

OCTUBRE  
SUPLEMENTO  
2023



# MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



OCTUBRE  
SUPLEMENTO  
2023



# MAYAYA

## REVISTA DE GEOCIENCIAS

**Revista Maya:** Revista Maya de Geociencias que (RMG) nace del entusiasmo de profesionistas con la inquietud de difundir conocimientos relacionados con la academia, investigación, la exploración petrolera y Ciencias de la Tierra en general.

El objetivo principal de la revista es proporcionar un espacio a todos aquellos jóvenes profesionistas que deseen dar a conocer sus publicaciones. los fundadores de la revista son *Luis Angel Valencia Flores, Bernardo García Amador y Claudio Bartolini.*

Otro de los objetivos de la Revista Maya de Geociencias es incentivar a profesionales, académicos, e investigadores, a participar activamente en beneficio de nuestra comunidad joven de geociencias.

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comunícate con cualquiera de los editores.

Las notas geológicas tienen como objetivo el presentar síntesis de trabajos realizados en México y en diferentes partes del mundo por jóvenes profesionales y prestigiosos geocientíficos. Son notas esencialmente de divulgación, con resultados y conocimientos nuevos, en beneficio de nuestra comunidad de geociencias. Estas notas no están sujetas a arbitraje.

*\*Es importante aclarar, que las opiniones científicas, comerciales, culturales, sociales etc., no son responsabilidad, ni son compartidas o rechazadas, por los editores de la revista.*

**Revista Maya:** The Revista Maya de Geociencias (RMG) springs from the enthusiasm of professionals with a desire to distribute knowledge related to academic research, exploration for resources and geoscience in general.

The main objective of the RMG is to provide a place for young professionals who wish to distribute their publications. The founders of the Revista are Luis Ángel Valencia Flores, Bernardo García and Claudio Bartolini.

A further objective of the RMG is to encourage professionals, academicians and researchers to actively participate for the benefit of our community of young geoscientists.

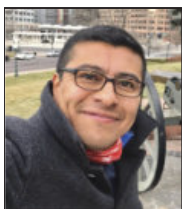
The RMG is published monthly as a PDF file distributed by email and shared through social media. This digital magazine has no commercial aim. It is international and bilingual (Spanish and English). If one wishes to participate or contribute a manuscript, please contact any of the editors.

The geological notes aim to synthesize work carried out in Mexico and other parts of the world both by young professionals and prestigious geoscientists. These notes are produced principally to reveal new understandings for the benefit of our geoscientific community and are not subjected to peer review.

Revista de divulgación  
Geocientífica

**Portada de la revista:** Pieza maya de jadeita que puede ser el Retrato del Rey Pájaro Jaguar de la ciudad de Yaxchilán en la cuenca del Río Usumacinta, México.

# EDITORES



**Luis Angel Valencia Flores** (M.C.). Ingeniero Geólogo y Maestro en Ciencias en Geología, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Unidad Ticomán. Ha trabajado en el IMP, Pemex Activo Integral Litoral de Tabasco, Schlumberger, Paradigm Geophysical, Comisión Nacional de Hidrocarburos, Aspect Energy Holdings LLC, actualmente es académico del IPN (posgrado y licenciatura) y la UNAM (licenciatura) impartiendo las materias de Evaluación de formaciones, Caracterización de yacimientos, Geología de yacimientos, Geoquímica, entre otras del ramo petrolero. Cuenta con experiencia de 20 años trabajando en diversos proyectos de planeación y

perforación de campos, pozos costa afuera, petrofísica, geomodelado y caracterización de yacimientos entre ellos: Cantarell, Sihil, Xanab, Yaxche, Sinan, Bolontiku, May, Onixma, Faja de oro, campos de Brasil, Bolivia y Cuba. Como Director General Adjunto en la CNH fue parte del equipo editor técnico en la generación de los Atlas de las Cuencas de México, participó como ponente del Gobierno de México en eventos petroleros de Canadá, Inglaterra y Estados Unidos. Es Technical Advisor del Capítulo estudiantil de la AAPG-IPN.

[luis.valencia.11@outlook.com](mailto:luis.valencia.11@outlook.com)



**Bernardo García-Amador** es candidato a doctor en Ciencias de la Tierra por la UNAM. Su pasión es entender las causas y consecuencias de la tectónica. Actualmente se encuentra en proceso de graduarse del doctorado, con un trabajo que versa en la evolución tectónica de Nicaragua (Centroamérica). Además imparte el

curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Recientemente Bernardo ha publicado parte de su trabajo de doctorado en las revistas Tectonics y Tectonophysics, además de ser coautor de otros artículos científicos de distintos proyectos.

[bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu](mailto:bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu)



**Josh Rosenfeld** (Ph.D.). He obtained an M.A. from the University of Miami in 1978, and a Ph.D. from Binghamton University in 1981. Josh joined Amoco Production Company as a petroleum geologist working from 1980 to 1999 in Houston, Mexico and Colombia. Upon retiring from Amoco, Josh was employed by Veritas DGC until

2002 on exploration projects in Mexico. He has been a member of HGS since 1980 and AAPG since 1981, and currently does geology from his home in Granbury, Texas.

[jhrosenfeld@gmail.com](mailto:jhrosenfeld@gmail.com)



**Claudio Bartolini** (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America. Claudio is an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of the Americas. He is a

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

Claudio was made an Honorary Member of the AAPG in 2022 in recognition of his service to the Association, and his devotion to the science and profession of petroleum geology.

[bartolini.claudio@gmail.com](mailto:bartolini.claudio@gmail.com)

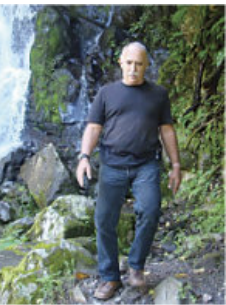
# COLABORADORES



**Salvador Ortuño Arzate** received his M. Sc. from the National Autonomous University of Mexico (UNAM) and his Ph.D. from the Université de Pau and Pays de l'Adour (UPPA) in France. He has been a researcher at the Instituto Mexicano del Petróleo and the Institut Français du Pétrole, focusing his work on the Exploration Petroleum field. Salvador has published several papers and a book, "El Mundo del Petróleo" (Petroleum's world),

examining and shedding light on the history of petroleum and the implications for the society. Also, he has worked as an advisor for several universities and national corporations. Lastly, he has served as faculty and has taught different courses at the Secretariat of National Defense and at the Engineering School of U.N.A.M.

[soaortuno@gmail.com](mailto:soaortuno@gmail.com)



**Ing. Humberto Álvarez.** Más de 5 décadas dedicadas al estudio de la geología de Cuba occidental y central. Editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II realizó cartografías de los macizos metamórficos Escambray, Complejo Anfibolítico de Mabujina y ofiolitas de Cuba central. Es autor-coautor de 23 formaciones y litodemas del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro extranjero de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. Descubrió el mayor depósito cubano de fosforitas marinas y nuevos prospectos de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá. Country Manager de Big Pony Gold de Utah, exploró el potencial de oro del greenstone belt de Uruguay. Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró regiones auríferas en rocas del Paleozoico y Phanerozoico en los Estados de Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del Norte. Ha dirigido exploraciones para Juniors

canadienses en Panamá, Andes de Perú, Honduras y otros países. Nombrado por el Ministro de Comercio e Industrias Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue su redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo del Proyecto de Geología y Minería y Miembro de su Misión Especial para entrega del proyecto al Gobierno panameño. Consultor del BID para la descentralización de la Autoridad Nacional del Ambiente. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del Servicio Geológico de Inglaterra en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia edu, se encuentran 22 artículos suyos de diferente volumen.

[geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)



**Ramón López Jiménez** es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, Mexico, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en afloramientos antiguos

de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

[r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk](mailto:r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk)



**Marisol Polet Pinzon Sotelo.** Ingeniera Geóloga egresada de la Universidad Autónoma de Guerrero y Maestra en Ciencias Geológicas por la Universidad Autónoma de Nuevo León; ha colaborado en proyectos de investigación en el noroeste de México; cuenta con 9 años de experiencia en exploración de hidrocarburos en PEMEX Exploración y Producción. Se ha desarrollado

en el modelado de sistemas petroleros y estudios de Plays en Proyectos de aguas ultra profundas, profundas y someras en el norte del Golfo de México. Actualmente pertenece al Activo de Exploración Marina Norte de la Subdirección de Exploración.

[poletpinzon@gmail.com](mailto:poletpinzon@gmail.com)



**José Antonio Rodríguez Arteaga** es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela.

Metalogenia, Ecuador y Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos en Colombia. Tiene en su haber como autor y coautor, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX; a la historia del pensamiento sismológico venezolano y la coordinación de un atlas geológico de la región central del país, preparado junto al Dr. Franco Urbani, profesor por más de 50 años de la Escuela de Geología de la Universidad Central. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

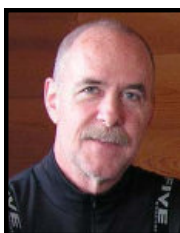
[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)



**María Guadalupe Cordero Palacios** es candidata para obtener el grado de maestra en ingeniería por la UNAM, geocientífica entusiasta por la divulgación en México. Se ha desempeñado como geocientífica en el área de exploración de recursos naturales en las empresas Fresnillo PLC, SGM y ha colaborado

con la Universidad Complutense de Madrid. Su principal gusto en las geociencias se centra en la geología estructural.

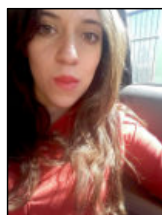
[lup@comunidad.unam.mx](mailto:lup@comunidad.unam.mx)



**Jon Blickwede** egresó de la Universidad de Tufts en Boston, Massachusetts, EEUU con un Bachillerato en Ciencias de la Tierra en 1977. Entró a la Universidad de New Orleans, Louisiana en 1979, donde hizo su tesis de Maestría en Geología sobre la Formación Nazas en la Sierra de San Julián, Zacatecas, México. Jon comenzó su carrera en 1981, trabajando por 35 años como geólogo de exploración petrolera para varias compañías tal como Amoco, Unocal, y Statoil. Realizó

proyectos de geología sobre EEUU, México, Centroamerica y el Caribe para estas empresas. Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC ([www.teyrageo.com](http://www.teyrageo.com)), donde está realizando un proyecto de crear afloramientos digitales y excursiones geológicas virtuales en EEUU y México, utilizando imágenes tomados con su drone, integrados con otros datos geoespaciales.

[jonblickwede@gmail.com](mailto:jonblickwede@gmail.com)



**Laura Itzel González León**, es estudiante de la carrera de ingeniería en Geología ambiental, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería).

hidrográficas y riesgos geológicos.

Sus principales áreas de interés son la geotecnia, geotermia, sistemas de información geográfica, gestión de cuencas

Actualmente ejerce como prestadora de servicio social en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera haciendo divulgación referente a geopatrimonio.

[itzelleon2909@gmail.com](mailto:itzelleon2909@gmail.com)



**Natalia Silva** (MSc): Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Postgrado en Petroleum Geoscience de la Heriot-Watt University y Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universitat de Barcelona. Su carrera empieza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia y en proyectos mineros de Níquel colombianos. Tiene más de 10 años de experiencia en el sector de hidrocarburos en desarrollo de

yacimientos y geomodelado en cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. Más recientemente, su carrera está enfocada en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, ha elaborado proyectos de generación eléctrica a partir de instalaciones fotovoltaicas en Europa y los Estados Unidos.

[naticasilvacruz@gmail.com](mailto:naticasilvacruz@gmail.com)



**Jesús Roberto Vidal Solano** es doctor en Geociencias por la Universidad *Paul Cézanne* en Francia y realizó un postdoc en el Laboratorio Sismológico del *Caltech* en EEUU. Fue egresado de los programas de Geólogo y de la Maestría en Ciencias-Geología de la Universidad de Sonora en donde actualmente es profesor investigador desde hace 16 años. Es divulgador geocientífico y fundador del proyecto La Rocateca [www.rocateca.uson.mx](http://www.rocateca.uson.mx) y actualmente es secretario del Instituto Nacional de Geoquímica AC. Su investigación

científica de tipo básico se centra en la obtención de conocimiento sobre los procesos magmáticos y geodinámicos de la litosfera, en particular de los vestigios petrológicos y tectónicos de los últimos 30Ma en el límite transformante de las placas Pacífico-Norte Americana. Sus investigaciones científicas de tipo aplicado se enfocan en el estudio de geomateriales para la solución de problemas geoarqueológicos, paleoclimáticos y de yacimientos minerales no-metálicos en el NW de México.

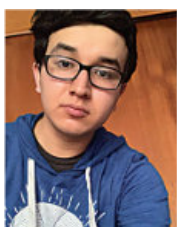
[roberto.vidal@unison.mx](mailto:roberto.vidal@unison.mx)



**Saúl Humberto Ricardez Medina** es pasante de Ingeniería Geológica, miembro activo del capítulo estudiantil de la AAPG del Instituto Politécnico Nacional, participó en el X Congreso Nacional de Estudiantes de Ciencias de la Tierra como Expositor del trabajo "Análisis de Backstripping de la Cuenca Salina

del Istmo". Actualmente, se encuentra trabajando en su tesis de licenciatura relacionada a identificar y reconocer secuencias sedimentarias potencialmente almacenadoras de hidrocarburos en las cuencas del sureste.

[ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com](mailto:ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com)



**Miguel Vazquez Diego Gabriel**, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

[diegogabriel807@gmail.com](mailto:diegogabriel807@gmail.com)

## **Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias**

Es un gran placer informarles que hemos establecido un Canal Youtube de nuestra Revista Maya para la difusión de videos de temas de Ciencias de la Tierra. Ya iniciamos nuestras actividades en: <https://www.youtube.com/channel/UCYJ94EyLj4LqnVbbTXh5vpA>

### **Estimados colegas,**

Te invitamos a que visites la página web de nuestra Revista Maya de Geociencias, donde podrán encontrar (en formato PDF), todas las revistas que hemos publicado hasta ahora, mismas que pueden descargar de la página. También estaremos incluyendo información adicional que sea de utilidad para nuestras comunidades de geociencias.

<http://www.revistamaya.com/>



## **Visítanos en Revista Maya de Geociencias**

<https://www.facebook.com/groups/430159417618680>





Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

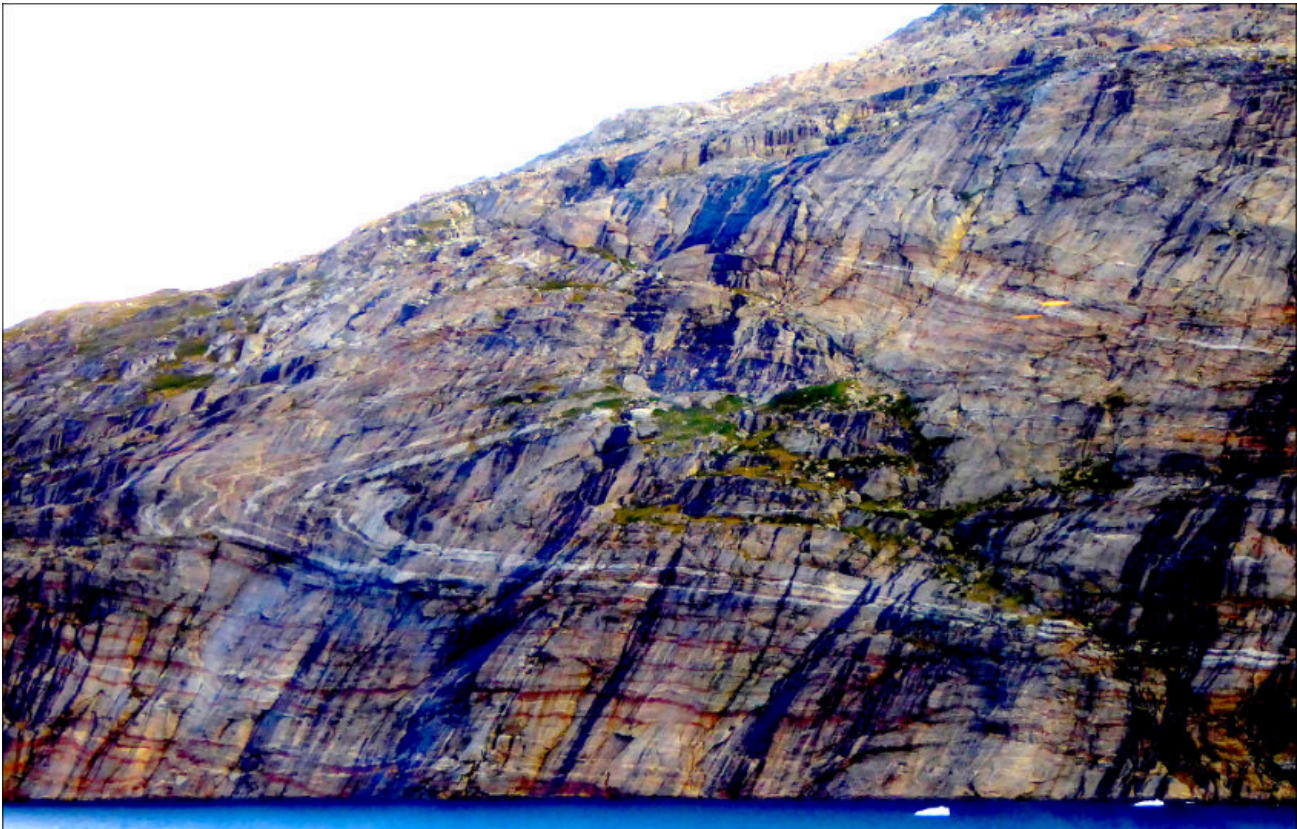
### **Estimados Colegas**

**Ahora que hemos llamado su atención, aprovechamos la oportunidad para invitarlos cordialmente a participar en nuestra Revista Maya de Geociencias, con diversos Temas de Interés y Manuscritos Cortos relacionados a cualquier tema de las Ciencias de la Tierra y similares. Todos los trabajos son bienvenidos, puesto que la función primordial de la revista es la difusión de las geociencias.**

**Si los manuscritos son relativamente largos, también pueden ser publicados, pero en nuestras Ediciones Especiales de la revista, las cuales no tienen las limitaciones de tamaño, como los números mensuales de la revista.**

*Nuestro agradecimiento a **Manuel Arribas**, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español, por la creación del nuevo logotipo de la Revista Maya de Geociencias y sus indicaciones para la compaginación de la misma. <https://manuelarribas.es/>*





Prince Christian Fjord in Greenland. It shows a recumbent fold in the metamorphic rocks with some puzzling faulting. Photo by Joshua Rosenfeld.

### **Esteemed colleagues**

Now that we have your attention, we take this opportunity to cordially invite your participation in the Revista Maya de Geociencias in the form of short manuscripts touching upon diverse relevant themes of interest. All work is welcome, as the primary function of the magazine is to broadcast geoscientific ideas.

If the manuscripts are relatively long, they will be published in our magazine's Special Editions since the Special Editions do not have size limitations, as do our monthly issues (below).

### **Basic Instructions for Authors**

Authors submitting material to be published in the Revista Maya de Geociencias are asked to adhere to the following editorial guidelines when sending manuscripts to the editing team and/or its collaborators:

**(biographical sketches): a maximum of 3 pages**

**Notes on pioneers in the geosciences: a maximum of 4 pages**

**Themes "of interest to the community": a maximum of 4 pages**

**Geological notes: a maximum of 10 pages**

**OCTUBRE  
SUPLEMENTO**

**2023**

# **EDICIÓN ESPECIAL XII**



**LITOESTRATIGRAFIA DEL MACIZO METAMORFICO ESCAMBRAY.**

**VOLUMEN DOS.**

**Humberto Álvarez-Sánchez**

**Colaborador de la Revista**

---

## LITOESTRATIGRAFIA DEL MACIZO METAMORFICO ESCAMBRAY. VOLUMEN 2

**Humberto Álvarez Sánchez (1) y Luís Bernal Rodríguez (2)**

1. Miramar Mining Corp. República de Panamá. Geólogo de las Expediciones Escambray. 2. Instituto de Geología y Paleontología de la República de Cuba. Geólogo de las Expediciones Escambray.

1. geodoxo@gmail.com. 2 bernal560213@gmail.com

---

### EXORDIO

Se presenta el segundo volumen de la obra Litoestratigrafía del Macizo Metamórfico Escambray de Cuba central. Contiene una descripción detallada y formal de la composición de la parte media de la columna estratigráfica del macizo metamórfico que contiene al Grupo San Juan. Integrado por varias formaciones principalmente carbonatadas y abarca el intervalo desde el Oxfordiano hasta el Cretácico Inferior. Los autores desean enfatizar que al igual que el primer volumen, el presente segundo volumen sintetiza un conocimiento acumulado durante decenios, de cartografía y estudios temáticos realizados en esta compleja región por dos expediciones de Cuba-Checoslovaquia y las investigaciones paralelas de los institutos cubanos. Una gran parte de los principales resultados nunca se han publicado, razón que en gran medida estimula el esfuerzo de los autores. Esperamos que este trabajo sea útil para consulta de los investigadores, instituciones universitarias, institutos de investigación de ciencias de la tierra y estudiantes avanzados.

Una exposición ordenada de la estratigrafía del Macizo Metamórfico del Escambray es una necesidad apremiante. Se preparan en Cuba actividades para completar la base geológica 1:50,000 de su territorio. Los mapas geológicos del Escambray no superan la escala 1:100,000 y los requisitos para cumplirla no fue posible alcanzarlos en un territorio cuya complejidad geológica es proverbial.

En los últimos años, finalizados los trabajos de cartografía por el Servicio Geológico de Cuba en 1992; surge una literatura académica; que a menudo ignora los resultados alcanzados por las expediciones Escambray. Algunos, con cierta obstinada pertinacia, niegan la litoestratigrafía cartografiada por diferentes geólogos. Dotadas con parámetros dimensionales medidos, edades determinadas por pruebas paleontológicas y palinológicas y seguidas en el campo en sus relaciones, extensiones y contactos; estas formaciones litoestratigráficas pueden observarse en secciones continuas, dentro de mantos tectónicos que contienen su propia columna estratigráfico-facial y los datos que las identifican forman hoy la base del conocimiento geológico del Escambray. La mayor parte de las unidades del Escambray son de un metamorfismo de alta presión, pero de bajo grado metamórfico. Incluso las que alcanzaron metamorfismo eclogítico conservan su secuencia estratigráfica original en todas las unidades del Escambray.

## 9. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA SECCION CENTRAL DEL MACIZO METAMORFICO ESCAMBRAY.

### 9.1. Grupo San Juan.

#### Historia.

La estratigrafía de las rocas calcáreas ampliamente propagadas en el macizo del Escambray, comenzó a determinarse en su nomenclatura y posición al inicio de la década del 70 del pasado siglo. El término “Complejo Carbonatado-Terrígeno” (Somin y Millán, 1969; 1972) abarcador del total del corte estratigráfico, fue sustituido por Millán y Somin (1981) por un esquema litoestratigráfico, estableciéndose las formalidades para la reunión de los mármoles bajo el concepto de Grupo San Juan; integrado por las Formaciones independientes Narciso, Saúco; Mayarí y Collantes, por ese orden sucesivo.

Más tarde se añadió al Grupo San Juan la Formación Vega del Café (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*); formalizada en el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez *et al.*, 1992, 1ra Edición), considerada por sus autores como la formación cimera del Grupo. En la actualidad el Grupo San Juan es una unidad aceptada por el Léxico Estratigráfico de Cuba y un elemento clave para la correlación estratigráfica entre macizos distantes de la isla, principalmente con la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental.

#### Continuidad vertical del Grupo San Juan.

Los estudios estratigráficos de esta gran unidad deben continuar. Varios problemas deben solucionarse y algunos conceptos de las formaciones, aún no satisfacen por completo ciertos requisitos para su formalización. Con gran frecuencia los mármoles están despegados de sus contactos originales. El plegamiento, la recristalización y la metasomatosis se intensifican en sectores, provocando una considerable pérdida tipomórfica, creándose dificultades para la cartografía. No existe una columna estratigráfica continua y consecutiva de todas las formaciones de mármoles en el Escambray. Tampoco en la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental, correlativo estrecho del Escambray, existe una secuencia consecutiva de su columna estratigráfica intermedia. En ambos dominios la tectónica de nappes, aunque más complicada en el Escambray, ha fragmentado sus columnas de materiales rígidos en unidades de nappe, con perfiles estratigráficos faciales propios en los dos macizos. Pero en el Escambray dichas unidades consisten de “**zonas metamórficas-nappe**”, cuales se plegaron fuertemente, a menudo con inversiones completas de su corte estratigráfico; complicaciones que demandan un trabajo delicado y paciente para el establecimiento de sus límites.

Este patrón en el desarrollo estructural del Escambray es la causa de la frecuente falta de continuidad lateral de corridas de mármoles, que parecen diferentes a otros cuerpos de mármoles en contacto lateral y contiguo. Interpretados estos contactos como extremas fragmentaciones en un mismo plano y así llamados a menudo como “mélanges”; con la misma frecuencia se omite en las interpretaciones la presencia de pliegues recumbentes, grandes campos de budinas y fallas de toda clase de importancia y estilo que sesgan este macizo en diversas direcciones; privilegiando explicaciones extremas cuando a menudo se está en presencia de diferentes unidades tectónicas en contacto. Es así que la existencia de solo partes del corte del Grupo San Juan con reducción radical de sus cortes o cambios bruscos en sus características distintivas se explican a partir del estilo tectónico de este territorio.

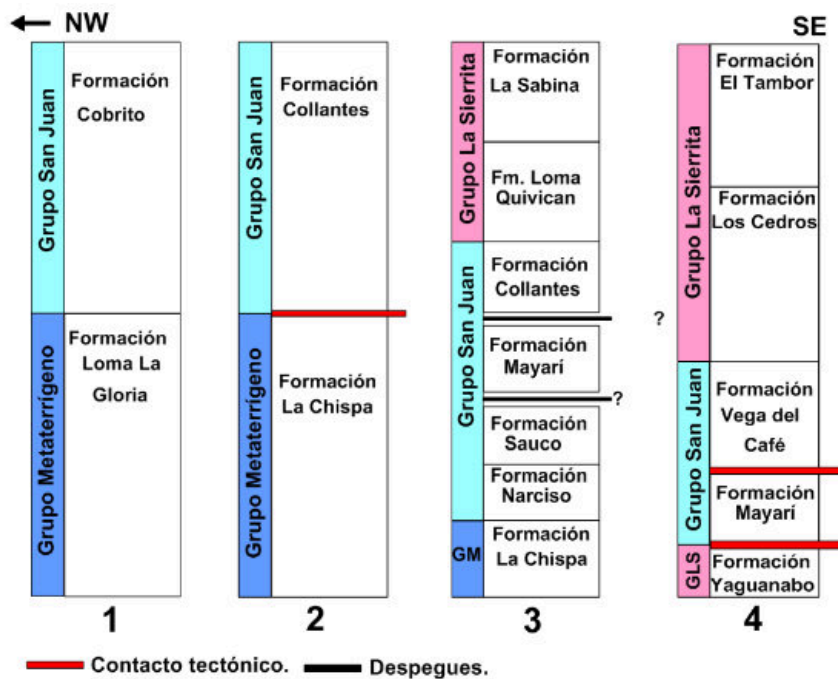
En la construcción del concepto Grupo San Juan, surge la cuestión de la Formación Cobrito (Millán y Somin, 1985a); cuya posición estratigráfica y relaciones originales con los mármoles necesita discutirse. Primero supuesta como equivalente del Grupo San Juan (Somin y Millán, 1981) y más tarde asociada al Grupo Naranja (Millán y Somin, 1985a); ocupa la misma posición de los mármoles sobre las formaciones metaterrígenas.

En este trabajo la Formación Cobrito se integra al Grupo San Juan; interpretada como un equivalente lateral de los mármoles depositada en una gran cuenca calcárea, análoga al banco carbonatado de la Sierra de Los Órganos (Pszczółkowski, 1981), pero en un segmento de dicha paleoestructura con las evidencias de un vulcanismo considerable por su volumen y una influencia terrígena de mayor intensidad, así como una inestabilidad tectónica acentuada.

No obstante la complejidad estructural, desconexión entre unidades con diferentes perfiles estratigráficos, escasez de fósiles reconocibles y las dudas derivadas de sus edades; el Grupo San Juan admite una construcción secuencial.

Es un hecho comprobado que las Formaciones Narciso y Saúco, de la base del Grupo San Juan, descansan estratigráficamente sobre los metaterrígenos de la Formación La Chispa en la parte central y meridional de la Cúpula de Trinidad. Esta sección se puede considerar por completo equivalente a los cortes clásicos de la Sierra de Los Órganos, en la parte superior de la Formación San Cayetano, en el paso hacia la Formación Jagua, en el intervalo Jurásico Inferior a Oxfordiano Medio.

A pesar de nuestro conocimiento sobre el despegue por cizallamiento entre varias de estas unidades a causa de su competencia contrastante y su sobrecorrimiento y plegamiento junto con sus yacientes tectónicos y su posición frecuente en cortes invertidos (**Figura 68**); se ha comprobado la conservación de contactos estratigráficos normales o de transición entre la Formación Vega del Café, de la parte superior del Grupo San Juan, con la sección inferior del Grupo La Sierrita; más a menudo con la Formación Los Cedros, seguida de las Formaciones Yaguanabo y El Tambor, por ese orden (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992).



**Figura.68.** Algunas variantes de la posición y relaciones del Grupo San Juan en secciones transversales de la Cúpula de Trinidad: 1-Periferia. 2-Centro (Topes de Collantes). 3-Región centro-oriental. 4-Región suroccidental. La posición respectiva de estas formaciones puede cambiar de lugar a lugar (Gráfica H. Álvarez. 1992).

Estas relaciones se observan con seguridad en unidades de la región SW de la Cúpula de Trinidad, demostrativas de un orden vertical del Grupo San Juan en formaciones independientes, en parte fechadas por paleontología o por sus contactos parietales. De tal suerte y por otras varias causas, el concepto “litodema” no es aplicable en este caso a las unidades del Grupo San Juan, como lo describen algunos (*e. g.* Iturralde-Vinent, 2011, 2012).

Por tanto, el conocimiento existente hace difícil dudar sobre la posición estratigráfica intermedia del Grupo San Juan en el Escambray y su continuidad vertical y es poco probable, aunque no imposible, la modificación sustancial de la arquitectura propuesta en el orden estratigráfico de San Juan en el futuro. Es así que se consolida la composición del corte estratigráfico tripartito del Macizo Metamórfico Escambray con fuerte analogía en su desarrollo geológico y altamente probable comunidad paleogeográfica, con la Cordillera de Guaniguanico; en especial con la Sierra de Los Órganos.

### Algunas propiedades generales de los mármoles.

Los mármoles se dividen en dos grandes grupos: Mármoles con CaCO<sub>3</sub> mayor de 90% con otros minerales en cantidades poco significativas (cuarzo, moscovita, grafito (hasta 7%) y metálicos; rocas más características de las Formaciones Narciso, Saúco y Mayarí (**Tabla XV**); y mármoles impuros (por silicatos en gran parte) que contienen CaCO<sub>3</sub> entre 50 y 90%, con clorita esfena, rutilo, epidota y anfíbol accesorios y albita, sobre 5%, de rareza 10% y

granate en sitios más recristalizados; característicos de los mármoles Collantes, en el contacto con la Formación Loma Quivicán. Los esquistos calcáreos y mármoles impuros de la Formación Cobrito difieren de los mármoles propiamente dichos por su complejidad mineralógica. En ellos pueden encontrarse con frecuencia granate, albita, clinozoisita, clinopiroxeno, apatito, glaucofana y moscovita. Las capas de mármoles incluidas en las secciones de esquistos calcáreos suelen presentar igual asociación, contener mucho cuarzo detrítico y ser de grano más grueso con fenómenos de carbonatización. Estos procesos transformaron diferentes esquistos en mármoles secundarios. En general los esquistos calcáreos de Cobrito y parte de sus paquetes de mármoles parecen derivados de protolitos de margas, calcarenitas y calizas aleuríticas (Souček, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

La densidad media de los mármoles del Grupo San Juan sin diferenciar entre formaciones integrantes es de 2.66 ton/m<sup>3</sup> (Lledíáz, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

**Tabla. XV. Óxidos de los mármoles de San Juan.**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	N <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	ppi
9.82	2.57	1.36	0.12	45.41	1.78	0.71	0.45	0.33	0.04	0.14	36.88
9.94	2.07	1.38	0.20	47.02	0.55	0.71	0.37	0.33	0.047	0.51	37.06

#### Origen del nombre.

El nombre del Grupo se debe a Ch. W. Hatten<sup>1</sup> (1958) quien de forma general así denominó a los mármoles aflorados en el Macizo Metamórfico Escambray sin proponer divisiones internas en unidades de menor jerarquía. Se deriva del Pico de San Juan; elevación máxima del Macizo de Guamuhaya (Escambray) con 1,156 m s. n. m, en la parte central de la Cúpula de Trinidad.

#### Redescripción.

La primera redescripción del Grupo San Juan fue realizada por Millán y Somin, 1981; con la integración en el concepto de las Formaciones Narciso; Saúco; Mayarí y Collantes.

#### Redefinición.

En este trabajo el Grupo San Juan se redefine<sup>2</sup> mediante la inclusión en su contenido de las Formaciones Cobrito (Millán y Somin, 1985a) con el Miembro La Horqueta (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992 *ined.*) y la Formación Vega del Café (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992 *ined.* y en Franco Álvarez<sup>3</sup> *et al.*, 1992, *ined.*).

#### Sinónimos.

"Series of Crystalline Schists" (Thiadens, 1937); "Crystalline Schists of the Trinidad Series" (Hatten *et al.*, 1958 *ined.*). Serie Trinidad-Sancti Spiritus (Rigassi-Studer, 1961). Trinidad Formation (Khudoley y Meyerhoff, 1971). Complejo Carbonatado Terrígeno (Somin y Millán, 1972). Formación San Juan (Chaloupsky 1976, en Stanik *et al.*, 1981 *ined.*).

#### Extensión geográfica.

El Grupo San Juan se extiende en las Alturas de Trinidad (occidente) y Alturas de Sancti Spiritus (oriente); provincias de Villa Clara (**Figura 69**), Sancti Spiritus (**Figura 70**) y Cienfuegos (**Figura 3**; Volumen Uno). Se distribuye a manera de franjas, concéntricas respecto al borde las cúpulas; llamada "estructura de bastidor" (Molak y Bernal, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); clara consecuencia del mecanismo de superposición de los nappes de mayor grado

<sup>1</sup> En: Hatten, Ch., W.; Schooler, O. E.; Giedt, N. R. and Meyerhoff, A. A., 1958, *Geology of central Cuba, Eastern Las Villas and Western Camaguey provinces, Cuba. Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*

<sup>2</sup> Según Código Estratigráfico de Cuba. Artículo 16. Epígrafe 16.1. Edición IGP 2014.

<sup>3</sup> Léxico Estratigráfico de Cuba (1era Edición, 1992).

metamórfico, superpuestos a las estructuras internas menos metamorfizadas, “arregladas” por el levantamiento cupuliforme.

### 9.1.1. Formación Narciso.

#### Autores.

G. Millán y M. L. Somin (1981a).

#### Nombre.

Del arroyo Narciso, en la región SW de la Cúpula de Trinidad (v. **Figura 71**).

#### Sinónimos.

“Series of Crystalline Schists” (Thiadens, 1937); San Juan Marbles (Hatten *et al.*, 1958). Carbonate Rocks (Hill, 1959). Formación San Juan (Stanik *et al.*, 1981).

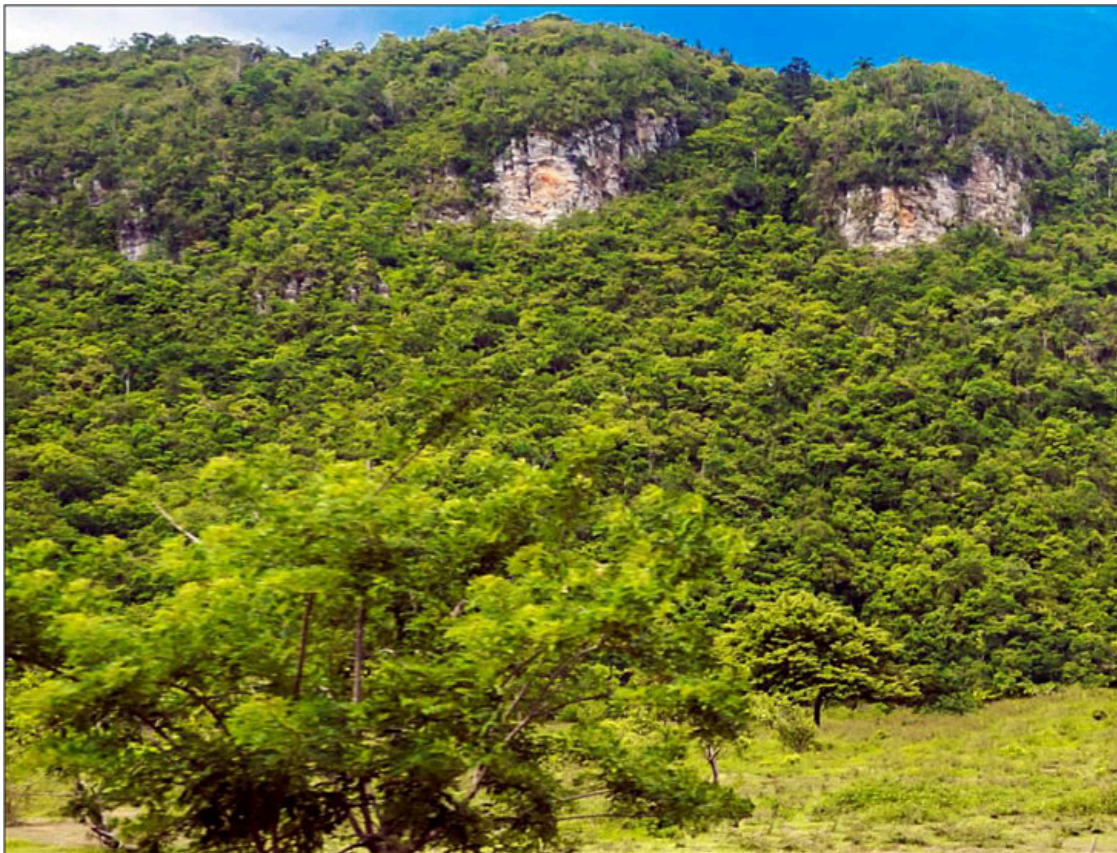


Figura.69. Mármoles de la Formación Collantes en el Valle de Jibacoa, Provincia de Villa Clara. Vista hacia el norte del Macizo de la Loma de Los Guapos-Pico Blanco. Cúpula de Trinidad.



Figura.70. Mármoles del Grupo San Juan en las Lomas de Banao. Provincia de Sancti Spiritus. Sur de la Cúpula de Sancti Spiritus. (Fuente: Revista Trabajadores. 4 de Junio 2017).

#### Área Tipo y extensión.

La Formación Narciso es característica del SW de la Cúpula de Trinidad, en la provincia de Cienfuegos; donde se conservan relaciones estratigráficas comprobadas con la Formación La Chispa (Miembro La Llamagua). Parece limitada a las áreas S y SW de la Cúpula de Trinidad y en general a la misma cúpula. No obstante, es una división de gran importancia en la estratigrafía del Escambray. En ella Millán y Myczynski (1979) encontraron ammonites en calizas cristalinas, yacentes en contacto normal sobre una sección terrígena de bajo grado metamórfico, muy semejante a los cortes de la Formación San Cayetano del Jurásico de Cuba occidental. El reconocimiento de esta formación es problemática en otras áreas al norte y al NE de la localidad El Naranjo, situada cerca del centro de la Cúpula de Trinidad.

#### Localidad Tipo.

La Localidad Tipo fue seleccionada al NE del caserío Yaguanabo sobre la falda de las elevaciones situadas al occidente del terraplén Yaguanabo-El Saúco y en la margen derecha del arroyo Narciso; dentro de la Zona Metamórfica 1 (de Stanik *et al.*, 1981). Las coordenadas Lambert del sitio son: Norte 231.650 y Este 586.375. Hoja Topes de Collantes 1: 50,000. ICGC. (Figura 71). Millán y Somin (1981a) refieren una localidad cotipo para la Formación Narciso en las coordenadas N 227.66 y E 600.90. Hoja Topes de Collantes (4181-I), situada a 350 m al norte de la Curva del Muerto (v. Figura 5 de Millán y Myczynski), en la carretera Topes de Collantes-Trinidad. En esta localidad la carretera corta mármoles muy similares a los típicos de Narciso con abundantes restos de fósiles irreconocibles probablemente derivados de conchas de ammonites (Millán y Myczynski, 1980).

#### Composición litológica.

Integrada por mármoles beige, gris claro y oscuro, azulosos o con tonalidades rosáceas; parecen derivarse de un protolito de calizas micríticas, relativamente libres de sustancias bituminosas. A la percusión no revelan la fetidez típica de otros mármoles similares. La estratificación es manifiesta y a menudo muestran una fina laminación paralela. Son de grano fino por lo general, impuros y cuarzosos, probablemente por el aporte de material detrítico



fino, sobre todo en la sección inferior donde contactan con metaareniscas de La Llamagua, de muy bajo grado metamórfico.

Los mármoles de Narciso no contienen metapedernales ni otras inclusiones rocosas en sus cortes típicos y son poco esquistosos, aunque contienen intercalaciones con mucho material detrítico. Sin embargo en los alrededores del poblado de La Felicidad, en las secciones muy próximas al contacto con la Formación La Chispa, se reportaron intercalaciones de metabasitas con paquetes de mármoles típicos del Grupo San Juan (Millán y Somin, 1985a) en mármoles que podrían pertenecer a la Formación Narciso.

La parte inferior de Narciso es muy parecida a la Formación Jagua del Oxfordiano (Miembro Jagua Vieja; Herrera, 1961) de la Sierra de Los Órganos. La parte superior definida como la Formación Saúco (Millán y Myczyński 1980), con capas gruesas de calizas cristalinas gris oscuro recuerda mucho al Miembro San Vicente (Oxfordiano Superior-Tithoniano Inferior) de la Formación Guasasa (Herrera, 1961) extendida desde el Oxfordiano Superior hasta Cretácico temprano.

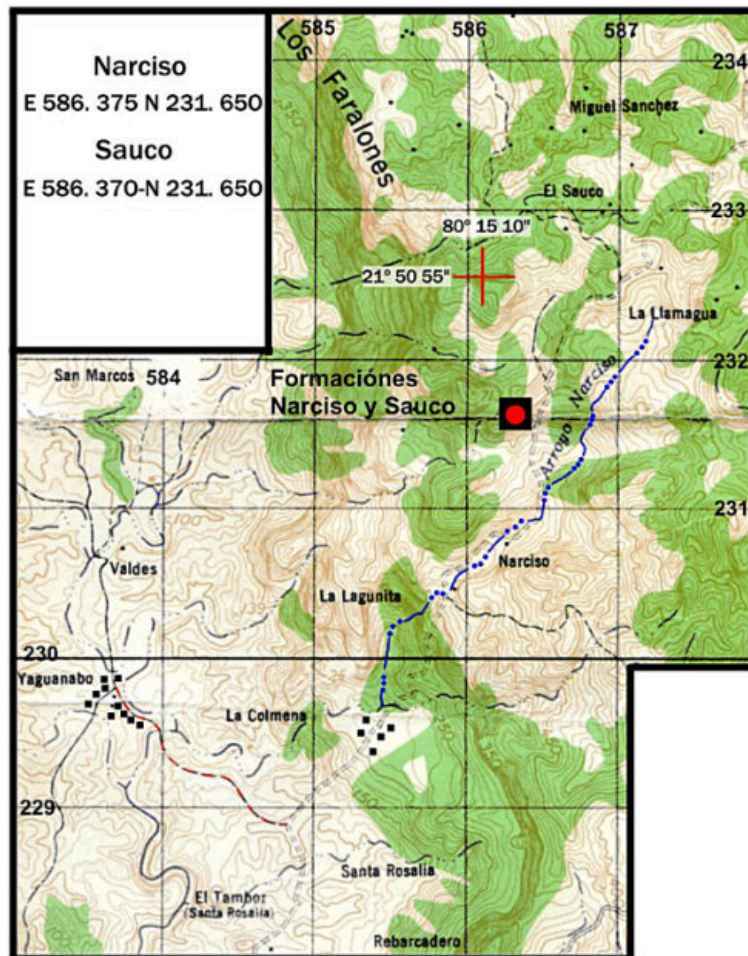


Figura.71 .Localidades Tipo de las Formaciones Narciso y Saúco. Área Tipo de las Formaciones. Hoja Topes de Collantes 1: 50,000. ICGC. Coordenadas Lambert (Gráfica H. Álvarez.).

**Espesor.**

El espesor observado no es mayor de 40 m. En el relieve, Narciso se destaca por pequeñas elevaciones y cuestas con formas kársticas localmente desarrolladas (Figura 72).

**Edad.**

Se encontraron dos niveles de ammonites en la Formación Narciso. El más bajo a unos 15 m del contacto con los metaterrígenos contenía un ejemplar de *Perisphinctes* Waagen y el más alto a 10 m arriba del anterior reveló

numerosos ammonites del género *Mirosphinctes* sp (*Mirosphinctes* Schindewolf), índice del Oxfordiano Medio parte alta (Millán y Myczyński 1980; Millán y Somin 1981a; 1985a). (Figura 73). Millán y Myczyński, 1980 y Millán y Somin, 1981, describen estratos intercalados de una metasilitita formada por una coquina mal preservada<sup>4</sup> de *pelecipoda* en la parte superior de los esquistos metaterrígenos. No está claro si estas capas se observan en el contacto con la Formación Narciso, aunque son frecuentes en la región sur de la Cúpula de Trinidad y son conocidas en los contactos de las Formaciones Jagua y San Cayetano de la Sierra de Los Órganos.



Figura.72. Contacto estratigráfico de la Formación Narciso (Oxfordiano del Grupo San Juan) sobre la Formación La Chispa (Miembro La Llamagua). En la margen derecha del Arroyo Narciso, parte meridional de la Cúpula de Trinidad. (Foto de L. Bernal. Inst. Geol. Paleont. La Habana).

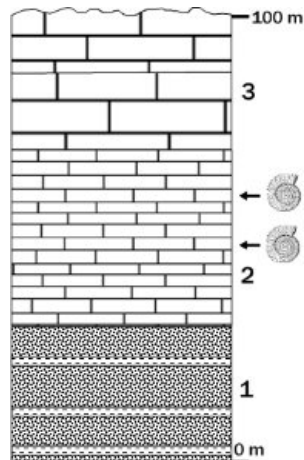


Figura.73. Esquema litológico de la sección con los ammonites del Oxfordiano encontrados en la Formación Narciso, al NE de Yaguanabo. 1- Rocas metaterrígenas similares a la Formación San Cayetano de la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental. 2- Intervalo de calizas cristalinas con ammonites. 3- Calizas cristalinas azulosas parecidas al Miembro San Vicente de la Formación Guasasa (según la Figura 3 de Millán y Myczyński, 1980). (Gráfica H. Álvarez.).

<sup>4</sup> Thin interbeds of dark-blue crystalline limestones and silicified coquina sandstones occur in some profiles (in their stratigraphically highest parts) of the Escambray metaschist formation. Chips of pelecypod shells occasionally occur in those rocks. In the uppermost part of the San Cayetano Formation in the Sierra de los Organos, thin interbeds of dark-blue thin-bedded limestones that contain thin interlayer's of silicified coquinas are frequent. Those limestones usually terminate the San Cayetano Formación.... Millán y Myczyński, 1980.

## Relaciones estratigráficas.

La Formación Narciso es la base del Grupo San Juan en la parte sur del centro de la Cúpula de Trinidad. Yace sobre las metaareniscas poco metamorfizadas de La Llamagua (Formación La Chispa), dando inicio al corte calcáreo de los mármoles del Escambray. En la zona del Arroyo Narciso y en el Saúco, al NE de Yaguanabo, la Formación Narciso está cubierta por la Formación Saúco. Los límites estratigráficos entre las tres Formaciones se definen con claridad.

### 9.1.2. Formación Saúco.

#### Autores.

G. Millán y M. L. Somin (1981a).

#### Nombre.

El Saúco es nombre de una localidad cercana al NNE del Arroyo Narciso, en la región SW de la Cúpula de Trinidad.

#### Sinónimos.

San Juan Marbles (Hatten *et al.*, 1958). Carbonate Rocks (Hill, 1959). Formación San Juan (Stanik *et al.*, 1981).

#### Extensión.

La Formación Saúco parece muy poco extendida o borrada por erosión de gran parte del SW de la Cúpula de Trinidad. La posibilidad de individualizarla en sectores de mayor grado metamórfico es difícil, disminuyendo considerablemente su utilidad en la cartografía. A través de su contacto normal con la Formación Narciso fue establecida su posición estratigráfica.

#### Localidad Tipo.

La Formación Saúco fue separada en el corte de los mármoles de la misma localidad de la Formación Narciso, a 3,5 km al ENE de Yaguanabo y 3,5 km al SW del caserío El Naranjo, en la margen derecha del Arroyo Narciso (Millán y Somin, 1981) (véase la **Figura 71**). Su holoestratotipo, por tanto, coincide con el de la Formación Narciso ya que ambas yacen en un corte continuo. Las coordenadas Lambert son: N 586. 37º y E 231. 650. Hoja Topes de Collantes 4181 I.

#### Composición litológica.

Saúco consiste de una sección derivada de calizas oscuras de estratificación gruesa, convertidas en mármoles grises, gris azulado a gris oscuro hasta casi negros. Son de grano fino y forman estratos desde centímetros hasta varios metros, incluso pueden ser de aspecto masivo. A la percusión despiden un fuerte olor sulfhídrico; sobre todo en las capas acompañadas de intercalaciones de grafito casi puro. De acuerdo con Millán y Somin (1981a) estos mármoles no contienen intercalaciones de metapedernal en capas o en nódulos o de otras rocas no calcáreas. Esta Formación es similar al Miembro Zacarías (Wierzbowski en Pszczółkowski *et al.*, 1975; Wierzbowski, 1976) de la Formación Jagua (Palmer, 1945) de la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental.

#### Relaciones estratigráficas.

Saúco descansa sobre Narciso en el perfil típico de esa Formación, en contacto normal.

**Edad.**

¿Oxfordiano Superior-Tithoniano Inferior?

**Espesor.**

Parte superior erosionada.

**9.1.3. Formación Mayarí.****Autores.**

G. Millán y M. L. Somin (1981a).

**Nombre.**

Mayarí es el nombre de una pequeña comunidad y Aserrío en la parte central de la Cúpula de Trinidad, en la carretera Topes de Collantes-La Sierrita.

**Sinónimos.**

San Juan Marbles (Hatten *et al.*, 1958). Carbonate Rocks (Hill, 1959). Facies Ambrosio de la Formación San Juan (B. Koverdinsky, en Stanik *et al.*, 1981).

**Localidad Tipo.**

La Formación Mayarí tiene su afloramiento típico en el poblado de Mayarí, junto a la carretera asfaltada La Sierrita-Topes de Collantes, con centro en las coordenadas Norte 238.10 y Este 589.60. Hoja Topes de Collantes. 1:50,000. ICGC (**Figura 74**). Esta localidad es limítrofe con los vastos afloramientos de los mármoles en la parte central de la Cúpula de Trinidad, a menos de 3 km del Pico de San Juan.

**Composición litológica.**

Mayarí se compone de mármol gris a gris oscuro o azulado, hasta casi negro. Son muy foliados, de grano fino, a grueso en ocasiones. Están bien estratificados en capas generalmente finas y regulares (**Figura 75**), aunque pueden tornarse gruesas y formar paquetes así caracterizados. Contienen tanto grafito en fractura fresca que mancha los dedos; profuso en superficies pizarrosas o en lechos de varios centímetros, separados de otros menos grafiticos. Son fétidos a la percusión y bien estratificados. Entre los estratos bien delimitados aparecen metasilicitas (metachert) en capas o nódulos (flint) (Millán y Somin, 1981). En la región al norte de la cúpula occidental se destacaron mármoles dolomíticos de propagación local, pero sin una clara pertenencia a la Formación Mayarí o a la Formación Collantes; incluso a la Formación Cobrito.

También en esta zona se observaron lentes o estratos metaterígenos y esquistos verdes cloríticos, probablemente metatuffíticos y en localidades mármoles brechosos, compuestos de fragmentos subangulosos hasta semiredondeados entre 3-5 cm (brecha intraformacional). Por sus características macroscópicas estos mármoles parecen derivados de calizas micríticas acumuladas en un ambiente reductor. El grafito derivado de materia orgánica primaria puede alcanzar hasta 7% de las rocas rellenando los espacios inter-granos o en manchas de bordes irregulares. La composición bastante general y uniforme consiste de calcita, cuarzo, moscovita ± albita, granate, clorita, anfíbol, epidotas, esfena ± metálicos.

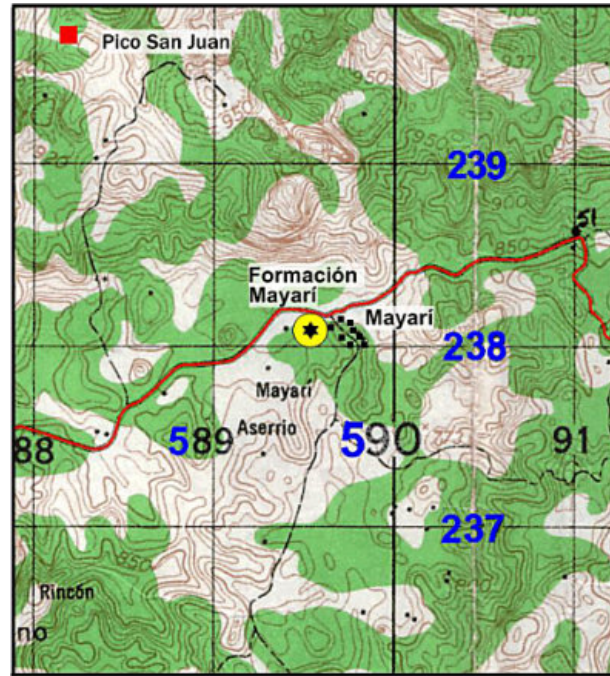


Figura.74. Localidad Tipo de la Formación Mayari. Carretera La Sierrita-Topes de Collantes. Hoja Topes de Collantes. 1:50,000. ICGC. (Gráfica H. Álvarez. 1992).

#### Relaciones estratigráficas y tectónicas.

En la parte central de la Cúpula de Trinidad, (Zona Metamórfica 1, de Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.*, 1981) una gran parte está ocupada por los mármoles de la Formación Mayari. En esas localidades suelen expresarse en llamativas formas kársticas parecidas a los mogotes de la Sierra de Los Órganos. También la Formación parece extenderse, con interrupciones, desde el Hoyo de Padilla al SW de la Cúpula de Trinidad hasta el Lago Hanabanilla al este en la región de El Nicho.



Figura.75. Mármoles estratificados de la Formación Mayari en la región de Guanayara-Cuatro Vientos. Parte central-meridional de la Cúpula de Trinidad.

En la parte central de la Cúpula de Sancti Spiritus, los mármoles pueden asociarse en gran parte con la Formación Mayarí. La Expedición Escambray I cartografió en esa región unos mármoles gris oscuro, esquistosos, groseramente estratificados, de grano medio a grueso, brechosos de potencia 150 m. Esta sección de mármoles fue llamada “facies Ambrosio” (por Koverdinsky, en Stanik, *ibid.*). Es posible sean en parte de la Formación Mayarí o en su totalidad. Las relaciones estratigráficas primarias no fueron establecidas. Mayarí parece suceder a la Formación Saúco pero el contacto no se observa al SW de la localidad Mayarí. De acuerdo con Millán y Somin (1981a) en la parte central de la Cúpula de Trinidad los mármoles Mayarí cabalgan a los esquistos metaterrígenos de la Formación Naranjo (**La Chispa en este trabajo**) mediante movimientos premetamórficos (**Figura 76**). Mientras, en la Cúpula de Sancti Spiritus, Mayarí yace sobre los mismos metaterrígenos y sobre las metavulcanitas del Miembro Felicidad en una aparente concordancia; pero en este caso por sobrecorrimientos postmetamórficos uniformados por plegamiento posterior. La demostración de estos conceptos de sobrecorrimientos pre y post metamórficos es muy problemática, sin necesidad de excluir su existencia.

**Edad.**

El hallazgo de una impresión de *Perisphinctidae* en láminas ornamentales del antiguo sanatorio Topes de Collantes, pertenecientes a Mayarí según Millán y Myczyński (1980); indica una edad entre el Tithoniano al Berriasiano. Millán (1990) reporta microfauna de Mayarí, cerca de San Blas, en la Cúpula de Trinidad. Se trata de calciferúlidos del género *Cadosina*. El estudio realizado por Furrázola-Bermúdez, determinó su semejanza a las especies *Cadosina nagy* Borza de rango Jurásico Superior a Cretácico Inferior o *Cadosina heliosphaera* Vogler (Cretácico Inferior Valanginiano-Hauteriviano) o *Cadosina carpathica* (Borza) (Jurásico Superior Kimmeridgiano); con mayor probabilidad esta última. Este dato sugiere una edad a partir del Kimmeridgiano-Tithoniano para la Formación Mayarí.

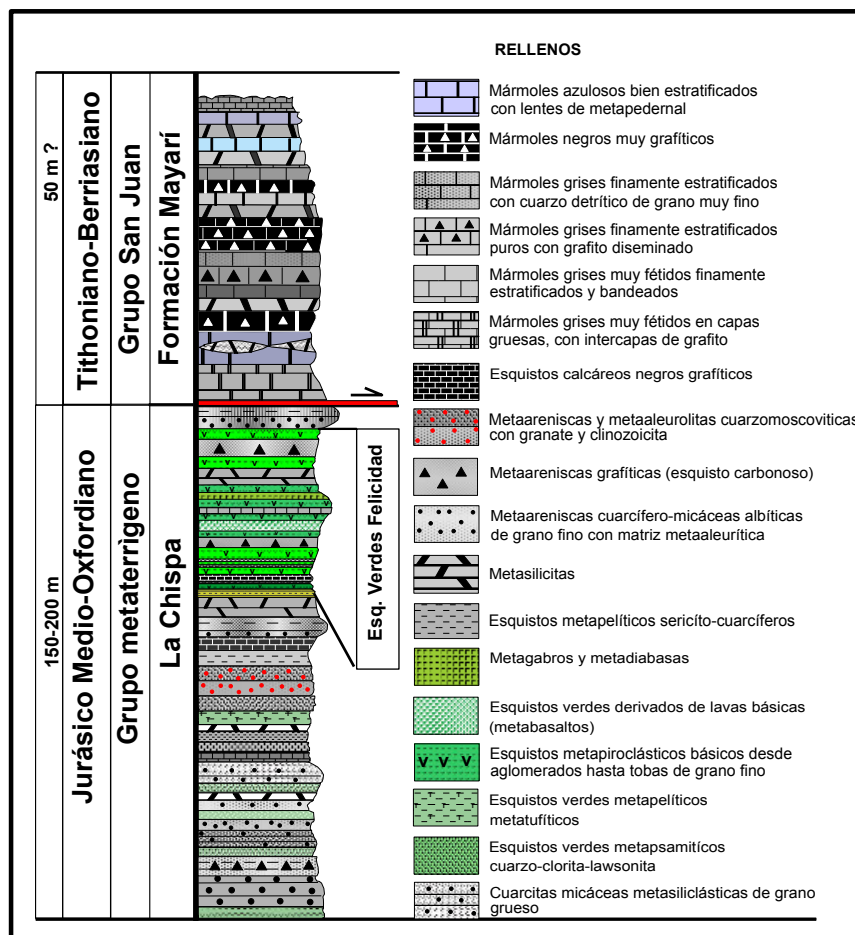


Figura.76. Posición de la Formación Mayarí en la región central de la Cúpula de Trinidad, dentro de la Zona metamórfica 1 de Millán y Somin (1981). Región de La Chispa-Topes de Collantes. (Gráfica H. Álvarez., 1992).

**Espesor.**

100 metros, multiplicados por el plegamiento y superposición de escamas.

**9.1.4. Formación Collantes.**

**Autores.**

G. Millán y M. L. Somin (1981a).

**Nombre.**

Topes de Collantes, en la región central de la Cúpula de Trinidad, es una conocida comunidad con instalaciones turísticas.

**Sinónimos.**

San Juan Marbles (Hatten *et al.*, 1958). Carbonate Rocks (Hill, 1959). Formación San Juan (Stanik *et al.*, 1981).

**Localidad Tipo.**

La Localidad Tipo de los mármoles Collantes fue seleccionada en el lado oeste de la carretera Topes de Collantes-Trinidad y en los cortes de la misma carretera en dirección a Trinidad, a través del mismo poblado Topes de Collantes. Las coordenadas del centro son: Norte 232.30 y Este 601.70. Hoja Topes de Collantes. ICGC (**Figura 77**).



Figura.77.Localidad Tipo de la Formación Collantes. Carretera Topes de Collantes-Trinidad. Norte 232.30 y Este 601.70. Hoja Topes de Collantes. ICGC. (Gráfica H. Álvarez.).

### Extensión.

Aflora en los alrededores del poblado de Topes de Collantes y por espacios considerables mármoles con las características descritas son cortados por la sinuosa carretera hacia Trinidad, al sur de la Cúpula de Trinidad. Del mismo modo una gran parte de los mármoles aflorados en la región al este y al sur de Crucecitas y al sur de la localidad El Nicho pueden relacionarse con la Formación Collantes. Varios sectores al SE de La Sierrita y este de Yaguanabo, en la Cúpula de Trinidad, parecen pertenecer a la Formación Collantes.

En la Cúpula de Sancti Spiritus los mármoles de Collantes no tienen una expresión muy clara. Según Millán y Somin (1981a) mármoles similares a estos se observan en la región norte de la Cúpula de Sancti Spiritus. Como en el caso de las Formaciones Narciso y Saúco la extensión de los mármoles Collantes es difícil de delimitar y de establecer sus contactos con las restantes secciones de mármoles. De hecho no ha sido posible destacar un contacto convincente entre la Formación Collantes y la Formación Mayarí, subyacente. La totalidad de los contactos observados se caracterizan por despegues tectónicos.

### Composición litológica.

Collantes se compone de un corte monótono de mármoles negros a gris azulosos, bien estratificados en capas más menudo de 0.20 m a 1 m; muy grafíticos (**Figuras 78, 79**). El grafito tiende a concentrarse en las superficies de estratificación y de esquistosidad. Ocasionalmente algunas capas son fétidas a la percusión y pocas veces son bituminosos. Los mármoles son esquistosos y foliados de lugar a lugar y no contiene capas ni nódulos de metasilicitas apopedernálicas ni de otras intercalaciones por lo común.



**Figura.78.** Mármoles grises azulosos a negros ligeramente grafíticos. En la Localidad Tipo. Carretera Topes de Collantes-Trinidad. (Foto L. Bernal. IGP. La Habana. 2010).

Sin embargo, varios afloramientos de mármoles semejantes a Collantes y en localidades aisladas, contienen capas concordantes decimétricas de esquistos verdes metavulcanógenos, parecidos a derivados de tobas. No es seguro si estas intercalaciones de esquistos verdes pertenecen a esta Formación o a la Formación Loma Quivicán, asociada, en su contacto superior.



### Relaciones estratigráficas.

En la región de Topes de Collantes los Mármoles Collantes muestran despegues y yacen tectónicamente sobre metaterrígenos de la Formación La Chispa; según Millán y Somin (1981a) por cabalgamientos pre y postmetamórficos. En la región de La Sabina, al sur de Crucecitas, en la cúpula occidental, Álvarez-Sánchez y Zamachicov (1981) destacaron un corte invertido de mármoles negros de la Formación Collantes yacentes sobre calizas cristalinas de la Formación Loma Quivicán; a su vez descansando sobre la Formación La Sabina (**Figura 80**) (también en Millán y Somin, 1985a); las dos últimas pertenecientes al Grupo La Sierrita. Los mármoles de Collantes se conservan en una elevación con una suave yacencia al SW. Son de capa fina, relativamente poco recrystalizados, negros; grafiticos algo bituminosos en algunas capas, fétidas a la percusión. El contacto con la Formación Loma Quivicán es normal, incluso de transición.



**Figura.79. Mármoles de capas medias, localmente gruesas de la Formación Collantes en la carretera Topes de Collantes a Trinidad.**

El cambio hacia Loma Quivicán se percibe con claridad por la aparición de un tono rosáceo en sus calizas cristalinas típicas, incrementado en algunos cortes, o cambiante hacia tonos gris muy claro, gris acerado y blanco cremoso. El contacto hacia abajo del corte invertido se produce con la transición hacia las metasilitas de la Formación La Sabina, mediante un contacto netamente transicional.

En la región de Loma Quivicán, al sur de la localidad La Sabina, se puede observar a los Mármoles Collantes descansando en un contacto estratigráfico normal bajo la Formación Loma Quivicán y esta a su vez cubierta por la Formación La Sabina. Las relaciones de sucesión estratigráfica regional, expuestas en este trabajo, permiten establecer que esta es la posición primaria de la sucesión.

**Edad.**

Estos mármoles hasta ahora no revelaron restos paleontológicos reconocibles. Millán y Somin (1981a, 1985a) suponen una edad entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior.



Figura.80. Notable inversión del corte estratigráfico de la parte superior del Grupo San Juan en la región de La Sabina, al sur de la localidad de Crucecitas. Camino viejo a San Blas. Cúpula de Trinidad.. La totalidad de los contactos en la sección son transicionales o normales. (Foto H. Álvarez. 1981).

**Espesor.**

Decenas de metros. Alrededor de 100 metros en las secciones de mejor desarrollo. Su sección superior esta erosionada en mucha localidades o descansa en cortes invertidos sobre la Formación Loma Quivicán, en la cima de elevaciones en forma de mogotes.

**9.1.5. Formación Vega del Café.** (Nueva Formación del Grupo San Juan).

**Autores.**

G. Millán Trujillo y H. Álvarez-Sánchez (1992. inédito).

**Nombre.**

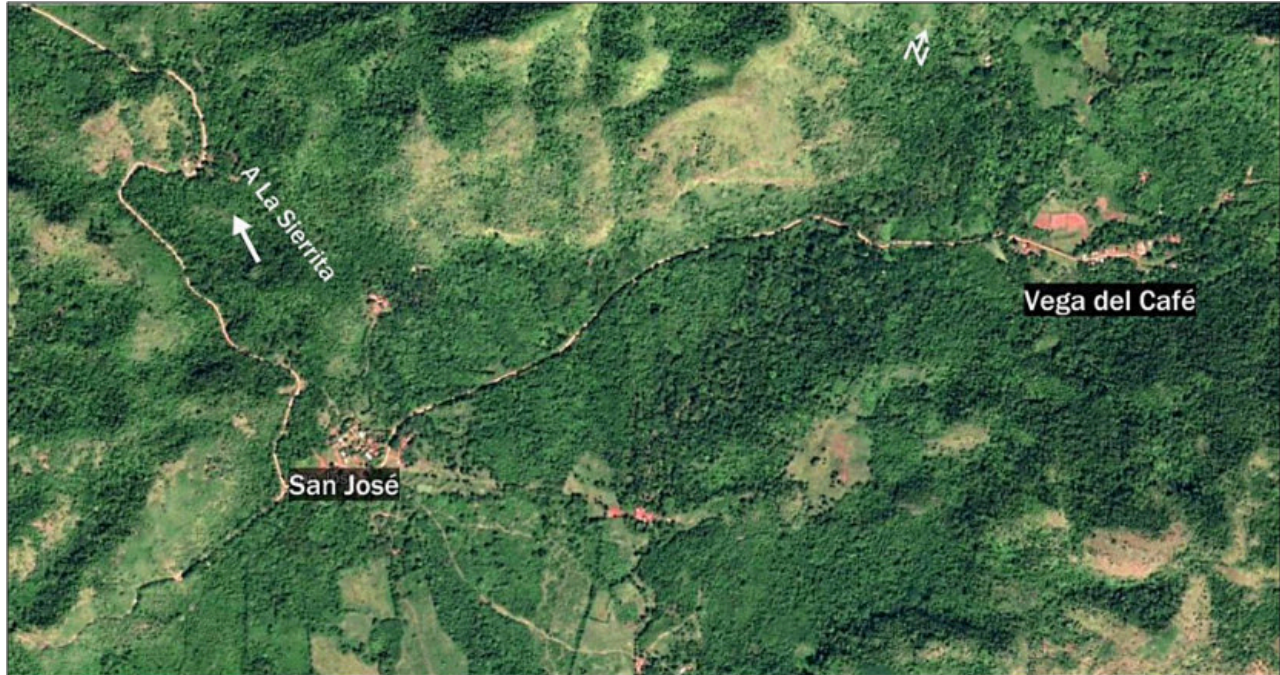
Vega del Café es un pequeño caserío rural, situado a unos 5 Km al SSE del poblado de San Blas, Cúpula de Trinidad. Provincia de Cienfuegos (**Figura 81**).

**Sinónimos.**

No tiene sinónimos.

### Área Tipo y extensión.

Al norte de la margen derecha del Río San Juan. Al NE del poblado agrícola de San José y al SSW del caserío de Gaviña, en la carretera La Sierrita-Topes de Collantes. La Formación esta limitada a las elevaciones calcáreas al este y al oeste de Vega del Café y en la vecindad de esta última localidad.



**Figura 81.** Situación del poblado Vega del Café en el camino de montaña, unión de los poblados de La Sierrita; San José, en las estribaciones meridionales del macizo de la Sierra de San José. (Imagen Google).

### Historia.

La Formación Vega del Café fue separada de la Formación Mayarí en la región SW de la Cúpula de Trinidad durante un levantamiento geológico temático realizado por Millán y Álvarez-Sánchez (1992, *ined.*). La sección superior del Grupo San Juan hasta ese momento se consideraba representada por la Formación Collantes (Millán y Somin, 1981) cubierta por la Formación Loma Quivacán y seguida por la Formación La Sabina (Millán y Somin 1985a), situación característica de la parte NW y Central de la Cúpula de Trinidad. Las últimas; representativas del corte del Cretácico del macizo. Sin embargo, en la región de La Sierrita, la parte superior del Grupo San Juan no presenta esta misma composición. Las unidades del Grupo San Juan solo aparecen representadas por la Formación Mayarí, desmembrada en escamas y sobrecorrida sobre la Formación Yaguanabo; situación regular en parte del territorio SW de la Cúpula de Trinidad. Pero en la Zona de Vega del Café se observaron cortes donde la Formación Mayarí contacta con otros mármoles diferentes, con intercalaciones rítmicas de metasilicitas en su parte superior y en otras localidades, estos mármoles aparecen cubiertos por la Formación Los Cedros (del Grupo La Sierrita). Estas nuevas observaciones en el comportamiento litológico del corte superior del Grupo San Juan persuadieron a los autores de la necesidad de separar una nueva unidad litoestratigráfica nombrada aquí como la Formación Vega del Café.

### Localidad Tipo y Holoestratotipo.

La Localidad Tipo se encuentra en una cumbre calcárea al Este Noreste de Vega del Café, aproximadamente a 1.5 km de ese caserío. Las coordenadas de la cima son: Norte 237.03 y Este 583.80. Hoja Topográfica Topes de Collantes. 4181 I. ICGC. (Figura 82).

El perfil de la Formación se establece entre las coordenadas Lambert Norte 236.95 y Este 584.20 y Norte 237.10 y Este 583.50; en el corte de un sendero de montaña entre Gaviña y Vega del Café. En la parte inferior se observan

mármoles de la Formación Mayarí. Al parecer gradualmente pasan a mármoles estratificados, foliados, grises con patinas rojizas, repetidos con monotonía por varios centenares de metros. Hacia la parte media y final del perfil se intercalan capas y lechos gruesos de metasilicitas, alternantes un tanto rítmicamente con los mármoles.

**Composición petrográfica mineralógica. Caracteres distintivos.**

Los mármoles característicos de esta Formación son gris oscuro a gris azulado, no fétidos, bien estratificados en capas de 10 a 15 centímetros. A veces se observan capas más gruesas de 20 a 25 centímetros entre su estratificación en delgados lechos de solo unos centímetros. Son de grano fino a medio, por completo recristalizados, sin texturas sedimentarias conservadas, con ocasionales bandas enriquecidas en cuarzo y algo brechosos (textura cataclástica). Tampoco contienen capillas finas de pedernal, solo manifestadas en la sección superior, pero ya en capas bien definidas y gruesas. Los mármoles grises en ocasiones contienen mica de granulometría muy fina.

Son comunes en todo el espesor de la Formación unas patinas e impregnaciones ocrosas de sustancias metálicas oxidadas, dispuestas aproximadamente en concordancia con la estratificación. Localmente se observan concentraciones de mayor densidad de los óxidos y los mármoles se colorean de una tonalidad rosácea hasta hacerlos destacarse como un horizonte, observable en ocasiones, durante algunos centenares de metros, aunque su potencia no supera algunos metros o incluso algunos decímetros. En estos casos resaltan concreciones de estructura concéntrica, de núcleo metálico. **Estas concreciones en los mármoles del Escambray son verdaderamente excepcionales.**

Las metasilicitas de la parte superior son bandeadas, micáceas, bien foliadas, frescas, de color gris claro a gris acerado hasta verdosas. Se destacan como simples intercalaciones de algunos decímetros o como bancos de hasta 10 m de potencia. En el tope del corte se observan secciones rítmicas de mármoles y metasilicitas; mientras lateralmente pueden no aparecer las metasilicitas. Estos mármoles en secciones poco potentes podrían confundirse con mármoles de la Formación Los Cedros del Grupo La Sierrita. De ellos se diferencian por el desarrollo de las patinas e impregnaciones. Además, los mármoles de Los Cedros son más impuros y más a menudo micáceos. Exceptuando este caso, la Formación Vega del Café debe diferenciarse sin dificultades del resto de las unidades de mármoles. De acuerdo a las observaciones de Millán y Álvarez-Sánchez, (1992) existen motivos fundados en las relaciones de campo para considerar a la Formación Vega del Café en esta región, como la parte más alta del Grupo San Juan, relacionada estrechamente con el Grupo La Sierrita (Tomo 3); con la misma función de la Formación Collantes para las unidades internas y centrales de la Cúpula de Trinidad. En este sentido la Formación Vega del Café, yacente bajo la Formación Los Cedros, como la Formación Collantes yacente bajo Loma Quivacán, recuerda mucho la situación en la parte central de la Sierra de Los Órganos, donde la Formación Pons y el Miembro Infierno de la Formación Guasasa, descansan bajo las unidades Ancón y el flysch de la Formación Manacas, secuencias indicadoras de cambios radicales en el régimen de sedimentación y la tectónica.



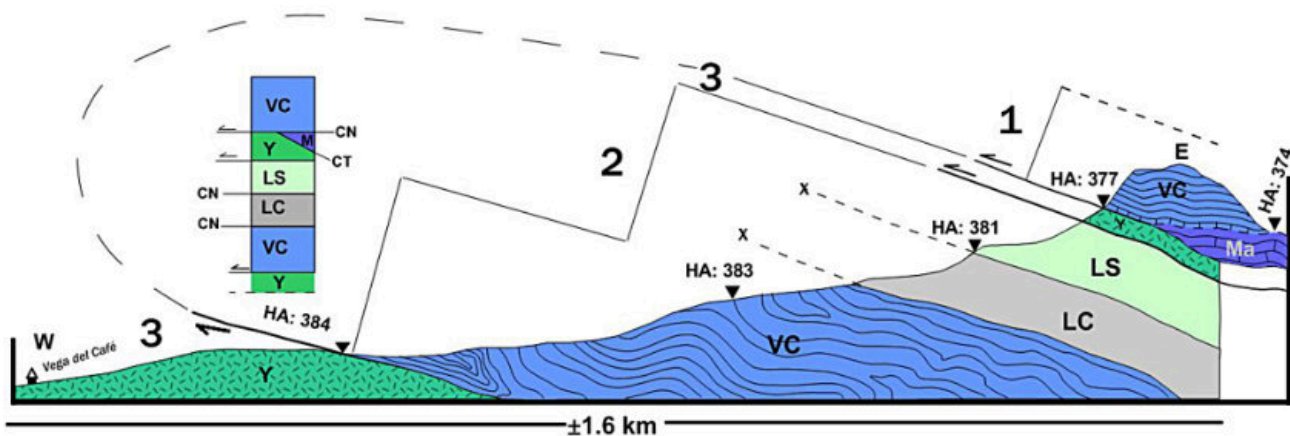
Figura.82. Localidad Tipo (esfera roja) y extremos del perfil del Holoestratotipo. Formación Vega del Café). Hoja Topes de Collantes 1:50,000. 4181 I. (Gráfica H. Álvarez.1992).

### Relaciones estratigráficas y tectónicas.

En la parte central y SE de la Cúpula de Trinidad la Formación Collantes marca el fin de la sedimentación del Grupo San Juan y en varios afloramientos en los alrededores de Topes de Collantes se ve a la Formación Collantes descansando bajo la Formación Loma Quivacán; Formación basal del Grupo La Sierrita en dicha región. Pero en la región entre las localidades de Yaguanabo y Gaviña, la Formación Vega del Café, descansando sobre unos mármoles comparables a la Formación Mayarí; yace en un contacto estratigráfico normal bajo la Formación Los Cedros. De modo que Vega del Café en la región de su desarrollo, parece ocupar una posición equivalente a la Formación Collantes. Esta es la única base actual para sostener la posible correlación cercana entre las Formaciones Collantes y Vega del Café.

En la **Figura 83** se destacan las complejas relaciones entre el Grupo San Juan y el Grupo La Sierrita. En la localidad HA: 374 (N 236.95 y E 584.20), sobre metavulcanitas de la Formación Yaguanabo, se observa una sección de mármoles fértidos gris oscuro con capillas de metapedernal pertenecientes a la Formación Mayarí. Hacia arriba los esquistos verdes aparecen cabalgados por mármoles de la Formación Vega del Café.

En el perfil; aunque el contacto entre ambos tipos de mármoles no lo pudimos observar, se supone a las Formaciones Mayarí y Vega del Café, colocados en el mismo nivel del sobrecorrimiento. Este es uno de los pocos casos en la región donde pueden observarse las presuntas relaciones entre Mayarí y Vega del Café. Desde la localidad HA: 381, a unos 700 m del poblado, hasta HA: 384, por un sendero hacia Vega del Café; se observan las relaciones entre la Formación Vega del Café con las Formaciones Los Cedros y la Sabina (del Grupo La Sierrita). A partir de la localidad HA: 381 se observan contactos estratigráficos normales o graduales entre la Formación La Sabina y la Formación Los Cedros. Más hacia el oeste la Formación Los Cedros paulatinamente pasa a la Formación Vega del Café en un contacto normal o rápido transicional. En HA: 384 Vega del Café cabalga a la Formación Yaguanabo con iguales características del contacto tectónico observado en HA: 377.



**Figura.83.** Relaciones estratigráficas entre la Formación Vega del Café y la Formación Mayarí y Los Cedros, al Este del poblado de Vega del Café: Y-Formación Yaguanabo. VC-Formación Vega del Café. LC-Formación Los Cedros. LS-Formación La Sabina. Ma-Formación Mayarí. CT-Contacto tectónico. CN-Contacto normal o de transición. 1, 2, 3: Posibles unidades tectónicas o nappes independientes. (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez y Millán, 1992).

### Edad.

No se encontraron restos fósiles en esta Formación. Suponemos una edad del Jurásico Superior (Tithoniano Superior) hasta la parte baja del Cretácico. Tal inferencia se basa en la presunción de la sobreyacencia de esta Formación sobre Mayarí, posiblemente extendida entre el Tithoniano al Berriasiano (v. Formación Mayarí).

### Inferencia sobre las condiciones de sedimentación del protolito.

Los protolitos de esta unidad parecen corresponder con calizas micríticas intercaladas con chert y depositadas en la parte profunda del depocentro del Grupo San Juan. Sobre esto atestigua indirectamente la presencia de *Cadosina sp.*, en la infrayacente Formación Mayarí. También la Formación Vega del Café esta cubierta por la Formación Los Cedros,

cuyas características, bastante seguramente, representan una facies de ambiente pelágico normal a profundo. La presencia de concreciones metálicas ferruginosas manganesíferas de posible origen autigénico es coherente con el posible ambiente de formación indicado para los depósitos de la Formación Vega del Café. La presencia combinada de secciones de metapedernales (ftanitas) y los horizontes de impregnaciones metalíferas y concreciones metálicas sugiere la influencia de exhalaciones distales hidrotermales enriquecidas en sílice y soluciones de metal, vinculadas a un centro volcánico o a una línea de expansión activa.

### **Espesor.**

El espesor visible de la Formación es aproximadamente de 100m. Parece mucho mayor por el plegamiento.

### **9.1.6. Formación Cobrito.**

#### **Autores.**

G. Millán y M. Somin; 1985 a<sup>5</sup>.

#### **Historia.**

Las observaciones sobre una formación carbonatada, análoga por su composición pero suficientemente diferentes a los mármoles fue notada tempranamente en el Escambray. Schovanek (en Stanik *et al.*, 1981) destacó estas rocas llamándolas como “*esquistos carbonatados grafiticos micáceos*” como parte de la Formación San Juan<sup>6</sup>. Millán y Somin (1981) las llamaron como “*otras rocas carbonáticas*” considerándolas como la posible base del Grupo San Juan por su íntima relación con las formaciones metaterrígenas, existiendo varias coincidencias así como diferencias en la descripción primaria por parte de ambos autores grupos de autores.

La unidad fue propuesta finalmente como Formación Cobrito por Millán y Somin (1985 a), integrada por esquistos calcáreos, con mármoles, metaterrígenos, metasilicitas, metabasitas e intercalaciones de esquistos cristalinos; entre ellos los enigmáticos Esquistos Cristalinos Algarrobo. Según Millán y Somin (1985 a) la Formación Cobrito formaba parte del Grupo Naranja, pero el rechazo o invalidación del Grupo Naranja (en Millán y Somin, *ibid.*) determinaba la independencia de la Formación Cobrito.

Ya antes del trabajo de 1985 de Millán y Somin, la Expedición Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) reconocía a la Formación Cobrito (informal) desde 1983 a partir de la aceptación pactada del esquema estratigráfico de Millán y Somin (v. Epígrafe 5.3 T1) y la Formación se cartografió dentro del área de la Expedición II. En 1985 Millán y Somin (1985b) proponen una nueva formación. La denominan Formación Boquerones; segregada de las secciones anteriormente reconocidas como la Formación Cobrito (v. Capítulo 6. Epig. 6.3 T1) y en 1992 Millán y Álvarez-Sánchez (inédito) proponen el Miembro La Horqueta, con el fin de distinguir la importante transición entre los metaterrígenos de Loma La Gloria y la Formación Cobrito<sup>7</sup>, destacada con gran claridad en las Lomas de San José, en la región de La Sierrita, SW de la Cúpula de Trinidad.

#### **Pertenencia al Grupo San Juan.**

La equivalencia de la Formación Cobrito con los mármoles del Grupo San Juan fue supuesta por Millán y Somin (1981); rechazada en fecha posterior (Millán y Somin, 1985a) y de nuevo implícitamente aceptada, por (Millán y Somin, 1985 b). Los argumentos justificantes para una Formación Cobrito formando parte del Grupo San Juan son numerosos en las relaciones de campo. Por su edad y litología esencial, posee mucha mayor afinidad con los mármoles del Grupo San Juan en comparación con las formaciones metaterrígenas. Cobrito contiene evidencias paleontológicas de rango de edad entre Oxfordiano a Neocomiano; situándola en correspondencia con el resto de las

<sup>5</sup> Millán, G. y Somin, M. L., 1985 a, Contribución al conocimiento geológico de las metamorfitas del Escambray y del Purial. Reporte de Investigación N° 2. IGP. Academia de Ciencias de Cuba. 74 Pág.

<sup>6</sup> La Formación San Juan es una unidad que agrupa la totalidad de los mármoles en la nomenclatura estratigráfica de la Expedición Escambray I (Nota de los autores).

<sup>7</sup> Caracusey lithofacies, de Somin *et al.*, 1992.

formaciones del Grupo San Juan. Su posición estratigráfica sobre la Formación Loma La Gloria equivale a la situación de la Formación Narciso sobre la Formación La Chispa en las unidades internas de la Cúpula de Trinidad, marcando el cambio de la sedimentación terrígena por la carbonatada, existente en el Escambray y repetida en los complejos equivalentes, metamórficos o no, de Cuba occidental con cierta precisión. De hecho, el reestablecimiento de la Formación Cobrito a una posición más justificada sugiere la existencia, por lo menos, de dos sucesiones estratigráficas separadas compuestas; una por la Formación Loma La Gloria, cubierta por Cobrito estratigráficamente y con relaciones de transición entre ellas; y otra la Formación La Chispa, cubierta por la Formación Narciso del Oxfordiano Medio (Millán y Somin, 1985a), también estratigráficamente. Tal estructura de la columna estratigráfica recuerda extraordinariamente las sucesiones características de los dominios estratigráfico-faciales de las Sierras de los Órganos y Rosario, formados en unas condiciones paleogeográficas de coexistencia en una cuenca común; circunstancia duplicada en el Escambray con regularidad notable.

### **Nombre.**

El Cobrito es una pequeña localidad agraria situada en la carretera Güinia de Miranda-Condado, en la región SE de la Cúpula de Trinidad.

### **Sinónimos.**

Complejo Carbonatado-Terrígeno (parte) Somin y Millán, 1969; 1972) (Millán y Somin, 1973; Millán y Somin, 1976; Millán, 1978). Formación San Juan (parte) (Stanik *et al.*, 1981). Esquistos carbonatados grafiticos micáceos (Schovanek en Stanik *et al.*, 1981). Formación Sopapo (parte) (Stanik *et al.*, 1981).

### **Redefinición.**

En este trabajo la Formación Cobrito se redefine<sup>8</sup> mediante la distinción de tres secciones. La Formación Cobrito *sensu lato* como la sección principal. El Miembro Boquerones; anteriormente denominado como Formación Boquerones<sup>9</sup> (por Millán y Somin, 1985b; Franco Álvarez<sup>10</sup> *et al.*, 1992, *ined.*). El Miembro La Horqueta (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992 *ined.*), nuevo Miembro de la Formación Cobrito. El Miembro La Horqueta lo es también de la Formación Loma La Gloria.

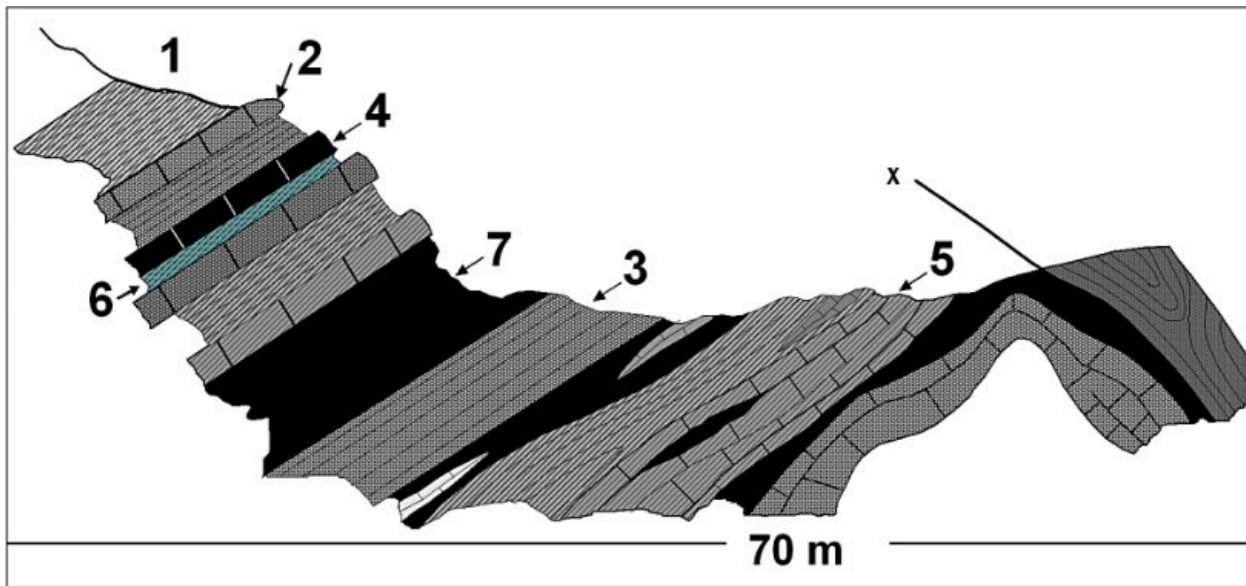
### **Área Tipo y distribución regional de la Formación Cobrito.**

El Área Tipo es la región SE de la Cúpula de Trinidad. Cobrito es una de las formaciones más extensas en afloramientos continuos en el Escambray y se propaga en vastas áreas de las dos cúpulas. En las unidades tectónicas hacia los bordes meridionales del macizo y al S y SSE de las cúpulas, sus afloramientos se extienden por varias decenas de kilómetros. Con una buena estratificación aflora en espacios continuos, en elevaciones cortadas a menudo por paredes abruptas donde se destaca la alternación de estratos duros de mármoles cuarzosos y capas deprimidas ricas en grafito (**Figura 84**). En la Cúpula de Trinidad las unidades tectónicas integradas por el par Loma La Gloria-Cobrito ocupan alrededor del 35% del área aflorada del total de 1,200 km<sup>2</sup>. En la Cúpula de Sancti Spiritus las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito ocupan alrededor del 45% del área aflorada, del total de 580 Km<sup>2</sup>. De este modo, sobre el 39% del área aflorada del Escambray se compone de afloramientos de Loma La Gloria y Cobrito, pero la proporción es mucho mayor en la de Sancti Spiritus. En la Cúpula de Trinidad la Formación Cobrito no se encuentra en las unidades tectónicas centrales con las más altas cotas del Escambray y solo forma parte de las unidades desarrolladas en los bordes. En efecto, su mayor extensión se encuentra al este del meridiano de Topes de Collantes. En esa región, vasta áreas ocupadas por las Formaciones Cobrito y Loma La Gloria forman sobre el 70% de los afloramientos; casi una cuarta parte del área de la cúpula.

<sup>8</sup> Según Código Estratigráfico de Cuba. Artículo 16. Epígrafe 16.1. Edición IGP 2014.

<sup>9</sup> Guillermo Millán (comunicación escrita, 2012) no comparte la opinión anterior y piensa que Boquerones constituye una formación independiente. (Nota de los Autores).

<sup>10</sup> Léxico Estratigráfico de Cuba (1era Edición, 1992).



**Figura.84.** Afloramiento de la Formación Cobrito en el Área Tipo. Carretera Condado-Güinía de Miranda. 1-Metasilicitas. 2-Mármoles arenosos. 3-Esquistos metaterrígenos siliclásticos micáceos. 4-Mármoles grises a negros grafiticos. 5-Esquistos calcáreos. 6-Metabasitas (metagabros). 7-Esquistos negros calcáreos muy grafiticos con mucha pirita (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez, 1984).

Unidades con la Formación Cobrito, no se conocen en la parte central de la Cúpula de Trinidad, exceptuando las Lomas de San José, en realidad situadas más bien hacia el sur. En la franja N-S, comprendida entre la carretera Trinidad-Manicaragua y más al este de la carretera Condado-Güinía de Miranda, las cotas descienden hacia el valle del Agabama en un sistema de cuestas con rápida pérdida de elevación. Dentro de esta franja, a lo largo de la carretera Condado-Güinía, ocurren los más extensos afloramientos del complejo Loma La Gloria+Cobrito en la Cúpula de Trinidad. La cota del plano de la franja no supera una media de 179 m s. n. m; apenas algo más elevado que los flancos del valle del Agabama; una depresión tectónica que separa ambas cúpulas, aunque no las divide completamente.

Como la región al este de Topes de Collantes, forma el flanco oeste de la Cuenca de Trinidad esta es una buena explicación del por qué las grandes áreas ocupadas por esas Formaciones en esa región. Esta es una clara expresión de la geomorfología e hipsometría de las unidades tectónicas.

#### **Localidad tipo y Holoestratotipo.**

Se establece en los cortes de la carretera Condado- Güinía de Miranda, a partir del poblado de Condado hacia el Norte, entre las coordenadas: Norte 230.40 y Este 618.20 y Norte 233.60 y Este 617.40. Hojas Condado 4281-IV-d. Meyer 4281-IV-b.1.25, 000. ICGC. Zona Metamórfica 3 de Millán y Somin (1981). (**Figura 85**).

#### **Formación Cobrito "sensu lato". Descripción del Holoestratotipo.**

Las rocas típicas y representativas de Cobrito, son los esquistos calcáreos muy impuros, derivados primarios de sedimentos estratificados y, en parte, producto de la carbonatización de varios tipos de esquistos terrígenos. Su origen mixto y su situación en unidades de mayor grado metamórfico contribuyen marcadamente a su característica composición mineral compleja, que los diferencia marcadamente de los mármoles, propiamente dichos. El metamorfismo ha convertido en grafito su elevado contenido de materia bituminosa inicial. Una característica muy común. El grafito suele concentrarse en las superficies de capas o planos esquistosos y puede alcanzar 5% en la masa de la roca o más, hasta llegar a formar concentraciones locales, posiblemente explotables.





Figura.85. Holoestratotipo de la Formación Cobrito. Carretera Condado-Güinía de Miranda. Hojas 1:25,000 Condado: 4281-IV-d. Meyer: 4281-IV-b. Coordenadas iniciales: N 230.40-E 618.20. Finales: N 233.60-E 617.40. (Gráfica H. Álvarez.).

El cuarzo detrítico alcanza entre 25% a 40% en los esquistos calcáreos y entre 50-70% la calcita. Muy típicas son las micas claras; generalmente moscovitas (hasta 10% de las rocas) y frecuentes las micas fengíticas y más raras paragoníticas. La estilpnomelana (¿hidrobiotita?) en algunos esquistos puede alcanzar hasta 20%. La albita es muy común. En las unidades más externas y metamorfizadas la albita puede llegar a albita-oligoclasa o hasta oligoclasa (Souček y Álvarez-Sánchez; en Escambray II. Cap. IV). Los clinopiroxenos por lo común son egirina y cloromelanita. Los anfíboles sódicos forman una serie continua magnesio-riebeckita-crossita hasta glaucofana. Las cloritas se encuentran prácticamente en toda en el área y en gran parte de las rocas. En los esquistos con elevado contenido de material volcánico y en las metavulcanitas, las asociaciones características están formadas por glaucofana, granate, clinozoisita, epidota, mica blanca, diopsida, zoisita y lawsonita. En capas de metasilicitas son comunes granate-glaucofana-riebeckita-hornblenda-zoisita-clinopiroxeno (diópsido)-magnetita.

Los esquistos calcáreos son negros, gris muy oscuro hasta azulosos; por lo general de grano fino, en capas muy finas centimétricas (**Figuras 86, 87**) o más gruesas, de decímetros, incluso metros. A menudo conservan los rasgos de sedimentación rítmica y graduada, estableciendo marcadas diferencias con las restantes formaciones del Grupo San Juan. Se desarrollan en secciones monótonas de varios metros a decenas de metros de potencia, a veces duplicadas por un plegamiento apretado isoclinal (chevrons) (**Figura 88**). Los intervalos de esquistos calcáreos se interrumpen a trechos sin mucha regularidad por paquetes de mármol gris oscuro a negro, pero a veces claros, en estratos finos a medios, con un bandeo que les confiere un aspecto rítmico, aunque no contenga graduación de grano en realidad. En

localidades los paquetes de mármoles oscuros, a veces brechosos, pueden alcanzar potencias considerables hasta decenas de metros. Casi siempre muy impuros pueden contener entre 20 a 40% de cuarzo observándose casos de rocas siliciclásticas enriquecidas en carbonato metasomático. Los mármoles pueden ser tanto foliados como compactos, por lo general calcíticos y algunas veces dolomíticos o muy silícicos. Millán y Somin (1985a) describen en estos mármoles fragmentos o budinas, de calizas pelitomórficas con restos de radiolarios (v. Epígrafe 6.1.1).

En la zona de los yacimientos Carlota-Guachinango, al norte de la Cúpula de Trinidad, existen secciones de mármoles muy esquistosos negros, compuestos por dolomita, grafito y moscovita. Estas rocas calcíticas dolomíticas, muy grafiticas, negras y bien estratificadas son conocidas en la Formación Cobrito en la región de ese yacimiento (Hill, 1959; Gorielov *et al.*, 1964; Bolotin, 1970; Maximov *et al.*, 1968, Tolkunov *et al.*, 1974). Hil (1957) describe paquetes de dolomitas yesíferas de varios metros de potencia (hasta 6 m)<sup>11</sup>, y capas de mármoles negros brucíticos muy grafiticos. Las dolomitas alcanzan alrededor de 10 m de potencia y se presentan en lentes. Son grises de textura granular sacaroidea, cruzadas por abundantes venas de cuarzo y pirita dispersa entre grafito. Cristales de yeso negro euhedral se encuentran en las dolomitas (Hill, 1959).

**Tabla. XVI. Óxidos en los esquistos calcáreos y mármoles de la Formación Cobrito. Expedición Escambray II.**

Roca	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	N <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	PPI
Esquisto calcáreo	9.64	0.09	2.39	1.23	0.01	0.10	0.08	46.74	0.42	0.40	0.01	–	0.08	38.15
Mármol impuro	0.68	0.02	0.45	0.20	0.54	0.03	20.1	30.66	0.03	0.03	0.06	43.79	–	–



**Figura.86. Formación Cobrito en el Área Tipo. Carretera Condado-Güinía de Miranda; cerca de la Localidad Limones Cantero. SE de la Cúpula de Trinidad. Esquistos calcáreos con capas de esquistos grafiticos y mármoles grises arenosos. (Foto cortesía de Yamirka Rojas. 2007).**

<sup>11</sup> Dolomite outcrops arc buff to light gray and appear kneaded and sculptured. Their thickness ranges from 2 to 20 feet and averages 5 to 10 feet. Although lenticular dolomite was found only at Wilson Ridge, three-quarters of a mile west of Charco Azul, the Carlota variety, like many others, may be highly lenticular. The accompanying maps show only the actual outcrops; many of these undoubtedly connect under cover. Perfect euhedral crystals of black gypsum up to 5 mm long are scattered throughout one band of dolomite 6 feet thick on a road bend north of Charco Azul, (Hill, 1957).



Figura.87. Esquistos calcáreos grafiticos de la Formación Cobrito, con capas de mármol impuro foliado. Valle del Río Seibabo. Al sur de Güinia de Miranda (Foto cortesía de A. García-Casco, Marzo de 2009).



Figura.88. Pliegue isoclinal en estilo chevron en esquistos grafiticos de la Formación Cobrito. Valle del Río Higuanojo. Cúpula de Sancti Spiritus (Foto de B. Koverdynsky. 1978. Expedición Escambray I).

### **Intercalaciones metaterrígenas.**

A la Formación Cobrito se asocian numerosos cuerpos rocosos heterogéneos. Su aspecto en los afloramientos depende del grado de cristalinidad que puede cambiar de lugar a lugar. Entre los muy frecuentes se destacan las capas de esquistos metaterrígenos cuarzo-micáceos, grafiticos o no, en estratos de finos a gruesos, con regulares transiciones hacia mármoles arenosos o esquistos cuarzosos, con mucha plagioclasa y mica blanca. Estas intercalaciones son muy frecuentes en la base de la Formación hasta mostrarse como rítmicas y se describen en detalle por Millán y Somin (1981a). La potencia de estas secciones puede alcanzar alrededor de 50 m o más y colocarse en el contacto con la Formación Loma La Gloria. En este caso fueron distinguidas más tarde como el Miembro La Horqueta (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, ined.), descrito a continuación.

### **Intercalaciones de metasilicitas.**

Otras intercalaciones de potencia significativa se componen de metasilicitas bandeadas, reseñadas por Millán tempranamente (Millán, 1973; Millán y Somin, 1985 a). Abundan en la región norte de la Cúpula de Trinidad, donde se interpretan como derivados de chert estratificado (Souček y Álvarez-Sánchez, en Escambray II, 1986), en cuerpos de potencia decamétrica, situados en el interior de las secciones carbonatadas, pero también en la parte alta de los cortes de Cobrito. Las metasilicitas exhiben un fino bandeo y muestran un tono gris acerado, gris oscuro, a pardo rojizo, con una mineralogía algo compleja. Pueden contener granate (20%, de rareza 50%), moscovita (fengita en sectores), albita accesoria, clorita (oxiclorita), rutilo y titanita y en ocasiones glaucofana. A veces contienen riebeckita, horblenda, zoisita, clinozoisita, diopsida, y raramente microclina. La coloración depende de contenidos de hematita, magnetita y manganeso. El manganeso puede ser tan importante en la composición, como para constituir una variedad propia (esquistos cuarcíticos manganesíferos, de B. Molak, 1983; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

### **Vulcanismo en la Formación Cobrito.**

Las primeras descripciones de vulcanitas en la Formación Cobrito, se deben a Millán y Somin (1981), Millán y Somin (1985 ab), Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986, Somin *et al.*, 1992. Ellos destacaron la presencia de metavulcanitas en secciones centimétricas hasta más de 10 m en la Cúpula de Sancti Spiritus y en la localidad tipo de la formación en la Cúpula de Trinidad. La importancia de estas intercalaciones aumenta localmente de forma muy significativa. Tal es el caso de la región septentrional de la Cúpula de Trinidad, donde las rocas volcánicas presentan un gran volumen y número de cuerpos; en fajas paralelas de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito, separadas por superficies de cabalgamiento con rasgos típicos de fuerte presión. En el corte de la mayor parte de estas unidades, las evidencias muestran a la Formación Cobrito originalmente depositada bajo la influencia de un vulcanismo tan intenso, que las rocas registran regularmente material piroclástico fino en los esquistos calcáreos; contribuyente de su impureza característica; hasta numerosos cuerpos metavulcanógenos concordantes y metatobas básicas; rocas estas últimas demostrativas de fases subáreas del vulcanismo. En ellas, las rocas magmáticas pueden presentar potencias poco significativas, faltar o, al contrario, contener una cantidad notable por su potencia y variedad. Esta situación se destaca en un arco extendido entre el poblado de Las Moscas al oeste y la región de Loma de Los Guapos-Pico Blanco al este; zona de los depósitos sulfurosos del Distrito Mineral Carlota-Guachinango.

Por el crecido número e inusual extensión de los cuerpos magmáticos; documentados (Hill, 1959; Maximov *et al.*, 1968; Bolotin *et al.*, 1970; Tolkunov *et al.*, 1974; MacDonald, 1977 y Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1985); puede tratarse como un caso particular para ambas cúpulas (v. Láminas 2, 3).

Los cuerpos volcánicos más difundidos y casi de la única composición, son las metabasitas. Notables entre ellas son los metagabros y metadiabasas. Le siguen las metalavas porfídicas y gabrodioritas, más raras y las metatobas básicas, menos abundantes. Varios de los cuerpos de gabro, tanto de grano fino como grueso, parece fueron muy melanocráticos y entre ellos predominaron los clinopiroxénicos diopsídicos con plagioclasa básica (Souček y Álvarez-Sánchez, en Escambray II, 1986) hasta piroxenitas olivínicas, serpentinizadas (Hill, 1959). Los metagabros a menudo conservan los clinopiroxenos y de común contienen granate glaucofana-crossita, fengita, clinozoisita, lawsonita, albita, epidota y clorita. Según la sección tratada, las metabasitas pueden presentarse como anfibolitas horbléndicas, esquistos glaucofánicos granatíferos clinopiroxénicos zoisíticos con granate, paragonita y fengita (Souček y Álvarez-

Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986), acompañados a veces por capas y paquetes de metatobas básicas. (Figuras 89, 90). A este grupo de metabasitas se asocian cuerpos que se acercan a las dioritas a veces de dimensiones considerables. Un cuerpo descrito por Molak y Bernal (en Escambray II) es de planta elipsoidal, de 1.2 km de largo y hasta 400 m de ancho. Yace de modo concordante entre esquistos metaterrígenos y calcáreos de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito. Son rocas densas y pesadas compuestas por anfíbol ± 45%; albita ± 30%, clinozoisita (15%), esfena (5%), clorita (3%) ± actinolita.

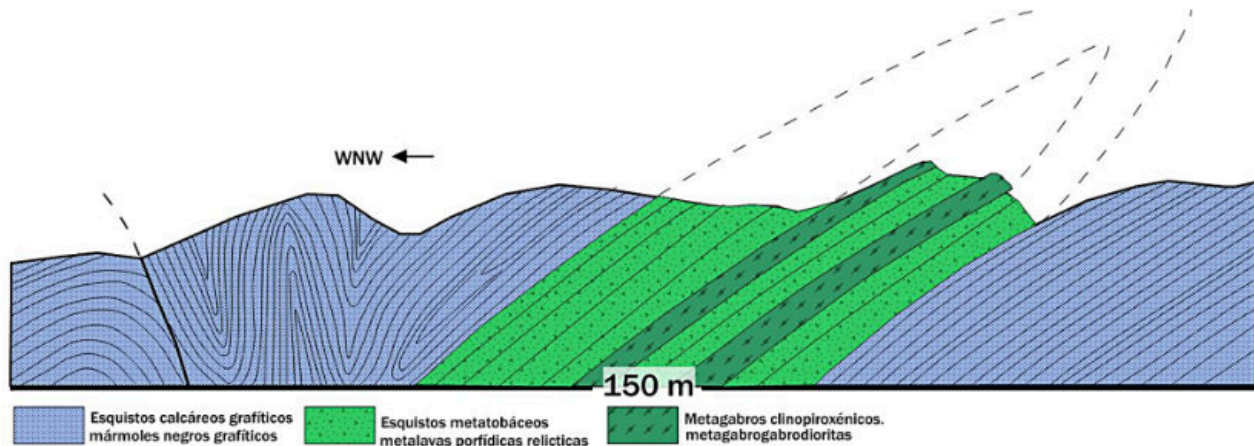


Figura.89. Perfil geológico por el camino de la localidad El Mamey hacia el Yacimiento Carlota. Cuerpo potente de esquistos verdes derivados de tobas, lavas con relictos de pórfidos; metagabros clinopiroxénicos con relictos eclogíticos retrógrados y esquistos glaucofánicos metabásicos; yacentes en una sección de esquistos calcáreos y mármoles dolomíticos grafiticos de la Formación Cobrito (sobre un dibujo de campo de H. Álvarez-Sánchez, 1983).

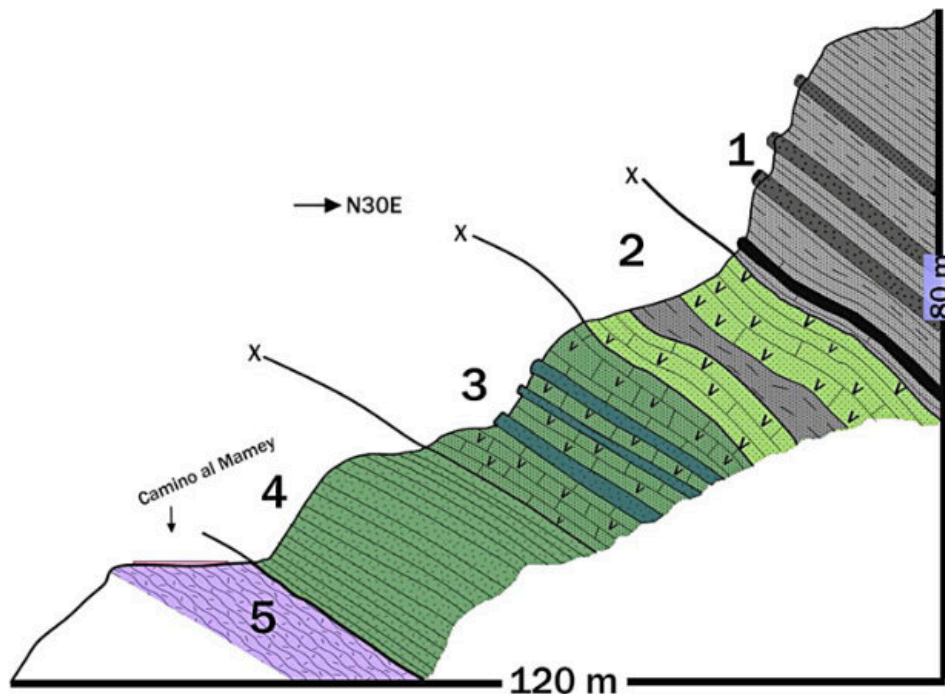


Figura.90. Flanco sur del campo mineral Carlota-Victoria-Guachinango. 1-Esquistos calcáreos, gris a negros, metapelíticos, grafiticos de la Formación Cobrito *s. l.*, con capas de mármoles oscuros, micáceos. 2-Esquistos metatufíticos calcáreos con lechos de esquistos calcáreos grafiticos. 3-Esquistos metatufíticos calcáreos con lechos de metabasitas (metagabros muy básicos, clinopiroxénicos). 4-Esquistos metatufíticos no calcáreos epidoto-clorito-albíticos ± clinozoisíticos, foliados. 5-Esquistos calcáreos violáceos con capas rítmicas metaterrígenas (sobre un dibujo de campo de H. Álvarez-Sánchez, 1983).

Las metabasitas se encuentran en esta región también como eclogitas apogábricas **nativas**; notablemente frescas o como apoclogitas reducidas a esquistos verdes glaucofánicos a menudo, con relictos de fábrica gábrica; yacentes en estratos conformes decimétricos a métricos dentro de los esquistos metaterrígenos y calcáreos en rocas de caja con glaucofana-moscovita y granate (MacDonald, 1977). Es en estos intervalos donde ocurren lentes, capas e incluso

intercalaciones rítmicas de los esquistos poliminerales de tipo **Algarrobo** y en estas secciones los esquistos anfitriones, precisamente, muestran una composición mineral complicada con granate, clinopiroxeno, glaucofana, zoisita y clinozoisita, zircón, apatito y fengita; con minerales del grupo de la epidota, clorita y a veces sulfuros. **Una composición extraordinariamente cercana a los esquistos Algarrobo.**

En el perfil transversal a dichas fajas; rocas de más alto grado metamórfico en unas; pueden presentarse en otras como rocas alteradas por diaftóresis; si bien en ellas pueden reconocerse aún las rocas cristalinas originales. Aunque estas diferencias tan contrastantes en el estado de las intercalaciones magmáticas entre fajas en contacto pueden ser difíciles de explicar por solo procesos distribuidos de forma tan irregular; por ejemplo, solo diaftóresis<sup>12</sup>; no hay dudas del origen de estas rocas a partir de los cuerpos magmáticos inyectados o depositados principalmente en la Formación Cobrito; tanto las eclogitas nativas y otras cristalinas como los esquistos lawsoníticos, anfíbolitas y otras metabasitas. Como no existen evidencias de fases magmáticas heterocronas en la Formación Cobrito; los contrastes entre las fajas separadas por contactos tectónicos a presión marcados por serpentinitas, no parecen corresponderse con la aparente uniformidad regional de la zonación metamórfica regional que las engloba en su conjunto.

### **Efectos de la litología variable en la identidad de la Formación Cobrito.**

Las intercalaciones de metaperdernaes, esquistos verdes, mármoles y esquistos metaterrígenos entre los ritmos o en secciones independientes; complican la cartografía de Cobrito. Estas cortes marcadamente “flyschoides” pueden aparecer dentro o en contacto con los cortes monótonos de esquistos calcáreos y mármoles impuros, considerados más característicos de Cobrito. En estas situaciones Cobrito puede parecerse extraordinariamente a partes de la Formación El Tambor; una de las pocas formaciones cretácicas del Escambray con esquistos calcíferos grafiticos. Paquetes inusualmente potentes de metaperdernaes, también hacen a Cobrito muy semejante a partes de la Formación La Sabina, compuesta de metapedernaes, mármoles negros y metufitas. Y algo menos común, pero sucede; llega a parecerse a la Formación Los Cedros, sin capas grafiticas abundantes, pero sí metapedernaes y esquistos verdes rítmicos. Sin necesariamente afirmar o negar una equivalencia lateral; es posible la existencia de cortes de transición o contacto de cualquiera de ellas con la Formación Cobrito y bajo determinadas circunstancias del afloramiento pueden confundirse con la Formación Cobrito o viceversa. Una situación similar también constituye un problema de definición de la Formación Cobrito, sin duda importante y es la verdadera correlación cuantitativa (o volumétrica) de mármoles<sup>13</sup> y esquistos calcáreos, propiamente dichos.

El corte de Cobrito se ha descrito en el Escambray a partir de observación de superficie; pero no se ha prestado atención a los estudios realizados durante decenios en los yacimientos piríticos del norte de la Cúpula de Trinidad (Carlota, Guachinango, Victoria y otros). De esas localidades resultaron núcleos de perforación en cortes profundos y frescos de cientos de metros de profundidad con índices muy elevados de recuperación.

En las **Figuras 91 y 92** se muestran perfiles detallados de los yacimientos Carlota y Guachinango, en la región septentrional de la Cúpula de Trinidad, donde hemos examinado la cuestión de las rocas magmáticas. En general, lo mostrado por los cortes detallados de estos pozos permite dudar sobre la descripción exacta de la constitución de la Formación Cobrito; supuestamente integrada por esquistos calcáreos con mármoles subordinados. Como se aprecia, el componente de los esquistos calcáreos típicos de Cobrito en esta región parecen representar una parte minoritaria del corte; en su mayoría compuesto de mármoles esquistosos grafiticos.

<sup>12</sup> Pero en la unidad metamórfica 3 (o sea, la de mayor grado) no parece existir zonación metamórfica alguna y su grado metamórfico parece ser homogéneo. Las falsas apariencias que existen al respecto se deben a una reelaboración metamórfica de menor grado. No Tenemos dudas al respecto. Incluso, en el sector más interno de la unidad 3, en su parte limítrofe con la unidad 2, parece existir una intensa transposición estructural de los cortes de la unidad 3, probablemente relacionada con el metamorfismo (con plegamientos asociados) propio de la unidad 2 que reelaboraron parcialmente a las rocas de la unidad 3. (Millán: en Correspondencia de Millán y Álvarez-Sánchez, 2012).

<sup>13</sup> Muchos autores en escritos sobre el Escambray, refieren a las rocas carbonatadas estratificadas como “mármoles”, o como “calizas cristalinas”, sin pronunciarse sobre los límites entre ambas cosas o lo que entienden por cada una de ellas. (Nota de los Autores).

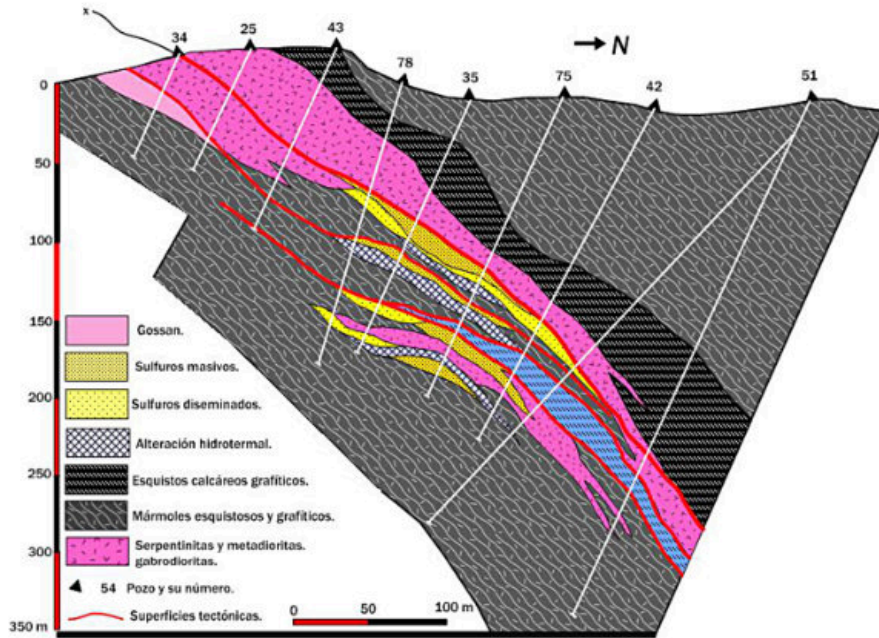


Figura.91. Perfil geológico del yacimiento La Carlota en el borde septentrional de la Cúpula de Trinidad. La mineralización está emplazada en un complejo de esquistos calcáreos, mármoles, calizas cristalinas y cuerpos de serpentinitas y metabasitas, relacionables con la Formación Cobrito (Basado en la Figura 7 de Tolkunov *et al.* 1974).

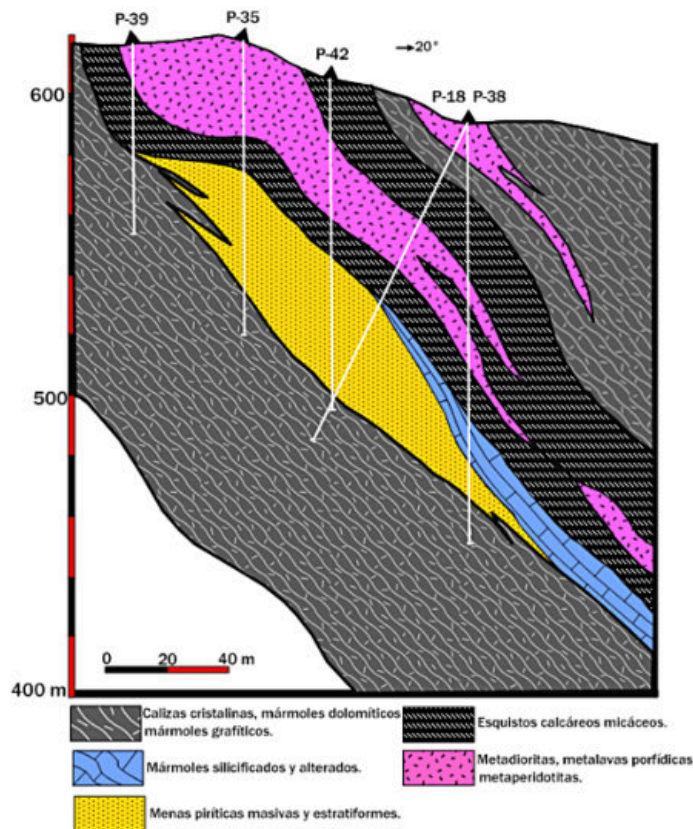


Figura.92. Perfil geológico del yacimiento Guachinango, situado al este del Yacimiento Carlota, en el borde septentrional de la Cúpula de Trinidad. Se puede apreciar en la estructura el predominio de los mármoles sobre los esquistos calcáreos y la identidad de la estructura con Carlota, con la participación sustancial de serpentinitas y metabasitas, relacionadas estrechamente con los esquistos calcáreos típicos de la Formación Cobrito (Basado en la Figura 7 de Tolkunov *et al.*, 1974).

Los contactos tectónicos concordantes apreciables entre techo y piso de los cuerpos minerales (**Figura 92**) pueden sugerir superposición de dos o más escamas tectónicas; una propia de Cobrito y otra con mármoles de otra

formación; aunque la parte inferior sub-mineral parece contener los mismos mármoles que la superior. Y, aunque estos mármoles se podrían asignar a otras formaciones del Grupo San Juan; por ejemplo, con la Formación Mayarí, de mármoles oscuros, fétidos, grafiticos, con capas de metasilicitas y de esquistos verdes (aunque muy raras estas últimas); hasta ahora en ellos no se conocen cuerpos minerales de sulfuros masivos, ni siquiera en pequeñas manifestaciones.

Al menos por este criterio, aunque discutible al fin, es posible concebir dudas que los mármoles grafiticos, dolomíticos, yesíferos; presentes en estos yacimientos, pertenezcan a la Formación Mayarí y sirvieran en parte como rocas anfitrionas de la mineralización sulfurosa. Los interrogantes deducibles del anterior repaso pueden formularse inductivamente del siguiente modo:

**1-**La Formación Cobrito posee cortes de mármoles en ocasiones mayoritarios sobre sus litologías típicas o; la Formación Cobrito puede estar compuesta mayoritariamente por mármoles y no por esquistos calcáreos en determinadas zonas o regiones o; Cobrito posee relaciones de transición facial y mezcla con las formaciones de mármoles; aún conservadas en algunas localidades, pero nunca comprobadas hasta el momento.

**2-**Las diferencias en el grado metamórfico entre escamas tectónicas y su influencia en el aspecto en masa. El alto contenido local de meta-ígneos. El inusual incremento de la potencia de las intercalaciones líticas no calcáreas en la Formación; pueden conducir a la separación dentro de la Formación Cobrito, de otras formaciones independientes y cartografiarlas como tales. Entre ellas: La Formación La Sabina. La Formación Yaguanabo. El Miembro San Blas de la Formación El Tambor. Incluso partes de la Formación Los Cedros.

Estas son cuestiones inquietantes y no resueltas en la geología del Escambray. Sin una cartografía adicional y futura será muy difícil dilucidar estas dudas a partir de lo conocido en la actualidad.

### **Serpentinitas asociadas a la Formación Cobrito.**

Como se aprecia en las **Figuras 91 y 92**, en los perfiles en los yacimientos Carlota y Guachinango, las serpentinitas ocurren en estrecha asociación, tanto como elementos de la sección litológica como de los propios cuerpos minerales. Como los núcleos recuperados que seccionan estos cortes constituyen pruebas directas de tales relaciones, este hecho requiere una explicación. Si estas serpentinitas muestran o no, una relación genética con el magmatismo Cobrito<sup>14</sup>, es una cuestión abierta a investigaciones del futuro. Sin embargo, las serpentinitas espacialmente relacionadas con la Formación Cobrito en estas secciones detalladas, presentan una extraña característica. En los yacimientos del campo mineral las serpentinitas contienen cuerpos de sulfuros de la misma composición de los controlados por los esquistos calcáreos típicos de la Formación Cobrito (**Figura 91**; ver también la Figura 2 de Bolotin *et al.*, 1970). Si bien esta condición de mineralización no se puede descartar existente en otras serpentinitas del Escambray, jamás se ha observado en otra localidad. Por tanto, mientras diferentes descubrimientos refuten estas características, es posible formular algunas interrogantes: O la mineralización sulfúrica es epigenética respecto a las serpentinitas; o la mineralización mantiene alguna relación genética con las serpentinitas y las metabasitas asociadas o con los procesos de su formación. Estos depósitos (relacionados con el modelo Besshi por Stanik *et al.*, 1981) tienen un raro parecido en varios de sus rasgos estructurales y litológicos con los depósitos sulfuríferos de Outokumpu (Finlandia) (Peltola, 1978; Koistinen, 1981; Treloar *et al.*, 1981) (v. Figura 3 de Pestola). Estos interesantes problemas se tratan en un estudio separado de esta obra.

<sup>14</sup> Sin embargo, dentro de las secuencias del Escambray, existen también cuerpos de serpentinitas (antigoritas) y de metabasitas que forman parte de los protolitos propios del macizo, o sea, que no son ofiolíticos, sino que se trataron de intrusiones o intercalaciones basálticas, tales el caso de muchos cuerpos de eclogita contenidos en Loma La Gloria. Estos cuerpos se tratan de las manifestaciones de un magmatismo riftogenético o un magmatismo relacionado con la formación del margen continental de América del Sur. Esto no es de extrañar pues en Guaniguanico, cuerpos de gabros y diabasas cortan a las secuencias de la faja Cangre. Además, la Fm. Esperanza contiene intercalaciones de diabasas así como un cuerpo de gabro con serpentinita expuesto en la localidad Cabeza de Horacio. En correspondencia con este concepto, la Fm. Yaguanabo procede de un magmatismo básico de margen continental, mientras que los esquistos verdes Felicidad de un magmatismo riftogenético. De aquí mis reservas. Al respecto creo que una parte de las secuencias de tipo Cobrito y algunas secciones cartografiadas como la Fm. La Chispa, podrían tratarse de equivalentes de la Fm. Esperanza de Guaniguanico. (Millán, correspondencia, 2012)



## Una breve conclusión.

Las primeras manifestaciones magmáticas en el Escambray datan del Jurásico Inferior-Medio (Esquistos Verdes Felicidad) y análogos en la Formación Loma la Gloria. Durante la sedimentación de las unidades desde Narciso hasta Collantes; el vulcanismo disminuyó hasta extinguirse, en tal medida, que las formaciones superiores de mármoles de rareza contienen esporádicas capas de metavulcanitas o ninguna. En la facies de La Llagueta; equivalente de bajo grado metamórfico de La Chispa, yacentes bajo los mármoles de las Formaciones Narciso y Saúco, este vulcanismo **falta por completo**; incluyendo a la Formación cimera de los mármoles, Vega del Café.

En contraste; al depositarse la Formación Los Cedros; primera del Grupo La Sierrita, sobre Vega del Café, última del Grupo San Juan; el vulcanismo se hace presente en capas de algunos decímetros a metros en Los Cedros. Prosigue con la Formación Yaguanabo; de espesor próximo a los 1000 m, de edad Cretácico Inferior y cesa al depositarse sobre Yaguanabo la Formación El Tambor. El Tambor es un flysch; techo estratigráfico del Escambray; cuyas grauvacas demuestran erosión de rocas de Yaguanabo y en cuyas secuencias ya solo se destacan intercalaciones de esquistos verdes metatufogénicos.

Hacia el oeste, en las unidades centrales de la Cúpula de Trinidad, la Formación Loma Quivicán descansa estratigráficamente sobre la Formación Collantes (v. Figura 80). Sobre Loma Quivicán yace la Formación La Sabina, metasilícica esencial con intercalaciones metatufíticas de grano muy fino. Sobre La Sabina a su vez yace la Formación El Tambor. **La Formación Yaguanabo, simplemente falta en este corte.**

Es decir. Tenemos evidencias de unidades tectónicas con perfil estratigráfico–facial propio, con presencia o ausencia de actividad volcánica, alternativa y que hoy se encuentran en contacto de superposición o formando nappes dentro de una misma zona metamórfica. En contraste; en La Formación Cobrito, binomio estratigráfico con la Formación Loma La Gloria y equivalente isocrono de los mármoles; el vulcanismo no se ha detenido y a partir del nivel de Loma La Gloria, el vulcanismo prosigue activo con interrupciones de corta duración, hasta el techo de la Formación Cobrito. La distribución del vulcanismo; su presencia o su falta en formaciones isócronas, a pesar de su aparente continuidad o contacto espacial; **es una demostración elocuente de la estructura en mantos tectónicos del Escambray; tan valiosa como la superposición de grados metamórficos contrastantes y hasta incompatibles.** También la distribución del magmatismo es una demostración de la división en regiones faciales que dividían el dominio Escambray en las etapas tempranas de su desarrollo.

### 9.1.6.1. Formación Cobrito. Miembro La Horqueta.

#### Autores.

G. Millán Trujillo y H. Álvarez-Sánchez, 1992.

#### Antecedentes.

Millán y Somin (1981a; 1985 b; Somin *et al.*, 1992) describen inter-estratificaciones de esquistos metaterrígenos de Loma La Gloria con calcoesquistos y mármoles, en el contacto con la Formación Cobrito. Esta facies era de esperar en otras áreas de los nappes con la secuencia Loma La Gloria-Cobrito. Millán y Álvarez-Sánchez (1992), durante el levantamiento del SW de la Cúpula de Trinidad estudiaron detalladamente una de estas secciones en una localidad excelente; en el macizo de Lomas de San José, al sur del poblado La Sierrita. Un sitio notable en el Escambray donde Stanik *et al.* 1981 argumentaron la inversión tectónica de las formaciones. En esta región los autores, arriba citados, encontraron la facies de transición Loma La Gloria-Cobrito en la base de las Lomas de San José-Pico Blanco. Esta unidad podía ser cartografiada a lo largo de kilómetros y la regularidad de su composición y extensión requería distinguirla como un Miembro. Dadas su posición y litología alternante, debe pertenecer tanto a una como a la otra formación<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Artículo 25. Miembro. Un miembro puede extenderse lateralmente de una formación a otra. Código Estratigráfico Norteamericano.

### Sinónimos.

En la Cúpula de Sancti Spiritus, Somin *et al.*, 1992 describieron unos mármoles oscuros a menudo brechiformes con capas de esquistos granato-glaucofánicos y eclogitas. Seguidas por su rumbo, terminaban por ser reemplazada por las rocas típicas de la Formación Cobrito en transición. Denominadas como *Caracusey lithofacies*<sup>16</sup>, pueden considerarse un sinónimo parcial de Miembro La Horqueta de la Formación Cobrito.

### Área Tipo. Origen del nombre.

Cúpula de Trinidad. Provincia de Cienfuegos. En las elevaciones de la región de La Sierrita; al Sureste de esa localidad (Macizo de Lomas de San José-Pico Blanco), con elevación máxima de 700 msnm. En esa localidad existen muy buenos afloramientos en secciones cortadas desde el valle de Monforte hacia las alturas de Pico Blanco. El nombre se deriva de la Finca La Horqueta, localizada al Sur del poblado de La Sierrita, en las elevaciones al oriente del poblado de Monforte. Tratándose de un área relativamente despoblada, no se dispone de otro nombre más adecuado.

### Localidad Tipo.

Situada al E-SE del caserío de Monforte; desde las faldas hasta la cima de cota 589 m; cuyas coordenadas son: Norte 238.07 y Este 576.20. Hoja La Sierrita. 1:50, 000. ICGC.

### Holoestratotipo. Definición.

Abarca las coordenadas N 237.98 y E 575.90 y N 238.07 y E 576.20. Hoja La Sierrita. 4181 IV. ICGC. (Figura 93,94). La sección comienza con metaareniscas qz+mica+gr y metapelitas gráficas, metabasitas clinopiroxénicas y eclogitas; con capas finales de esquistos carbonato-granate-onfacita-fengita-zoisita de tipo Algarrobo. En este nivel ocurren las primeras capas de un mármol gris oscuro moscovítico en estratos definidos, con capillas gráficas. Estos lechos son cada vez más frecuentes y potentes y se igualan a los metaterrígenos, afirmándose la sección del Miembro La Horqueta; cuando se alcanza uniformidad en el espesor de las intercalaciones; entre un decímetro hasta varios metros. En el tope, la participación del elemento carbonático predomina y los metaterrígenos se subordinan; nivel donde se establece el corte normal de la Formación Cobrito *s. l.*



Figura.93. Localidad Tipo y perfil del Holoestratotipo del Miembro La Horqueta de la Formación Cobrito. Hoja La Sierrita 4181 IV. ICGC. (Gráfica H. Álvarez., 1992).

<sup>16</sup> Es en la facies Caracusey, que fueron encontrados los radiolarios del género *Spumellaria*. (Nota de los Autores).

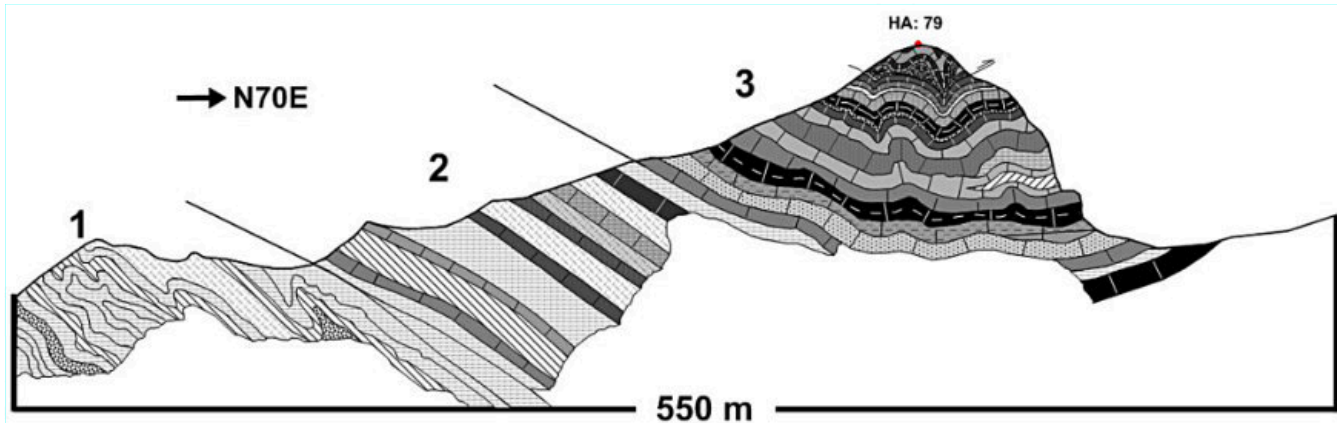


Figura.94. Perfil esquemático por el Holoestratotipo del Miembro La Horqueta: 1-Formación Loma La Gloria. 2-Miembro La Horqueta. 3-Formación Cobrito s.l. (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez, 1991).

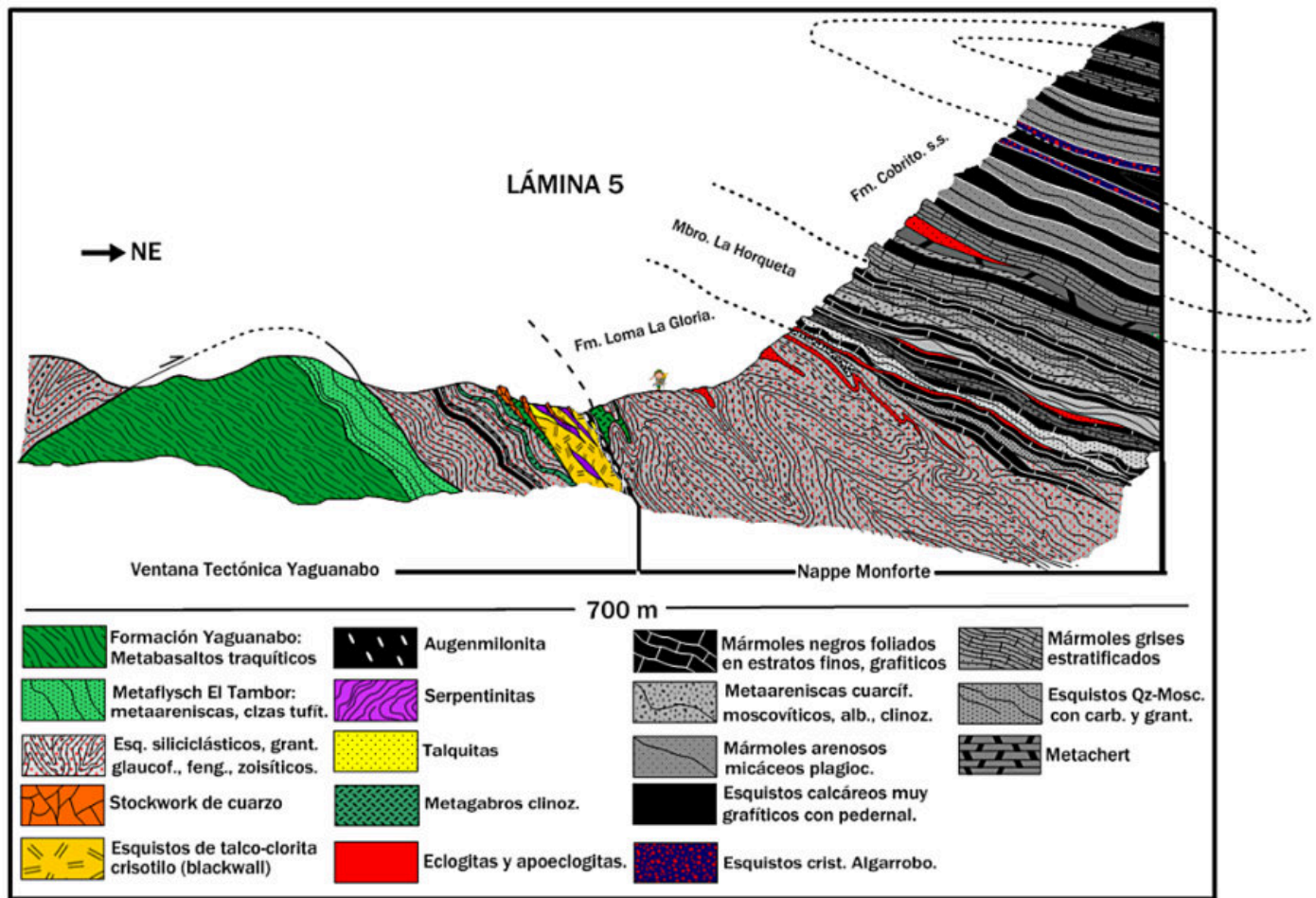
### Composición petrográfica mineralógica. Caracteres distintivos.

El Miembro La Horqueta (**Lámina 5**) es inconfundible en la estratigrafía del Escambray. Consiste de ritmos de capas metaterrígenas y metacarbonáticas de mármoles grises a negros bien estratificados, grafiticos, de grano medio, moscovíticos, en potencias desde 5 a 10 centímetros hasta bancos de hasta 10 metros, conservando la buena estratificación, marcada por lechos metaterrígenos. Son de un gris muy oscuro y frecuentemente llegan a ser negros a causa no solo del grafito sino, al parecer, por un contenido bituminoso primario finamente disperso en la masa. También ocurren esquistos calcáreos impuros, micáceos, cuarzo albiticos grafiticos en capillas muy finas, foliadas. A veces contienen segregaciones de calcita blanca elipsoidales, sugerentes de restos fósiles elongados y recrystalizados, completamente sustituidos por calcita. Sugieren en los afloramientos, una cierta estratificación gradual rítmica y contienen asociaciones con calcita, cuarzo, albita, mica blanca, grafito; con rutilo o esfena accesorios. En ocasiones se suman zoisita o clinozoisita. Las intercapas metaterrígenas son en mayoría esquistos metapsamíticos cuarzo-moscovíticos, a veces albiticos, más o menos grafiticos, de color grisáceo, con manifestaciones ocasionales de carbonatización superpuesta. Contienen albita; mica, rutilo, apatito y circón accesorios. En ocasiones también contienen granate, zoisita o clinozoisita. El rutilo suele estar parcialmente transformado en esfena. Las metapelitas son, a menudo, grafiticas ricas en moscovita, de color a gris acerado a gris pardo. La clorita, tanto en los metaterrígenos como en los esquistos carbonáticos tiene un carácter muy tardío. En una localidad, entre el límite de la Formación Loma La Gloria y el Miembro La Horqueta, observamos una sección de aproximadamente 15 m de potencia de unas cuarcitas metasilicíticas con albita y granate y eflorescencias de manganeso. Estas rocas se agregan al corte de La Horqueta, ya que en otras regiones del Escambray las metasilicitas son comunes en ambas formaciones.

Dentro de La Horqueta, en los cortes septentrionales del Nappe Monforte, encontramos cuerpos concordantes de una roca eclogítica. Las eclogitas, desde finas láminas, llegan a los primeros metros de potencia hasta un caso cercano a 20 m. Unas capas yacen en el horizonte de transición Loma La Gloria-Cobrito y varias plenamente dentro de Cobrito. Una de ellas mostraba una clara textura relicta gábrica y otras de grano fino quizá fueron de protolito basáltico. Las capas de eclogitas en Cobrito se extienden en concordancia por cientos de metros y los contactos frecuentemente se ven transformados en una roca marmórea granatífera, con finos granos de sulfuros, interpretables como restos recrystalizados de los contactos activos del protolito original de las eclogitas (rocas erlanas<sup>17</sup>). En los contactos hacia el sur, las eclogitas paulatinamente hacen transición hacia esquistos glaucofánicos granatíferos y en un caso, una de las capas pasaba suavemente a un metagabro clinopiroxénico. De hecho varias evidencias del comportamiento de los cambios en el estado de retrogresión y la composición de los protolitos gábrico/basálticos indicaban un grado metamórfico algo atenuado hacia el sur del Nappe Monforte.

<sup>17</sup> Erlan: Es un término de origen checo. Se trata de una roca metamórfica de contacto compuesta principalmente por silicatos de calcio. (Nota de los Autores).

El nombre **Nappe Monforte**, fue creado y surge por primera vez en la literatura sobre el Escambray, en el trabajo de Millán y Álvarez-Sánchez (1992). El concepto se refiere a las unidades compuestas por un corte de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito, que en su general extensión en ambas cúpulas del Escambray, mantienen un grado metamórfico uniforme de esquistos azules con cuerpos nativos de eclogitas del tipo C (según MacDonald, 1997; Álvarez-Sánchez *et al.*, 1992). De acuerdo a los autores de este concepto todas las unidades con estas características en el Escambray son Nappes Monforte o nappes de tipo Monforte. Solo en las zonas internas menos metamórficas se ha descubierto un kippen de este manto tectónico en la región SW de la Cúpula de Trinidad (Klippe Monforte) en las Lomas de San José, al sur del poblado de La Sierrita.



Las eclogitas frecuentemente son muy frescas, compactas y duras, con un agrietamiento poligonal. Son verde grisáceo, azulado y rojizo y yacen conformes dentro de los lechos metaterrígenos-metacarbonatados. La asociación eclogítica consta de clinopiroxeno-granate-zoisita y rutilo en proporción variable, predominando uno u otro o faltando uno de ellos. Esta asociación aparece diaforizada en condiciones de alta presión, por la generación de glaucofana o un anfíbol verde azuloso, mica blanca, clinozoisita y un granate de segunda generación (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992).

Posteriormente aún ocurrió una diafóresis de la facies de los esquistos verdes, destacada por la conversión de la eclogita en un esquisto verde con pocos relictos y de fábrica muy foliada, con asociaciones de: actinolita-clorita-albita-clinzoisita y epidota, mica y esfena. Estas eclogitas de compleja historia metamórfica, sin evidencia de emplazamiento tectónico, pertenecen a la variedad de eclogitas nativas o estrato-conformes (Millán y Álvarez-Sánchez, *ibid.*), derivadas de inyecciones concordantes de gabro o diabasas o lechos basálticos, en ambas cúpulas del Macizo Metamórfico Escambray.

Muy a menudo estas eclogitas se encuentran como clastos y bloques sostenidos por serpentinitas foliadas; en convivencia con bloques de calcoesquistos, mármoles, metaterrígenos, esquistos Algarrobo, esquistos glaucofánicos y

diversos productos de la diafóresis de las mismas eclogitas. Esta **brecha** resulta de la fragmentación causada por las serpentinitas, en su movimiento a través del interior de unidades tectónicas, que ya contienen, en su propia constitución, un muestrario completo de la totalidad de las rocas transportadas por las serpentinitas (v. el Capítulo sobre las eclogitas en el V. 3 de esta obra).

Muy cerca de la base del Miembro La Horqueta en la región de La Sierrita; en el interior de los metaterrígenos de la Formación Loma La Gloria; yace un cuerpo métrico de metabasitas granatíferas-clinozoicíticas fuertemente crenulado con relictos de gabro. Los metagabros hacen contacto tectónico con una zona de serpentinitas, metasomatizadas convertidas en esquistos miloníticos talquíticos derivados de serpentinitas, rodeadas de una camisa de clorita, tremolita, cuarzo y carbonato muy foliada (**Figura 95**), cortada por vetas de cuarzo de temperatura baja.

Las talquitas muestran una elevada saturación férrica y aún pueden notarse cristales relictos de magnetita. Hacia el borde NE se destacan blastomilonitas gráficas, donde sobreviven augens de mármol y de metaterrígenos embebidos en la matriz. Es probable que esta faja de blackwall<sup>18</sup> sea la base de la Unidad Monforte; relicto de una superficie potente, con restos escamosos atrapados de Loma La Gloria.

Superficies muy similares a esta existen en numerosas localidades con afloramientos de la base de las unidades de nappes del tipo Monforte en ambas cúpulas. Frecuentemente se manifiestan como fajas estrechas de serpentinitas, no siempre caracterizadas por rasgos comunes y constantes. Muy al contrario, presentan una considerable variabilidad en sus contenidos internos y estados de alteración hasta el punto de constituir lo que en justicia se puede llamar el “**problema de las serpentinitas del Escambray**”.

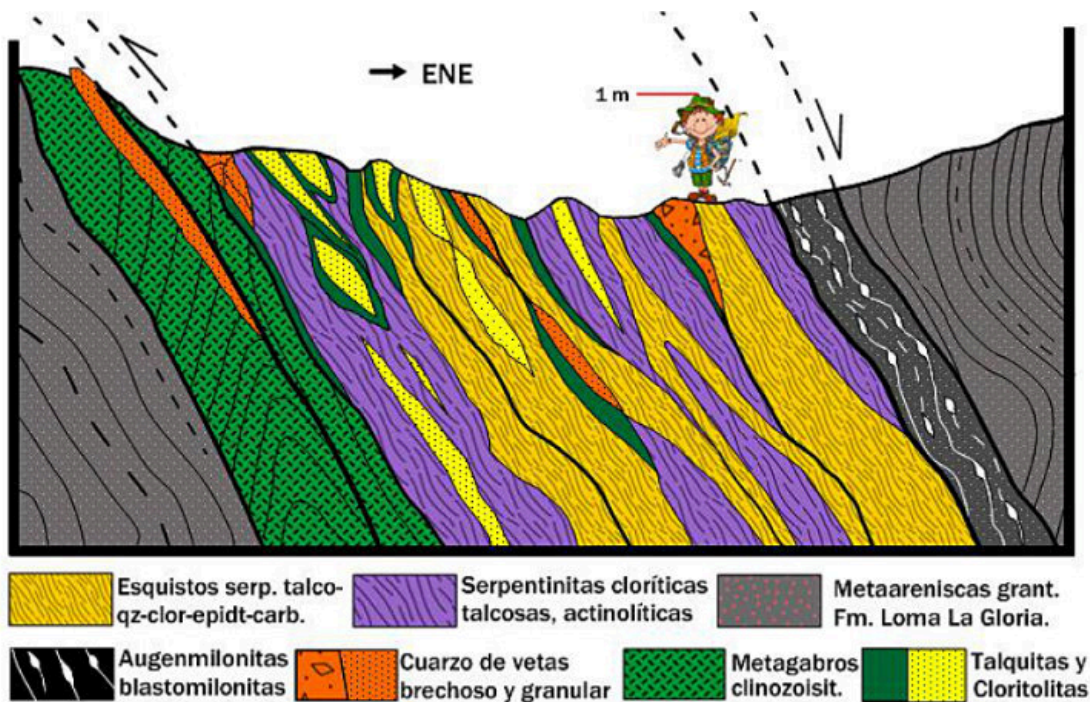


Figura.95. Zona de blackwall interpretada a partir solo de datos de superficie. (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez, 1991. (Escala gráfica).

### 9.1.6.2. Revisión de la categoría estratigráfica de la Formación Boquerones.

**Autores.**

Millán y Somin, 1985b (en Franco Álvarez *et al.*, 1992, pag. 126).

<sup>18</sup> En el concepto de Chidester, 1961. (Nota de los Autores).

### Razones para el cambio de rango.

La propuesta Formación Boquerones (Millán y Somin, 1985b) era reconocida como Formación Cobrito por Millán y Somin (1985 a) y por la Expedición Escambray II. Mientras Escambray II conservó el concepto “Cobrito”, independiente de la mayor o menor potencia de metabasitas o metasilicitas en tanto la litología esencial resulta la misma; Millán y Somin disociaron la Formación Cobrito en dos entidades; la Formación Cobrito y la Formación Boquerones<sup>19</sup>. Es difícil seguir el pensamiento de Millán y Somin (1985) en este caso.

Desde mi punto de vista se trata de un ejemplo de la diferenciación de formaciones, eminentemente iguales, a partir de su grado metamórfico o por encontrarse en fajas separadas por una falla o parte de nappes en contacto. En la discusión del **Epígrafe 6.3 T 1**; expuse, las razones para rebajar el rango de Boquerones a Miembro de la Formación Cobrito. No parece justificado ni creo exista utilidad práctica en separar una “Formación Boquerones” sin suficientes diferencias con la Formación Cobrito.

Lamentablemente esta cuestión nunca fue discutida y en la actualidad la “Formación Boquerones” es un nombre presente en la literatura nacional e, incluso, internacional. Un problema fuera de mi alcance remediar y segura materia de futuras discusiones. Mientras tanto, en este trabajo, el nombre Boquerones se describe como un miembro, ligeramente diferenciado, de la Formación Cobrito s. L.

#### 9.1.6.2.1. Formación Cobrito. Miembro Boquerones.

##### Origen del nombre.

Boquerones es un arroyo antecedente, con nacimiento en la Cúpula de Trinidad, conectado a su salida de las montañas, con cauces pequeños de afluentes izquierdos del Río Arimao. También es el nombre de una pequeña comunidad agrícola en el norte de la Cúpula de Trinidad (**Figura 96**).

##### Localidad Tipo. Área Tipo.

El Miembro Boquerones de la Formación Cobrito se distribuye con amplitud en las regiones septentrionales de ambas cúpulas. Millán (1997) estima a Boquerones como una Formación independiente, formando parte de la columna estratigráfica de su Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal (Millán, 1997); extendida en la periferia septentrional de ambas cúpulas Trinidad-Sancti Spiritus (v. **Figura 1**; Millán *ibid.*).

##### Sección de referencia.

Una buena sección de este Miembro aflora en la Carretera Cumanayagua a Mina La Carlota, integrado por esquistos calcáreos micáceos gráficos finamente estratificados de color gris a negro, mármoles foliados muy oscuros gráficos, con intercalaciones de metasilicitas e incluso con secciones métricas de metasilicitas apopedernálicas (v. **Figura 19. Tomo Uno**). Es en esta localidad donde Álvarez-Sánchez (en 1984) tomó unas muestras en esquistos calcáreos dolomíticos muy gráficos con restos de palinomorfos, determinados como Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

##### Estratotipo. Aclaración.

Solo en el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez *et al.*, 1992, *ined.*) se registra una descripción de un estratotipo<sup>20</sup>. En la versión del Léxico Estratigráfico citada se refiere como descripción original de Boquerones a Millán y Somin (1985 a), circunstancia no correcta; puesto que ese trabajo describe una faja septentrional de la Formación Cobrito y no alguna Formación Boquerones. El nombre “Boquerones” aparece en Millán y Somin (1985 b)

<sup>19</sup> Idéntica a Cobrito con diferencias pretextadas en la menor o mayor abundancia de intercalaciones y del grado metamórfico de dichas intercalaciones. Boquerones también contiene esquistos verdes y metasilicitas, solo que en capas menos potentes. (Nota de los Autores).

<sup>20</sup> Una descripción idéntica, tanto del perfil típico como de la unidad misma aparece en una segunda edición del Léxico Estratigráfico de Cuba (Furrazola-Bermúdez *et al.*, 1994, *ined.*). (Nota de los Autores).

como una nueva formación “similar a la Fm. Cobrito y que se consideró antes como parte de esa Formación” (Millán y Somin, 1985 b).

Pero ni en Millán y Somin (1985 a o b) ni tampoco en alguno de los trabajos posteriores (Millán, 1990, 1997, 1998) fue definido un estratotipo para esta unidad. El corte descrito en el Léxico Estratigráfico (Franco Álvarez, *ibid.*) (y no en Millán y Somin 1985 a), se encuentra en el Arroyo Boquerones, entre las coordenadas Lambert. Inicial N 248.700 y E 602.350. Final N 249.450 y E 602. 450. Hoja Cumanayagua 4182 II. ICGC. (Figura 96).

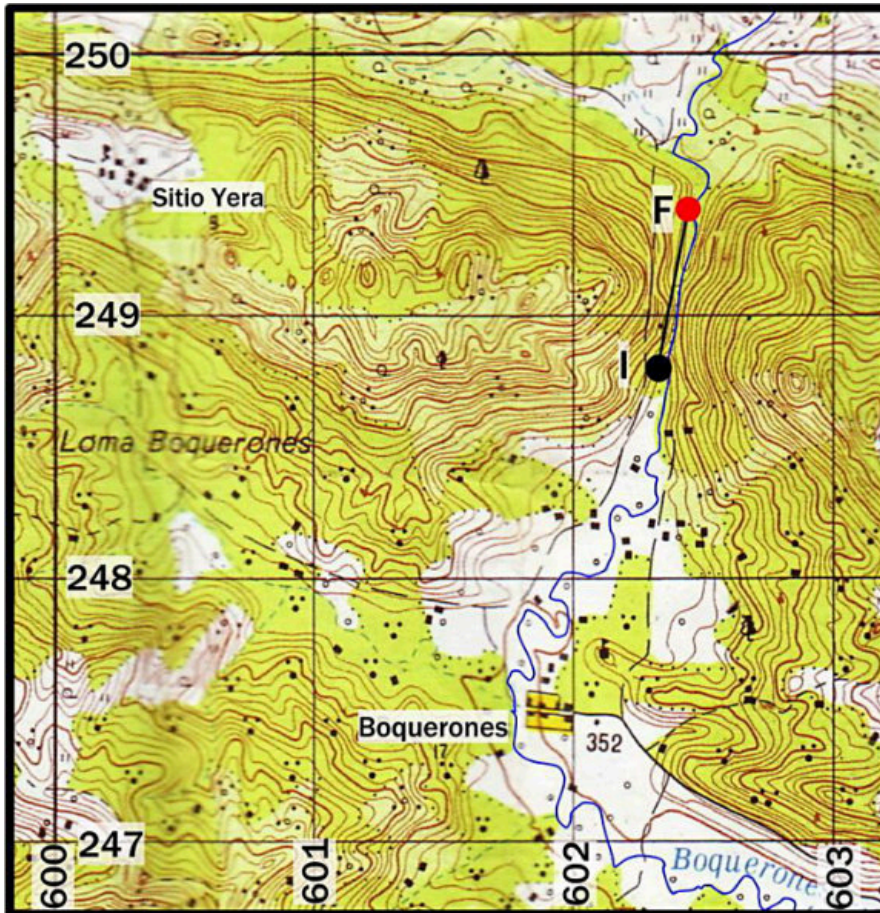


Figura.96. Localidad Tipo y Perfil Tipo del Miembro Boquerones de la Formación Cobrito. Hoja Cumanayagua 4182 II. ICGC. Hoja Boquerones 4182-II-d. 1:25,000. (Gráfica H. Álvarez-Sánchez y L. Bernal).

### Litología.

El Miembro Boquerones consiste de esquistos calcáreos, ricos en mica blanca; a veces muy grafiticos (Figura 97); mármoles foliados, negros o grises, a veces dolomíticos (Figura 98) e intercalaciones de metasilicitas y metabasitas. La estratificación es muy fina en todas las litologías y de aspecto rítmico en partes. Probablemente, como señala Millán, el protolito de esta unidad pudo formarse como un flysch calcáreo de corrientes de suspensión, aunque no se destacan claramente relictos de graduación de grano ni secuencias Bouma. Las rocas originales parecen derivarse de lutitas o margas calcáreas, calizas micríticas, chert estratificado y vulcanoclastitas básicas. Las capas de metabasitas no alcanzan la potencia y extensión de sus análogas presentes en la Formación Cobrito s. L. Las metasilicitas tampoco alcanzan la extensión y potencia observada en las unidades de Cobrito afloradas al sur de la faja septentrional ocupada por el Miembro Boquerones.

El Miembro Boquerones de la Formación Cobrito, se relaciona estratigráficamente con los metaterrígenos del Miembro La Herradura mediante relaciones de transición (Millán, 1985 b), en la región septentrional de la Cúpula de Trinidad y septentrional y oriental de la Cúpula de Sancti Spiritus. La sucesión estratigráfica se encuentra en posición normal, con los metaterrígenos La Herradura; bajo el Miembro Boquerones, de la Formación Cobrito.



Figura 97. Afloramiento del Holoestratotipo del Miembro Boquerones. Esquistos calcáreos negros finamente estratificados. (Fuente: Foto del Instituto de Geología y Paleontología).



Figura 98. Esquistos calcáreos grafiticos del Miembro Boquerones de la Formación Cobrito. (Foto de L. Bernal. 2010. Instituto de Geología y Paleontología).



### Caracteres distintivos.

Desde el punto de vista de su reconocimiento de campo, se depende de cual parte de la Formación Cobrito sirve de patrón y de la práctica del observador en geología del Escambray. En secciones parciales de escasa longitud es difícil, cuando no prácticamente imposible, distinguir estas unidades entre si a la escala de los mapas, actuales.

Esta es una razón sustancial e influyente en el nivel del conocimiento actual, para objetar la categoría de formación independiente de Boquerones y no debe aceptarse. Como fue explicado en el **Epígrafe 6.3**, para los efectos de la cartografía no es importante si Cobrito, aflora en una unidad tectónica "de orden superior", "nappe", o "zona metamórfica"; en tanto sus rasgos fundamentales y propios se mantengan reconocibles.

Es mi opinión ser Boquerones un equivalente lateral de la Formación Cobrito, con intercalaciones de metasilicitas y esquistos verdes, incluso con intercalaciones metaterrígenas en su base; exactamente igual que otras localidades típicas de Cobrito, en su relación primaria con la Formación Loma la Gloria.

### 9.1.6.3. Relaciones estratigráficas y tectónicas de la Formación Cobrito.

La Formación Cobrito es una de las claves geológicas del Escambray, capaz de esclarecer varias cuestiones de su estructura tectónica e historia: La edad de sus sedimentos primarios es conocida. Estratigráficamente es un equivalente de las formaciones de mármoles en conjunto y las sustituye en las columnas representativas. En la totalidad de las unidades donde se representa mantiene la relación constante con los sedimentos metaterrígenos de la base; de modo que funciona como una especie de horizonte guía. Es la única formación carbonatada del Escambray que alcanzó la facies eclogítica y la única de las formaciones carbonáticas en contener los Esquistos Cristalinos Algarrobo, particularidad compartida con la Formación Loma la Gloria. Al contener las evidencias de un vulcanismo regional distanciado de los mármoles, sin interrupciones importantes a los largo de su despliegue; representa una unidad paleogeografica diferenciada.

En la mayoría de las localidades los cortes de la Formación Cobrito debutan con el Miembro La Horqueta, en una transición estratigráfica con Loma La Gloria, integrando la unidad metamórfica de HP eclogítica coherente (**Lámina 5**). Excepciones son raras de observar, aunque el horizonte de transición puede quedar reducido a una potencia insignificante.

Esta relación caracteriza bien los cortes de los nappes de tipo Monforte (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992) y en general es algo bien establecido que en todo el Macizo del Escambray la Formación Cobrito s. s., ocupa las regiones próximas al perímetros de las cúpulas. Esta característica es mucho más acentuada en la periferia de la Cúpula de Trinidad. Pero en la de Sancti Spiritus, mucho menos erodada, se encuentran en posición más interna y hacia el sur, aflora formando más de un tercio de la cúpula. Un hecho, aparentemente simple, unido a la condición de no conservación en las regiones internas de la Cúpula de Trinidad de afloramientos de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito, exceptuando el klippe de Monforte y la misma conservación de este elemento; es una demostración del barrido de Cobrito y de su base de la región central de la Cúpula de Trinidad y de gran parte de sus bordes occidental y meridional. Es difícil explicarlo de otra manera, sino al aceptar su posición tectónica cimera en el corte estructural del Escambray. Por cuya causa, durante la emersión fueron eliminadas por la erosión o removidas de su posición por deslizamiento gravitacional, al menos en la cúpula occidental.

### Formación Boquerones. La cuestión de la faja septentrional.

Millán y Somin (1995 a, b) y Millán (1997) presentaron sucesivamente varios arreglos diferentes, de unas zonas o unidades tectónicas, integradas cada una de ellas por varias unidades menores de nappe. Los sucesivos intentos y variantes de estas divisiones fueron objeto de varios cambios a menudo bastante radicales (v. Álvarez-Sánchez y Bernal Rodríguez, 2008<sup>21</sup>). Millán 1997, presentó el esquema final de esta división (**Figura 99**), cual es citada a partir de esa fecha por casi el total de los trabajos sobre el Escambray (Auzende *et al.*, 2002; Blein *et al.*, 2003; Schneider *et al.*, 2004; Stanek *et al.*, 2006; García-Casco *et al.*, 2006; García-Casco *et al.*, 2008; Hattori y Guillot, 2007 y otros).

<sup>21</sup> Otras nomenclaturas fueron definidas en Millán y Somin (1985 b) y en Millán (1990). (Nota de los Autores).

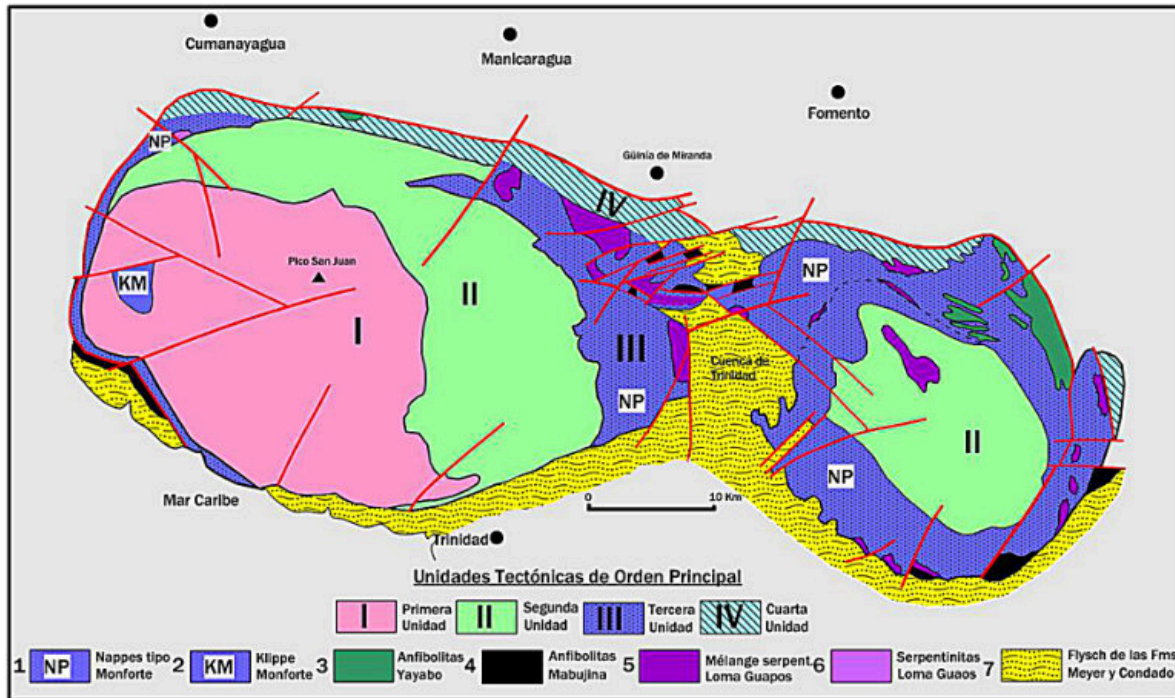


Figura. 99. Mapa de Unidades Tectónicas de Orden Principal. Unidad I: Metamorfismo de facies de los esquistos verdes. Unidad II: Metamorfismo de alta presión y bajo grado de facies glaucofana-lawsonita. Unidad III: Metamorfismo de alta presión glaucofano-eclogítico. Unidad IV: ¿Metamorfismo de alta presión? y bajo grado. Mélange ultramáfico Loma de Los Guapos, de alta presión, según el concepto de la Expedición Escambray II. Las serpentinitas Loma Guaos, representa los cuerpos en el Escambray que carecen de característica de mélange y no contienen rocas cristalinas de alta presión. Las Anfibolitas Mabujina forman restos tectónicos en los extremos S, SE, SW de las cúpulas y en el puente estructural fracturado que separa la Cuenca de Trinidad en dos subcuencas y enlaza las cúpulas. Las Anfibolitas Yayabo forman una unidad independiente de origen no aclarado. Los Nappes NP, denominados Nappes de Tipo Monforte, contienen la misma columna estratigráfica, propia del Klippe del mismo nombre del SW de la Cúpula de Trinidad. Redibujado a partir de la Figura 1 de Millán (1997).

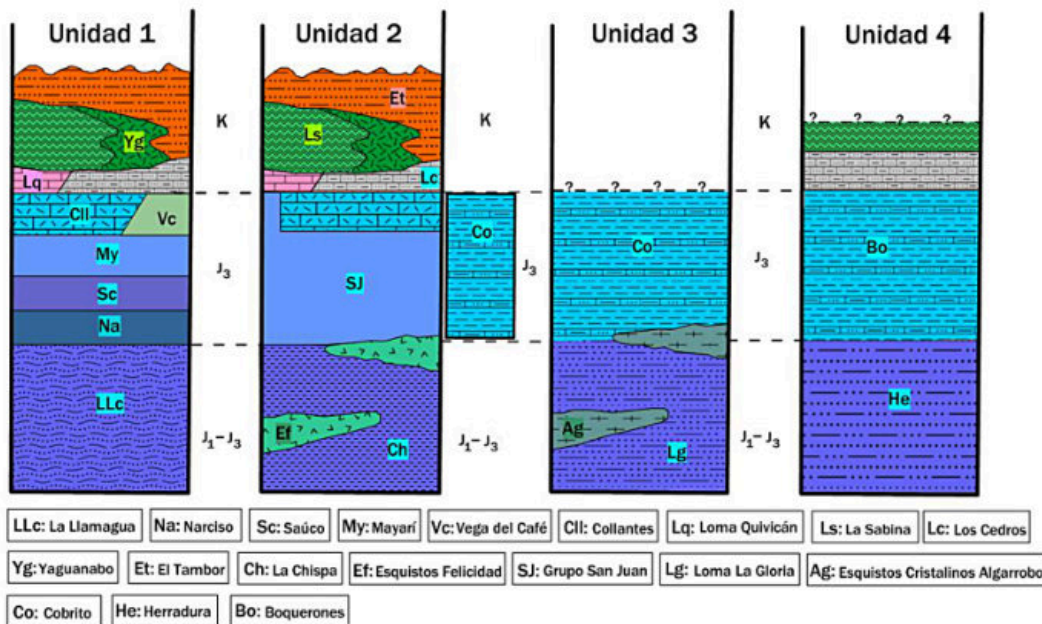


Figura. 100. Formaciones litoestratigráficas de las Unidades de Orden Principal. Unidad I: La Llamagua. Narciso. Saúco. Mayarí. Vega del Café. Los Cedros. Loma Quivicán. Yaguanabo. La Sabina. El Tambor. Unidad II: La Chispa (y Esquistos Verdes Felicidad). Grupo San Juan (¿). Collantes. Los Cedros. Loma Quivicán. Yaguanabo. La Sabina. El Tambor. Unidad III: Loma La Gloria (y Esquistos Cristalinos Algarrobo). Cobrito. Unidad IV: Herradura. Boquerones. Los Cedros. La Sabina. Redibujado a partir de la Figura 1 de Millán (1997).

La distinción propuesta por Millán y Somin (1985b) entre la Formación Cobrito y la Formación Boquerones, derivó en la distinción (Millán, 1997) de una unidad tectónica independiente, integrada por la Formación Boquerones, yacente sobre la Formación Herradura (metaterrígenos) y separada del resto de las unidades internas como un nappe, por una superficie de cabalgamiento. Millán (1997) llamó a esta estrecha faja septentrional como **Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal**. De acuerdo con Millán, 1997; la **Cuarta Unidad**, cuyo grado metamórfico se suponía de alta presión, aunque no bien caracterizado (Millán y Somin, 1985 b; Millán, 1997; pag. 278); es interpretada como la más elevada de las unidades tectónicas del Escambray.

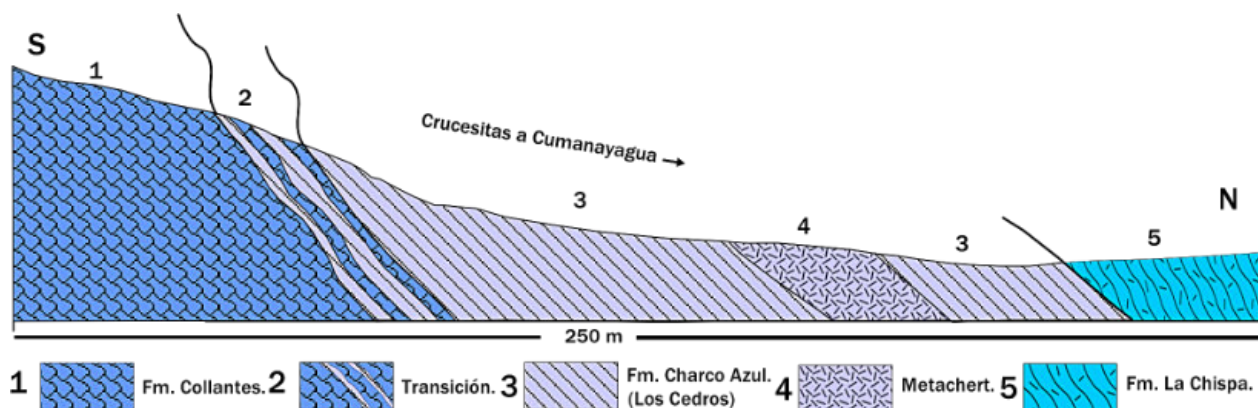
La Cuarta Unidad, cabalgaría a todas las restantes: A la **Tercera Unidad** (de alta presión y la de mayor grado metamórfico) y en parte a la **Segunda Unidad** (también de alta presión pero de bajo grado metamórfico). De acuerdo a Millán, cada una de estas unidades contiene un corte estratigráfico propio, caracterizado por cierto grado metamórfico común (**Figura 100**).

Sin embargo, existen evidencias de una realidad estructural y metamórfica en comparación con la interpretación de Millán (1997), probablemente más simple, o más complicada; según se vea.

¿Cuáles son finalmente las diferencias a considerar entre la Cuarta Unidad o la Tercera Unidad?

La Expedición Escambray II no encontró diferencias estratigráficas significativas entre el borde de la Cúpula de Trinidad y las unidades más internas asignadas a la Tercera Unidad. En ambas afloran secciones parciales de formaciones del Grupo La Sierrita. Millán y Álvarez-Sánchez (1984) describieron en las cercanías de La Carlota, hacia el Sur de la Cuarta Unidad, una sección (Formación Charco Azul<sup>22</sup>) (**Figura 101**) posteriormente nombrada como Formación Los Cedros (en Franco Álvarez *et al.*, 1992).

En el mapa geológico 1:100,000 del IGP (Hoja 4182) vastas áreas entre el río Jibacoa y la carretera Crucecitas-Cumanayagua, aparecen casi completamente cubiertas por las Formaciones Los Cedros y La Sabina y, aunque se trata de una gran exageración, al menos sirve para destacar la presencia de las formaciones del Grupo Crucecitas, igualmente en la Cuarta Unidad como en la Tercera Unidad. Si tanto en una como en la otra faja ocurren afloramientos de formaciones del Grupo La Sierrita, estratigráficamente yacentes sobre la Formación Cobrito, parece inevitable llegar a la conclusión de que la Cuarta Unidad de Orden Principal, o necesita volverse a definir o, simplemente no existe. Ya en Somin *et al.*, 1992, se explicó que las diferencias entre la "Unidad Boquerones" con la Formación Loma La Gloria se relacionaban con la falta de metabasitas y alternaciones más finas de cierto tipo de rocas; pero que "el fondo litológico básico, el grado metamórfico y la estructura son idénticas"<sup>23</sup>.



**Figura 101.** Localidad tipo de la Formación Charco Azul, rectificada a Formación Los Cedros. Corte de la carretera Crucecitas-Cumanayagua. Cercanías de la mina La Carlota (N 251.00 y E 586.65.Cumanayagua 1:50,000), dentro de la Zona de Glaucofana (Lámina 6) o Segunda Unidad de Orden Principal (de Millán, 1997). (Según un dibujo de campo de Millán y Álvarez-Sánchez, 1984).

<sup>22</sup> Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, Epígrafe III.3.3.4.3. pag. 246).

<sup>23</sup> *Fossils of Nasselaria (Albaillelaria 2) radiolarians were found by Somin and Millan in carbonate rocks analogous to those of the Caracusey lithofacies but belonging to the Boquerones unit [19]. The difference between this unit and the Loma la Gloria Formation consists only in a lack of metabasite bothes and a finer alternation of rocks of different composition; the basic lithological background, degree of metamorphism and structure are identical.* (Somin *et al.*, 1992. pag.107).

En la cuadrícula 251-252 Este y 593-594 Norte (Lambert) se encuentra el único cuerpo de las Anfibolitas Yayabo identificado con seguridad en la Cúpula de Trinidad, formando parte de la Cuarta Unidad. Sin embargo, los cuerpos principales de Yayabo, cuyos escenarios principales se encuentran al oriente de la Cúpula de Sancti Spiritus; mantienen una rigurosa relación con la **Tercera Unidad**, integrada por el par Loma La Gloria-Cobrito en lo principal y no con la **Cuarta Unidad**; según el propio Millán 1997. Nunca las Anfibolitas Yayabo se han reportado fuera de esta relación porque se consideran pertenecientes a la Tercera Unidad (Millán, *op cit.*); supuesto con el que concuerdo completamente.

Otro aspecto discutible que alimenta las dudas es el grado metamórfico de la **Cuarta Unidad**, al parecer no bien establecido por Millán. De hecho ya existían datos suficientes desde 1986, caracterizando a esta faja de metamorfismo como de alta presión, perteneciente a la Zona de Glaucofana. Como se aprecia en la Lámina 6, el grado metamórfico de la **Cuarta Unidad** se extiende hacia el sur por varios kilómetros hasta el contacto con la Zona de Lawsonita, como se presenta en la **Lámina 6**; encontrándose dentro de este ámbito un metamorfismo glaucofánico, suficientemente caracterizado en ambas fajas; ya que no se dispone de más datos que los expuestos aquí.

Según Millán (1997) en la Cuarta Unidad afloran las Formaciones Los Cedros y La Sabina y, además cuerpos de serpentinitas y metagabros y rocas cristalinas. Estas rocas cristalinas son referidas por Millán como expuestas como ventanas tectónicas de la Tercera Unidad, consistentes de esquistos de Algarrobo y esquistos glaucofánicos derivados de eclogitas, relacionados con los cuerpos de serpentinitas.

Sin embargo, cuerpos que afloran en estrechas y fuertemente presionadas lineales tectónicas; muy difícilmente pueden interpretarse como ventanas tectónicas de un subyacente y con esas características se necesitan otros recursos adicionales, más efectivos que solo una opinión de campo. En consecuencia es una interpretación que puede sustituirse por otra interpretación; aceptando que las rocas cristalinas de más alto grado metamórfico en la Cuarta Unidad (Esquistos Algarrobo; poeclogitas, esquistos glaucofánicos, metabasitas, etc.), son también afloramientos de dichas rocas equivalentes a los existentes en la Tercera Unidad; de manera que en ambas fajas se destaca el mismo grado metamórfico general; aún si la intensidad de las transformaciones metamórficas no alcanzara un nivel totalmente equivalente.

Por tanto y de acuerdo a las anteriores consideraciones la Tercera Unidad de mayor grado metamórfico se extiende por completo más hacia el oeste y mucho más al sur hasta sobrepasar en esa dirección a la línea tectónica donde afloran las serpentinitas de Loma Guaos. La frontera metamórfica podría ser, en adelante, situada a la altura del meridiano del poblado de Crucecitas. Al sur de este poblado, ya no se encuentran ni afloramientos ni clastos en las serpentinitas de rocas de alto grado metamórfico (eclogitas, zoisititas, rocas de Algarrobo); línea que sería la frontera entre la Tercera Unidad y la Segunda Unidad (**Lámina 7**), mientras la Cuarta Unidad sería eliminada.

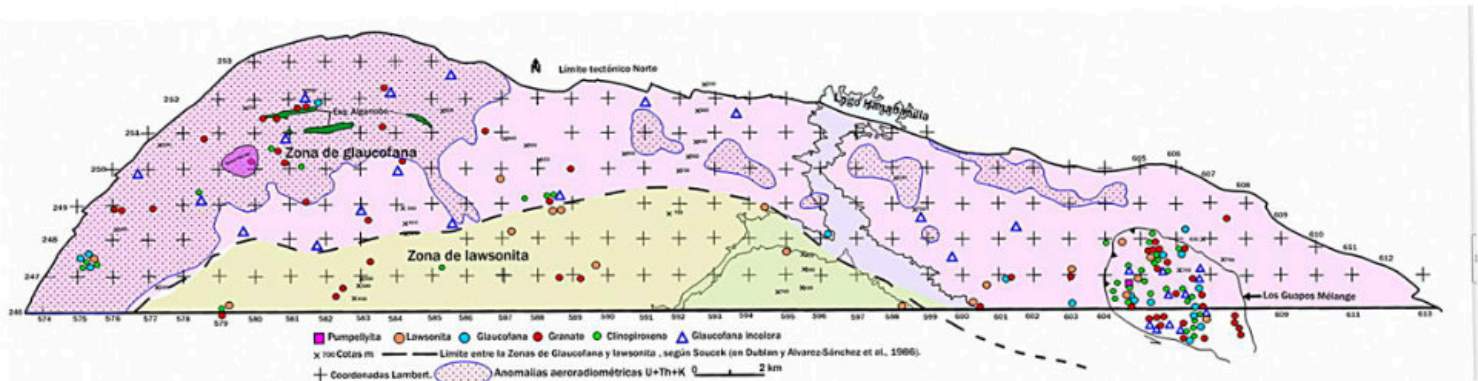
Si esta posibilidad o interpretación se sustenta por los datos, al menos en la Cúpula de Trinidad, el mapa de Millán (1997) estaría compuesto por tres unidades; haciéndose más evidente la ausencia de razones suficientes, tanto para la diferenciación de la Formación Boquerones de Cobrito, como para basar la existencia de una unidad de menor grado metamórfico suprayacente a los nappes Monforte.

La situación que Millán presenta en su columna de la Unidad 2 (Figura 100), con la Formación Cobrito colocada en posición lateral; al parecer persigue destacar el hecho reportado por Millán (1997) de secciones de la Formación Cobrito cabalgando tectónicamente a la Formación La Chispa en el interior de esta unidad a través de un contacto tectónico, sinuoso y replegado. Tal hecho es real y también observado por nosotros. Es cierto que la Formación Cobrito no se encuentra en relación estratigráfica con ninguna unidad de las secciones metaterrígenas en el interior de la Segunda Unidad. De modo que estos casos pueden interpretarse como klippe de la Unidad Monforte o parte de ella.

No obstante la situación puede ser mucho más complicada. Stanik (*et al.*, 1981), reportaron restos erosivos de la Formación Sopapo<sup>24</sup> sobre el macizo de las Lomas de San José, en su mayor parte ocupadas por el klippe Monforte. Millán y Álvarez-Sánchez (1992) exploraron la parte superior de las Lomas de San José y encontraron que, en efecto, eran correctas las observaciones de Stanik. Restos de la sucesión La Llamagua-Narciso; Saúco descansan sobre el Nappe Monforte en las Lomas de San Juan en forma de pequeños klippe que hacia el flanco este del Nappe

<sup>24</sup> La Formación Sopapo en el Informe de la Expedición Escambray I, es el equivalente de las Formaciones metaterrígenas del Escambray en su conjunto (Formaciones La Chispa y Loma La Gloria y sus miembros La Llamagua y Herradura) a su vez equivalentes en diverso grado de la Formación San Cayetano del Jurásico Inferior-medio hasta Oxfordiano; de la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental. (Nota de los Autores).

Monforte se integraban a una escama-nappe independiente de potencia creciente hacia el valle del Arroyo Narciso. Este, corte en su conjunto, presenta el más bajo grado metamórfico de toda la región.



**LÁMINA. 6.** Parte norte de la Cúpula de Trinidad. Mapa de Zonas Metamórficas de las Expediciones Escambray I y II; compilado por Soucek y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); completado con las determinaciones de microsonda de glaucofana incolora. La Zona Metamórfica de alta presión se extiende uniformemente al sur hasta por más de 5 km al oeste del Lago Hanabanilla. Al este del lago, la zona de glaucofana se encuentra hasta más de 7-8 km, contados desde el mismo borde tectónico de la cúpula. La densa agrupación contorneada en negro al este del lago Hanabanilla es el cuerpo de serpentinitas de Loma de Los Guapos. (basado en los Mapas Anexo 14 A; Anexo 15; Anexo 16; Anexo 17; Anexo 18; mapas del metamorfismo de la Expedición Escambray II y el Anexo 57 de las Anomalías aeroradiométricas) (Compilación gráfica de los Autores).

### Esquistos Cristalinos Algarrobo y la Formación Cobrito.

Las rocas de Algarrobo son exclusivas de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito (v. Epígrafe 8.1). Puesta la cuestión en términos de las Unidades de Orden principal (de Millán, 1997) nunca se encuentran rocas de Algarrobo en posición estratigráfica en la Unidad I, o en la Unidad II<sup>25</sup>, ni en la Unidad IV. Por tanto; sí son reconocidas fuera de la Unidad III (Millán, 1997) solo es como parte integral de cortes de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito en restos erosivo-tectónicos sobre las Unidades I o II. El ejemplo más conocido es el Klippe Monforte del SW de la Cúpula de Trinidad. Tal hecho es una regularidad; de modo que la relación de los esquistos Algarrobo con su ambiente litológico anfitrión tiene las siguientes características:

**a-Estratigráficamente controlados.** Se manifiestan como capas y paquetes y otras veces como cuerpos con cierta independencia a causa de su potencia; incluso como capas centimétricas; concordantes con una u otra de estas formaciones<sup>26</sup>. Dicha sucesión compuesta por las formaciones y Algarrobo aparece en una integridad tectónica y metamórfica, ocupando espacios definidos

**b-Algarrobo es mineralógicamente coherente con las rocas que lo soportan.** Son calcáreos en Cobrito y silíceos en Loma la Gloria<sup>27</sup>. Coinciden en su grado metamórfico con las rocas anfitrionas. Incluso Suchanek (1978, en Stanik *et al.*, 1981) sostuvo que la "unidad litológica Algarrobo" era parte de la Formación Sopapo (metaterrígenos de la sección inferior), a causa de que Algarrobo, cuando menos metamórfico, es semejante y transicional a los metaterrígenos.

**c-Carecen de relictos de un metamorfismo anterior y de relictos de una composición mineral, previa a su metamorfismo conjuntamente con los esquistos metaterrígenos y calcáreos (Somin *et al.*, 1992), hecho que sugiere firmemente derivarse de las secciones donde yacen.**

<sup>25</sup> Obsérvese la Formación Cobrito en posición indeterminada entre las Unidades II y III en la Figura 99. (Nota de los Autores).

<sup>26</sup> Es cierto que son esquistos cristalinos poliminerales, que solo se destacan en la unidad de mayor grado de alta presión, como cuerpos mayores independientes o como capas desde varios centímetros hasta algunos metros, intercalados dentro de Loma la Gloria (Correspondencia de Millán; 2012)

<sup>27</sup> Se ven verdaderos esquistos Algarrobo calcáreos y no calcáreos, formando cuerpos independientes. Se puede decir que los metaterrígenos Loma la Gloria pueden transicionar a los esquistos Algarrobo no calcáreos por el enriquecimiento de granate, glaucofana, onfacita y zoisita. De esto no Tenemos dudas. (Correspondencia de Millán; 2012).

d-Su origen nativo en el seno de las capas metasedimentarias que los controlan **y su correspondencia con el grado metamórfico de las mismas**, es reafirmado por el hecho de solo aparecer donde las eclogitas y glaucofanitas se mantienen en su integridad o una diafóresis moderada. Ellos no se destacan en otras formaciones donde los protolitos de dichas rocas cristalinas solo se encuentran como esquistos verdes de menor grado de presión.

Un origen por coalescencia tectónica es rechazado por todos los argumentos anteriores. Concederlo, no contradice el hecho de transposiciones estructurales a través de las cuales esquistos Algarrobo pueden encontrarse dentro de serpentinitas o viceversa. En unidades fracturadas y fuertemente comprimidas las serpentinitas, a causa de su alta plasticidad, se inyectan a través de dichas grietas y planos de estratos, dando la falsa impresión de inter-estratos compuestos de serpentinita-Algarrobo (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*). Precisar las evidencias que demuestran la posición estratigráfica de los Esquistos Algarrobo es muy importante por su dependencia respecto a la clase de relación que estos esquistos guardan con las serpentinitas.

#### 9.1.6.4. Espesor de la Formación Cobrito.

Las cifras son inseguras y variables. Antes del plegamiento debió superar los centenares de metros. En la región del SE de la Cúpula de Trinidad, en la carretera Condado-Güinía de Miranda, descontando multiplicación por plegamiento y cabalgamiento de escamas, la potencia sobrepasa 600-700 m. Quizá se deben reducir a unos 500 m, que parece una potencia razonable. Igual situación se observa en el corte de la carretera Manicaragua-Topes de Collantes-Trinidad.

En el corte profundo del arroyo Pretiles y en la carretera Manicaragua-Jibacoa se exponen no menos de 700-800 m de esquistos calcáreos y mármoles de la Formación Cobrito, que deben reducirse a cuenta del plegamiento y la duplicación por los cabalgamientos. En los cortes de la Formación Cobrito en la mina Carlota (**Figura 92**) la potencia atravesada por pozos alcanza cientos de metros (unos 400-500 m) sin que la sección fuera atravesada completamente, mucho, menos al tener en cuenta la posible sobreposición de escamas tectónicas.

La potencia de la Formación se reduce considerablemente cuando puede diferenciarse por sus miembros. El Miembro La Horqueta alcanza alrededor de los 70-80 m en la sección tipo. Al tener en cuenta el posible aumento causado por el plegamiento isoclinal muy apretado el espesor original probablemente sea menor. En otras localidades la potencia se reduce tan considerablemente, hasta destacarse por solo un delgado intervalo de alternación de calcáreos y metaterrígenos. Esta última situación se ve mucho en los cortes de la Cúpula de Sancti Spiritus, sobre todo en su parte norte; donde el contacto Loma La Gloria-Cobrito se caracteriza por intervalos de los ritmos calcáreos-terrígenos en la transición, fuertemente reducidos de potencia, a menudo por causas tectónicas. En estos casos la unidad en gran medida pierde su utilidad práctica.

El Miembro Boquerones, según Millán (1997) alcanza alrededor de 100 m de potencia en el corte del estratotipo. Las variaciones pueden ser muy importantes en otras secciones. Al norte de Pico Blanco la potencia aumenta a unos 400 m, aunque las escasas características distintivas de Boquerones prácticamente lo hacen indistinguible de cortes típicos de Cobrito.

#### 9.1.6.5. Edad de la Formación Cobrito.

Es interesante que sea la Formación Cobrito la formación del Escambray con mayor cantidad de evidencia paleontológica. La edad desde el Jurásico Superior al Cretácico Inferior se encuentra sustentada por numerosos y sucesivos hallazgos de microfauna y microflora.

El primer hallazgo de formas parecidas a radiolarios se refiere en Ducloz y Vuagnat (1962). Según Bolotin *et al.*, 1970, el pozo estructural PE-113 del yacimiento Carlota, entre las profundidades 330-380 m, cortó unas calizas cristalinas grafiticas foliadas oscuras en las cuales se observaron numerosos relictos de fragmentos de una brecha. En estos fragmentos fueron descubiertos numerosos restos de microfauna. G. Furrázola-Bermúdez (†) describió en estos fragmentos moldes de forma esférica a ovalada de bordes dentados y tamaño de 0.04 a 0.44 mm, comparables a los radiolarios mesozoicos ampliamente representados en Cuba.

Millán y Somin (1985 a) reportan el hallazgo de restos de radiolarios **Nassellaridos**<sup>28</sup> mal preservados en unos esquistos calcáreos de la Formación Cobrito, al Norte y Este de la Cúpula de Sancti Spiritus, comparables con formas

<sup>28</sup> Los Nassellaridos son típicos de condiciones de sedimentación por debajo del nivel de compensación del carbonato en facies distales de mar abierto (Nota de los Autores).

de *Nasselaria sp.*, poco significativos dado su amplio rango. Al Oeste de la Cúpula de Sancti Spiritus (Río Caracusey) Millán y Somin, (1985 b) y Somin, *et al.*, 1992, refieren el hallazgo en la Formación Cobrito de radiolarios estudiados por Furrázola-Bermúdez y A. de La Torre (en Millán y Somin, 1985 b), determinados a pesar de su mal estado como similares a *Spumellaria spp.*, y *Nasellaria* (¿?) y en la misma localidad, además de los radiolarios, Furrázola-Bermúdez (en Millán y Somin, 1985b) identificó moldes pequeños similares a *Cadosina sp* (?), y algunas formas segmentadas, comparables a *Globochaete alpina* (?); ambas del Jurásico Superior a Neocomiano.

Hacia el interior de la Cúpula de Sancti Spiritus en una zona de metamorfismo moderado al SW del poblado de Gavilanes, unas muestras de calizas dolomíticas de Cobrito contenían restos mal preservados de *Calpionellidae* o *Chitinoidea*, que indicarían una edad Jurásico Superior a Cretácico Inferior (Neocomiano), según Furrázola-Bermúdez (en Millán y Somin, 1985 b).

Al norte de la Mina Carlota, en la parte septentrional de la Cúpula de Trinidad, en los cortes de la carretera Manicaragua-Jibacoa<sup>29</sup>, caserío de La Herradura, Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez Sánchez, *et. al.*, 1986) tomó muestras de unos esquistos calcáreos muy grafiticos de la Formación Cobrito (aquí el Miembro Boquerones), que estudiados por A. Snopkova (1984) en el Instituto Dionis Stur de Bratislava, revelaron la presencia de esporas de los géneros *Stereisporites*, *Osmundacidites*, *Gleicheniidites*, *Cicatricosisporites* y *Verrucosisporites*; además de polen del género *Classopollis* y microfósiles de *akritarchy*, no determinados pero indicadores de condiciones marinas de sedimentación.

Todas las especies determinadas tienen un rango estratigráfico amplio. La extensión estratigráfica más restringida corresponde con *cf. Foveasporis irregularis* Tralau (Jurásico Medio) y *Verrucosisporites cf. eastendensis* Poccok-Stanley (Jurásico Medio-Jurásico Superior). (Tabla XVII).

El Miembro Boquerones no se diferencia de alguna forma sustancial de la Formación Cobrito y contiene iguales evidencias paleontológicas y paleobotánicas de su edad Oxfordiano a Neocomiano.

#### Tabla.XVII. Extensión estratigráfica de los palinomorfos de la Formación Cobrito.

Esporas	No	Extensión estratigráfica
<i>Osmundacidites wellmanii</i> Couper	2	Jurásico-Cretácico Inferior
<i>Gleicheniidites senonicus</i> Ross	1	Jurásico-Cretácico
<i>Verrucosisporites cf. eastendensis</i> Poccok-Stanley	1	Jurásico Medio-Superior
<i>cf. Foveasporis irregularis</i> Tralau	1	Jurásico Medio
<i>cf. Classopollis Classoides</i> Pflug	1	Jurásico-Cretácico
<i>akritarchy</i>	2	¿
Parataxon	1	¿

En el Miembro La Horqueta no se encontraron restos fósiles. A pesar de ello se puede considerar que la edad de este Miembro es Jurásico Superior a Cretácico Inferior (probablemente Oxfordiano a Neocomiano); sobre la base del hallazgo de microfauna y polen en otras secciones de la Formación Cobrito.

#### Inferencias sobre el origen del protolito de la Formación Cobrito.

Petrografía, mineralogía y química de rocas muestran a la Formación Cobrito como una facies carbonatada muy impura. Los sedimentos originales pudieron ser margas muy calcáreas, calizas micríticas, lutitas carbonatadas arenosas y calizas fragmentarias arenosas o calcareníticas; interestratificadas con facies arenosas-aleuríticas, areniscas y silicitas (chert estratificado). Gran parte de estas secciones seguramente se acumularon en un medio reductor con mucha materia orgánica sapropélica-bituminosa. Los rasgos primarios de sedimentación graduada conservada, que aun se pueden observar en algunas secciones con afloramientos frescos, pueden interpretarse como un flysch proximal depositado en aguas agitadas. Los ritmos se componen de capas alternantes de esquistos carbonáticos y lechos metaterrígenos siliciclásticos, recristalizados en una matriz carbonática, Estas características, que no son enteramente propias de la totalidad de la Formación, sugieren partes de la cuenca con aguas agitadas por flujos de material terrígeno provenientes de áreas menos profundas. Otros intervalos; al contrario, contienen capas

<sup>29</sup> Localidad 330312, poblado de La Herradura (carretera Manicaragua-Jibacoa) (Muestra 4 c/84).

rítmicas o secciones de chert con capas de mármoles que contienen relictos de calizas micríticas con radiolarios, sugerentes de fondos algo más profundos y el contenido elevado de grafito derivado de materia bituminosa, confirman las condiciones restrictivas de gran parte de la cuenca de sedimentación.

Podemos suponer, de acuerdo a estos elementos, que la mayoría de las rocas primarias de la Formación Cobrito se depositaron en una región de la cuenca del Grupo San Juan, destacada por ciertas condiciones de inestabilidad tectónica, en un fondo diferenciado por su profundidad, bajo la influencia del vulcanismo y la introducción periódica de material terrígeno por corrientes turbias que lo retransportaron de áreas emergidas.

Los protolitos del Miembro La Horqueta corresponden a la sedimentación rítmica terrígeno-calcárea con la transición hacia la facies carbonatada característica de una gran parte de las unidades de tipo Guaniguanico-Escambray; en el límite del Jurásico Medio-Jurásico Superior. Esta es una sección muy parecida al corte de los sedimentos descritos por Herrera (1961) como Formación Pan<sup>30</sup> (del Mogote Pan de Azúcar de la Sierra de Los Órganos) caracterizado por las intercalaciones de calizas negras y areniscas y lutitas de su Formación Matahambre. Según Herrera (*op cit.*), entre las calizas de la Formación Pan se encuentran capas de calizas coquinoidales compuestas por restos de ostras, fragmentos de conchas y oolitos. Es curioso que restos muy recristalizados semejantes a fósiles de moluscos irreconocibles de forma alargada, también se encuentren en las calizas recristalizadas de esta facies de transición, correspondiente a un ambiente somero, como el que parece propio de La Horqueta, caracterizado por una lenta subsidencia bajo condiciones tectónicas estables, evolutivas hacia condiciones de mayor profundidad.

Los restos de calizas coquinoidales se reportan precisamente en este nivel estratigráfico en el Escambray (Millán y Myczynski, 1978; Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986), donde ocurre el cambio de la sedimentación terrígena por la carbonatada.

### 9.1.7. Correlaciones del Grupo San Juan.

Somin y Millán (1969, 1972) reunieron los complejos metamórficos Pinos, Escambray y Sierra del Purial, bajo el concepto de un Complejo Carbonato-Terrígeno de edad Mesozoica, comparable y equivalente a la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental. Con la superación de esta primera generalización y gracias al progreso obtenido en la estratigrafía del complejo Escambray y de la Cordillera de Guaniguanico, este concepto inicial ha llegado a un considerable grado de fundamentación, sobre la base del elevado nivel de elementos comparativos; sobre todo entre los dominios de Cuba occidental y central.

#### Correlaciones de los mármoles San Juan con la Sierra de Los Órganos.

Las correlaciones de los mármoles San Juan con las formaciones de composición equivalente de la Sierra de Los Órganos se sugieren durante muchos años (Furrazola-Bermúdez *et al.*, 1964; Stanik *et al.*, 1981; Pszczółkowski, 1978; Millán y Somin, 1985, a, b; Dublan y Álvarez-Sánchez; 1986; Iturralde-Vinent, 1998; Pszczółkowski, 1999; Iturralde-Vinent, 2011). La columna estratigráfica de los mármoles del Escambray tiene sus mejores correlaciones con las formaciones del Oxfordiano hasta el Cretácico Inferior de la Sierra de los Órganos. Grupo donde se incluyen las Formaciones, Jagua (Palmer, 1945); Guasasa (Herrera, 1961) y Pons (Hatten, 1957).

La Formación Narciso, del Oxfordiano Medio (parte alta) corresponde bien con la Formación Jagua y se puede comparar, principalmente, con el Miembro Pimienta (Herrera, 1961), compuesto de micritas negras a gris oscuro, bien estratificadas en capas de 10 a 50 centímetros, con intercalaciones de lutitas calcáreas. Según Myczynski (en Pszczółkowski, 1978) la edad de esta parte de la Formación Jagua corresponde la parte superior del Oxfordiano Medio y quizá a la parte inferior del Oxfordiano Superior. Probablemente a este mismo nivel isócrono equivale igualmente la Formación Saúco, al menos en parte. La Formación Saúco admite una buena correlación con el Miembro Zacarías (Wierzbowski, en Pszczółkowski *et al.*, 1975) y con el Miembro Pimienta de la Formación Jagua. Según Franco Álvarez *et al.*, 1992, el Miembro Pimienta correlaciona con la parte baja del Miembro La Zarza (Pszczółkowski, 1976) de la Formación Artemisa (Lewis, 1932) de Guaniguanico, lo cual sugiere también una correlación factible con la Formación Saúco.

<sup>30</sup> Actual Miembro Pan de Azúcar de la Formación Jagua. Oxfordiano Medio (Franco Álvarez *et al.*, 1992).



Las Formaciones Mayarí y Collantes, compuestas de mármoles grises, hasta casi negros, intensamente fétidos, probablemente derivados de calizas micríticas de ambiente reductor y mármoles negros a gris azulado, bien estratificados en capas de 0.20 m a 1 m, muy grafiticos, ocasionalmente fétidos y de edad Tithoniano al Berriasiano; pueden ser buenos correlativos en diverso grado, de partes de la Formación Guasasa (Herrera, 1961) de edad Oxfordiano tardío al Tithoniano temprano, hasta Turoniano (Pszczółkowski, 1978).

Tales son:

-El Miembro San Vicente de Guasasa (Herrera, 1961), formado por calizas masivas o de estratos gruesos; gris azulado, gris claro y hasta negras, que a la percusión liberan un fuerte olor oleáceo o fétido, con frecuentes impregnaciones de hidrocarburos-

-El Miembro El Americano (Housa y de La Nuez, 1972) que contiene calizas micríticas bien estratificadas en capas de 20 a 30 centímetros de colores oscuro a negro con lutitas arcillosas laminadas, de edad Tithoniano temprano hasta el Tithoniano Superior (quizá a partir del Kimmeridgiano superiorísimo) (Pszczółkowski, 1978)-

-El Miembro Tumbadero (Herrera 1981; Housa y de La Nuez, 1972) compuesto por calizas micríticas laminadas negras bien estratificadas en capas de 10 a 30 centímetros con intercalaciones de calcilutitas y chert, de edad Tithoniano Superior hasta el Berriasiano (Zona de Calpionella; Pszczółkowski, 1978)-

La Formación Collantes también puede correlacionarse con la Formación Vega del Café (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992) sobre la base de la posición de Vega del Café sobre la Formación Mayarí (v. Epígrafe 9.1.5) aunque aún en ninguna de ellas se ha encontrado soporte paleontológico que complemente esta suposición.

### **Correlaciones de los mármoles San Juan con el Macizo Metamórfico Pinos.**

Otras comparaciones admisibles se pueden realizar con la secuencia de mármoles del Grupo Gerona (Millán, 1987) en el macizo Metamórfico Pinos.

El Grupo Gerona se expone en las Sinformas Nueva Gerona y San Juan. La sección, de abajo hacia arriba, se compone de las unidades Playa Bibijagua, Colombo, Sierra Chiquita, y Sierra de Caballos. Según Iturralde-Vinent (2011) con claras relaciones estratigráficas (sic).

Según Millán (1997) el Grupo Gerona sería equivalente de las unidades calcáreas del Jurásico Superior a Cretácico Inferior de la Cordillera de Guaniguanico. En efecto; los Mármoles Playa Bibijagua, en la base del Grupo y yacentes en transición sobre la Formación Agua Santa, es una secuencia de mármoles negros grafiticos con intercalaciones de metapelitas en la base, donde se hallaron restos deformados de posibles ammonites u otros cefalópodos y de foraminíferos; sobre cuya base se supuso una edad de la parte baja del Jurásico Superior como posible equivalente de la Formación Jagua de la Sierra de Los Órganos.

Los Mármoles Colombo (Millán, 1981) de colores oscuros, fétidos, localmente brechosos con intercalaciones de metapedernales. Los mármoles Sierra Chiquita con secciones de mármoles oscuros fétidos y metapedernales. Los mármoles Sierra de Caballos compuestos por sucesiones de mármoles grises azulosos bandeados y mármoles dolomíticos negros frecuentemente fétidos con intercalaciones de metapedernales y los mármoles Sierra de Casas de colores grises, rosáceos, blanquecinos y negros, comparados por Millán (1997) con alguna sección de la Formación Guasasa; todos ellos, sin duda, son similares y equivalentes a la secuencia de formaciones de la Sierra de Los Órganos y en parte a ciertas unidades de la Sierra del Rosario.

Pero, de hecho son más comparables con la secuencia de formaciones del Grupo San Juan, suposición que se enfatiza por la asociación de parte de los Mármoles Gerona con las Anfibolitas Daguilla.

Las características del corte de las Anfibolitas Daguilla (Millán, 1981) formada por anfibolitas, esquistos metaterrígenos (metaareniscas), y mármoles; es una secuencia correlacionada con las basitas de las Formaciones Arroyo Cangre (Piotrowski, en: Pszczółkowski *et al.*, 1975) y San Cayetano por Millán (1997) y podría también aceptablemente correlacionar con la Formación El Sábalo (Pszczółkowski y de Albear, 1983; Pszczółkowski, 1989; Pszczółkowski, 1994) de la Sierra del Rosario del Oxfordiano a Kimmeridgiano temprano.

Estas intrusiones y efusiones básicas que se distribuyen en los niveles estratigráficos próximos a la base de los cortes y aún interesando estos niveles calcáreos, tanto en Guaniguanico como al parecer en el Macizo Pinos; se

corresponden en el Escambray con los Esquistos Verdes Felicidad; en la proximidad de la base del Grupo San Juan y también a la presencia recurrente de metabasitas muy similares o iguales, que de forma repetitiva se intercalan dentro de secuencias del Grupo San Juan en forma de estratos y paquetes de pequeña potencia o, incluso, en secciones métricas, como ocurre, por ejemplo en la Formación Vega del Café y en la Formación Cobrito.

### **Correlaciones de la Formación Cobrito.**

La Formación Cobrito, al intentar establecerle correlaciones locales y a distancia admite comparaciones litológicas y cronológicas en diverso grado aceptables, que son necesariamente especulativas, pero pueden ser interesantes o sugerentes.

Al considerar la posibilidad de una relación primaria lateral entre la Formación Cobrito y las unidades de mármoles; vigentes en las condiciones paleogeográficas del dominio del Escambray, rotas durante los eventos tectónicos tangenciales; es posible concebir una correlación aceptable con las restantes unidades de mármoles del Grupo San Juan.

Las formaciones más afines en este caso son las Formaciones Sauco; Mayarí y Collantes. Estas unidades abarcan el intervalo entre el Oxfordiano Superior hasta el Cretácico Inferior y contienen litologías cuyos protolitos pueden representar aquellos propios de medios anóxicos de sedimentación, tales como mármoles negros fétidos y concentraciones de esquistos carbonosos convertidos en grafito casi puro (Sauco); mármoles oscuros hasta negros con elevado contenido de grafito fétidos y bituminosos con intercalaciones de metasilitas (Mayarí) y mármoles negros grafiticos (Collantes).

La equivalencia parcial de la Formación Cobrito con el Grupo San Juan fue sustentada anteriormente por Millán y Somin (1981), prácticamente rechazada en fecha posterior (1985a) e implícitamente aceptada nuevamente, (1985 b).

Con mayores dificultades se presenta la tarea de correlacionar o comparar la Formación Cobrito con posibles análogos de la Cordillera de Guaniguanico. Si el rango de edad de Cobrito es aceptable desde el Jurásico Superior (posiblemente Oxfordiano) hasta Cretácico Inferior (posiblemente Neocomiano), sería un intervalo representado en Guaniguanico por una secuencia de unidades litoestratigráficas, varias de las cuales fueron depositadas en ese intervalo temporal, y en condiciones de ambiente aproximadamente similares, con las variantes en cada caso. Sin embargo, ninguna de ellas es un equivalente ajustado a la litología de Cobrito.

Estas unidades son las siguientes:

-Miembro La Pimienta de la Formación Jagua; formado por calizas micríticas gris oscuro a negro con intercalaciones minoritarias de lutitas; de edad Oxfordiano Superior y depositada en parte, en un ambiente algo más profundo (exterior de un banco calcáreo o plataforma) que la sección inferior de la Formación Jagua (Pszczółkowski, 1999)-

-El Miembro La Zarza de la Formación Artemisa de la Sierra del Rosario; que consiste de micritas grises a negras finamente estratificadas (0.01 a 0.80 centímetros) algunas intercalaciones de lutitas, limolitas y areniscas de grano fino en la parte inferior de la unidad. En la parte superior de este Miembro aparecen calcilutitas intercaladas con calizas bioclásticas gris oscuro a negro y coquinas de restos de ammonites. El Miembro La Zarza se cubre por el Miembro Sumidero (Pszczółkowski, 1976), compuesto de biomicritas de color marrón claro, rosa y gris a negro con intercalaciones de chert de radiolarios (Pszczółkowski, 1978, 1999). La edad del Miembro La Zarza es desde Oxfordiano a Kimmeridgiano tardío (Pszczółkowski, 1999). El Miembro Sumidero, yacente sobre La Zarza, podría alcanzar el Berriasiano tardío hasta el Valanginiano temprano hasta tardío (Pszczółkowski, 1999). La parte inferior de La Zarza, probablemente fue depositado en un medio restrictivo, mientras que su sección superior calcárea al parecer pertenece a un medio de la parte exterior de la zona nerítica; mientras el Miembro Sumidero suprayacente pertenece a los depósitos pelágicos depositados en la zona batial por debajo de la profundidad de compensación del aragonito (Pszczółkowski, 1999)-

-La Formación Polier, que yace sobre la Formación Artemisa y consiste de calizas pelágicas grises a gris muy oscuro muy bien estratificadas y laminadas ricas en radiolarios, e intercalaciones de turbiditas arenosas y lutitas. La Formación Polier corresponde a un ambiente de sedimentación de aguas profundas por encima del nivel de la calcita, donde se acumulaban esporádicamente turbiditas silíceas (Pszczółkowski, 1982, 1999) las características litológicas generales de la unidad sugieren un ambiente restrictivo (anóxico) para esta unidad. Según Pszczółkowski (1978; 1999) la asociación de Calpionellidos indica una edad Berriasiano para Polier. Pszczółkowski y Myczynski 2003) consideran también la parte superior de la Formación Polier extendida hasta el Aptiano-Albiano.

### **Advertencia.**

The second volume of the work Litoestratigrafía del Macizo Metamórfico Escambray, located in central Cuba, is presented. This volume contains a detailed and formal description of the composition of the middle part of the stratigraphic column of the metamorphic massif that contains the San Juan Group. Made up of several mainly carbonate formations, it covers the range from Oxfordian to Lower Cretaceous. The authors wish to emphasize that like the first volume, the present second volume synthesizes a knowledge accumulated during decades of cartography and thematic studies carried out in this complex region by two expeditions from Cuba-Czechoslovakia and the parallel investigations of Cuban institutes. A large part of the main results have never been published, a reason that to a great extent stimulates the effort of the authors. We hope that this work will be useful for consultation by researchers, university institutions, earth science research institutes and advanced students.

Der zweite Band der Arbeit Litoestratigrafía del Macizo Metamórfico Escambray aus dem zentralen Kuba wird vorgestellt. Dieser Band enthält eine detaillierte und formale Beschreibung der Zusammensetzung des mittleren Teils der stratigraphischen Säule des metamorphen Massivs, das die San Juan Gruppe enthält. Sie besteht aus mehreren, hauptsächlich karbonatischen Formationen und deckt den Bereich von der Oxfordischen bis zur Unterkreide ab. Die Autoren möchten betonen, dass der vorliegende zweite Band wie der erste Band ein Wissen zusammenfasst, das in jahrzehntelanger Kartographie und thematischen Studien in dieser komplexen Region durch zwei Expeditionen aus Kuba und der Tschechoslowakei und die parallelen Untersuchungen kubanischer Institute gesammelt wurde. Ein großer Teil der Hauptergebnisse wurde nie veröffentlicht, was den Aufwand der Autoren stark anregt. Wir hoffen, dass diese Arbeit für die Konsultation von Forschern, Universitätseinrichtungen, geowissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und fortgeschrittenen Studenten von Nutzen sein wird.

Представлен второй том труда "Литоэстратиграфия мачисо-дель-Метаморфико Эскамбрей", расположенный в центральной части Кубы. Данный том содержит подробное и формальное описание состава средней части стратиграфического столба метаморфического массива, содержащего группу Сан-Хуана. Состоит из нескольких преимущественно карбонатных формаций и охватывает диапазон от Оксфордского до Нижнемелового. Авторы хотели бы подчеркнуть, что в настоящем втором томе, как и в первом, обобщаются знания, накопленные за десятилетия картографии и тематических исследований, проведенных в этом сложном регионе двумя экспедициями из Кубы и Чехословакии и параллельными исследованиями кубинских институтов. Значительная часть основных результатов так и не была опубликована, что в значительной степени стимулирует усилия авторов. Мы надеемся, что эта работа будет полезна для консультаций исследователей, университетских учреждений, научно-исследовательских институтов в области наук о Земле и студентов высших учебных заведений.

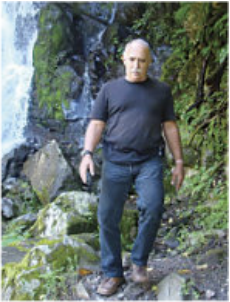
### **Referencias.**

- Álvarez-Sánchez, H. F. y Zamashicov, V, 1981, Sobre la búsqueda orientativa y detallada de talco en el sector de La Sabina. Cúpula occidental del macizo metamórfico de Guamuahaya. 65 pags. Empresa de Geología de Santa Clara (inédito).
- Álvarez-Sánchez, H. F. y Bernal, L. R., 2008, Dilemas en la litoestratigrafía y el metamorfismo en la tectónica de mantos del Macizo Metamórfico Escambray. En Academia edu. 35 pags. 17 figs.
- Auzende, A.L., Devouard, B., Guillot, S., Daniel, I., Baronnet, A., Lardeaux J.M., 2002, Serpentinites from central Cuba; petrology and HRTEM study. European Journal of Mineralogy, 14, 905-914.
- Blein, O., Guillot, S., Lapiere, H., Mercier-de-Lepinay, B., Lardeaux, J.M., Millán, G., Campos, M., García, A., 2003, Geochemistry of the Mabujina Complex, central Cuba; implications on the Cuban Cretaceous arc rocks. Journal of Geology, 111, 89-101.
- Bolotin Y., Yidkov, A. Y., Maximov, A. A., Sosa, R., 1970, Yacimiento de minerales sulfurosos de la seriemetamórfica Escambray en la parte noroeste del macizo montañoso del mismo nombre. Revista Tecnológica. Vol.8 No.2. 35-48 p.
- Chidester, A. H., 1961, Petrology and geochemistry of selected talc-bearing ultramafic rocks and adjacent country rocks in north-central Vermont. United States Geological Survey professional paper 345.

- Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 2010, Código Estratigráfico Norteamericano. Universidad Nacional Autónoma de México. Boletín 117.
- Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H (editors): Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H, Mlcoch, B.; Mañour, Lledíaz, J, P., Molak, B., Vázquez, C.; Snopkova, P.; De los Santos, E., Soucek, J.; Pérez, M.; Mihailova, A.; Bernal, I.; Zoubek, J.; Ordoñez, M.; Soucek, J.; Morousek, J.; Svetska, J.; Marshall, W.; Pérez-Conde, R.; González, E.; Rodríguez, R., 1986, Informe Final del levantamiento geológico y evaluación de los minerales útiles en escala 1:50,000 del Polígono CAME-I, Zona Centro. Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 1,402 Págs. 250 mapas. (Inédito).
- Ducloz, Ch et Vuagnat, M., 1962, À propos de l'âge des serpentinites de Cuba. Archives des Sciences. Soc. Phys. et d' Histoire Naturelle. Génève Vol. 15, Fasc. 2. 309-332.
- Franco-Álvarez, G. L., Acevedo-González, M., Álvarez-Sánchez, H., Artime-Peñeñori, C., Barrientos-Duarte, A., Blanco-Bustamante, S., Cabrera, M., Cabrera, R., Carassou-Agragan, G., Cobiella-Reguera, J. L., Coutin-Lambert, R., Albear, J.F. de, de Huelbes, J., Torre y Callejas, A. de la, Delgado-Damas, R., Díaz de Villalvilla, L., Díaz-Otero, C., Dilla-Alfonso, M., Echevarría-Hernández, B., Fernández-Carmona, J., Fernández-Rodríguez, G., Flores, R., Flores-Abín, E., Fonseca, E., Furrázola-Bermúdez, G., García-Delgado, D., Gil-González, S., González-García, R. A., Gutiérrez-Domech, R., Linares-Cala, E., Milián-García, E., Millán-Trujillo, G., Moncada-Ferrera, M., Montero-Zamora, L., Orbera, L., Ortega-Sastriques, F., Peñalver, L.L., Perera, C., Pérez-Arias, J. R., Pérez-Lazo, J., Pérez-Rodríguez, E., Pifheiro-Pérez, E., Recio-Herrera, A. M., Sánchez-Arango, J. R., Saunders-Pérez, E., Segura-Soto, R., Triff-Oquendo, J., Zuazo-Alonso, A., Pszczółkowski, A., Brezsnýánszky, K., Slavov, I., y Myczyński, R., 1992, Léxico Estratigráfico de Cuba. Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 p. (Primera versión). (Inédito).
- Festa, A., Pini, G. A., Dilek, Y., Codegone, G., 2010, Mélanges and mélange-forming processes: a historical overview and new concepts. International Geology Review. Vol. 52, Nos. 10–12, pp 1040–1105.
- Festa, A., Dilek, Y., Pini, G. A., Codegone, G., Ogata, K., 2012, Mechanisms and processes of stratal disruption and mixing in the development of mélanges and broken formations: Redefining and classifying mélanges. Tectonophysics (2012), doi:10.1016/j.tecto.2012.05.021.
- Furrázola-Bermúdez, G., Khudoley, K., Mikhailoskaya, M., Miroljubov, Y., Novokhatsky, Y., Nuñez-Jimenez, A., Solsona, J., 1964, Geología de Cuba. Editorial Universitaria. La Habana. 239 pags.
- García-Casco, A., Torres-Roldan, R. L., Iturralde-Vinent, M. A., Millan, G., Nuñez Cambra, K., Lazaro, C., and Rodriguez Vega, A., 2006, High pressure metamorphism of ophiolites in Cuba. Geologica Acta, Vol.4, Nº1-2, 2006, 63-88.
- García-Casco, A., Iturralde-Vinent, M. A., and Pindell, J., 2008, Latest Cretaceous collision/accretion between the Caribbean Plate and Caribean: Origin of metamorphic terranes in the Greater Antilles. International Geology Review, Vol. 50, 2008, p. 781–809. DOI: 10.2747/0020-6814.50.9.781.
- Gorielov, V. E., Gorielova, V. G., Starova, M. M., 1964, Informe sobre el yacimiento Carlota. Oficina del Fondo Geol. La Habana (inédito).
- Hatten, Ch. W., 1957, Geology of Central part Sierra de los Órganos. Pinar del Rio Province Cuba. 48 pags. 19 figs. Fondo Geológico Nacional. La Habana. Cuba.
- Hatten, Ch., W.; Schooler, O. E.; Giedt, N. R. and Meyerhoff, A. A., 1958, Geology of central Cuba, Eastern Las Villas and Western Camaguey provinces, Cuba. Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).
- Hattori, K. and Guillot, S. , 2007, Geochemical character of serpentinites associated with high- to ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Alps, Cuba, and the Himalayas: Recycling of elements in subduction zones. Geophysics, Geosystems. Volume 8, Number 9. Q09010, doi:10.1029/2007GC001594. ISSN: 1525-2027.
- Herrera N. M., 1961, Contribución a la estratigrafía de la Provincia de Pinar del Río. Rev. Soc. Cubana de Ingenieros. Vol. LXI. No. 1,2. pags. 2-24.
- Hill, Patrick. A., 1959, Geology and structure of the north-west Trinidad Mountains, Las Villas Province, Cuba. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 70, p. 1459-1478. Baltimore.
- Housa, V. y De La Nuez, M. L., 1972, Hallazgo de ammonites del kimmeridgiano en Hacienda El Americano (Pinar del Río). Actas. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Geología.
- Huelbes Alonso de, J. y Bernal Rodríguez, L., (editores), 2014, Código Cubano de Estratigrafía. Primera versión. Inst. de Geol. y Paleot. Servicio Geológico de Cuba. Min. Energ. y Minas.
- Iturralde-Vinent, M. A., 1998, Sinopsis de la Constitución Geológica de Cuba. Acta Geologica Hispanica, v. 33 (1998), nº 1-4,p. 9-56.
- Iturralde-Vinent, M. A., (Editor), 2011, Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Primera Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba.
- Iturralde-Vinent, M. A. (Editor), 2012, Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Segunda Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba.
- Khudoley, K. M. and Meyerhoff, A. A., 1971, Paleogeography and geological history of Greater Antilles. Geol. Soc. Am. Mem. 129, 1-199.

- Koistinen, T. J., 1981, Structural evolution of an early Proterozoic strata-bound Cu-Co-Zn deposit Outokumpu, Finland. *Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh: Earth Sciences*, 72, 115-158.
- Lewis, J. W., 1932, Geology of Cuba (with discussion by R. J. Metcalf). *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 16:533-555.
- MacDonald, G. C., 1977, A re-evaluation of the serpentinites and serpentinized rocks of the Northwest Trinidad Mountains, Las Villas province, Cuba. Carleton University. Thesis. Ottawa.
- Maximov. A., Grachev, G., Sosa, R., 1968, Geología y minerales útiles de las pendientes nor-occidentales del sistema montañoso Escambray.(inédito). Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 188 pags. 16 Anexos.
- Millán, G., 1973, Los dos complejos litológicos existentes en las metamorfitas del Escambray. Provincia de Las Villas. *Acad. Cienc. de Cuba. Bol. Actas No. 3*, pp 39-42.
- Millán, G.; Somin, M. L., 1976, Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas. Serie geológica N° 27. pag. 1-21. *Acad. de Cienc. de Cuba. La Habana.*
- Millán, G., 1978, Tectónica y metamorfismo de las secuencias mesozoicas de las montañas del Escambray, Cuba. C. Sc. Tesis, Inst., Física de la Tierra. AN. SSSR. Moscú.134 pp (en ruso).
- Millán, G. y Myczynski, R., 1980. Fauna jurásica y consideraciones sobre la edad de las secuencias metamórficas del Escambray. *Acad., de Ciencias de Cuba. Informe Científico Técnico*, 80. Págs. 1-14.
- Millán, G., y Somin, M. L., 1981a, Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray. Editorial Academia. La Habana. 104 páginas.
- Millán, G., 1981b, Geología del macizo metamórfico Isla de la Juventud. *Ciencias de la tierra y el Espacio*. V.3, pags. 3-22.
- Millán, G. y Somin, M. L., 1985 a, Contribución al conocimiento geológico de las metamorfitas del Escambray y del Purial. *Reporte de Investigación N° 2. IGP. Academia de Ciencias de Cuba*. 74 Pág.
- Millán, G. y Somin, M. L., 1985 b, Condiciones geológicas de la constitución de la capa granito-metamórfica de la corteza terrestre de Cuba. *Pub. Esp. Inst. de Geol. y Paleont. La Habana*. 83 p.
- Millán Trujillo, G., 1990, Evolución de la estructura del Macizo Metamórfico Escambray, Sur de Cuba central. En D. K. Larue y G. Draper (eds.): *Transactions of the 12th Caribbean Geological Conference*. St. Croix, U.S. Virgin Island. , Miami Geol. Soc., pp. 82- 94.
- Millán G. y Álvarez Sánchez, H., 1992, Geología del sector de La Sierrita. Macizo Metamórfico Escambray. IGP La Habana y Empresa de Geología de Santa Clara. Cuba (Informe inédito).
- Millán, G., 1997, Geología del Macizo Metamórfico Escambray. En G. Furrázola-Bermúdez y K. E. Nuñez Cambra (edits.): *Estudios sobre geología de Cuba*. Inst. de Geol. y Paleont. Centro Nacional de Información Geológica . La Habana. Pags. 271-289.
- Millán-Trujillo, G., 1998, Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas. En: Furrázola-Bermúdez, G., y Nuñez-Cambra, K., (Editores) *Estudios sobre Geología de Cuba*. Insti. de Geol. y Paleont., Centro Nacional de la Información Geológica.
- Palmer, R. H., 1945, Outline of the geology of Cuba. *The Journ. of Geology*. Vol. 53. No. 1, pp. 1-34.
- Peltola, E., 1978, Origin of Precambrian Copper Sulfides of the Outokumpu Distric, Finland. *Econ. Geol.* Vol. 73, no. 4. June-July 1978.
- Pszczółkowski, A.; Piotrowska, K.; Mycznski, R.; Piotrowski, J.; Skupinski, A.; Grodzicki, J.; Danilewski, D. y Haczewski, G., 1975, Texto explicativo al mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar del Río. Brigada Cubano- Polaca, Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).
- Pszczółkowski, A., 1976, Stratigraphic- facies sequences of the Sierra del Rosario (Cuba). *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Terre, Varsovie*, 24(3-4):193-203.
- Pszczółkowski, A., 1978, Geosynclinal Sequences of the Cordillera de Guaniguanico in Western Cuba. Their lithostratigraphy facies development and paleogeography. *Acta Geologica Polonica*. Vol. 28. N° 1. 96 pags. 32 figs. 6 pls.).
- Pszczółkowski, A., 1981, El banco carbonatado jurásico de la Sierra de Los Órganos, Provincia de Pinar del Río; su desarrollo y situación paleotectónica. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. No. 3. P.37-50.
- Pszczółkowski, A. y de Albear, J. F., 1983, La secuencia vulcanógeno-sedimentaria de la Sierra del Rosario, provincia de Pinar del Río. *Ciencias de la Tierra y del Espacio*. No. 6, Pág. 41-52.
- Pszczółkowski, A., 1989, La edad y posición de la secuencia vulcanógeno-sedimentaria (Formación Sábalo), en la estructura geológica de la Sierra del Rosario (Cuba occidental). En: *Resúmenes y programa, Geología/Geology '89, Primer Congreso Cubano de Geología*, La Habana, p. 66.
- Pszczółkowski, A., 1994, Lithostratigraphy of Mesozoic and Palaeogene rocks of Sierra del Rosario, western Cuba. *Studia Geologica Polonica*, v 105, pp 39-66, in A. Pszczółkowski (edit) *Geology of Western Cuba*.
- Pszczółkowski, A., 1999, The exposed passive margin of North America in western Cuba. En P. Mann (Ed.) *Caribbean Basins*, (Series ed. K. J. Hsü) *Sedimentary basins of the World 4*. Elsevier Science B.V. Amsterdan. The Netherlands, pp. 93-121.
- Pszczółkowski, A. and Myczyński, R., 2003, Stratigraphic Constraints on the Late Jurassic-Cretaceous Paleotectonic Interpretations of the Placetas Belt in Cuba. In C. Bartolini, R.T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico an the Caribbean Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*, p. 101-104.

- Rigassi-Studer, D., 1961, Quelques vues nouvelles sur la géologie cubaine. Extrait de la Revue Chronique des Mines et de la Recherche Minière. No.302, page 3-7.
- Schneider, J., Bosch, D., Monie, P., Guillot, S., García-Casco, A., Lardeaux, J. M., Torres-Roldan, R. L. and Millan Trujillo, G., 2004, Origin and evolution of the Escambray Massif (Central Cuba): an example of HP/LT rocks exhumed during intraoceanic subduction. *J. metamorphic Geol.*, 2004, 22, 227–247.
- Snopkova, P., 1984, Informe de las investigaciones palinológicas realizadas en muestras de localidades cubanas. Manuscrito. Archivo Geológico de la Expedición Cuba-Checoslovaquia Escambray II. Cuba central.
- Somin, M. L. y Millán, G., 1969. Principales cuestiones de la geología de los complejos metamórficos de Cuba. Bull. MOIP. No. 4. Moscú (en ruso).
- Somin, M. L. y Millán, G., 1972, Los complejos metamórficos de Pinos, Escambray y oriente de Cuba y sus edades. *Izvestia. Akad. Nauk. SSSR. Serie Gel.* No. 5. pp. 48-57. Moscú. (en ruso).
- Somin, M. L. y Millán, G., 1981, Geología de los complejos metamórficos de Cuba. Edit. Nauka. Moscú. 219 pp. (en ruso).
- Somin, M. L., Arakelians, M. M., Kolesnikov, E. M., 1992, Age and tectonic significance of high-pressure metamorphic rocks of Cuba. *International Geology Review*, 34, No. 2, pp. 105-118.
- Stanek, K. P., Maresch, W. V., Grafe, F., Grevel, Ch., Baumann, A., 2006, Structure, tectonics and metamorphic development of the Sancti Spiritus dome (Eastern Escambray Massif, Central Cuba). *Geologica Acta*. Vol. 4. Nos. 1-2. pp. 151-170.
- Stanik, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Schovanik, P., Valecka, J., Koverdysnsky, B., Mlcoch, B., Zoubek, J., Vazquez, C., Mañour, J., Vyjidak, B., Holak, J., Prochazka, J., Eisenreich, M., 1981, Informe del levantamiento geológico, geoquímico y trabajos geofísicos, realizados en la parte Sur de Cuba Central, en las Provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus y Villa Clara. Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. 555 pags. (Inédito).
- Thiadens, A. A., 1937, Geology of the southern part of the province Santa Clara (Las Villas) Cuba. *Geog. Geol. Mededeelingen, Phys. Geol. Reeks*, Nº 12, Min. geol. Inst. Rijksuniv; pp.1-69. Utrecht.
- Treloar, P. J., Koistinen, T. J., and D. R. Bowes, 1981, Metamorphic development of cordierite-amphibole Rocks and mica schist in the vicinity of the Outokumpu ore deposit, Finland. *Transactions of the Royal Soc. of Edimburgh: Earth Sciences*, 72, 201-215.
- Tolkunov, A. E., Bolotin, I. A., Cabrera, R., Maximov, A. A., Zarianov, D. P., 1974, Regularidades de la distribución y condiciones de formación de los yacimientos tipo “Lentes piritosas” en el anticlinorio de Trinidad. En: *Geología de los yacimientos minerales útiles de Cuba*. Publicación Especial Número 3, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- Wierzbowski, A., 1976, Oxfordian ammonites of the Pinar del Río province (western Cuba); their revision and stratigraphical significance. *Acta Geol. Polonica*. V. 26, No. 2. Warszawa.



**Ing. Humberto Álvarez.** Más de 5 décadas dedicadas al estudio de la geología de Cuba occidental y central. Editor cubano de la Expedición checoeslovaca Escambray II realizó cartografías de los macizos metamórficos Escambray, Complejo Anfibolítico de Mabujina y ofiolitas de Cuba central. Es autor-coautor de 23 formaciones y litodemas del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro extranjero de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. Descubrió el mayor depósito cubano de fosforitas marinas y nuevos prospectos de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá. Country Manager de Big Pony Gold de Utah, exploró el potencial de oro del greenstone belt de Uruguay. Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró regiones auríferas en rocas del Paleozoico y Phanerozoico en los Estados de Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del Norte. Ha dirigido exploraciones para Juniors

canadienses en Panamá, Andes de Perú, Honduras y otros países. Nombrado por el Ministro de Comercio e Industrias Miembro de la Comisión “Ad Honorem” del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue su redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo del Proyecto de Geología y Minería y Miembro de su Misión Especial para entrega del proyecto al Gobierno panameño. Consultor del BID para la descentralización de la Autoridad Nacional del Ambiente. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del Servicio Geológico de Inglaterra en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia.edu, se encuentran 22 artículos suyos de diferente volumen.

[geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)



**Luis Ramón Bernal Rodríguez** es Ingeniero con más de 35 años dedicados a la actividad geológica, fundamentalmente en el campo de la geología regional, en la especialidad de cartografía geológica en la región central de Cuba. Ha sido autor de varios informes de levantamientos y jefe de proyecto. Participó en la generalización 100 000 del mapa geológico de Cuba. Ha dedicado varios años al estudio de sitios de interés geológico en todo el país, fundamentalmente enfocado en el inventario de los estratotipos de las unidades

geológicas descritas. Autor de la Instrucción Metodológica para el Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 50 000. La Habana. Instituto de Geología y Paleontología – Servicio Geológico de Cuba (IGP – SGC). Autor del Código cubano de estratigrafía y miembro de la comisión ad hoc para la revisión de la traducción al español del Código Estratigráfico Norteamericano. Actualmente lidera el proyecto Actualización y completamiento del Léxico estratigráfico de Cuba. Es secretario de la Comisión Nacional del léxico Estratigráfico de Cuba.

# **TOXICOLOGIA AMBIENTAL**

## **AGUA... VIDA Y MUERTE**



**José Luis Lee Moreno Ph. D**



## CONTENIDO

- **Introducción**
- **I. La Contaminación de Ríos y Acuíferos en México**
- **II. La Geoquímica Ambiental**
- **III. La Movilidad de los Elementos Tóxicos**
- **IV. Interpretación geoquímica Básica**
- **V. Identificación de Zonas Contaminadas**

## INTRODUCCIÓN

Durante toda la historia de la humanidad, el hombre ha hecho uso de ríos, riachuelos y lagos para su abasto de agua, pero también como sitios de “fácil” desecho de residuos.

En México, **sólo una parte de las aguas residuales agropecuarias, domésticas e industriales es tratada**. Lo que hace que las aguas residuales que se descargan, presenten algún grado de contaminación al medio ambiente, lo cual ocasiona enfermedades crónicas en varios niveles y a menudo la muerte de humanos, animales y vegetales.





# **I. LA CONTAMINACIÓN DE RÍOS Y ACUÍFEROS EN MÉXICO**

## POSTULADO DE HIPÓCRATES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

- Hipócrates observó en su *“Tratado sobre Aires, Aguas y Lugares”* , que, *“el agua que viene de suelos que producen aguas termales, que tienen hierro, cobre, plata, oro, azufre, alumbre, betún o nitro,” esa agua es “mala para todo propósito.”*

*“Quien desee investigar la medicina adecuadamente, debería proceder así....*

*Debemos considerar las cualidades de las aguas, Ya que difieren en gusto y peso, así como también difieren*

*mucho en su calidad.” (Hipócrates, 460-377 AC)*

## CONTAMINACIÓN DE RÍOS Y ACUIFEROS EN MÉXICO

En los ríos mexicanos se puede encontrar **mercurio, plomo, cadmio, níquel, cromo, arsénico, cianuro o tolueno, y otras sustancias químicas tóxicas**, además de innumerables tóxicos orgánicos.

El 70 por ciento de los recursos de agua dulce en México están afectados por la contaminación y el 31 por ciento se describe como extremadamente contaminado. (CONAGUA).

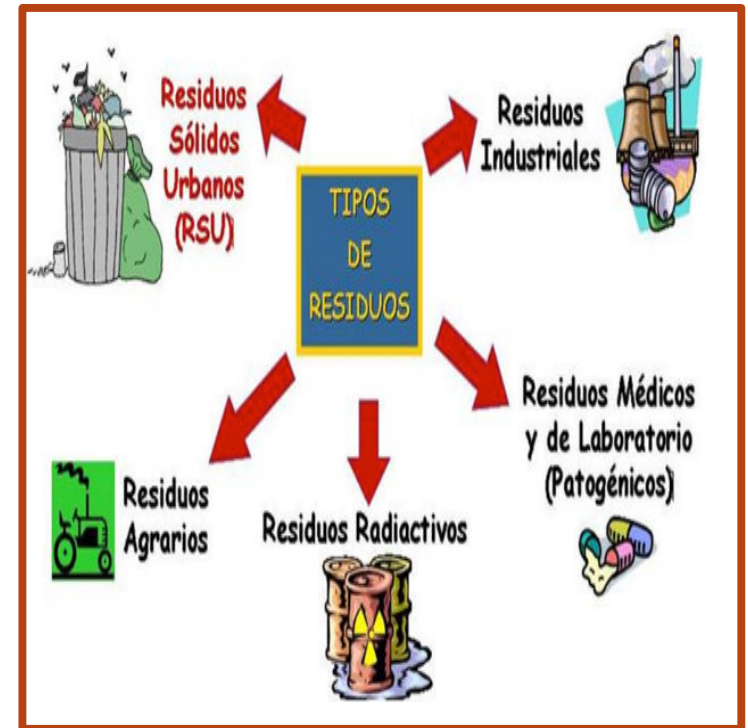
En el país, más de 13 mil millones de metros cúbicos de aguas residuales se vierten anualmente sobre los cuerpos de agua dulce. Una parte de estas se infiltran y contaminan acuíferos.



Principales ríos de México. Todos presentan diversos grados de contaminación, industrial, agrícola y urbana, que acarrear hasta sus desembocaduras en el mar

## PRINCIPALES FUENTES Y AGENTES CONTAMINANTES

- ✍ **Basura.** Productos) arrojados a los cauces de los ríos o lagos, como son latas, plásticos, envoltorios y un largo etc.
- ✍ **Desechos que llegan con aguas residuales,** a ríos, lagos y mares. El agua residual es el principal vehículo de los contaminantes. **-En solución o en suspensión-**
- ✍ **Productos químicos.**
- ✍ **Residuos hospitalarios**
- ✍ **Desechos y vertidos industriales.**
- ✍ **Vertidos de petróleo.**
- ✍ **Pesticidas y fertilizantes en agricultura.** Usados con el fin de maximizar las cosechas y evitar los daños de insectos y otros animales.
- ✍ **Contaminantes emergentes**



## CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LAGOS Y RÍOS (1)

- **Alteración del ecosistema.**
- **Pérdida de biodiversidad**
- **Eutrofización.**

La eutrofización es el proceso de contaminación más importante de las aguas en lagos, ríos, embalses, etc. Este proceso está provocado por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, lo que hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia. Se genera una capa que impide el paso de luz y oxígeno, provocando grandes problemas en la biodiversidad acuática.



## CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LAGOS Y RÍOS (2)



**Enfermedades**, tanto en animales y plantas como en seres humanos.

- Por la ingesta directa de agua, y
- Por la ingesta indirecta de alimentos que han absorbido el agua para su desarrollo.
- Mortandad elevada en países donde no hay medios de depuración de las aguas.



## EFECTOS EN LA SALUD DE ALGUNOS METALES PESADOS

- **Arsénico.** Bronquitis; cáncer de esófago, laringe, pulmón y vejiga; hepatotoxicidad; enfermedades vasculares
- **Berilio:** Irritación de las membranas mucosas y de la piel; cáncer de pulmón
- **Cadmio.** Bronquitis, enfisema; nefrotoxicidad; infertilidad; cáncer de próstata; alteraciones neurológicas; hipertensión; enfermedades vasculares
- **Cromo.** Nefrotoxicidad; hepatotoxicidad; cáncer de pulmón
- **Mercurio.** Alteraciones neurológicas; afecciones del sistema respiratorio
- **Plomo.** Alteraciones neurológicas (disminución del coeficiente intelectual infantil); nefrotoxicidad; anemia; cáncer de riñón
- **Fluor.** Jaspeado dental.
- **Cobre.** Dolor de cabeza, estómago, mareos, vómitos y diarreas. Puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte.
- **Fierro.** Enfermedad hepática, problemas cardíacos y diabetes.
- **Magnesio.** Hipermagnesemia. Aumento de la destrucción celular. Insuficiencia renal. Agresividad. **(Conejos)**
- **Selenio.** Deficiencia. Infertilidad en hombres, artritis, Exceso: Neumonía, asma.

## ALGUNAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AGUA CONTAMINADA CON MICROORGANISMOS.

- ✎ **Diarrea**
- ✎ **Esquistosomiasis (lombriz parasitaria),**
- ✎ **Helmintiasis (gusanos en intestino, hígado)**
- ✎ **Paludismo**
- ✎ **Dengue,**
- ✎ **Chicunguña**
- ✎ **Legionelosis (tipo de neumonía)**
- ✎ **Cólera,**
- ✎ **Fiebre tifoidea,**
- ✎ **Disentería,**
- ✎ **Poliomielitis,**
- ✎ **Meningitis,**
- ✎ **Hepatitis,**





## **II. LA GEOQUÍMICA AMBIENTAL**

## LA GEOQUÍMICA AMBIENTAL (1)

La **GEOQUÍMICA** es la ciencia que estudia:

- La composición química de la Tierra,
- Los procesos y reacciones químicas que rigen la composición de las rocas y los suelos,
- **El transporte de productos químicos en el tiempo y el espacio,** y
- Las interacciones de estos productos con la litósfera, la hidrósfera y la atmósfera.

### **LA GEOQUIMICA AMBIENTAL**

Aplica los métodos de exploración geoquímica a la investigación de la dispersión de contaminantes en el medio ambiente y propone soluciones para su control y remediación.



## **LA GEOQUÍMICA AMBIENTAL (2)**

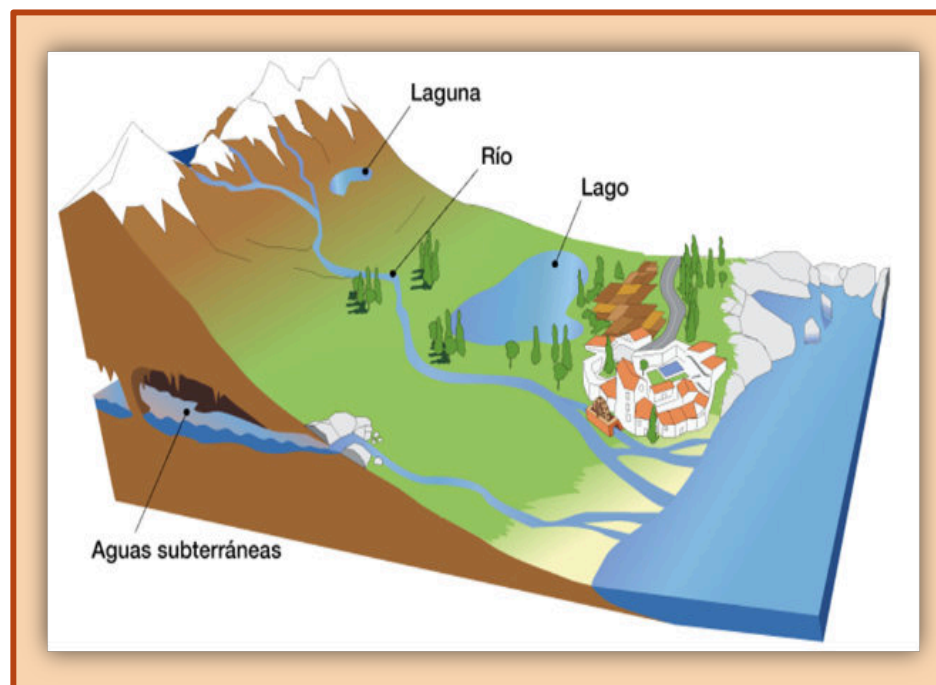
**ES LA PRINCIPAL HERRAMIENTA DE APOYO EN ESTUDIOS DE TOXICOLOGÍA AMBIENTAL**




**La geoquímica ambiental combina las herramientas de la química y de la geología.**

**TODO ESTUDIO GEOQUÍMICO AMBIENTAL DEBE SER HECHO POR EXPERTOS, EN CONJUNCIÓN CON LEVANTAMIENTOS GEOLÓGICOS.**

## LA GEOQUIMICA AMBIENTAL (3)



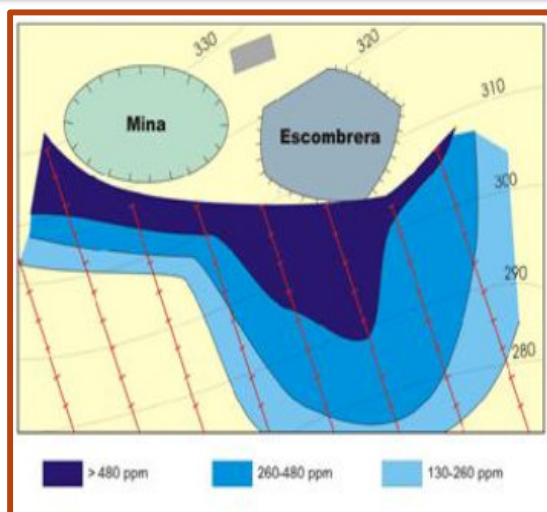
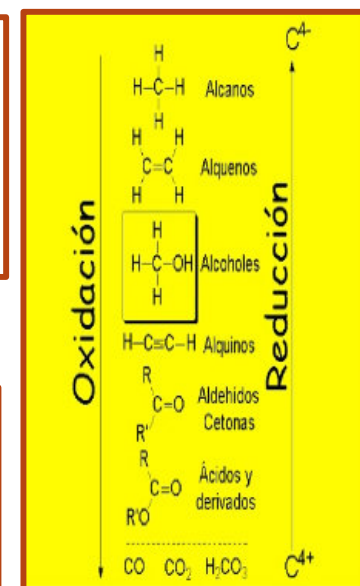
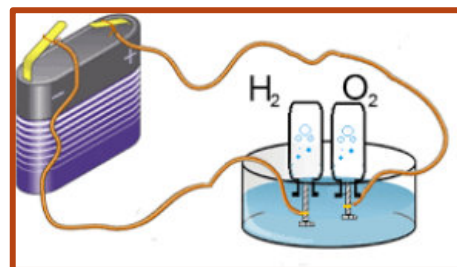
El principio básico de la geoquímica ambiental se basa en definir la dispersión de un determinado metal o elemento, para detectar la fuente de emisión, y para trazar la extensión de la contaminación.



### **III. LA MOVILIDAD DE LOS ELEMENTOS TOXICOS**

## LA MOVILIDAD Y LA DISPERSION DE LA CONTAMINACIÓN EN LA NATURALEZA ESTÁN ÍNTIMAMENTE LIGADOS A:

- ✂ La hidrólisis.
- ✂ La oxidación, o reducción de compuestos.
- ✂ El transporte de cationes y aniones o de sustancias coloidales, (Dispersión geoquímica)
- ✂ La formación de nuevos compuestos químicos y
- ✂ Desarrollo de orgánicos.



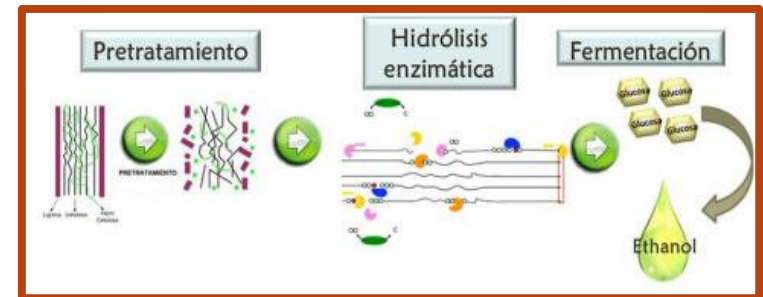
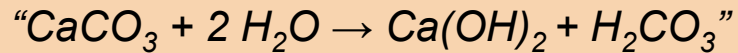
**Dispersión  
geoquímica**



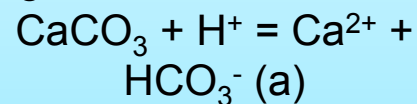
## HIDROLISIS

La hidrólisis es la descomposición de una sustancia por la acción del agua en una celda eléctrica.

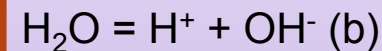
En la química antigua, se pensaba que el agua podía dividir una sal en un ácido y una base, por ejemplo:



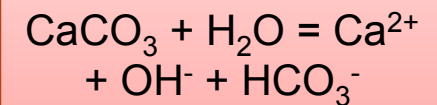
La realidad es más compleja, y lo que muestra son equilibrios y reequilibrios a medida que una sal reacciona con los hidrogeniones ( $\text{H}^+$ ) del agua:



La reacción implica un consumo de hidrogeniones, lo cual lleva a que se ionice más agua para mantener el equilibrio:



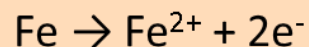
Si combinamos las reacciones (a) y (b) tendremos:



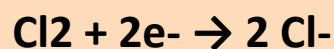
Se liberó un elemento simple, un hidroxilo y **un ácido.**

## OXIDACIÓN – REDUCCIÓN, DIAGRAMAS EH-PH

**La oxidación** es un cambio químico en el que un átomo o grupo de átomos pierde electrones,



**La reducción** es el proceso mediante el cual los ganan.



Se definen campos de estabilidad y de movilidad de los compuestos.

Estos valores se encuentran en tablas, razón por la que no hay que calcularlos.

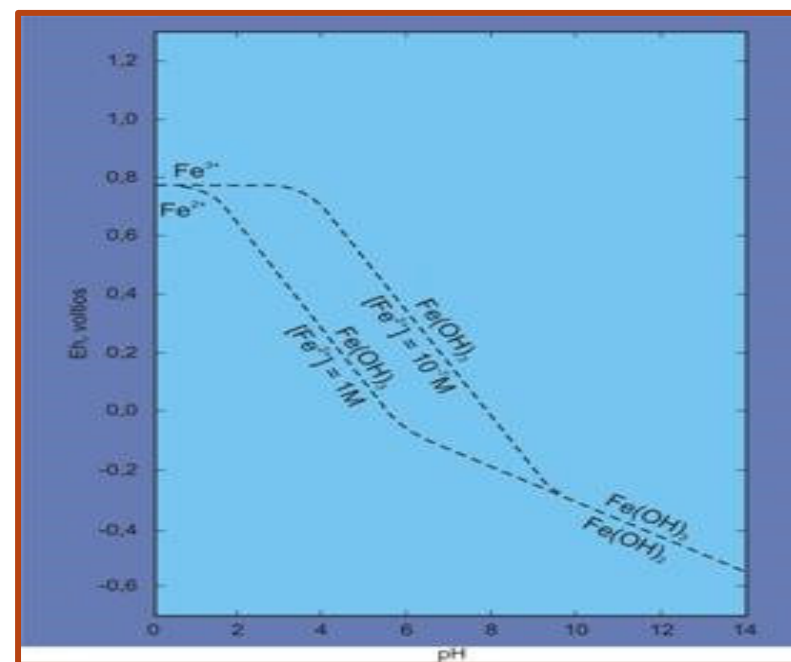


Diagrama Eh-Ph para el hierro a concentraciones de  $\text{Fe}^{2+}$  de 1M y  $10^{-7}\text{M}$



**VI. INTERPRETACIÓN  
GEOQUÍMICA  
BÁSICA.**

## INTERPRETACIÓN: GEOLOGÍA, ESTADÍSTICA, QUÍMICA...

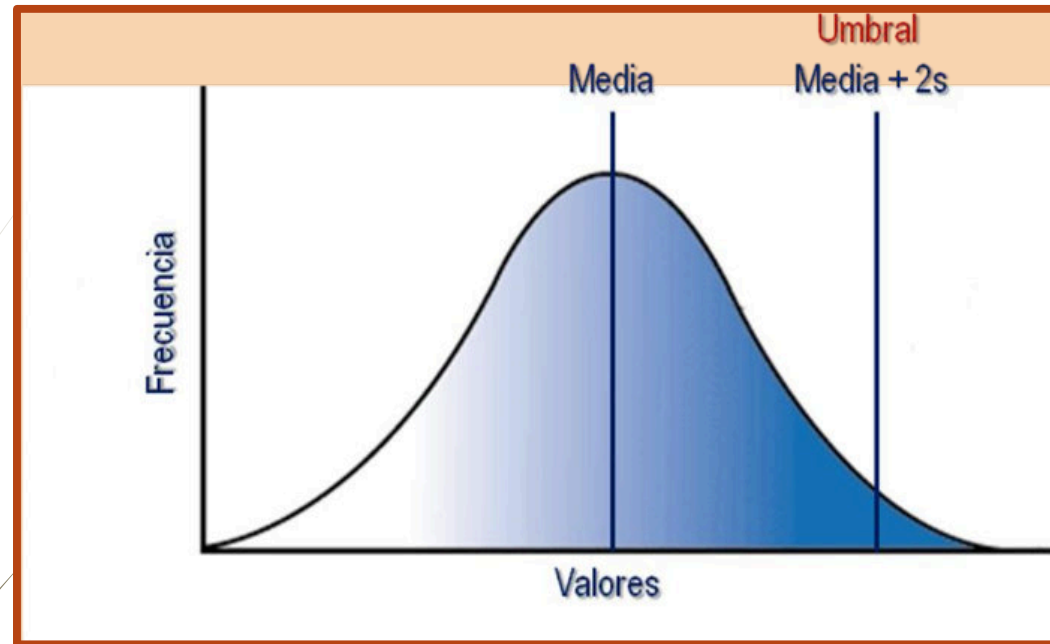
La interpretación, debe integrarse con un conocimiento adecuado de la geología y la química de una zona o región, con utilización de métodos estadísticos.

No son iguales valores similares en:

- ✎ rocas sedimentarias carbonatadas (e.g. calizas)
- ✎ secuencias máficas (e.g. basaltos).

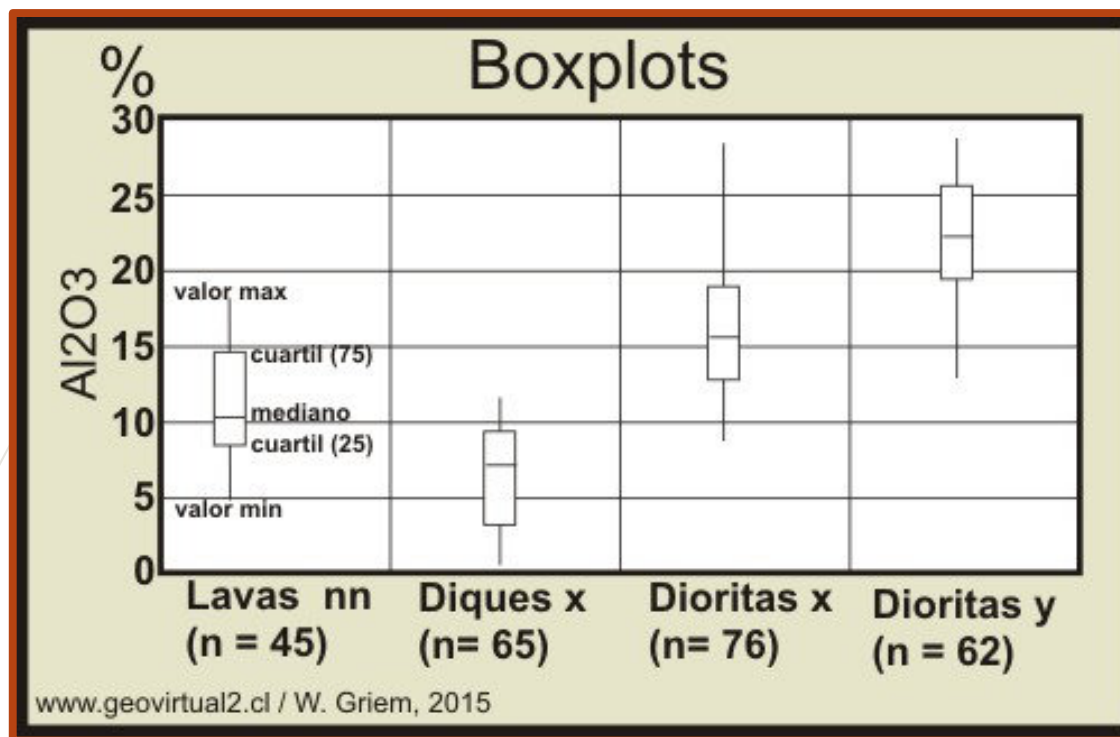


La persona encargada de realizar la interpretación, debe tener un buen conocimiento de: **métodos estadísticos, geología, química.**



### **La anomalía geoquímica:**

El conjunto de valores que están substancialmente por encima del valor de fondo (media), es decir, por encima del umbral, por ejemplo,  $\text{Media} \pm 2s$  o presencia de una segunda población (en una distribución de frecuencia bimodal)..



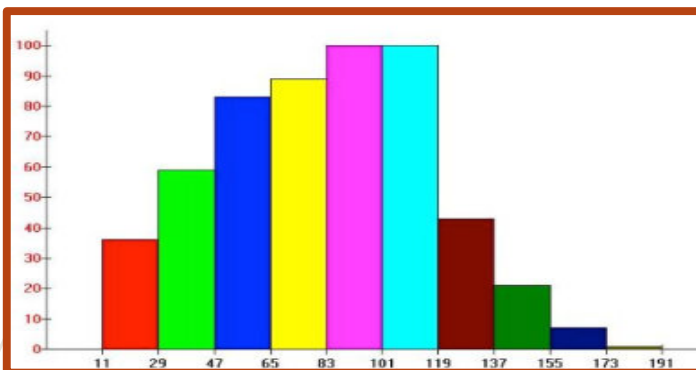
**Ejemplo 1):** 45 muestras de Lavas con alto contenido de azufre. Generador de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- El valor máximo era 18% de azufre;
- El valor mínimo en las 45 muestras 5%.
- 25% de las muestras (en este ejemplo) serían 11 muestras marcaron un valor menor de 8%.
- Las 11 muestras (25%) de más altos valores tienen más de 14,5 % del tóxico
- Entonces 50% de las muestras (22) se encuentran entre 8% a 14,5%.
- La línea en la cajita marca la mediana de todas las muestras. **OJO. No es la media**

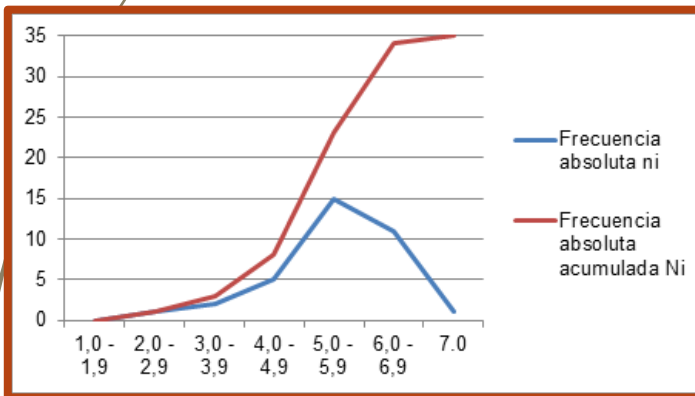
- Permiten una comparación instantánea de un conjunto de datos.
- Son muy útiles para definir rocas o descargas generadoras de polución ambiental específica.

# INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA SIMPLE

24

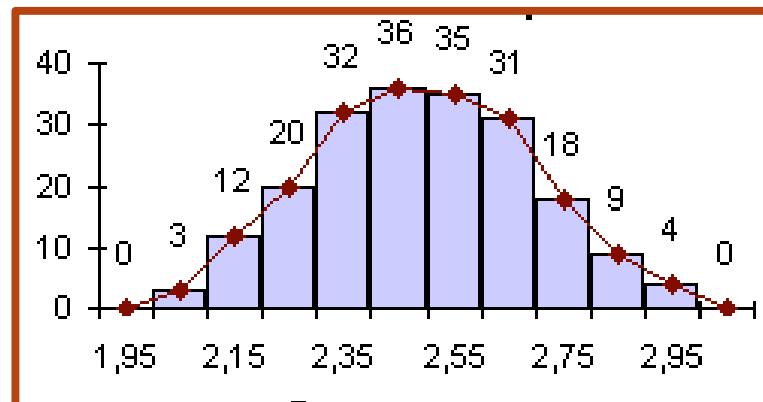


**Gráfica de Frecuencia Concentración**



**Gráfica de Frecuencia Acumulativa**

## Background y anomalías



**Gráfica de Frecuencia-Concentración Logarítmica**

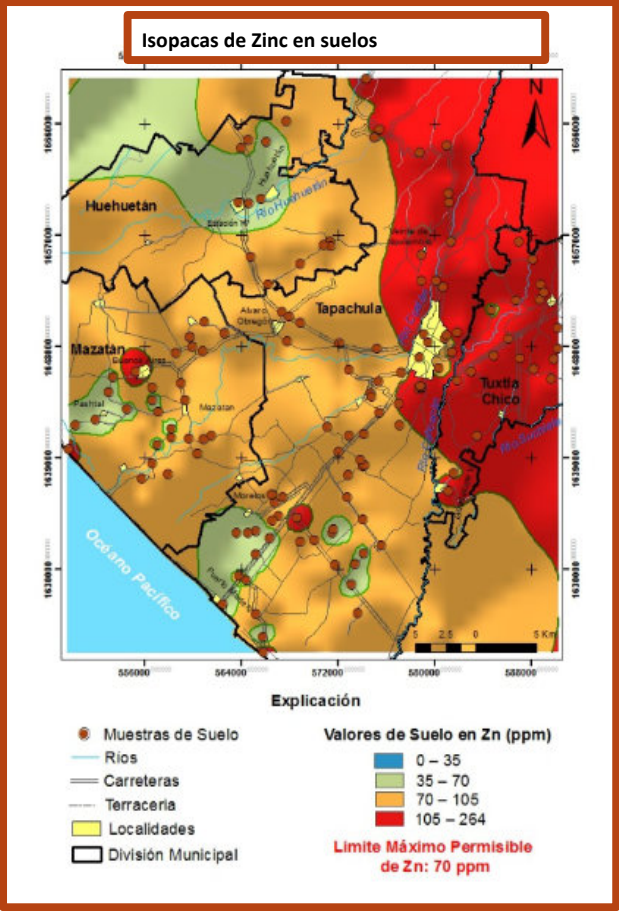


## **V. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CONTAMINADAS**



# IDENTIFICACION DE ZONAS CONTAMINADAS

## RESUMEN DE ACCIONES TOMAR



- Identificar posibles fuentes de contaminación. Literatura.
- Preparar planos generales y detallados de cada área seleccionada.
- Identificar con autoridades de salud, posibles enfermedades endémicas en cada zona.
- Tomar muestras de aguas, suelos, plantas y pelo humano.
- Realizar análisis multielementales y microbiológicos de las muestras
- Interpretar resultados.
- Hacer las recomendaciones correspondientes, a autoridades y a pobladores locales.

## EL GRAN DESAFÍO

- ✂ Dificultad para establecer colaboraciones interdisciplinarias.
- ✂ Financiamientos escasos apropiados para estas investigaciones.
- ✂ Realización de estudios aislados con poca difusión.
- ✂ Pocas publicaciones especializadas.
- ✂ Desconocimiento por autoridades de la necesidad de implementar programas sobre TOXICOLOGÍA AMBIENTAL lo que conduce a carencia de fondos para estas investigaciones.

Además de los desafíos técnicos y científicos, hay otros desafíos “mentales” en el campo de la TOXICOLOGÍA AMBIENTAL.

**LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA ESTÁ  
DE POR MEDIO.**

### REFERENCIAS SELECTAS

2020. Rios y Lagos de México. SEMARNAT. Atlas/Agua.

2018. Environmental Geochemistry. Site Characterization, Data Analysis and Case Histories. Book • Second Edition • 2018. Elsevier. Edited by. Benedetto De Vivo, Harvey E. Belkin and Annamaria Lima.

1962. Geochemistry in Mineral Exploration. H. E. Hawkes and J. S. Web. Harpers, Geoscience Series.

1981. Introduction to Environmental Engineering.. Mackensie L. Davis and David A. Coenwell. Mc Graw-Hill, Inc.

2023. Mobility and Dispersion of Elements Under different Geochemical Environments. José Luis Lee. To be published.

**DR. ING. JOSÉ LUIS LEE**  
**Geología Económica – Yacimientos Minerales – Geología Médica**  
**Geohidrología**

**RESUME**  
**AGOSTO DE 2023**

**DATOS PERSONALES**

**NOMBRE: JOSE LUIS LEE MORENO**

**ING. GEÓLOGO.**

**MAESTRO EN CIENCIAS.**

**DOCTOR EN GEOLOGÍA ECONÓMICA. PhD**



**I.- PRINCIPALES CAMPOS DE COBERTURA PROFESIONAL**

**YACIMIENTOS MINERALES**

Geoexploración y evaluación de yacimientos y prospectos minerales.




**GEOLOGÍA MÉDICA. TOXICOLOGÍA AMBIENTAL**

Investigaciones para determinar la posible afectación de elementos químicos en el medioambiente a la salud humana y animal.

**GEOHIDROLOGÍA**

Disponibilidad, calidad y conservación de aguas. Toxicología y limpieza.

**II.- ESCOLARIDAD.**

-  Ing. Geólogo. Universidad Nacional Autónoma de México.
-  Maestría en Ciencias. Geología aplicada a la Ingeniería Civil. Universidad de Arizona, Tucson. U.S.A.
-  Doctorado en Geología Económica. Universidad de Arizona, Tucson. U.S.A.

**OTROS CURSOS Y DIPLOMADOS EN RELACION CON MINERALES, DIRECCIÓN DE PROYECTOS Y TOXICOLOGÍA AMBIENTAL EN:**

-  Universidad Estatal de Michigan. E.U.A.
-  United States Geological, Survey, Washington, D.C.
-  Universidad de California, Berkeley, Calif.
-  Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
-  Camborne School of Metalliferous Mining, Camborne, Inglaterra.
-  Japan International Cooperation Agency, Tokio, Japón.
-  International Council for Mining and Metals.
-  Canadian International Resources and Development Institute. CIRDI.

**III.- PUBLICACIONES**

Más de 100 publicaciones técnicas en México y en el extranjero. Elaboración de cientos de artículos técnicos sobre yacimientos minerales, geología médica y toxicología ambiental.

**IV.- DESARROLLO PROFESIONAL**

50 años de ejercicio profesional en diversos puestos ejecutivos de los sectores público y privado, en México y en E.U.A.

**VI.- ACADEMIA DE INGENIERÍA DE MÉXICO**

- Académico titular de la Academia Mexicana de ingeniería. Secretario y Presidente de la especialidad de Ingeniería Geológica. **Actualmente: Presidente de la Comisión de Minas y Metalurgia.**

# Foro de discusión

# Discussion Forum



**A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de la revista de agosto de 2022, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.**

**Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.**

**At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.**

**Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geosciencias.**

COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE - <https://cujae.edu.cu/>

Escuela de Geofísica: <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>

Instituto Nacional de Geoquímica  
(México). <https://www.inageq.com/>



Asociación de Geólogos y Geofísicos  
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Geología Médica

<http://www.medgeomx.com/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

<http://www.scg.cu/>



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



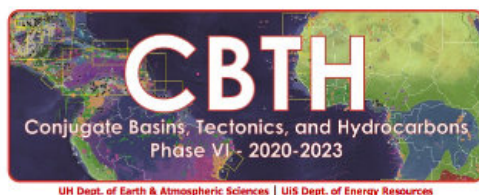
Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica  
del Cibao Oriental,  
República Dominicana

<https://uteco.edu.do/>



<http://cbth.uh.edu/>



Pieza de Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA