítico refleja elevados contenidos de oro, con valores que alcanzan los 2000 ppb. Es precisamente este horizonte donde se reportaron 5 granos de oro. Los

horizontes superiores del perfil no reportan oro libre. Todas las partículas se concentran en la clase granulométrica 0.1 – 0.2 mm (Tabla 3.12).

Tabla 3.12 Cantidad de partículas auríferas en las fracciones granulométricas más representativas en los horizontes lateríticos del sector Cabañas.

Muestras	Cantidad de granos de oro por fracción			Total
	Fr < 0.1mm	0.1 – 0.21mm	0.21 – 0.4mm	
L-1	0	0	0	0
L-2	0	0	0	0
L-3	0	0	0	0
L-4	0	5	0	5
Total	0	5	0	5

3.7.2. Rasgos morfo-texturales de los granos de oro del perfil laterítico del sector Cabañas.

El oro del perfil laterítico de Cabañas presenta formas vagamente tabulares y globulares. Las texturas superficiales son rugosas, con numerosos poros y huecos de disolución. En superficie se observan pátinas de coloración rojiza debido a las impurezas de óxidos e hidróxidos de Fe. El contorno de los granos es suave, algo redondeado y sinuoso.

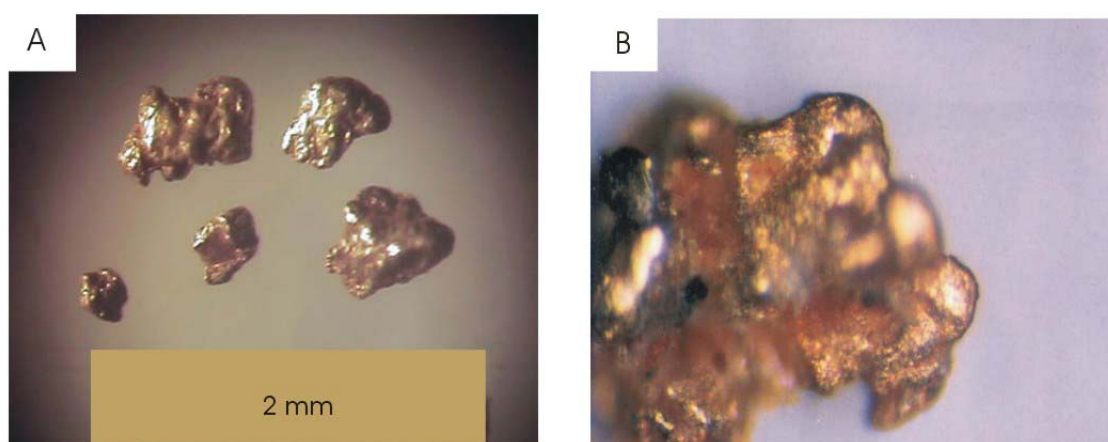


Figura 3.35. Microfotografías de los granos de oro presentes en el horizonte saprolítico del perfil de intemperismo de Cabañas. Aumento 32^x.

El índice de aplastamiento de los granos varía entre 1.53 y 1.60 y el CSF alcanza el valor de 0,7 unidades. (Tabla 3.13).

Tabla 3.13. Parámetros morfométricos de los granos de oro del sector Cabañas. (L, A y G en mm).

Granos	L	A	G	IA	CSF
1	0,344	0,180	0,163	1,605	0.7
2	0,372	0,192	0,183	1,545	0.7
3	0,397	0,231	0,199	1,581	0.7
4	0,295	0,194	0,160	1,530	0.7
5	0,358	0,193	0,175	1,576	0.7

Las imágenes de electrones retrodispersados indican texturas típicas esponjiformes (Figura 3.36B). Según Wilson (1984) estas texturas caracterizan al oro secundario de los depósitos lateríticos formados en climas tropicales húmedos. Otros granos presentan texturas lisas poco porosas. En estos granos los contenidos de plata y oro son más homogéneos a nivel de grano y reflejan una composición próxima al electrum.

En el proceso de meteorización, debido a la intensa corrosión química las texturas primarias y formas de los granos oro desaparecen transformándose en partículas redondeadas a sub-redondeadas con texturas muy porosas y esponjiformes.

La figura 3.36A corresponde a un grano con textura lisa, poco porosa. Los contornos del grano son rectos y su forma primaria es visible. Por tanto los granos de oro presentes en el perfil de intemperismo del sector Cabañas son primarios y secundarios.

3.7.3. Composición química de las partículas auríferas en las lateritas del sector Cabaña.

La partícula con típica textura esponjosa se caracteriza por presentar una composición química homogénea, correspondiente a oro nativo muy puro, con más del 98 % en peso y una fineza de 992. La figura 3.36B muestra este tipo de textura. Las figuras 3.36C y 3.36D son ampliaciones de la imagen anterior

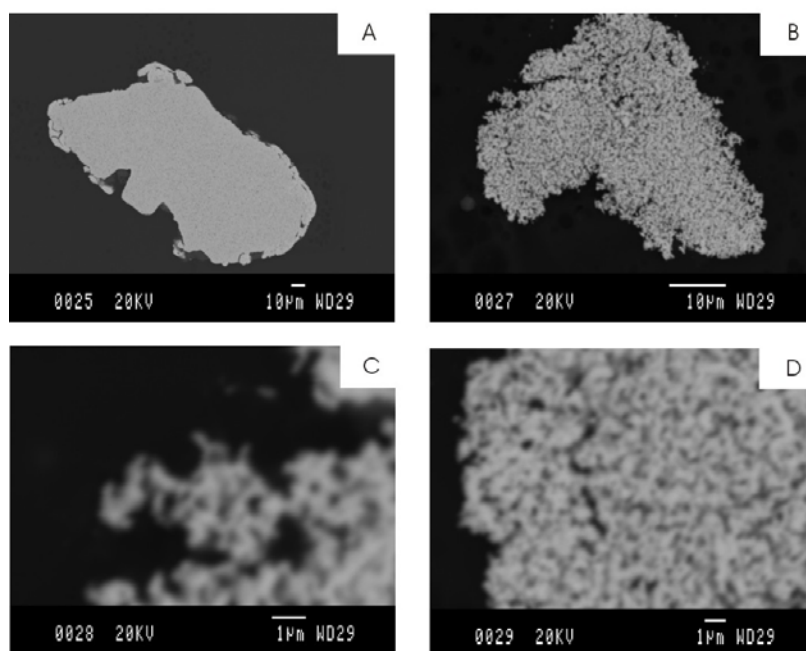


Figura 3.36. Imágenes de electrones retrodispersados de granos de oro identificados en el horizonte saprolítico del perfil laterítico del sector Cabañas. Figura 3.36A- grano # 1; Figura 3.36B-grano #2.

Las variaciones composicionales de los granos (tabla 3.14) reflejada en los diagramas ternarios revelan composiciones correspondientes a oro nativo y electrum (Figura 3.37A) y oro nativo, electrum y tetraauricúprido (Figura 3.37B).

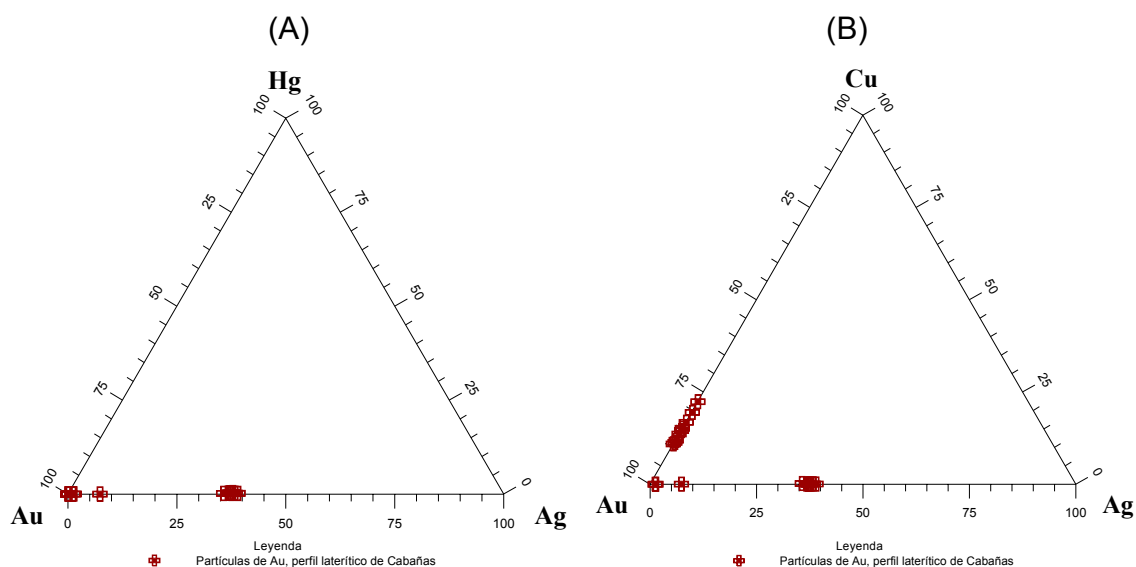


Figura 3.37. Diagramas ternarios correspondientes a los sistemas Au-AG-Hg (A) y Au-Ag-Cu (B) de los granos de oro del sector Cabañas.

Los contenidos de Au (Tabla 3.14) en el grano 1 (Figura 3.36A) varían considerablemente de un punto a otro del grano, con valores que oscilan entre 73.36 y 98.17 % en peso. La plata varía entre 0.62 y 25.24 % en peso. Los valores de cobre varían entre 0.00 y 0.08 % en peso, valores estos insignificantes.

La composición química del grano #2 (Figura 3.36B) también es muy variable, existiendo zonas con valores (% en peso) de oro y cobre próximos al tetraauricúprido (Au= 82,67-86,63 y Cu= 4.4-6.65) y el electrum (Au=71,80 y Ag= 25.15).

Estos resultados indican que los granos de oro de las saprolitas del perfil de intemperismo del sector Cabañas tienen composiciones correspondientes a oro nativo, electrum y tetraauricúprido

Tabla 3.14. Composición química de los granos de oro analizados en el perfil laterítico del sector cabañas (Arriba-% en peso; Abajo-% atómicos).

No. de grano	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
2	83,41	0,12	0,00	6,52	1,10	91,15
1	74,12	25,24	0,29	0,04	0,05	99,74
1	75,84	23,08	0,22	0,08	0,00	99,21
1	89,80	3,92	0,00	0,01	0,00	93,72
1	94,92	0,62	0,00	0,00	0,49	96,03
2	71,80	25,15	0,23	0,02	0,05	97,26
2	86,63	0,01	0,00	4,40	1,33	92,37
2	86,21	0,06	0,00	4,75	1,58	92,60
2	82,67	0,04	0,00	7,69	1,45	91,85
1	75,11	23,88	0,33	0,02	0,00	99,33
1	74,11	24,37	0,24	0,02	0,00	98,74
1	73,36	24,45	0,47	0,02	0,00	98,29
1	73,68	24,04	0,31	0,02	0,00	98,05
1	74,00	23,88	0,43	0,03	0,04	98,37
1	74,90	24,35	0,34	0,00	0,00	99,59
1	98,17	0,77	0,05	0,01	0,00	98,98

No. de grano	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
2	77,42	0,21	0,00	18,77	3,61	100,01
1	61,37	38,17	0,23	0,10	0,13	100,00
1	64,03	35,58	0,18	0,21	0,00	100,00
1	92,60	7,37	0,00	0,03	0,00	100,00
1	97,08	1,15	0,00	0,00	1,77	100,00
1	60,75	38,85	0,19	0,06	0,16	100,01
2	82,51	0,02	0,00	13,00	4,48	100,01
2	80,87	0,11	0,00	13,80	5,22	100,00
2	74,01	0,07	0,00	21,35	4,57	100,00
1	63,07	36,61	0,27	0,05	0,00	100,00
1	62,34	37,42	0,20	0,05	0,00	100,01
1	61,90	37,67	0,39	0,05	0,00	100,01
1	62,47	37,23	0,26	0,05	0,00	100,01
1	62,59	36,87	0,36	0,07	0,12	100,01
1	62,57	37,15	0,28	0,00	0,03	100,03
1	98,53	1,40	0,05	0,02	0,01	100,01

3.7.4. Interpretación de los resultados y su implicación en la metalogenia y la prospección geológica.

Los granos de oro con texturas esponjosas, globulares y muy rugosas con muchos poros y huecos de disolución, valores del índices de aplastamiento bajos (1.53-1.605 y CSF muy elevados (0.7) indica que el oro no sufrió transporte debiendo originarse “in situ” y que las texturas primarias han sido modificadas como resultado de procesos de lixiviación , transporte y reconcentración del oro primario. Las reacciones que participan

provocan un de incremento notable en el tamaño de los granos y su fineza. En el grano #1 la fineza del oro se eleva hasta 993 lo que significa un lavado selectivo de la plata y oro y una redeposición tardía del oro. Estos mecanismos se producen en regiones con clima tropical sometidos a una intensa meteorización de las vetas con sulfuros y oro.

Por otro lado se presenta el grano #2 con formas cristalinas, tabulares, bordes rectos y muy poco corroído. Este grano de oro no ha sido sometido a intensos procesos de lixiviación y removilización de los metales por lo que su composición primaria conserva los rasgos del oro primario. Por todo lo expuesto anteriormente se concluye que en las saprolitas del perfil de intemperismo del sector Cabañas existen dos generaciones de oro, una primaria con la formación de electrum y tetrauricúprido y otra con la formación de oro nativo de muy alta ley.

Los granos de oro del sector Cabañas tienen un origen hidrotermal vinculados genéticamente a procesos de serpentización de las ultrabasitas y asociados espacialmente a zonas de intensa cuarcificación.

Según Lavaut (1998) la máxima concentración del oro en las menas y litotipos de la corteza de intemperismo de ultramafitas de Cuba oriental se produce en el horizonte de los ocres estructurales iniciales con valores de 150 mg/t. En este horizonte el contenido de oro alcanzó los 2000 mg/t, por lo que debe tenerse muy en cuenta estos resultados dado los elevados precios de este metal en el mercado mundial.

La prospección futura de oro en las cortezas de intemperismo debe realizarse en aquellos sectores de desarrollo de alteraciones hidrotermales prestando especial atención a los horizontes de los ocres estructurales o saprolitas.

CONCLUSIONES

A partir del estudio de los rasgos morfo-texturales y composicionales de los granos de oro en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua-Moa y sus implicaciones en la metalogenia y la exploración geológica se concluye que:

1. Las formas más comunes de presentarse los granos de oro en los sedimentos aluviales de la región Sagua-Moa son: esferoidal y tabular; mientras que en los sedimentos de playa las formas más frecuentes son las laminares y discoidales.
2. Las texturas más frecuentes observadas en los granos de oro analizados son las porosas, de corrosión y esponjosas; estas texturas advierten que los fenómenos intensos de lateritización influyen notablemente en la composición química compleja de los granos de oro y que su influencia sobre cualquier tipo de mineralización debe ser analizada.
3. Los granos de oro de los sedimentos aluviales presentan índices de aplastamiento en el rango de 1 a 1.95 unidades y el CSF entre 0.52 y 0.9. Estos valores indican que las áreas fuentes se ubican, según Herail et. Al (1999), a distancias inferiores a los 50 metros de la zona de deposición de los sedimentos aluviales. El oro de los sedimentos de playa poseen IA en el rango de 3.42 y 12.01 y CSF entre 0.1 y 0.4 lo que sugiere que las áreas fuentes se ubican a distancias superiores al kilómetro.
4. La morfología, textura y composición química de los granos de oro de los sedimentos aluviales del río Quesigua sugieren un origen primario asociado a mineralizaciones de génesis hidrotermal en forma de vetas de cuarzo con sulfuros y oro nativo y electrum con contenidos discretos de mercurio. Los bajos contenidos de mercurio, ausencia de trazas de Sb y As en los granos de oro detrítico descartan un posible origen epitermal de las vetas de cuarzo con oro.
5. Los rasgos morfo-texturales y composicionales de los granos de oro de los sedimentos del río Cayo Guam sugiere que el área fuente se localiza próximo a la zona de acumulación de los aluviones; por otro lado la presencia de tetrauricúprido estequiométrico sugiere que los procesos de serpentinización de las rocas ultrabásicas y de las cromititas son los principales mecanismos de formación de los granos de oro.

6. Los granos de oro de los sedimentos de playa Mejías responden a composiciones muy similares a la del oro nativo, electrum y oro mercurial. Los rasgos morfo-texturales y composicionales del oro, así como las paragénesis minerales presentes en los sedimentos de esta playa no permiten definir con exactitud el área fuente de los minerales de oro aunque la presencia de amalgamas naturales de oro y mercurio sugieren que una de las posibles fuentes de oro y la más importante en la región Sagua-Moa son las vetas epitermales que se ubican en la zona El Rifle-Los Calderos y Hato Viejo, todas ellas ubicadas dentro del complejo Cerrajón. No se descarta además las rocas ultrabásicas afectadas por procesos de listvenitización como posible área fuente de los granos de oro.
7. Los rasgos morfo-texturales de los granos de oro de los sedimentos de la playa Jiguaní sugieren que las áreas fuentes de oro se encuentren a distancias superiores a los 1000 metros y que su naturaleza se asocia a procesos de serpentinización de las ultrabasitas afectados ulteriormente por los procesos de lateritización. La prospección futura con vistas a localizar y descubrir mineralizaciones de oro primario debe dirigirse dentro de los límites de las cortezas de intemperismo desarrolladas sobre las ultrabasitas.
8. La presencia de granos de oro con texturas esponjosas en las saprolitas del perfil laterítico del sector Cabañas sugiere un origen secundario del oro y una relación espacial muy estrecha con las zonas de alteración hidrotermal. La existencia de aleaciones de Au-Cu del tipo tetrauricúprido permiten suponer que los procesos de serpentinización a que han sido sometidas las ultrabasitas son los responsables de generar estas mineralizaciones de oro.

RECOMENDACIONES

Después de culminada la investigación se recomienda:

1. Realizar estudios similares en otras regiones del país donde no existe información acerca de las áreas fuentes del oro detrítico y sus naturaleza.
2. Realizar estudios sobre la composición del oro y sus rasgos morfo-texturales en los diferentes depósitos cubanos que puedan servir para comparar con las composiciones de las posibles áreas fuente.
3. Sobre la base de estos resultados iniciar la elaboración de una clasificación morfométrica para el oro aluvial que responda a las condiciones de Cuba donde el intemperismo afecta los rasgos morfológicos, texturales y composicionales de los granos de oro.
4. Recomendar al Fondo Nacional de Recursos Minerales de la República de Cuba contemple las áreas aledañas a las cuencas de los ríos Castro, Cerrajón, La Novilla y Quesigua y la zona de alteración hidrotermal del sector Cabañas en futuras campañas de reconocimiento para la búsqueda de mineralizaciones de oro.

Bibliografía del autor sobre el tema de la tesis

- 1) **VILA, A.**, DÍAZ, R., PROENZA, J., MELGAREJO, J.C.. Caracterización morfológica, textural y composicional de las partículas de oro reveladas en Placeres Marinos de las Playas Mejías y Jiguaní (NE de Cuba). Revista GEOCIENCIAS, V.23 No.1, 2004.
- 2) **VILA, A.**, DÍAZ, R., PROENZA, J. Partículas de oro en placeres laterales marinos (Noreste de Cuba): Morfología, texturas y composición. Revista Geológica de América Central, V.24, No.2, 2004.
- 3) **VILA, A.**, DÍAZ, R., PROENZA, J., DE ALMEIDA, F.O. Partículas de oro aluvionar del río Quesigua: morfología, texturas y composición. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. (aceptado para su publicación), 2004.
- 4) **VILA, A.**, DÍAZ, R.,. Caracterización morfológica y textural de las partículas de oro presentes en los depósitos fluviales de la región Sagua-Moa. CD MEMORIAS del CINAREM 2002, ISBN 959-16-0158-1.ISMM, 2002.
- 5) **VILA, A.**, DÍAZ, R.,. Particularidades de la distribución del oro en los depósitos secundarios de la Región Sagua - Moa – Baracoa. MEMORIAS del III Taller Internacional sobre Geología de Cuba, el Caribe Noroccidental y el golfo de México. Universidad de Pinar del Río, 2000.
- 6) **VILA, A.**, DÍAZ, R.,. Principales rasgos de la distribución del oro en los depósitos exógenos de la región Sagua – Moa. MEMORIAS del XX Curso Internacional de Postgrado en Metalogenia. Universidad Central del Ecuador, 18 – 28 de Junio 2001.
- 7) **VILA, A.**, DÍAZ, R., BARBERAN, L.,. Caracterización geoquímica y mineralógica de los concentrados pesados de la cuenca hidrográfica del río Yamanigüey. LIBRO RESUMEN. I Taller Internacional sobre Geología de Cuba, el Caribe Noroccidental y el Golfo de México. Universidad de Pinar del Río, 1996.

Coautor

1. DÍAZ, R., MELGAREJO, J.C., PROENZA, J.A., **VILA, A.**,. Texturas y composición de partículas de oro asociadas a depósitos de placeres en el NE de Cuba: evidencias para un debate sobre lixiviación y/o acreción mecánica. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, Vol. 25-A:27-28, 2002.
2. PROENZA, J.A., RODRÍGUEZ-VEGA, A., DÍAZ-MARTÍNEZ, R., GERVILLA, F., MELGAREJO, J.C., RAMAYO, L., **VILA, A.R.** Distribución de elementos del grupo del platino (EGP) y Au en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba Oriental). En: Pereira, E.S., Castroviejo, R., Ortiz, F. (eds.), Complejos ofiolíticos en Iberoamérica: guías de prospección para metales preciosos. Proyecto XIII.1 Cyted (Ciencia y Tecnología para el desarrollo), pp.309-336. I.S.B.N.: 84-96023-24-9, 2004.
3. DÍAZ, R., **VILA, A.**, PROENZA, J., MELGAREJO, J. C. Morfología, textura y composición de las partículas de oro asociadas a depósitos de placeres en el NE de Cuba: Un debate en torno a su origen. V Congreso de Geología y Minería. CD MEMORIAS del GEOMIN 2003., La Habana, 2003.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMOVICH A.; V.D. CHEJOVICH. Levantamiento de Jagua realizado en la Región Moa-Baracoa, 1965.
- ADAMOVICH A. & V.D. CHEJOVICH. Estructuras geológicas y minerales útiles de la región Nipe - Cristal, provincia de Oriente. Oficina Nacional de Recursos Minerales, 64p, 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, V (2), p 14 –20, 1964.
- ALBEAR, J.; I. BOYANOV; K. BREZSNYANSZKY; 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. RADOZCZ; RUDNICKI; M.L. SOMIN. Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250 000, 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, V (1), p 15-33, 1989.
- ARIAS, R., O. y HERRERA, I. Caracterización de los metales pesados en los suelos de la región de Moa. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 75p, 1995.
- ARIOSIA IZNAGA, J.D. Y DÍAZ, R. Re-evaluación geológica en el área de los enterríos Mayarí y Miguel para la localización de minerales útiles, utilizando el método de Jagua y pronóstico de zonas perspectivas. Informe Fondo Geológico ISMM. Moa, 1987
- AUGÉ, T., MAURIZOT, P. Stratiform alluvial platinum mineralization in the New Caledonia ophiolite complex. Can. Mineral., 33, p. 1023-1045, 1995.
- BARZANA, J., A. y ACOSTA, J.,. Informe Geológico sobre la prospección de cromita "Cayo Guam". Fondo Geológico de la Empresa Geológica de Oriente, Santiago de Cuba, 1998.
- BATISTA, J. Nuevas regularidades geológicas y estructurales de la región Mayarí-Sagua- Moa a partir de la reinterpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000. Tesis Doctoral. ISMMM, 115 p, 2002.
- BATISTA, J. Y L. RAMAYO. Características aerogamma espectrométricas de las zonas de alteraciones hidrotermales de la región de Moa (Cuba oriental). En: V Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Argentina (La Plata), 424-431, 2000.
- BATISTA, J. Características geológicas y estructurales de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético a escala 1:50 000. Tesis de Maestría. ISMMM, 79 p, 1998.
- BOYLE, W. R. The geochemistry of gold and its deposits. *Canada Geological Survey Bulletin*, 280. 1-584, 1979.
- BURCH, A. y BURCHARD, E.F.. Chrome and manganese ore in Cuba: Dirección de Montes y Minas. Boletín de Minas, V(5), p 57-70, 1919.
- BURGATH, K.,. Platinum group minerals in ophiolitic chromitites and aluvial placer deposits: Meratus-Bobaris area, southeastern Kalimantan. In H.M. Prichard, P.J. Potts, J.F.W. Bowles, S.J. Cribbs (eds). *Geoplatinum* =87, Amsterdam, Elsevier, 283-403

- 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, p. 59-66, 1986.
- CAMPOS, M. Tectónica y minerales útiles de la asociación ofiolítica y de los complejos vulcanógenos del arco insular Cretácico de Cuba oriental. Inédito, 1990.
- CAMPOS, M. Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de Holguín y Guantánamo. *Minería y Geología*, 2, 51-76 p, 1983.
- CHANG, J.L.; G. GRIBNIOV y A. BRODOBOI. 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., 314p, 1990.
- CHANG, J.L. et al. Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias Guantánamo y Holguín (Sector Guantánamo sur). O.N.R.M., 260p, 1991.
- CHAPMAN, R. J., LEAKE, R. C. & MOLES, N. R.,. The use of microchemical analysis of alluvial gold grains in mineral exploration: experiences in Britain and Ireland. *Journal of Geochemical Exploration*, 71, p. 241-268, 2000.
- 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*, 57, p 32-47, 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, p. 953-958, 1989.
- CRESPO, E. Análisis estratigráfico del Oligoceno en Cuba oriental. Tesis de Maestría. ISMMM, 79, 1996.
- COBIELLA, J.L. Jurassic and Cretaceous geological history of Cuba. *International Geology Review*, 42, 594-616, 2000.
- COBIELLA, J.L. Zonación estructuro facial del corte Paleoceno Eoceno Medio de Cuba. *Minería y Geología*, 14(1), 3-12, 1997
- COBIELLA, J.L. Estratigrafía y paleogeografía del Paleógeno de Cuba oriental. Tesis Doctoral. ISMMM, 210 p, 1978.
- COLIN, F., VIEILLARD, P., AMBROSI, J.P.,. Quantitative approach to physical and chemical gold mobility in equatorial rainforest lateritic environment. *Earth Planet. Sci. Letters*, 114, p 269-285, 1993.
- DESBOROUGH G. A.,. Silver depletion indicated by microanalysis of gold from placer occurrences Western United States. *Economy Geology*, 65, p. 304-311, 1970.
- DÍAZ, R.; A. RODRÍGUEZ-VEGA; L. RAMAYO; C.J. LINO. Mineralización epitermal de oro asociada a las vulcanitas cretácicas en Cuba oriental. En: Tercera conferencia internacional sobre geología de Cuba, el Golfo de México y el Caribe Noroccidental, 2000.
- DÍAZ, R., BATISTA, J., BLANCO, J., GONZÁLEZ, R.,. Caracterización geológica del placer de Mejías mediante el estudio fotogeológico y la interpretación de anomalías magnéticas. *Revista Minería y Geología*, 14, p 13-17, 1997.
- DÍAZ, R. Distribución del oro, platinoides y otros minerales en los placeres de la costa norte de Cuba Oriental. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 94 p, 1996
- DÍAZ, R. Sobre la existencia de placeres lateral en el Noreste de Cuba Oriental. *Revista Minería y Geología*, 12, p 39-41, 1995.

- DÍAZ, R., PROENZA, J., MELGAREJO, J., C. 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*, No (1), V(4), p.351-37, 1998.
- DZUENA, A. et. al. Trabajos geológicos y búsqueda de cromitas entre los ríos de la región Moa - Jiguaní - Baracoa. O.N.R.M, 1974.
- EYLES, N.. Characteristics and arigin of coarse gold in Late Pleistocene sediments of the Cariboo placer mining district, British Columbia, Canada. *Sedimentary Geology*, 95, p. 69-95, 1995.
- EYLES, N., KOCSIS, S.P.,. Sedimentological controls on gold in a late Pleistocene glacial placer, Cariboo mining district, British Columbia, Canada. *Sed. Geol.*, 65, p 45-68, 1989.
- FONSECA, E. Sladkevich, V., Santa Cruz, M., Morales, A., Rodríguez, R., Capote, C., Navarrete, M., García, I. Geología de los yacimientos cromíticos con evaluación pronóstico. Informe final tema 401-12. Unidad Minera Punta Gorda, Moa, Cuba, 1992.
- FONSECA, E.; V..N. ZELEPUGIN y M. Heredia. Structure of the ophiolite association of Cuba. *Geotectonic*, 19, p.321-329, 1985a.
- FONSECA, E. et al. Particularidades de la estructura de la asociación ofiolítica en Cuba. *Ciencias de la tierra y el espacio*, 4, p 14-26, 1985b.
- FORMELL, F. y J. Oro. Sobre los procesos de redeposición en el yacimiento Punta Gorda. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 2, p. 53-66, 1980.
- FORMELL, F. Caracterización morfogenéticas de las cortezas de intemperismo níquelíferas sobre las rocas ultrabásicas de Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 2, p. 33-49, 1979.
- GARCIA, M., CARRALERO, N., PROENZA, J., BLANCO, J. Condiciones paleotectónicas y de sedimentación de las formaciones Sabaneta y Vigía según el modelo de una cuenca de retroarco. *Revista Minería y Geología*, 11, p. 13-17, 1996.
- GARCÍA, I. y E. FONSECA. La mineralización cromítica y su relación con las cloritas en el yacimiento Amores. *Minería y Geología*, 11, p. 50-54, 1994.
- GARUTI, G., ZACARINI, F.,. In situ alteration of platinum-group minerals at low temperatura: evidence from serpentized and weathe chromitite of the Vourinos complex, Greece . *Can. Mineral.*, 35, 611-626, 1997.
- GIUSTI, L. The morphology, mineralogy, and behavior of fine – grained gold from placer deposits of Alberta: Sampling and implication for mineral exploration. *Canadian Journal of Earth Science*, 23, p.1662-1672, 1986.
- GROEN, J.C., CRAIG, J.R., RIMSTIDT, D.,. Growth rates and mechanisms of amalgam rims on electrum grains. *Abstr. & Progr. Geol. Soc. Amer.*, 21, p. 62-93, 1989..
- GROEN, J.C., CRAIG, J.R., RIMSTIDT, D.,. Gold-rich rim formation on electrum grains in placers. *Canadian Mineralogist*, 28, p. 207-228, 1990.
- GUILD, P. W. Petrology and structure of the Moa Chromite Distric, Oriente province, Cuba. *Amer. Geophys. Union*, 28, p. 218-246, 1947.
- GYARMATI, P. El Vulcanismo Cretácico Entre Guantánamo - Sagua de Tánamo -Baracoa. *Actas del GEOMIN (CD)*, 2001.

- 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, p. 357-364, 1997.
- GYARMATI, P. Y 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.
- HEAL, R.E., PETRUK, W.,. Petrology of Au-Ag-Hg alloys and "invisible" gold in the Trout Lake massive sulphide deposit, Flin Flon, Manitoba.Can. Mineral, 28, p. 189-206, 1990.
- HERAIL, G., FORNAR, G., VISKARRA, G. & MIRANDA, V.,. Morphological and chemical evolution of gold grains during formation of a polygenetic fluvial placer: the Mio-Pleistocene Tipuani placer example (Andes, Bolivia). Chronique de la Recherche Minière, 5, p. 41-49, 1990 .
- HERAIL, G., PALACIOS, C. M., ORELLANA, R., TOWNLEY, B., LASHEN, A. AND PARADA, M.,. Morphologic evolution of transported gold nuggets in different climatic terrains. Revista Comunicaciones, No.50, p 33-37, 1999.
- ITURRALDE-VINENT, M.A. Estratigrafía de la zona Calabazas-Achotal, Mayarí Arriba. Oriente. La Minería en Cuba, 5, 9-23, 1976.
- ITURRALDE-VINENT, M.A. Geología de las ofiolitas. En Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IUGS/UNESCO. International Geological Correlation Program. Project 364. Ciudad de la Habana. pp. 83-120, 1994.
- ITURRALDE-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.
- ITURRALDE-VINENT, M.A. Geología de las ofiolitas de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M. (ed.). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364. Special contribution n.1, 83-120, 1996a.
- ITURRALDE-VINENT, M.A. Introduction to Cuban Geology and Tectonics. En: Iturralde-Vinent, M. (ed.). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364. Special contribution n.1, 3-35, 1996b.
- ITURRALDE-VINENT, M.A. Cuba: el arco de islas volcánicas del Cretácico. En: M. Iturralde-Vinent (ed.). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364, 179-189, 1996c.
- ITURRALDE-VINENT, M.A. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. Acta Geológica Hispana, 33(1-4), 9-56, 1998.
- KEGIAO, CH., HUIFANG, Y., LETIAN, M., ZHIZHONG, P.,. Dizhi Pinglun, 27, p 107-115, 1981 (en chino con resumen en inglés).
- KNIPPER, A. Y CABRERA, R..Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio- y eugeosinclinal de Cuba y del cinturón hiperbasáltico de Cuba: Contribución a la geología de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, pp. 15-77, 1974.
- KRSTIĆ, S., TARKIAN, M.,. Platinum-group minerals in gold-bearing placers associated with the Velu_ophiolite complex, Yugoslavia. Can. Mineral, 35, p.1-21, 1997.

- 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, 1990.
- LAVAUT, W. La meteorización de la ofiolita de Cuba Oriental. Modelos geológicos y terminología cubana. CD MEMORIAS del V CONGRESO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. GEOMIN 2003, ISBN 959-7117-11-8 TGMNI- 15, La Habana, 2003.
- LAVAUT, W. Tendencias geológicas del intemperismo de las rocas ultramáficas en Cuba oriental. Revista Minería y Geología, 15: p 9-16, 1998.
- LEAKE, R. C., CHAPMAN, R. J., BLAND, D. J., STONE, P., CAMERON, D. G. & STYLES, M. T., The origin of alluvial gold in the Leadhills area of Scotland; evidence from internal chemical characteristics. Journal of Geochemical Exploration, 63, p.7-36, 1998
- 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.
- LOBO MARANHAO, R., Introducción a la búsqueda de yacimientos minerales. Ed. Portugal, 1983.
- LOEN, J.S. Use of placer gold characteristics to locate bedrock gold mineralization. Exploration and Mining Geology, 4, p. 335-339, 1995.
- LOEN, J.S.. Origin of placer gold nuggets and history of formation of glacial gold placers, Gold Creek, Granite County, Montana. Econ. Geol., 89, p. 91-104, 1989.
- MANN, A.W. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: some observations from Western Australia. Econ. Geol., 79, p. 38-49, 1984.
- MARCHESI, C., PROENZA, J.A., GERVILLA, F., GARRIDO, C., MELGAREJO, J.C., DÍAZ-MARTÍNEZ, R., GODARD, M. New petrological and structural constraints on the origin of the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba). *EGS-AGU-EUG Joint Assembly*, Nice, Francia, Geophysical Research Abstracts, vol.5, 00278, 2003
- MILLÁN, G. Metamorfitas de la asociación ofiolítica de Cuba. En Iturralde-Vinnnet (ed) ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba, IGCP *projet* 364. Special contribution n.1., Miami, USA, 131-153, 1996.
- MOSSAKOVSKIY, A.A., NEKRASOV, G.E., SOKOLOV, S.D., FORMELL, F., CABRERA, R., ITURRALDE-VINENT, M., FLORES, R., ORO, J., MORALES, A., PANATALEON, G., PEREZ, L., PSZCZOLKOWSKI, A., BOYANOV, I., HAYDUTOV, I., KANTCHEV, I., KOSTADINOV, V., BREZSNYANSZKY, K., CHUNEV, D., Mapa tectónico de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba, 4p, 1989.
- MORALES, A.R. Y RODRÍGUEZ, R. Caracterización de la fracción pesada en la región Moa-Baracoa y su vinculación con la mineralización endógena. Trabajo presentado en el I Congreso de Geología y Minería. Octubre, 1988.
- MUÑOZ, N., J., Geoquímica y Mineralogía de la Mineralización Cromífera Asociada al Complejo Ofiolítico en la Región de Moa - Baracoa, Cuba. Tesis Doctoral, ISMM, 154p, 1997.
- NAGY, E.; K. BREZSNYANSZKY; A. BRITO; D.P. COUTIN; F. FORMELL; G.L. FRANCO; P. GYARMATI; P. JAKUS; G.Y. RADO CZ. Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000. Academia de Ciencias de Cuba, 1976.

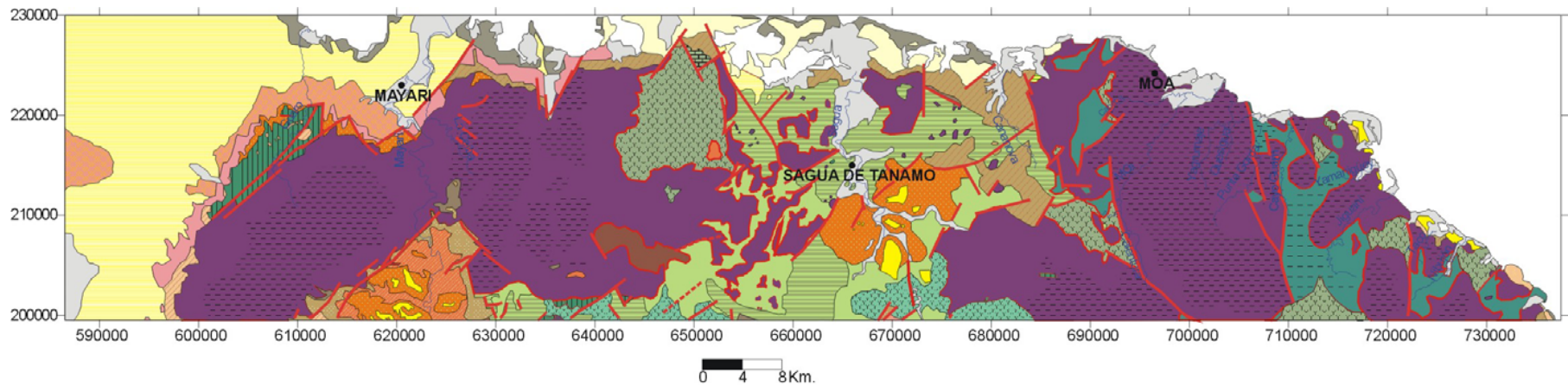
- NAGY, E.; K. BREZSNYANSZKY; A. BRITO; D.P. COUTIN; F. FORMELL; G.L. FRANCO; P. GYARMATI; P. JAKUS; G.Y. RADOZ. Contribución a la geología de Cuba oriental. La Habana, Editorial Científico Técnica, 273, 1983.
- NAKAGAWA, M., FRANCO, H.E.A. Placer Os-Ir-Ru alloys and sulfides: indicators of low sulfur fugacity in an ophiolite?. *Can. Mineral.*, 35, p. 1441-1452, 1997.
- NAVARRETE, M., RODRÍGUEZ, R., Generalización petrológica del corte ofiolítico de los yacimientos Pinares de Mayari, Canada, Luz Norte Macizo Mayari-Nicaró. *Minería y geología*, 8, 3-10, 1991.
- NEKRASOV, G.YE.; J. ORO; S.D. SOKOLOV; R. FLORES; M.V. SHAVYRINA. Ophiolites of Eastern Cuba. *Geotectonic*, 23: 60-71, 1989.
- NYSTEN, P.,. Gold in the volcanogenic mercury-rich sulphide deposit Långsele, Skellefte ore district, northern Sweden. *Mineral. Deposita*, 21,2, p. 116-120, 1986.
- OBERTHÜR, TH., SAAGER, R.,. Silver and mercury in gold particles from the Proterozoic Witwatersrand placer deposits of South Africa: metallogenic and geochemical implications. *Econ. Geol.*, 81, p. 20-31, 1986.
- OLIMPIO, G., A.,. Estudio de los procesos epitermales en la región Sagua-Moa-Baracoa. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 56 p, 1998..
- PÉREZ MATEOS, L. Análisis mineralógico de arenas. Métodos de estudio. Manuales de ciencia actual. No. 1. Madrid, 1965.
- PALACIOS, C., ULLOA, C., SEPÚLVEDA, F., MAKSAEV, V., HERAIL, G., TOWNLEY, B., LAHSEN, A., PARADA, M. Morphologic and chemical characteristics of gold grains: Methodologic improvements for gold – bearing deposit exploration in active continental margins. *Revista Comunicaciones*, 50, p. 97-100, 1999.
- PROENZA, J., Gervilla, F., Díaz-Martínez, R., Rodríguez-Vega, A., Lavaut, W., Ruiz-Sánchez, R., Batista, J.A., Blanco-Moreno, J., Melgarejo, J.C., Garrido, C.J., Marchesi, C.,. La Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba Oriental): Un nuevo reconocimiento petrológico y estructural. *V Congreso Cubano de Geología y Minería*, La Habana, Cuba. Libro de Resúmenes, p. 143-145, 2003.
- 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.
- PROENZA, J. GERVILLA, F., MELGAREJO, J.C. Y BODINIER, J.L. Al- and Cr- rich chromitites from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotite in suprasubduction mantle. *Economic Geology* 94, 547-566. , 1999a.
- PROENZA, J., GERVILLA, F. Y MELGAREJO, J.C. 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.; F. GERVILLA; J.C. MELGAREJO; D. REVÉ; G. RODRÍGUEZ. Las cromititas ofiolíticas del yacimiento Mercedita (Cuba). Un ejemplo de cromititas ricas en Al en la zona de transición manto-corteza. *Acta Geológica Hispánica*, 33(1-4), 179-212, 1998.

- PROENZA, J. Mineralización de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba): Ejemplo del yacimiento Mercedita. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 227p.,1997.
- PROENZA, J. CARRALERO, N. M. Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo. *Minería y Geología*, 11, 3-10, 1994.
- QUINTAS, F. Bioestratigrafía del corte Meso-Cenozoico del extremo oriental de Cuba. *Minería y Geología*, 13(1), 3-8, 1996.
- QUINTAS, F.; J. PROENZA y J.L. CASTILLO. Análisis tectono-sedimentario de la paleocuenca Sabaneta. *Minería y Geología*, 12: 3-8, 1995.
- 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. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 161p., 1989.
- 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, 127p., 2003.
- RAMAYO, L., DIAZ, R. Y A. RODRÍGUEZ: Mineralización aurífera asociada a ofiolitas y arcos de islas en Cuba oriental. Actas del XI Congreso Latinoamericano de Geología, Montevideo-Uruguay, 2001a.
- RAMAYO CORTES, L. Mineralogía y geoquímica de los flujos mecánicos de dispersión en la región DE MOA. TRABAJO DE DIPLOMA. CENTRO DE INFORMACIÓN. ISMMM, 63P.,1996.
- ROMANIUK, O., .Gold of the Saskatchewan sands and gravels. B.Sc.thesis, University of Albert, Edmonton, Alta, 1981.
- RÍOS, Y..I. Y 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, A., Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMM, 124 p, 1998.
- RODRÍGUEZ, A. Contenidos anómalos de elementos raros y metales nobles en los concentrados pesados de la región noreste de la provincia de Holguín. *Revista Minería y Geología*. No. 1, pp 19-25, 1995a.
- RODRÍGUEZ, A. Indicios de la mineralización talífera en la cuenca de Sagua de Tánamo. *Revista Minería y Geología*. 12, pp 31-37, 1995b.
- RODRÍGUEZ, A. Mapeo de zonas de silicificaciones en la región de Moa. Inédito. Departamento de Geología, ISMMM, 38, 1996.
- RODRÍGUEZ, A. Díaz, R. La mineralización aurífera en Cuba. EN: José Antonio Espí: Libro de la minería del oro en Iberoamérica. Red XIII-B, CYTED. Amanuel 4, Madrid, España, p 249-264, 2001.
- 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, 69p, 2001.
- RUIZ, C., SAMPER, J.,. Presencia de la amalgama Au-Ag-Hg en el Cinturón Pirítico Ibérico, mina de La Zarza (Huelva). *Geogaceta*,18, p. 184-186, 1995.

- SANAMÉ, R., A. Particularidades de la distribución del oro en los concentrados pesados de la desembocadura del río Jiguaní. Trabajo de Diploma. Centro de Información. ISMM. 70 p.,1996.
- SEELEY, J.B., SENDEN, T.J., Alluvial gold in Kalimantan, Indonesia; a colloidal origin?. Jour. Geochem. Explor., 50, p. 457-478, 1994.
- SMIRNOV, V. I. Geología de los yacimientos minerales. Editorial Mir Moscú, pp 654, 1982.
- THAYER, T.P. Chome resources of Cuba. U. S. *Geological Survey Bulletin*. 1942.
- TISHCHENKO, E. I.. The problem of evolution of gold-flake flattening in alluvial placers. *Soviet Geology and Geophysics*, 22, p. 28-33, 1981.
- 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.
- VERA, A.,. Introducción a los yacimientos de níquel cubanos, Ciudad de la Habana: ORBE, 1979.
- VILA,, A. y BARBERAN, G. L. Caracterización Geoquímica y mineralógica de los concentrados pesados de la cuenca hidrográfica del río Yamanigüey. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 54 p.1995.
- 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, 76p.,1999.
- VILA SANCHEZ, A. R.; DÍAZ-MARTÍNEZ., (2001). Principales rasgos de la distribución del oro en los depósitos exógenos de la región Sagua – Moa. EN Memorias del XX Curso Internacional de Postgrado en Metalogenia, Universidad Central del Ecuador, 2001.
- WATTERSON, J.R.,. Artifacts resembling budding bacteria produced in placer-gold amalgams by nitric acid leaching. *Geology*, 22, p. 1144-1146, 1994.
- WILSON, A. Origin of quartz free gold nuggets and supergene gold found in laterites and soils: a review of some new observation. *Aust. J. Earth Sci.*, No.31. pp. 303-316, 1984
- YEEND, W.,. Experimental abrasion of detrital gold. *United States Geological Survey Journal of Research*,3, p. 203-212, 1975
- YOUNGSON, J. & CRAW, D.. Gold nugget growth during tectonically induced sedimentary recycling, Otago, New Zealand. *Sedimentary Geology*, 84, p. 71-88, 1993.
- YOUNGSON, J.H.& CRAW, D.,. Evolution of placer gold deposits during regional uplift, Central Otago, New Zealand. *Econ. Geol.*, 90, p. 731-745, 1995.
- YOUNGSON, J. & CRAW, D.. Variation in placer style, gold morphology, and gold particle behavior down gravel bed-load rivers: an example from the Shotover/Arrow-Kawarau-Clutha river system, Otago, New Zealand. *Economic Geology*, 94, p. 615-634, 1999.
- 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.. Beiträge zur Shottenanalyse. *Schweizer Mineralogische und Petrologische Mitteilungen*. 15, p. 39 – 140, 1985. Zürich.

RELACIÓN DE ANEXOS

- ✓ Anexo 1.1. Mapa geológico de región Mayarí—Sagua—Moa (modificado de Albear y otros, 1989).
- ✓ Anexo 3.1A. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en las partículas auríferas del río Quesigua, expresado en % en peso.
- ✓ Anexo 3.1B. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en las partículas auríferas del río Quesigua, expresado en % atómico.
- ✓ Anexo 3.2 Composición elemental de las partículas de oro nativo que aparecen intercrecidas en las vetas de cuarzo con sulfuros, encajadas en los volcánicos del sector Quesigua. Los análisis fueron realizados mediante microsonda electrónica.
- ✓ Anexo 3.3. Resultados de los estudios morfométricos realizados a las partículas auríferas identificadas en la fracción granulométrica ($< 0,1$ mm) de los sedimentos marinos costeros del placer Mejías. (IA.-índice de aplastamiento de las partículas auríferas).
- ✓ Anexo 3.4A. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en los granos auríferos reveladas en el placer Mejías, expresado en % en peso.
- ✓ Anexo 3.4B. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en las partículas auríferas reveladas en los sedimentos marinos costeros del placer de playa Mejías, expresado en % atómico.
- ✓ Anexo 3.5. Resultados de los estudios morfométricos realizados a las partículas auríferas identificadas en la fracción granulométrica ($< 0,1$ mm) de los sedimentos marinos costeros de playa Jiguaní.
- ✓ Anexo 3.6 Ubicación espacial de las posibles áreas-fuente de oro en la región Sagua de Tánamo-Moa.
- ✓ Anexo 3.7 Composición elemental del oro en los horizontes lateríticos del sector "Cabañas". Los análisis fueron realizados mediante potenciometría de redisolución anódica.



LEYENDA

Sedimentos Cuaternarios	Fm. Puerto Boniato	Plagiogranitos
Fm. Jaimanitas	Fm. Charco Redondo	Complejo de diques paralelos
Fm. Maya	Fm. Castillo de los Indios	Gabros
Fm. Júcaro	Fm. Miranda	Serpentinitas, harzburgitas, wherlitas, dunitas serpentinizadas
Fm. Jagüeyes	Fm. Gran Tierra	Cortezas de intemperismo en las ultrabasitas y gabros
Fm. Yateras	Fm. Micara	Horizontes guías de rocas carbonatadas en las rocas Vulcanógeno-sedimentarias
Fm. Camazán	Fm. La Picota	
Fm. Maquey	Fm. La Jíquimica	
Fm. Bitirí	Fm. Santo Domingo	
Fm. Capiro	Fm. Téneme	
Fm. Sagua	La Corea	

FALLAS
 a- Reales
 b- Supuestas

Anexo 1.1. Mapa geológico de región Mayarí—Sagua—Moa (modificado de Albear y otros, 1989).

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
% en peso						
1	77,91	21,50	0,00	0,02	0,00	99,43
2	77,12	21,72	0,00	0,06	0,00	98,90
3	76,92	20,71	0,21	0,03	0,01	97,88
4	77,44	21,67	0,20	0,03	0,01	99,34
5	77,33	21,69	0,07	0,02	0,01	99,12
6	78,49	21,00	0,04	0,01	0,01	99,55
7	78,41	21,99	0,16	0,03	0,00	100,59
8	77,69	21,76	0,22	0,06	0,00	99,73
9	78,50	21,15	0,16	0,02	0,00	99,82
10	77,02	21,31	0,34	0,00	0,01	98,67
11	78,89	21,25	0,20	0,06	0,00	100,40
12	77,67	21,06	0,14	0,00	0,00	98,88
13	77,94	20,23	0,20	0,03	0,00	98,40
14	78,59	20,77	0,34	0,02	0,00	99,72
15	78,07	21,85	0,20	0,02	0,00	100,13
16	79,06	20,76	0,29	0,02	0,00	100,13
17	77,75	20,98	0,28	0,02	0,00	99,03
18	78,64	21,11	0,15	0,02	0,00	99,92
19	78,36	21,26	0,20	0,02	0,00	99,85
20	77,72	21,02	0,11	0,03	0,50	99,38
21	77,78	21,03	0,25	0,00	0,16	99,21
22	77,65	21,40	0,20	0,02	0,00	99,27
23	77,05	21,21	0,26	0,01	0,01	98,55
24	71,51	25,97	0,21	0,06	0,01	97,76
25	98,33	1,40	0,00	0,01	0,00	99,74
26	98,46	1,76	0,09	0,00	0,01	100,32
27	98,31	2,34	0,15	0,00	0,00	100,80
28	74,45	25,81	0,11	0,07	0,02	100,45
29	69,96	28,56	0,31	0,01	0,01	98,84
30	69,07	31,18	0,19	0,01	0,02	100,47
31	69,66	28,85	0,30	0,01	0,01	98,83
32	70,26	28,77	0,27	0,00	0,00	99,31
33	70,38	29,09	0,17	0,01	0,00	99,65
34	71,01	27,44	0,16	0,03	0,01	98,65

Anexo 3.1A. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en las partículas auríferas del río Quesigua, expresado en % en peso.

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
% Atómico						
1	66,46	33,49	0,00	0,05	0,00	100,00
2	65,94	33,90	0,00	0,15	0,01	100,00
3	66,85	32,85	0,18	0,09	0,03	100,00
4	66,01	33,72	0,17	0,08	0,02	100,00
5	66,05	33,83	0,06	0,04	0,02	100,00
6	67,13	32,80	0,03	0,02	0,02	100,00
7	65,99	33,79	0,13	0,09	0,00	100,00
8	65,94	33,72	0,02	0,15	0,01	99,84
9	66,91	32,91	0,13	0,05	0,00	100,00
10	66,23	33,46	0,29	0,00	0,02	100,00
11	66,81	32,86	0,17	0,16	0,00	100,00
12	66,80	33,07	0,12	0,00	0,01	100,00
13	67,66	32,07	0,17	0,08	0,01	99,99
14	67,21	32,43	0,28	0,06	0,01	99,99
15	66,04	33,75	0,17	0,04	0,00	100,00
16	67,39	32,31	0,24	0,04	0,01	99,99
17	66,80	32,91	0,24	0,05	0,01	100,01
18	66,99	32,83	0,12	0,05	0,00	99,99
19	66,72	33,06	0,16	0,06	0,00	100,00
20	65,82	32,50	0,09	0,09	1,51	100,01
21	66,49	32,82	0,21	0,00	0,47	99,99
22	66,38	33,41	0,16	0,04	0,01	100,00
23	66,36	33,35	0,22	0,04	0,03	100,00
24	59,92	39,73	0,17	0,16	0,01	99,99
25	97,44	2,52	0,00	0,03	0,00	99,99
26	96,72	3,16	0,09	0,00	0,03	100,00
27	95,70	4,15	0,15	0,00	0,00	100,00
28	61,04	38,63	0,09	0,19	0,05	100,00
29	57,13	42,58	0,25	0,02	0,02	100,00
30	54,69	45,09	0,15	0,03	0,04	100,00
31	56,78	42,94	0,24	0,02	0,01	99,99
32	57,09	42,69	0,22	0,00	0,00	100,00
33	56,90	42,95	0,13	0,02	0,00	100,00
34	58,49	41,27	0,13	0,08	0,02	99,99

Anexo 3.1B. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en las partículas auríferas del río Quesigua, expresado en % atómico.

Áreas muestreadas		Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
Mineralización hidrotermal Quemado del Negro	% en Peso						
	1	98,50	0,05	0,00	0,02	0,04	98,61
	2	99,06	0,00	0,00	0,06	0,06	99,18
	3	97,84	0,03	0,00	0,08	0,06	98,01
	4	99,33	0,06	0,00	0,05	0,03	99,47
	5	99,17	0,00	0,00	0,03	0,05	99,25
	6	97,72	0,08	0,00	0,07	0,02	97,89
	7	100,14	0,03	0,00	0,06	0,05	100,28
	8	98,50	1,30	0,00	0,02	0,08	99,90
	9	96,93	2,80	0,00	0,28	0,14	100,15
	10	98,84	0,24	0,00	0,02	0,18	99,28
	11	97,40	1,50	0,00	0,64	0,08	99,62
	12	98,50	0,08	0,00	0,06	0,03	98,67
13	98,81	0,04	0,00	0,04	0,08	98,97	
Áreas Muestreadas		Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
Mineralización hidrotermal Quemado del Negro	% Atómico						
	1	99,20	0,09	0,00	0,05	0,14	99,48
	2	99,00	0,00	0,00	0,19	0,21	99,40
	3	98,97	0,06	0,00	0,25	0,21	99,49
	4	99,26	0,11	0,00	0,15	0,11	99,63
	5	98,98	0,00	0,00	0,09	0,18	99,25
	6	98,93	0,15	0,00	0,22	0,07	99,37
	7	98,66	0,05	0,00	0,18	0,17	99,06
	8	96,78	2,33	0,00	0,05	0,28	99,44
	9	92,58	4,88	0,00	0,82	0,47	98,75
	10	98,00	0,43	0,00	0,05	0,63	99,11
	11	94,21	2,64	0,00	1,91	0,27	99,03
	12	98,46	0,15	0,00	0,2	0,11	98,92
13	97,91	0,07	0,00	0,12	0,28	98,38	

Anexo 3.2 Composición elemental de las partículas de oro nativo que aparecen intercrecidas en las vetas de cuarzo con sulfuros, encajadas en los volcánicos del sector Quesigua. Los análisis fueron realizados mediante microsonda electrónica.

Muestras	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	CSF	IA
MJV-1A	0,103	0,069	0,019	0.2	4,48
	0,123	0,047	0,013	0.2	6,50
	0,134	0,012	0,010	0.2	7,39
MJV-1B	0,112	0,102	0,024	0.2	4,54
	0,113	0,100	0,019	0.2	5,56
	0,162	0,098	0,021	0.2	6,14
	0,231	0,097	0,025	0.2	6,51
	0,372	0,087	0,067	0.4	3,42
	0,276	0,099	0,035	0.2	5,33
	0,179	0,086	0,028	0.2	4,80
	0,367	0,100	0,037	0.2	6,28
MJV-1C	0,123	0,069	0,019	0.2	5,01
	0,113	0,089	0,017	0.2	5,85
	0,131	0,077	0,026	0.3	3,96
	0,143	0,089	0,018	0.2	6,35
MJV-1D	0,143	0,022	0,015	0.3	5,37
	0,104	0,040	0,011	0.2	6,69
	0,074	0,038	0,010	0.2	5,65
	0,219	0,093	0,018	0.1	8,58
	0,321	0,087	0,056	0.3	3,64
MJV-1E	0,085	0,053	0,011	0.2	6,22
	0,062	0,021	0,006	0.2	6,67
	0,078	0,053	0,008	0.1	8,01
	0,086	0,047	0,013	0.2	5,28
MJV-2A	0,178	0,060	0,016	0.2	7,36
	0,232	0,108	0,021	0.1	7,94
	0,221	0,074	0,033	0.3	4,49
	0,182	0,098	0,027	0.2	5,19
MJV-2B	0,161	0,037	0,015	0.2	6,73
	0,060	0,013	0,007	0.2	5,52
	0,162	0,013	0,012	0.3	7,13
MJV-2C	0,100	0,053	0,011	0.2	6,91
	0,104	0,059	0,010	0.1	7,99
	0,102	0,023	0,012	0.2	5,46
	0,231	0,017	0,016	0.3	7,66
MJV-2D	0,342	0,024	0,024	0.3	7,73
	0,251	0,034	0,028	0.3	5,13
	0,323	0,044	0,026	0.2	7,02
MJV-2E	0,150	0,046	0,018	0.2	5,56
	0,111	0,070	0,015	0.2	6,21
	0,238	0,170	0,022	0.1	9,20
MJV-2F	0,124	0,092	0,017	0.2	6,32
	0,188	0,092	0,018	0.1	7,64
	0,185	0,095	0,018	0.1	7,96
	0,093	0,047	0,010	0.2	7,00
	0,178	0,053	0,016	0.2	7,13
	0,170	0,052	0,015	0.2	7,50
	0,136	0,094	0,016	0.1	7,09

Anexo 3.3. Resultados de los estudios morfométricos realizados a las partículas auríferas identificadas en la fracción granulométrica (< 0,1 mm) de los sedimentos marinos costeros del placer Mejías. (IA.-índice de aplastamiento de las partículas auríferas).

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
% Peso						
1	61,85	34,34	3,48	0,14	0,01	99,82
2	62,15	33,97	3,64	0,13	0,00	99,89
3	95,85	3,95	0,25	0,08	0,00	100,14
4	91,57	5,56	0,00	0,00	0,04	97,16
5	64,39	33,97	2,76	0,09	0,00	101,21
6	62,06	33,34	3,80	0,10	0,03	99,34
7	61,80	34,63	3,27	0,28	0,01	99,99
8	62,01	35,23	3,35	0,17	0,00	100,76
9	74,20	24,77	0,00	0,03	0,05	99,04
10	74,62	25,07	0,25	0,01	0,04	99,99
11	97,86	2,45	0,00	0,01	0,00	100,32
12	98,14	1,55	0,00	0,04	0,09	99,81
13	94,48	2,12	0,04	0,02	0,20	96,85
14	95,02	5,64	0,00	0,01	0,04	100,70
15	96,63	3,07	0,00	0,01	0,09	99,80
16	53,19	46,23	0,00	0,04	0,01	99,46
17	54,22	44,50	0,08	0,02	0,02	98,83
18	74,25	25,12	0,10	0,01	0,03	99,60
19	74,59	24,62	0,22	0,03	0,01	99,47
20	92,48	6,66	0,01	0,03	0,04	99,21
21	64,03	38,28	0,00	0,03	0,00	102,35
22	66,64	35,62	0,08	0,05	0,01	102,39
23	69,23	31,78	0,00	0,03	0,02	101,05
24	97,45	2,96	0,00	0,04	0,01	100,46
25	73,30	25,39	0,06	0,00	0,01	98,76
26	73,44	26,32	0,18	0,06	0,04	100,03
27	29,26	51,49	18,76	0,05	0,02	99,58
28	29,20	50,44	18,02	0,02	0,01	97,69
29	28,47	49,96	20,12	0,00	0,00	98,56
30	28,59	49,65	19,30	0,04	0,00	97,57
31	28,17	50,47	19,28	0,00	0,00	97,93
32	27,37	50,01	19,30	0,00	0,00	96,67
33	28,85	50,65	18,79	0,04	0,00	98,33
34	28,69	51,90	17,86	0,04	0,05	98,53

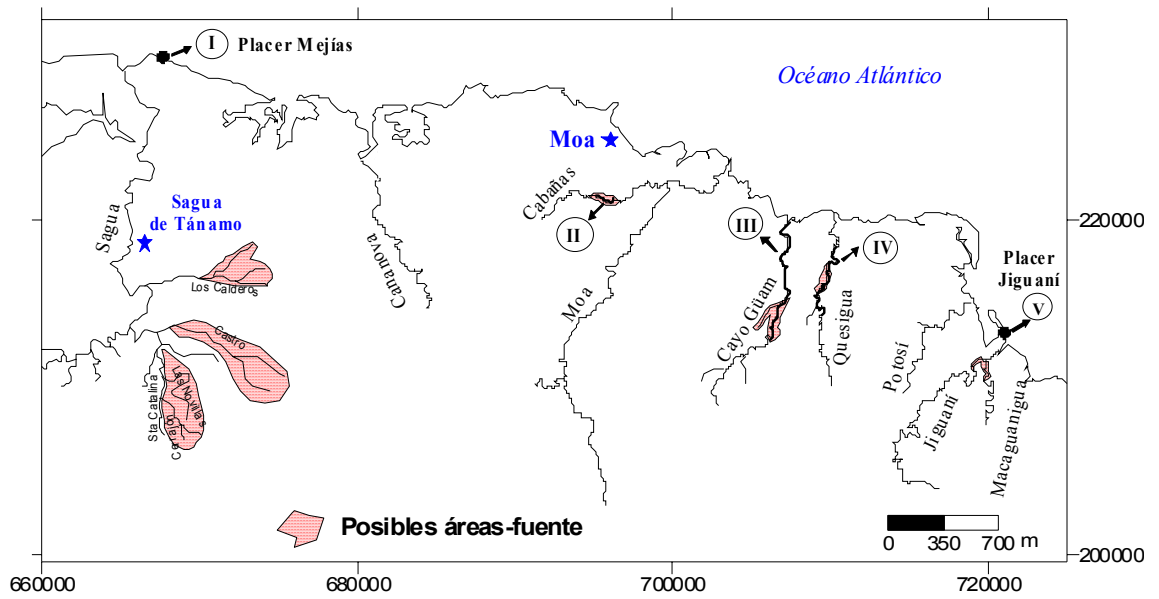
Anexo 3.4A. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en los granos auríferos reveladas en el placer Mejías, expresado en % en peso.

	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Total
% Atómico						
1	48,15	48,82	2,66	0,33	0,04	100,00
2	48,49	48,40	2,79	0,32	0,00	100,00
3	92,55	6,96	0,24	0,25	0,00	100,00
4	89,91	9,96	0,00	0,00	0,13	100,00
5	49,76	47,94	20,90	0,22	0,00	118,82
6	48,83	47,90	2,94	0,25	0,09	100,01
7	47,85	48,96	2,49	0,67	0,04	100,01
8	47,65	49,43	2,53	0,39	0,00	100,00
9	61,99	37,78	0,00	0,08	0,14	99,99
10	61,77	37,90	0,20	0,02	0,11	100,00
11	95,60	4,37	0,00	0,03	0,00	100,00
12	96,79	2,78	0,00	0,00	0,00	99,57
13	95,30	3,90	0,00	0,00	0,01	99,21
14	90,10	9,76	0,00	0,00	0,00	99,86
15	94,20	5,46	0,00	0,00	0,00	99,66
16	38,62	61,28	0,00	0,00	0,00	99,90
17	39,37	59,90	0,00	0,00	0,00	99,27
18	61,65	38,09	0,00	0,00	0,00	99,74
19	62,23	37,51	0,00	0,00	0,00	99,74
20	88,18	11,59	0,00	0,00	0,00	99,77
21	47,77	52,15	0,00	0,00	0,00	99,92
22	50,51	49,30	0,00	0,00	0,00	99,81
23	54,35	45,55	0,00	0,00	0,00	99,90
24	94,59	5,25	0,00	0,00	0,00	99,84
25	61,20	38,70	0,00	0,00	0,00	99,90
26	60,19	39,39	0,00	0,00	0,00	99,58
27	20,62	66,25	12,98	0,00	0,00	99,85
28	21,00	66,22	12,73	0,00	0,00	99,95
29	20,42	65,42	14,17	0,00	0,00	100,01
30	20,67	65,55	13,70	0,00	0,00	99,92
31	20,23	66,17	13,60	0,00	0,00	100,00
32	19,88	66,35	13,77	0,00	0,00	100,00
33	20,62	66,10	13,18	0,00	0,00	99,90
34	20,31	67,08	12,41	0,00	0,00	99,80

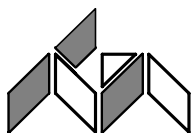
Anexo 3.4B. Resultados de los análisis químicos realizados por microsonda electrónica en las partículas auríferas reveladas en los sedimentos marinos costeros del placer de playa Mejías, expresado en % atómico.

Muestras	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	IA	CSF
PJ-1	0,133	0,053	0,013	7,034	0.2
PJ-1	0,142	0,073	0,017	6,256	0.2
PJ-1	0,150	0,065	0,019	5,800	0.2
PJ-2	0,093	0,078	0,018	4,718	0.2
PJ-2	0,103	0,071	0,018	4,960	0.2
PJ-2	0,195	0,074	0,013	10,109	0.1
PJ-2	0,134	0,046	0,014	6,536	0.2
PJ-3	0,196	0,067	0,011	11,531	0.1
PJ-3	0,157	0,065	0,012	9,496	0.1
PJ-3	0,352	0,100	0,021	10,660	0.1
PJ-3	0,197	0,098	0,015	9,720	0.1
PJ-3	0,251	0,067	0,018	8,745	0.1
PJ-3	0,182	0,056	0,015	8,214	0.1
PJ-4	0,243	0,028	0,025	5,358	0.3
PJ-4	0,354	0,016	0,013	14,023	0.2
PJ-4	0,247	0,064	0,015	10,147	0.1
PJ-4	0,129	0,084	0,017	6,327	0.2
PJ-4	0,101	0,038	0,011	6,444	0.2
PJ-4	0,271	0,045	0,028	5,709	0.3
PJ-4	0,429	0,089	0,044	5,957	0.2
PJ-4	0,362	0,035	0,022	9,071	0.2
PJ-5	0,157	0,065	0,012	9,496	0.1
PJ-5	0,352	0,100	0,021	10,660	0.1
PJ-5	0,182	0,012	0,011	8,904	0.2
PJ-5	0,230	0,037	0,022	6,117	0.2
PJ-5	0,328	0,018	0,014	12,017	0.2
PJ-5	0,192	0,042	0,019	6,257	0.2
PJ-5	0,283	0,054	0,022	7,770	0.2
PJ-5	0,192	0,036	0,017	6,673	0.2
PJ-5	0,121	0,013	0,011	5,969	0.3

Anexo 3.5. Resultados de los estudios morfométricos realizados a las partículas auríferas identificadas en la fracción granulométrica (< 0,1 mm) de los sedimentos marinos costeros de playa Jiguaní.



Anexo 3.6. Ubicación espacial de las posibles área fuentes de granos de oro en la región Sagua de Tánamo-Moa.



BOLETIM DE ANÁLISE

Boletim nº 14 / AA / 02
Página nº 1 / 1
Nº Ordem Lab 303 / 01

Amostras Laterites

Requerente Dep. Geologia – Dr. Eurico Pereira

Estudo Solicitado Análise de Ouro (Au) **Req. 085 / 16**

Método Instrumental Potenciometria de Redissolução Anódica
Metodologia Método Interno - PA003AA

Secção: ABSORÇÃO ATÓMICA **Registo:**
Data de Início da Análise: 03 / 01 / 02 **Data de Conclusão da Análise: 16 / 05 / 02**

REF. ^a	ppb Au
L – 1D	98
L – 1C	141
L – 1B	30
L – 1A	2.0 ppm

NOTA: Método controlado com os MRC *GTS-2* e *CH-3* (CCRMP). Ensaios em duplicado em 75% das amostras.

S. Mamede de Infesta, 16 de Maio de 2002

A Assistente de Investigação

(Dr.^a M.^a Adelaide A. Ferreira)

Anexo 3.7 Composición elemental del oro en los horizontes lateríticos del sector "Cabañas". Los análisis fueron realizados mediante potenciometría de redissolución anódica.

Este Boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela Direcção do Laboratório.
Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do requerente.

RUA DA AMIEIRA – 4466-956 S. MAMEDE DE INFESTA
229514040

Tel. 229511915 - Fax

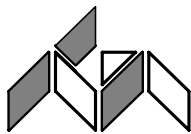
igmsede@igm.pt

URL: www.igm.pt / e-mail:

Nova Colecção 2000
Mod. nº 013

28FEV2002





Boletim nº
Página nº
Nº Ordem Lab

Este Boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela Direcção do Laboratório.
Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do requerente.

RUA DA AMIEIRA – 4466-956 S. MAMEDE DE INFESTA
229514040

Tel. 229511915 - Fax

igmsede@igm.pt

URL: www.igm.pt / e-mail:

Nova Colecção 2000
Mod. nº 013

28FEV2002

