

**SEPTIEMBRE  
SUPLEMENTO  
2023**



# **MAYA**

**REVISTA DE GEOCIENCIAS**





# MAYA

## 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 cual 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 desean participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comuníquense 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.*

**Portada de la revista:** Yosemite Falls is the 4th tallest natural waterfall in the North American continent, dropping a total of 739 m from the top of the upper fall to the base of the lower fall. The exposed geology of the Yosemite area includes primarily granitic rocks, having been formed 210 to 80 million years ago as igneous diapirs. **Fotografía de Jhonny E. Casas.**

**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

# 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 a la estratigrafía y tectónica del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de Cuba occidental y central. Editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II realizó cartografías del Macizo Metamórfico Escambray; Complejo Anfibolítico de Mabujina y Complejo Granítico de Cuba central. Es autor-coautor de 23 unidades litoestratigráficas y litodémicas de Cuba occidental y central. Es 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 y realizó la factibilidad de 7 proyectos hidroeléctricos en la Cordillera Central de Panamá. Country Manager de Big Pony Gold de Utah, exploró el potencial de oro del greenstone belt del cratón de Uruguay. Senior Geologist de Gold Standard Brasil, exploró regiones auríferas en los Estados de Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del Norte en rocas arqueanas y

proterozoicas y realizó evaluaciones de exploración para Cias. 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 el redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) del Proyecto de Geología y Minería y miembro de su Misión Especial para entregar el proyecto al Gobierno y posterior 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 por 28 años y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia.edu de libre acceso, 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.

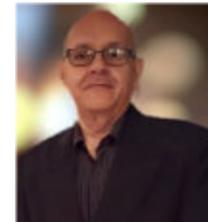
[r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk](mailto:r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk)



**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. 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

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 sísmológica del siglo XX; a la historia del pensamiento sísmológico 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.

[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

SEPTIEMBRE  
SUPLEMENTO  
2023EDICIÓN  
ESPECIAL XI

LITOESTRATIGRAFÍA DEL MACIZO METAMÓRFICO ESCAMBRAY.

VOLUMEN UNO.

Humberto Álvarez-Sánchez

Colaborador de la Revista

LITOESTRATIGRAFÍA DEL MACIZO METAMÓRFICO ESCAMBRAY. VOLUMEN UNO.

Humberto Álvarez-Sánchez (1)

1. Miramar Mining Corp. Panama Republic. Geólogo de las Expediciones Escambray. (geodoxo@gmail.com).

---

*"Aquellos que no recuerdan el pasado están condenados a repetirlo"* George Santayana.

## 1. INTRODUCCIÓN EXTENDIDA.

La presente obra pone a disposición de los investigadores de la geología de Cuba los resultados del levantamiento de los mapas geológicos de una vasta región de las provincias centrales, por equipos multidisciplinarios de geólogos y especialistas de Cuba y Checoslovaquia en dos sucesivas expediciones llamadas Escambray I y Escambray II. Se ha mantenido inédito, aunque disponible en su integridad, en la página Web Academia.edu, un repositorio de archivos accesible para todo público, con descargas actuales del primer volumen sobre unas 246 veces. El presente resumen también incluye materiales de investigaciones conjuntas con el Instituto de Geología y Paleontología de la República, producto de investigaciones compartidas en la estratigrafía y estructura tectónica, que unificados, no existen como tal en la literatura cubana. La Revista Maya de Geociencias se ha brindado gentilmente a la publicación de la serie de los tres volúmenes en versiones resumidas.

Los trabajos de las Expediciones Escambray cubren dos etapas. La primera desde 1976 hasta 1981 y la segunda desde 1981 hasta finales de 1986. A causa de las complicaciones topográficas de una gran parte del territorio, fue indispensable una base permanente en el interior de las montañas del Escambray; dotada de las facilidades necesarias, inclusive laboratorios, talleres, naves de gabinetes y de habitación para sustentar un numeroso grupo de investigadores y técnicos, activos desde 1976 hasta finales de 1986.

El carácter del trabajo fue de naturaleza multidisciplinaria. El levantamiento de los mapas geológicos fue simultáneo con la cartografía geoquímica de las manifestaciones minerales y el procesamiento digital de la geofísica aérea y terrestre como base de conocimiento sobre los estratos profundos del territorio nacional. Se perforaron 114 pozos de cartografía y estructurales que totalizaron 7 kilómetros de intersección. A las tareas propias de regiones de alta complicación, se sumaron extensivos estudios del metamorfismo, petrología, petroquímica, edades absolutas, mineralogía y petrografía y se aplicaron métodos de microsonda, difracción y termometría; en gran parte realizados en laboratorios certificados de Checoslovaquia.

Un resultado muy especial; el Complejo Anfibolítico Mabujina, el más desconocido de los macizos metamórficos de Cuba, obtuvo un detallado mapa 1:50,000 con su estratigrafía litodémica; único que existe a esa escala. Y fue gracias a este largo, costoso y extraordinario esfuerzo que el territorio de Cuba central, cuenta con un enorme volumen de información; sin restar mérito a los trabajos anteriores a la época republicana ni a los numerosos trabajos temáticos publicados o inéditos en Cuba central. Sobre el Macizo Metamórfico Escambray, parte de la información se ha publicado por el Instituto de Geología de Cuba y la prensa científica de la Unión Soviética. Pero la información resultado de las expediciones de Cuba-Checoslovaquia (Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Lobik *et al.*, 1986; Zelenka *et al.*, 1990 y Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*<sup>1</sup>) permanece inédita. De modo que esta costosa base de información, con rareza es citada en la literatura internacional y aún en las publicaciones de la propia prensa científica nacional; mientras sus resultados descansaban en los archivos para fuente de datos fragmentarios. Durante los años críticos de 1992 a 1994; a causa de la disolución del CAME<sup>2</sup>, el servicio geológico de Cuba quedó

<sup>1</sup> Este último un tema científico del Instituto de Geología y el servicio geológico de Cuba central.

<sup>2</sup> Consejo de Ayuda Mutua Económica de Europa del Este. (Совет экономической взаимопомощи).

profundamente deprimido y se detuvieron las cartografías regionales. Y, por esa época, finalizadas las campañas de levantamientos ejecutadas por Checoslovaquia-Cuba y el Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, comienzan a conocerse publicaciones dedicadas a Cuba central y sus macizos metamórficos meridionales; en su mayoría destinados al Escambray y Macizo Anfibolítico Mabujina. De este modo se inaugura un nuevo ciclo de indagaciones, ahora por cuenta de instituciones académicas europeas y estudiantes tesisistas. Un brusco cambio, de potencia de investigación geológica a fuente para publicaciones académicas. Este proceso fue incrementándose y mientras los recursos de todo tipo decaían, las publicaciones de los nuevos descubridores aumentaban. Fue creándose un nuevo relato de la geología cubana a través de su externalización. Revistas sin hábito de contar con escritos sobre un territorio callado durante tanto tiempo, comenzaron a recibirlos de autores extranjeros y de rareza una que otra de algún “guru” nacional. Una extraña situación para un país con una desarrollada base de ciencias de la tierra, que apenas terminaba de ejecutar decenios de millonarias investigaciones.

La mayoría de los trabajos que refiero, exhibían particularidades comunes bastante llamativas. Entre ellas la mención habitual de características geológicas ya reportadas en el pasado; redactadas en término de novedades y sin las citas correspondientes de las expediciones locales. Además la formulación de conclusiones, basadas en observaciones parciales de localidades minúsculas del Escambray y el muestreo de sitios predilectos; convertidos en argumentos para modelos geotectónicos, no solo aplicados a la geología de Cuba sino extensivos a la totalidad del Caribe. Una especie de *Weltanschauung* geológica compartida de forma tan insistente y categórica que los transformó más en manifiestos de opinión sobre la geología de tan vasto territorio, que en contribuciones soportadas por las evidencias. El Escambray es un dominio de una gran complicación interna. Existen algunas regularidades conocidas de su constitución, pero la mayoría de sus rasgos estructurales profundos distan de una aclaración suficiente y se encuentran muy supeditadas al procesamiento de los campos físicos. Ningún pozo estructural practicado en el macizo supera los 500 m de profundidad. Ninguna evidencia de rocas de su basamento se ha descubierto en su superficie, de modo que solo disponemos de hipótesis sobre la estructura y génesis de las decenas de kilómetros que yacen en su substrato que podríamos llamar, provisionalmente, su “basamento” o “zócalo”. Y tal situación insuficiente del conocimiento general para la totalidad del espacio geológico implicado, no ha impedido las más diversas reconstrucciones geotectónicas. El alto grado de desconocimiento, que debía producir una gran moderación en las interpretaciones, al contrario, es el origen de toda clase de especulaciones. En la actualidad, definir al Escambray como “una pila de mantos tectónicos”, algunos lo publican como si se tratara de una vuelta de página en esta región y como si tal interpretación fuera alguna novedad. Desde la primera conjetura sobre mantos tectónicos (Thiadens, 1937) y posteriores (Millán y Somin, 1976; Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.*, 1981; Millán y Somin, 1985 a, b; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Millán y Álvarez-Sánchez, 1992 y otros); lo cierto es que una tectónica tangencial de mantos se ha identificado como modelo viable en el Escambray, por lo menos desde hace 40 años.

No obstante; a pesar de que pensamos con cierta subjetiva seguridad y algunas pruebas locales, que tal es el estilo tectónico básico del macizo; un mapa con los contactos físicos de superposición, la sección vertical de los nappes expresada en perfiles a escala, la descripción de sus movimientos relativos y pruebas de su total ruptura con sus raíces y, por tanto, de su aloctonía; no se dispone acompañado de las pruebas fehacientes. Sin embargo, zonas delimitadas en superficie por parámetros P-T, extremadamente generalizados, son definidas de costumbre como nappes; a pesar de que las zonas metamórficas ni son intrínsecamente nappes ni contienen cualquier número de nappes,

Hemos llegado hasta el punto, en que después de 30 años, de construcción laboriosa de una estratigrafía de base litoestratigráfica del Escambray en unidades cartografiadas por sus características distintivas y su correlación científica respecto a macizos de referencia; hoy podemos ver construcciones, basadas en amasijos de rocas, reunidas en unidades, delimitadas por grado metamórfico; como si la existencia de la estratigrafía fuera inexistente y así retrocedemos decenios al año 1976 cuando el Escambray fue definido simplemente como “el complejo carbonatado-terrágeno”.

De modo que creer que el conocimiento geológico del Escambray se encuentra en un grado muy próximo a su acabado final y que solo restan algunos puntos y tramos geológicos por aclarar, es pura especulación quimérica. Las tareas nacionales de la geología cubana respecto al Escambray que necesitamos resolver son varias y muy importantes. Y una muy escasa cantidad de ellas, poca o ninguna relación tienen con la Placa Farallón o con los sufrimientos de *Pangaea* durante su trabajo de parto del Caribe.

## 2. ESTUDIOS DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL ESCAMBRAY.

La estratigrafía ahora conocida del Escambray comienza a construirse despuntando los años 70 y la investigación de campo concluye en 1992, a causa de eventos ocurridos en esa época. Durante ese periodo, las investigaciones avanzaron, de forma simultánea e independiente,<sup>3</sup> por el Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de Cuba (Millán y Somin, 1976; Somin y Millán, 1977; Millán y Myczynski, 1979; Millán y Somin, 1981; Millán y Pszczółkowski, 1982; Millán y Somin, 1985 a, b; Millán y Álvarez Sánchez, 1992) y la Empresa de Villa Clara del servicio geológico de Cuba; a través de trabajos regionales de prospección de metales (*e. g.* Maximov *et al.*, 1968; Pavlov, 1970) y dos expediciones checoeslovaco-cubanas (Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez Sánchez *et al.*, 1986).

Aunque puede decirse que se obtuvo un indiscutible avance en el conocimiento estratigráfico del Escambray; el trabajo no ha concluido. Las insuficiencias en el conocimiento estratigráfico del Escambray permanecen como principales desventajas en la construcción de una imagen avanzada de su paleogeografía y estructura tectónica. Una descripción estratigráfica detallada que sintetice la información existente; con el mayor énfasis puesto en la correlación con los macizos equivalentes de otras regiones de Cuba, se ha hecho indispensable, con el fin de establecer una base ordenada de conocimiento. Entre otros beneficios, probablemente permitirá modificar o quizás refutar las imágenes supermovilistas, últimamente apoderadas de la literatura, con marcada tendencia de convertirse en paradigmas sin discusión ni crítica. O también es posible que confirme estas interpretaciones mediante proporcionar argumentos sobre bases de bases de mayor solidez. Solo el tiempo lo dirá.

La estratigrafía del Escambray se compara con la de la Sierra de Los Órganos de la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental. El concepto primero se apoyó en las comparaciones entre los mármoles del Escambray con las Formaciones calcáreas Jagua (Palmer, 1945) y Grupo Viñales (Pszczółkowski, 1978) del Oxfordiano a Kimmeridgiano de la Sierra de Los Órganos y los metaterrígenos de la base con la Formación San Cayetano (De Golyer, 1918) de edad Jurásico Inferior hasta Oxfordiano.

Es a Thiadens (1937) a quien parece deberse la primera argumentación de la correlación entre Escambray y Guaniguanico<sup>4</sup>, al comparar la “Series of Crystalline Schists”, con la Formación San Andrés de la Sierra de Los Órganos (Vermunt, 1937), ya por esa época de edad jurásica establecida por el hallazgo de ammonites y *Aptychus* (Fernández de Castro, 1884; Torre y Huerta, 1909, 1910; De Golyer, 1918; Brown y O’Connell, 1922; Dickerson y Butt, 1935). A esta opinión fueron sumándose Butterlin (1956); Hill (1959); Furrzola-Bermúdez *et al.* (1964); Millán y Somin (1969); Millán y Myczynski (1978); Stanik *et al.*, (1981); Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, (1986) y otros; de modo que es habitual encontrar en varios escritos sobre geología de Cuba menciones sobre el **paralelo Cordillera de Guaniguanico de Cuba** occidental y Macizo Metamórfico Escambray; paralelo que se extiende a los complejos metamórficos de Cuba occidental; Pinos en la Isla de la Juventud y Cangre en las faldas meridionales de la Sierra de Los Órganos. Fundamentar esta correlación y conducirla al estado de una comparación sistemática es una tarea pendiente. Desde la primera noción expresada por Thiadens, nunca ha superado el nivel de menciones aisladas y ocasionales. Ningún trabajo sistemático se ha desarrollado al respecto en la literatura cubana. Tal estudio extremadamente necesario, no solo de correlación sino de comparación detallada, jamás se ha realizado.

Es muy probable la coexistencia en el Escambray de dominios estratigráfico-faciales diferentes y futuros estudios, basados en un mejor conocimiento de su diversidad litológica y un desciframiento más detallado de la gran pérdida de espacio por empaquetamiento de las estructuras; quizá revelen la superposición de diferentes provincias faciales, probablemente transicionales, cuyas relaciones intermedias en el inicio fueron rotas por riftogénesis y más tarde por la tectónica tangencial: Un dominio muy similar al de la Sierra de los Órganos y otro más parecido al de la Sierra del Rosario.

En efecto. El orden tripartito de la columna estratigráfica del Escambray, aún con el imperfecto conocimiento de su estratigrafía, equivale a la también tripartita columna de la Sierra de Los Órganos, mucho mejor conocida. Mientras, otro arreglo estratigráfico del Escambray parece corresponder al de la Sierra del Rosario, con una mayor participación de rocas ígneas y facies siliciclásticas de mar profundo. La exposición sistemática de las pruebas, que ilustren la historia sedimentaria común, la identidad de los ambientes de deposición y la conexión de los eventos magmáticos,

<sup>3</sup> Solo a finales de 1990 fue que se realizó un convenio entre ambas instituciones para realizar estudios temáticos en el Escambray (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, inédito).

<sup>4</sup> Sería interesante para la historia de la estratigrafía, conocer la causa de porque en fechas posteriores nunca le fuera debidamente reconocida a Thiadens esta acertada conjetura, excepto explícitamente por Hill (1957).

metamórficos y tectónicos que afectan a los dominios Pinos, Cangre, Guaniguanico y Escambray; influirían determinadamente en la construcción de los modelos de desarrollo geológico de Cuba, que proliferan en la literatura.

### 2.1. Las unidades litoestratigráficas se confunden con facilidad.

Voy a referirme a dificultades en el reconocimiento de formaciones en el Escambray, que explican, errores que se cometen o se pueden cometer en el próximo futuro. Nunca las he visto comentadas excepto por Stanik (*et al.*, 1981), como factores negativos en la observación; ya sea porque mencionarlas se cree que no forman parte de la ciencia o los investigadores creerse que se pueden ignorar sus consecuencias. Por mi parte no tengo inconvenientes en comentarlas y cada cual saque sus propias conclusiones.

Con exclusión de mármoles, y rocas resistentes, carreteras y senderos, ángulos fuertes y sectores desforestados; sobre el 50% del Escambray, aflora mal. Quizá más. La vegetación es densa y los suelos profundos (**Figura 1**). Hay sectores de cuestas muy pendientes y resbaladizas y proliferan las plantas urticantes y espinosas. La Loma de Los Guaos<sup>5</sup> no se llama así por causa del estro poético campesino. La meteorización induce notables diferencias en los afloramientos, tanto cuando la erosión es profunda, o viceversa (**Figura 2**). No es infrecuente para visitantes ocasionales creer que están ante algo, en realidad diferente de lo que suponen estar viendo. La identificación de unidades litoestratigráficas, requiere del observador familiarizarse durante varios días en el campo, sin importar para nada la calificación de cada cual.



Figura.1. Vista de un sector del Escambray en San Blas. Apréciase la tupida vegetación tropical en una zona muy representativa de esta región. Exceptuando los mármoles visibles, el afloramiento es casi igual a cero.

Los mapas geológicos, aún en la actualidad y por causa de lo arriba comentado, contienen muchos posibles errores. Contactos dudosos, fronteras metamórficas extrapoladas, extensión supuesta de cuerpos rocosos. Muchas fronteras se trazaron, o por métodos pedestres en zonas sin afloramiento, o por contrastes geofísicos, incluso por anomalías geoquímicas y, a menudo, con fotos pancromáticas que en el Escambray producen muchos límites ópticamente falsos. Los procedimientos a menudo obviaron las diferencias entre “cosa comprobada y cosa supuesta”. De modo

<sup>5</sup> El Guao, es una planta muy tóxica que produce dermatitis si entra en contacto con la piel. Esta planta se caracteriza por segregar una savia lechosa altamente cáustica para piel y mucosas. Se reportan casos de personas afectadas severamente por el solo hecho de pasar cerca de la planta, al alcance de las emanaciones que emite la savia al evaporarse bajo el calor tropical (Roig y Mesa, J. T.: Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos). (Nota del Autor).

que formular conclusiones sobre esta región, permaneciendo en el lugar solo horas, o itinerarios seguidos a toda prisa, para tomar muestras de representatividad dudosa, en unidades que no se conocen ni se tiene la seguridad de que sean tales; es lícito ponerlas en duda.



Figura.2. Terraplén en la región de El Nicho, Cúpula de Trinidad. Pendientes suaves con profunda corteza de meteorización a partir de esquistos metaterrígenos de la Formación La Chispa.

Cierta cantidad de las formaciones del Escambray comparten tipos litológicos dentro de sus secciones, por ejemplo, metasilicitas; mientras que, al contrario, secciones subordinadas de tipos de rocas contenidas dentro de dichas secciones pueden resultar, en otros cortes, formaciones independientes. En casi todas las secciones rocosas, incluso en los mármoles, existen cuerpos pequeños y mal aflorados, de metabasitas y rocas cristalinas, elegidas casi siempre para el estudio de grados metamórficos y edades absolutas y polarizan la atención, con el riesgo de equivocar su pertenencia o asociación con cierto elemento mayor. Aún tratándose de cuerpos grandes se han cometido errores, sin excluir los geólogos residentes.

Algunos ejemplos: Las Fms. La Sabina y El Tambor (metasilicitas, metaflysch, esquistos verdes, etc.), se cartografiaron como la "Fm. Sopapo" o por la Fm. Yaguanabo (Stanik *et al.*, 1981) o por la Fm. Naranjo (Millán y Somin, 1981). Los Esquistos verdes Felicidad se cartografiaron como la Fm. Yaguanabo en varias ocasiones por Stanik *et al.*, *ibid.*, y la Fm. Yaguanabo como los Esquistos verdes Felicidad por Millán y Somin, antes de 1981. Las serpentinitas son protagonistas frecuentes en el problema. Enmascaran viejas fallas reconfiguradas por presión. A menudo afloran integradas a cuerpos de protolito volcánico de litología próxima a la ultramáfica y como parte de mélanges. Según Hill (1957), MacDonald (1977, *ined.*), Stanik *et al.*, *ibid.*; Soucek y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986, *ined.*) existen cuerpos de serpentinitas con diferentes relaciones tectónicas y por lo menos 3 clases suficientemente diferentes de serpentinitas. Sin embargo y como un ejemplo típico; Auzende *et al.*, (2002) y Hattori y Guillot (2007) llegan a grandes conclusiones sobre el Escambray, basándose en 3-4 muestras de la parte N y SW de ambas cúpulas (*v. et.* Figura 2a en Auzende *et al.*, 2002 y Figura 1c, en Hattori y Guillot, 2007). Es seguro que tres de las muestras provienen del mélange antigorítico Los Guapos (Álvarez-Sánchez en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) con facoides de esquistos cristalinos y eclogitas exclusivas de ese mélange cuyo origen es incierto. Las serpentinitas de la Loma de Los Guapos, en la parte Norte de la cúpula occidental, no son representativas universales de las serpentinitas del Escambray. ¿Cuál clase de serpentinitas de origen previamente conocido, homogéneas y representativas del Escambray tomaron como muestras estos autores?

## 2.2. Litoestratigrafía y metamorfismo.

El examen de la estratigrafía del Escambray revela al metamorfismo como factor de gran influencia para distinguir formaciones. Hay que decir que desigualdades de recristalización de unidades pariguales sin cambios radicales, no convierte a las unidades litoestratigráficas en necesariamente diferentes. Cambios no sustanciales en el grado de recristalización observados en localidades distintas no es suficiente fundamento para denominar con nombres diferentes a una misma formación. Los parámetros T-P; determinados en muestras puntuales, de rocas espacialísimas y singulares, no son factores suficientes para diferenciar formaciones. Tampoco se necesita nombrar formaciones diferentes<sup>6</sup>, cuando ocurren cuerpos rocosos en unidades tectónicas separadas, pero con perfiles estratigráfico-faciales comunes y grados metamórficos poco contrastantes que no impiden su correlación comparativa y cartografía práctica. Solo la transformación avanzada, hasta donde no sea posible asociar afloramientos a una litoestratigrafía de referencia, puede justificar el tratamiento en otra categoría (e. g. litodemas).

Sería una situación diferente si una formación alcanza un grado metamórfico superior (e.g. gneisificación; anatexia, metasomatosis profunda) y como resultado se borran los elementos que permiten reconocer sus protolitos y sus rasgos sedimentarios o ígneos (como bien se sabe, se conservan, a veces, hasta el nivel de detalle en el Escambray); o sufriera un grado extremo de deformación tectónica, trituración, obliteración de las estructuras que eliminaran las relaciones primarias de yacencia y su misma naturaleza.

Este problema, que se observa en el Escambray, pero que no le es privativo; puede llamarse "**magnificación del papel del metamorfismo**". Si una formación se define por su litología propia y en otro caso por su grado metamórfico, aunque los protolitos sean comunes, las relaciones idénticas y sus diferencias metamórficas no determinantes, puede conducir a interpretaciones infundadas o arbitrarias de la geología. Esto no significa que los grados metamórficos de las rocas no son importantes en la estratigrafía. Pero las relaciones entre metamorfismo y estratigrafía en la representación cartográfica de una región deben guardar un delicado equilibrio; ya que la relación entre estratigrafía y tectónica, como sistema de ordenamiento de la realidad geológica, es la base de nuestra comprensión y el vehículo de comunicación entre los geólogos.

Los mapas geológicos, basados en cartografía de formaciones litoestratigráficas, se levantan en cumplimiento de reglas definidas bastante férreas, que de no cumplirse pueden conducir a un desorden ininteligible, a la incoherencia y ambigüedad. Sin contar con una estratigrafía en escala apropiada y cartas geológicas geométricamente correctas; no hay modelo tectónico confiable que pueda construirse (Álvarez-Sánchez y Bernal, 2015, *ined.*). Ignorar la estratigrafía en la solución de tectónica de nappes, es puro error y equivale a renunciar a establecer una historia coherente y geológicamente aceptable de un territorio. Tanto más cuando se trata de una región de mantos tectónicos, compuestos por formaciones litoestratigráficas específicas.

Se conocen macizos metamórficos, pertenecientes a complejos antiguos, de alto grado metamórfico. En ellos las secuencias originales sufrieron una profunda transformación y homogeneización, con la pérdida de gran parte de sus características iniciales. En el Escambray, con su grado metamórfico bajo y su estratigrafía de margen continental sedimentario-vulcanógeno; estas situaciones son verdaderamente excepcionales, muy locales y restringidas a ciertas zonas de mélange de alta presión.

Un ejemplo del uso apropiado y aplicación razonable de las reglas de cartografía en terrenos<sup>7</sup> metamórficos en Cuba es el siguiente: Las Formaciones Jagua y Guasasa (Oxfordiano-Kimmeridgiano) de la Unidad Mestanza (Piotrowska, 1972, 1978), en la Faja Cangre (Millán y Somin, 1976; Somin y Millán, 1981; Millán, 1988) metamórfica<sup>8</sup> del borde meridional de la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental; están fuertemente reducidas de potencia. Las micritas oscuras recristalizadas se han convertido en mármoles sericíticos, moscovíticos, localmente fétidos y azufrosos,

<sup>6</sup> La naturaleza metamórfica o ígnea de una unidad de rocas, no es obstáculo para que sea denominada como una formación litoestratigráfica, en tanto se encuentre en conformidad con la Ley de Superposición (Artículo 22; NASC, 1983). Las formaciones constituidas por rocas metamórficas de bajo grado (definidas a propósito como rocas en las cuales las estructuras primarias son claramente reconocibles) son, iguales que las formaciones sedimentarias, diferenciadas principalmente por sus características líticas. Las facies minerales pueden cambiar de un lugar a otro, pero estas variaciones no requieren de la definición de una nueva formación. Las rocas metamórficas de alto grado, cuya relación con las formaciones establecidas **no esté clara**, se consideran como unidades litodémicas (ver Artículos 31 y siguientes). (Inciso h; Artículo 24. Formación. NASC). Artículo 23. Formación. 23.8. Si las facies minerales cambian lateralmente de un lugar a otro, esto no significa que se tenga que definir una nueva formación. (Código cubano de estratigrafía).

<sup>7</sup> En mi trabajo, la palabra **terreno** significa extensión, superficie, área o región. No tiene significado geológico alguno, a menos que lo indique (Nota del Autor).

<sup>8</sup> En realidad, la Unidad Mestanza carece de un estudio completo sobre el grado metamórfico de sus componentes. Se ha prestado mucha atención a las rocas verdes de la Formación Arroyo Cangre, donde se han determinado glaucofana y pumpelleita como parámetros de alta presión, pero no así en las rocas carbonatadas. (Nota del Autor).

grafíticos (Truitt y Brönnimann, 1955, *ined.*; Álvarez-Sánchez 1972, *ined.*, Pszczółkowski, 1985). La Fm. Jagua contiene finas intercalaciones de rocas volcánicas básicas (metabasitas, tufitas cataclásticas) (Piotrowski, 1977, 1987).

Situación similar presentan las Formaciones Ancón y Manacas (Paleoceno-Eoceno Inferior) en la Unidad Mestanza de la Faja Cangre, cuyos estratos, se presentan convertidos en calizas sericíticas cristalinas foliadas y esquistos metaterrígenos fuertemente aplastados (Pszczółkowski, *ibid.*). Estos rasgos metamórficos en las rocas de la Unidad Mestanza y el hecho de encontrarse tectónicamente separadas de las unidades de la Sierra de Los Órganos, no ha provocado que las Formaciones Jagua, Guasasa, Ancón y Manacas de la Unidad Mestanza, se consideren otras formaciones diferentes de sus homólogos frescos en la Sierra de Los Órganos. La Fm. Arroyo Cangre (Piotrowski, 1977), equivalente de la Fm. San Cayetano (De Golyer, 1918) en la Faja Metamórfica Cangre; se diferencia de la Fm. San Cayetano misma, solo por algunas evidencias de actividad volcánica y su metamorfismo de alta presión, no comparable con el grado incipiente de recristalización de su equivalente. Quizá fueron estas las razones para nombrar a "San Cayetano" como "Arroyo Cangre". Sin embargo, acaso no suficientes sino por causa de evitar los numerosos equívocos futuros en la literatura y en lo cotidiano, por la constante necesidad de especificar a cual "**San Cayetano**" se estaría aludiendo. Algo similar a evitar que "**Faja Metamórfica Cangre**" no se llame también "**Sierra de Los Órganos**"; a pesar de que la columna estratigráfica de la primera es prácticamente y punto por punto la misma que la segunda.

## 2.3. Nomenclatura.

En la descripción de formaciones, sigo el Código Estratigráfico Norteamericano (Edición de 2010). El Léxico Estratigráfico Cubano<sup>9</sup> (1992) contiene un esquema descriptivo<sup>10</sup>, al que hice algunos cambios en mi trabajo. En la descripción incluyo datos geoquímicos, petrológicos y tectónicos. A cuyo tenor la estratigrafía podría extenderse algo más allá de sus propósitos básicos y deslizarse hacia otros campos. En el Código Estratigráfico Norteamericano de 1983<sup>11</sup> las categorías litoestratigráficas no cambiaron pero sí las litodémicas (Tablas II y II a.). "Suite" y "litodema" fueron términos empleados en 1983. Sin embargo el término "*Suite*" se abandonó en el código 2010, por "Ensamble" con acepciones muy distantes de la estratigrafía (Diccionario Espasa-Calpe, 2005) y se desconoce en la geología de Cuba. Las unidades descritas a continuación bajo el concepto de litodemas contienen mucha discusión sobre ambigüedades que a veces se mantienen, hasta tanto se obtenga una solución aceptable para todos.

### 2.3.1. Unidades litodémicas.

La categoría estratigráfica de litodemas (American Stratigraphic Code, 1983), se aplica por primera vez en Cuba por Mlcoch y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986), para establecer la estratigrafía del Complejo Anfibolítico Mabujina. El término reaparece en un trabajo en la Cúpula de Trinidad, (Despaigne, 2009, *ined.*) donde se llamó "litodemas" a todas las formaciones definidas por Millán y Álvarez-Sánchez<sup>12</sup> (1992, *ined.*).

El siguiente intento es de Iturralde-Vinent (2011 y 2012)<sup>13</sup>, para quien todas las unidades estratigráficas del Escambray son litodemas, complicando aun más la situación (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2015). Desde mi punto de vista, la mayor parte de las unidades estratigráficas del Escambray son formaciones. Los rasgos que definen a un litodema, las condiciones formales a cumplir y las diferencias críticas existentes con una formación, se describen con claridad en el Código Estratigráfico Norteamericano. Formaciones o litodemas, son las categorías a emplear ante la realidad del metamorfismo. No obstante, ambas categorías llevan implícito el cumplimiento de requisitos. La simple mención de un nombre estratigráfico aplicado a una unidad de rocas, no la coloca ni como formación ni como litodema. Frente

<sup>9</sup> Léxico Estratigráfico de Cuba 1992". Autores: Guillermo L Franco Álvarez y otros. ISBN 978-959-7117-35-3 Editorial: Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 2011.

<sup>10</sup> Autor. Referencia original. Unidad principal. Subdivisiones. Redescrpciones. Origen del nombre. Sinonimias. Área tipo. Holoestratotipo y otros estratotipos. Coordenadas. Distribución geográfica. Litología diagnóstica. Relaciones estratigráficas. Fósiles índices. Edad, Ambiente de sedimentación, Espesor, Correlaciones.

<sup>11</sup> The American Association of Petroleum Geologists Bulletin Volume 67, Number 5 (May, 1983), p. 841-875, 11 Figures, 2 Tables.

<sup>12</sup> Ni Millán y Somin (1985ab), ni Millán y Álvarez-Sánchez (1992), ni Millán (1997), utilizaron este término durante su trabajo en el Escambray o en la región de La Sierrita. (Nota del autor).

<sup>13</sup> En el primer compendio de Iturralde-Vinent (2011), en la sección titulada "Estratigrafía del Terreno Escambray"; 17 unidades de roca descritas originalmente como formaciones litoestratigráficas se han llamado "litodemas" y en la segunda edición (Iturralde-Vinent, 2012), nuevamente tenemos 18 unidades, nuevamente colocadas arbitrariamente en esta categoría; esta vez con la suma de la Formación El Tambor (de Millán, *et al.*; en Millán y Somin, 1985 a). (Nota del Autor).

a estas alternativas lo mejor es presentar los hechos conocidos y establecer un juicio ponderado; de modo que cada estudiante del Escambray tome sus propias decisiones sobre lo que entiende en cada caso.

**Tabla. I. Categorías y rangos de las unidades. Código Estratigráfico Norteamericano (1983; Tabla 2).**

Lithostratigraphic	Lithodemic	
Supergroup	Supersuite	Complex
Group	Suite	
Formation	Lithodeme	
Member		
Bed (s)		

**Tabla.Ia. Categorías y rangos de las unidades. Código Estratigráfico Norteamericano (2010; Tabla 2).**

Litoestratigráfica	Litodémica	
Supergrupo	Superensamble	Complejo
Grupo	Ensamble	
Formación	Litodema	
Miembro		
Estrato (s)		

### 3. DATOS GEOGRÁFICOS DEL ESCAMBRAY.

El Macizo Metamórfico Escambray<sup>14</sup> (en geografía Macizo de Guamuha) es la principal cordillera de Cuba central, dentro las provincias: Cienfuegos; Sancti Spiritus y Villa Clara (**Figura 3**) y el tercer sistema montañoso más importante de Cuba y un paisaje notorio por extensos bosques, clima templado y diversidad morfológica. Además, sin duda, la región de mayor complejidad geológica de la República de Cuba y quizá del total del ámbito Caribe-Antillano. En el relieve actual el macizo se divide en dos sistemas denominados Alturas de Trinidad al occidente y Alturas de Sancti Spiritus al oriente (**Figura 4**), nombres derivados de ciudades importantes de su perímetro. El Río Agabama, de valle antecedente con cabeceras en la provincia norteña de Villa Clara, divide al grupo montañoso a través de un estrecho cauce que disecciona los sedimentos de la Cuenca de Trinidad entre ambas sistemas de elevaciones, para desembocar en la ensenada de Manatí en la costa del Caribe.

Al parecer fue Thiadens (1937) el primero que empleó los términos “cúpula” y “domo” para referirse a estas montañas. Estos apelativos se adoptaron como nombres propios según se conocen hoy, como Cúpula de Trinidad y Cúpula de Sancti Spiritus. En efecto, la primera característica de estas notables elevaciones consiste en su configuración concéntrica y ya es un tópico de la literatura geológica sobre Cuba, llamar a estas elevaciones indistintamente como domos. La cúpula occidental dobla en extensión a la oriental y tiene un contorno toscamente elíptico mientras que la oriental es aproximadamente circular y semeja una verdadera cúpula, aunque no lo sea en realidad.

Si bien las estructuras en el borde occidental de la Cúpula de Trinidad muestran una clara trayectoria curvada hacia su borde, su extremo oriental muestra proyecciones con una alineación abierta hacia la cúpula oriental; entre ellas un angosto puente estructural densamente fracturado en una tectónica de marquetería<sup>15</sup> de bloques-falla, parcialmente cubierto por los sedimentos de la Cuenca de Trinidad, que así queda dividida en dos subcuencas.

Si se traza un contorno ceñido al borde tectónico septentrional de la Cúpula de Trinidad y se prolonga hacia la oriental Cúpula de Sancti Spiritus, se puede apreciar, en esta última, un claro desplazamiento al Norte. Este rasgo no es producto fortuito e intrascendente; sino un hecho geológico significativo que se discute en este trabajo.

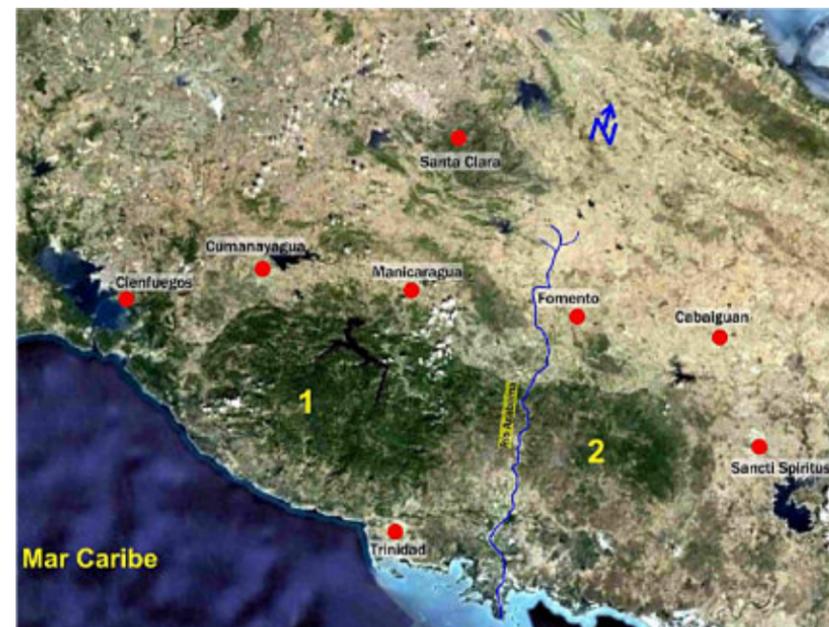
<sup>14</sup> Esta denominación se afirmó sobre los años sesenta del siglo pasado relacionada con la confusión de nombres de comarcas en el marco de acontecimientos históricos. Aunque el nombre geográfico correcto de estas montañas es Guamuha, el toponímico Escambray se emplea en la literatura geológica nacional, internacional e inédita. Guamuha es nombre indígena del arahuaco. Al parecer fue registrado en los mapas de la isla en 1873 por el geógrafo José María de la Torre como Grupo Guamuha. A pesar de que la Comisión Nacional de Nombres Geográficos de Cuba acepta el nombre de "Guamuha", Escambray se ha afianzado en la literatura, hecho que determina su inevitable uso. Por esta razón emplearé este término, o ambos, según el caso. (Nota del autor).

<sup>15</sup> Sperrholztektonik.

Visto desde el exterior de las cúpulas, las cimas se agrupan en escalones en su mayoría paralelos a los bordes tectónicos externos, con elevación creciente hacia sus centros, excepto en el perímetro meridional de la Cúpula de Sancti Spiritus. Más lejos de sus bordes las alineaciones de cimas separan largos y estrechos corredores de relieves deprimidos, a veces suavemente ondulados por colinas bajas, o por una intrincada red de contrafuertes, barrancos profundos, fluviales y pequeños collados que conectan las depresiones limítrofes y ya, hacia las partes centrales, estos accidentes transitan hacia relieves parecidos a mesetas muy accidentadas.



**Figura.3. El Escambray en las tres provincias centrales de Cuba; Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spiritus.**



**Figura.4. Imagen Google de Cuba central. 1. Alturas de Trinidad. 2. Alturas de Sancti Spiritus. Ciudades principales en el entorno.**

Tales contrastes morfológicos dependen de los cambios litológicos y del grado variable de consolidación de las zonas metamórficas. También reflejan fronteras tectónicas, sistemas de pliegue, fallas regionales, y, en algunos casos,

revelan cuerpos geológicos inferiores; tal como puede apreciarse en algunas ventanas tectónicas. Las fallas postmetamórficas o rejuvenecidas, tanto radiales como concéntricas, prácticamente no influyen en la posición de las estructuras, aunque sí en la orientación de valles fluviales. Este hecho sugiere la edad relativamente joven de gran parte de estas fallas o la activación probablemente en pulsos de otras algo más antiguas que, en parte, reflejan el levantamiento del Escambray; etapa póstuma de su formación en tiempos geológicos relativamente recientes y acontecimiento final en la evolución de este macizo metamórfico.

El área total del sistema<sup>16</sup> es de 1780 km<sup>2</sup>. A las Alturas de Trinidad corresponden 1,200 Km<sup>2</sup> y a las de Sancti Spiritus 580 Km<sup>2</sup> ( $\approx 1/2$ ). Las elevaciones máximas corresponden a la occidental, con el Pico San Juan (o La Cuca) de 1,156 msnm (f. Acevedo González, 1968) (**Figura 5**), punto culminante en Cuba central; seguido del Pico La Cueva con 1072 msnm (Acevedo González, *ibid.*) seguido del Pico de Potrerillo de 931 msnm. Las Alturas de Sancti Spiritus son menos elevadas, con su punto culminante en las Lomas de Banao (**Figura 6**) con 843 msnm.

El eje largo de las Alturas de Trinidad, medido desde Las Moscas al Oeste hasta el poblado de Meyer en el Valle del Agabama es de  $\pm 53$  km; mientras su eje corto en la transversal por la zona central es de  $\pm 31$  km (razón de  $1.71 >$  de 1). Mientras, los ejes de las Alturas de Sancti Spiritus desde Meyer hasta el Cacahual (W-E) y desde la Hermita hasta el Pedrero (S-N) alcanzan  $\pm 25$  km y  $\pm 23$  Km ( $1.08 \approx 1$ ), respectivamente. El eje E-W máximo es de  $\pm 80$  km. Para comparación;  $\pm 166$  km de la Cordillera de Guaniguanico y  $\pm 200$  km de la Sierra Maestra de Cuba oriental (la cordillera volcánica).

En ambas cúpulas abundan las cumbres entre 600-700 msnm; frecuentes entre 500-600 msnm y muy comunes algo mayores de 400 m. Si bien estas cotas no son muy destacables, las elevaciones relativas pueden llegar a ser grandes. No es rara la diferencia de altura relativa entre valles y cimas de 500 m y bastante comunes de 300 m, con valores de pendiente  $\pm 20-30^\circ$ , hasta  $90^\circ$ , en el relieve cárstico.



Figura.5. Skyline del Pico San Juan en la zona central de las Alturas de Trinidad.



Figura.6. Vista desde el Sur de las Alturas Sancti Spiritus. Lomas de Banao.

#### 4. ESTRUCTURAS CIRCUNDANTES.

Varias estructuras importantes rodean al Escambray (**Figura 7**). El Complejo Mabujina y el Arco Volcánico de Zaza son parte en la estructura del Escambray. Lo rodean y se le superponen. Las cuencas de Cabaiguán, Cienfuegos y Central forman un recuadro externo orientado por fallas, mientras la Cuenca de Trinidad yace entre las cúpulas, es la única que descansa sobre el Escambray. Aunque descripciones detalladas de la geología de estos complejos regionales no forma parte de este trabajo, es de utilidad disponer de alguna breve información al respecto ya que forman su marco geológico.

##### 4.1. Complejo Anfibolítico Mabujina y Arco Volcánico de Zaza.

El Complejo Anfibolítico Mabujina rodea al Escambray con su afloramiento más extenso al Norte de la Cúpula Trinidad. También se conocen afloramientos en el valle profundo del Río Agabama; al sur de Yaguanabo (cúpula occidental) y al sur de Banao (cúpula oriental). Su contacto con el Escambray es tectónico, muy brusco y sin transiciones. Con el Arco Volcánico de Zaza (AVZ) el contacto es tanto intrusivo (Kantchev *et al.*, 1974; Maximov *et al.*, 1968; Pavlov, 1970) como tectónico (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Su metamorfismo de alta relación T/P contrasta con el Escambray de condiciones inversas. La potencia del complejo es considerable: Más de 2,000 m (Shervakova *et al.* 1974); 3,500 a 4,000 m al norte del Escambray (Mlcoch, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Las anfibolitas y los cuerpos ácidos estrechamente relacionados con las anfibolitas fueron agrupados en dos Suites<sup>17</sup> (Mlcoch y Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). La Suite Anfibolítica Mabujina<sup>18</sup> (SAM) y la Suite Intrusiva Manicaragua (SIM) (**Figura 8**). De ellas fue separada la Fm. Porvenir (Mlcoch y Álvarez-Sánchez, *ibid.*) de esquistos verdes metavulcanógenos, perteneciente con gran probabilidad a la Zona Zaza.

La Suite Anfibolítica Mabujina agrupa los protolitos de lavas básicas (**Figuras 9**) y algunos derivados de tobas (**Figura 10**) y sedimentos. Consta de los litodemas: Anfibolitas Hanabanilla. Gabroanfibolitas y Metadioritas Jicaya y Gabros y Peridotitas La Lima y se encuentra dividida en franjas alargadas con dirección NW-SE por las intrusiones de plagiogranitos y de cuarzdioritas de la Suite Intrusiva Manicaragua.

Esta última dividida en los Litodemas: Cuarzdioritas El Quirro; Plagiogranitos Piedras y Granodioritas Cumanayagua. Las anfibolitas se consideran como el fundamento metamorfozado del Arco Volcánico de Zaza, causado por el

<sup>17</sup> Según North American Stratigraphic Code, 1983.

<sup>18</sup> El nombre "Mabujina" se deriva del Río Mabujina, que atraviesa la faja metamórfica de Norte a Sur en su parte oriental. El Complejo Anfibolítico Mabujina fue llamado "Complejo Anfibolítico" por Maximov (1968), Boyanov *et al.*, 1975 y Kantchev *et al.* 1978. Mlcoch (en Stanik, *et al.*, 1981) nombró a las anfibolitas e intrusiones ácidas "Zona Estructuro Facial Manicaragua". Millán y Somin (1981) cambiaron el nombre por "Complejo Anfibolítico de Mabujina".

<sup>16</sup> Existen varias cifras contradictorias sobre el área del Escambray en diversas fuentes. Las presentadas aquí son las cifras oficiales de la Expedición Escambray I (Cuba-Checoslovaquia; de 1981). (Nota del Autor).

termalismo de las intrusiones ácidas del arco (Somin y Millán, 1979 y otros trabajos sucesivos) y por Mlcoch (en Stanik *et al.*, 1981), Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1981, y otros.

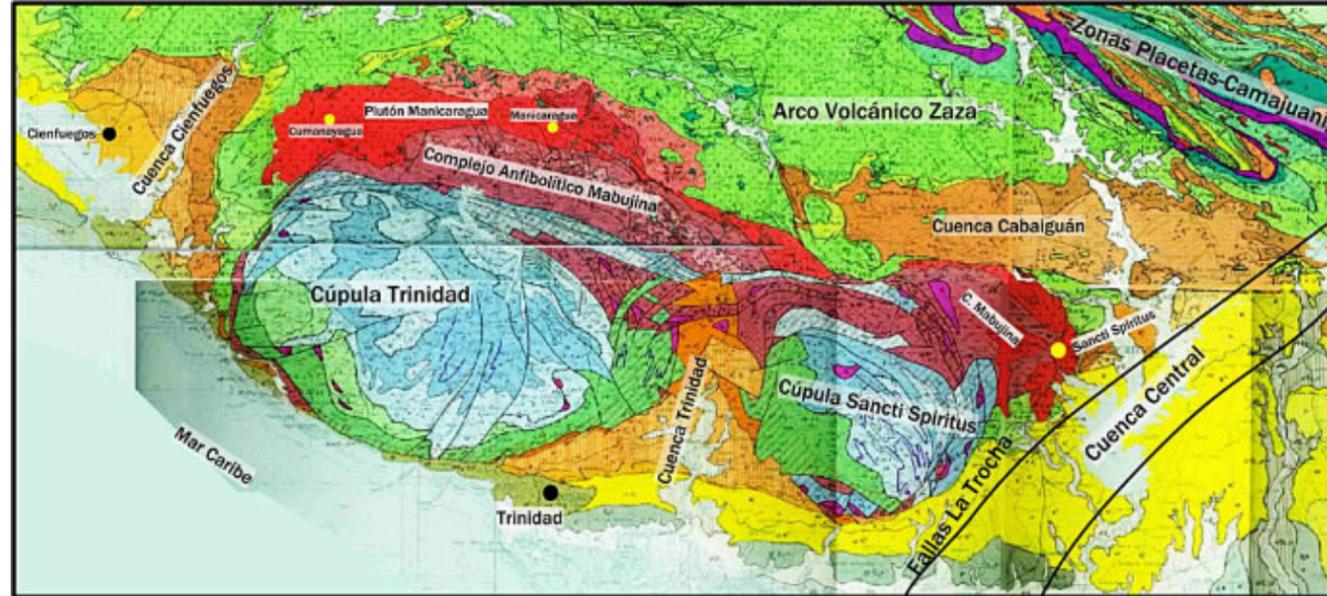


Figura.7. Estructuras del marco geológico del Escambray en el Mapa Geológico de Pushcharovski *et al.*, 1988.

Su edad se supuso muy antigua (Precámbrico o Paleozoico) o no muy diferente a la base del arco Zaza. Mlcoch (en Stanik *et al.*, 1981) sugirió una edad probable Tithoniano hasta Albiano, concluyendo que la parte superior de la SAM no era más joven que Cretácico Inferior.

Muestras de anfibolitas bandeadas, contenían palinomorfos (Dublan *et al.*, 1988), cuya asociación establece un rango más característico para el Jurásico, sobre todo al Jurásico Medio. En el contacto del AVZ con las anfibolitas, yace la Fm. Los Pasos (Valanginiano-Barremiano) (Zelepuguin *et al.*, 1982) cubierta por la Fm. Mataguá (Aptiano-Albiano), (Wassall, en Brönnimann y Pardo, 1954). Desde el sur de las Lomas del Regidor hasta la región de Arimao al oeste (Figura 11) el contacto tectónico entre ambos complejos dibuja un extenso arco de falla, que buza al NE, N y NW respectivamente.

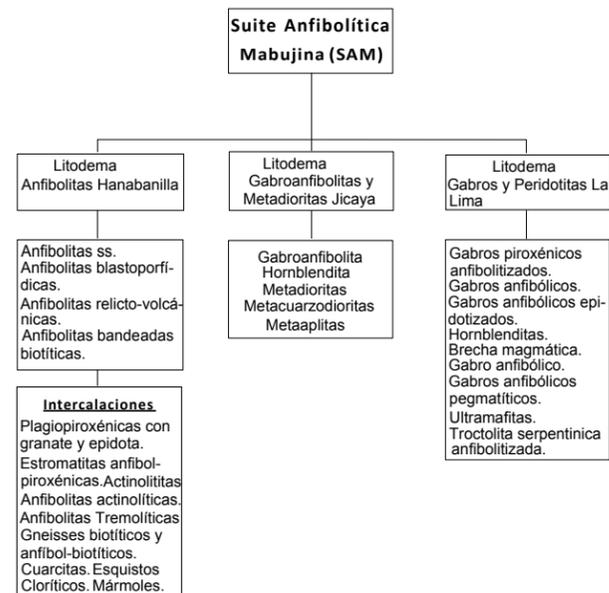


Figura.8. Diagramas de la división y miembros de los complejos Anfibolítico y de intrusiones ácidas correspondientes a la nomenclatura primaria empleada por Mlcoch y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986).

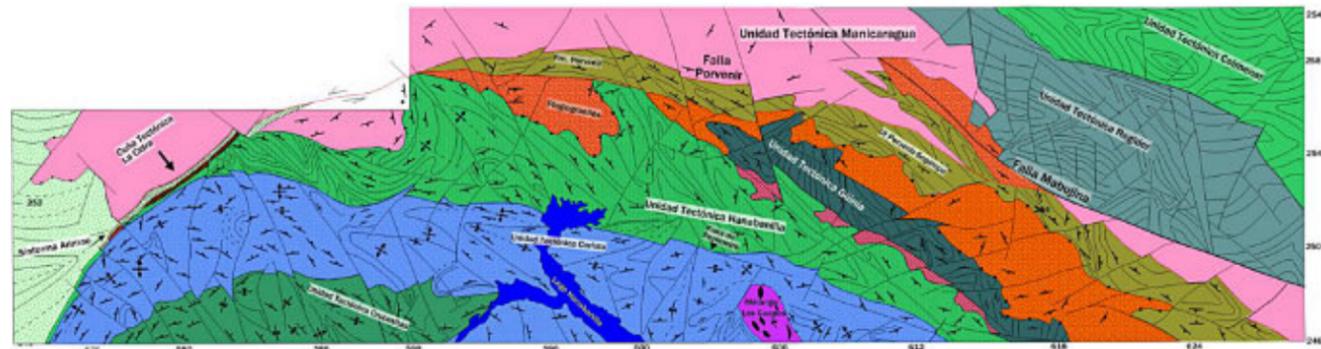


Figura.9. Anfibolitas bandeadas inyectadas por aplopegmatitas. Litodema Anfibolitas Hanabanilla. Valle del Río Yayabo. Oriente de la Cúpula de Sancti Spiritus (Foto cortesía de Y. Rojas Agramonte).



Figura.10. Anfibolitas bandeadas biotíticas estratificadas intercaladas con gneiss. Litodema Anfibolitas Hanabanilla de la Suite Anfibolítica Mabujina. Carretera Manicaragua-Hotel Hanabanilla (Foto de B. Mlcoch, 1981).

Entre las anfibolitas y las vulcanitas se extiende la Unidad Tectónica Porvenir-Sopimpa (**Figura 11**), ocupada por las metavulcanitas andesíticas de la Fm. Porvenir, comparables con las anfibolitas de bajo grado, supuesto que sugiere que Porvenir podría representar una transición entre las anfibolitas albito-epidóticas y las vulcanitas no metamórficas del cinturón volcánico. Indicios que parecen confirmarlo se destacan en la Cuña Tectónica La Cidra; una estructura de cizallamiento lateral en contacto directo con el Escambray, donde ocurre un mélangé tectónico de escamas de la Fm. Porvenir mezcladas con cuerpos de la Fm. Las Calderas (Albiano a Turoniano) (de Dublan, en Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*) que pertenece netamente al Arco Volcánico de Zaza. Al parecer la Fm. Porvenir, en efecto, puede representar, por una parte la sección más alta del Complejo Mabujina y por la otra una transición con las vulcanitas de Zaza, que debió existir antes de la intrusión principal de las granodioritas.



**Figura.11. Mapa de Unidades Tectónicas 1:100,000. Expedición Escambray II. (Según Álvarez-Sánchez y Dublan. Anexo 14 en Dublan y Álvarez-Sánchez et al. 1986).**

**Unidad Tectónica Carlota:** Desarrollada en el borde septentrional de la Cúpula de Trinidad. Formaciones Loma La Gloria, Cobrito y La Chispa. Mármoles del Grupo San Juan. Esquistos Algarrobo. Rocas cristalinas eclogíticas, glaucofanitas y cuerpos de serpentinitas. Mélangé Los Guapos. Anfibolitas Yayabo. Cabalga a la Unidad Crucecitas. Metamorfismo HP.

**Unidad Tectónica Crucecitas:** Se extiende hasta el SW de la Cúpula occidental. Formaciones Mayarí y Collantes. Formaciones Loma Quivicán, La Sabina y El Tambor. Masas de metabasitas y serpentinitas en forma de mélanges tectónicos sesgadas por superficies de blastomilonitas. Metamorfismo de grado variable en la facies de esquistos verdes (Zona de Lawsonita).

**Unidad Tectónica Habananilla:** Comprende la mayor parte de las anfibolitas bandeadas biotíticas, blastoporfídicas, gabroanfibilas, gneises de más alto grado metamórfico; casi todos los gabros horbléndicos y la mayor parte de las Cuarzodioritas El Quirro. Hacia el occidente la unidad contacta sucesivamente con la Unidad Porvenir-Sopimpa por una superficie tectónica bruscamente discordante; con las Granodioritas Cumanayagua que invaden su tope al parecer en contacto magmático y finalmente se pone en contacto tectónico con la Cuña La Cidra, formando un mélangé de escamas de granodioritas, de Fm. Porvenir y de la Fm. Las Calderas que pertenece al Arco Volcánico de Zaza. Metamorfismo desde la facies de anfibolitas almándinicas hasta las anfibolitas epidóticas. **Unidad Tectónica Güinía:** En ella prevalecen las anfibolitas s.s., asociadas a una parte de las anfibolitas bandeadas y blastoporfídicas que se encuentran estrechamente asociadas a las metacuarzodioritas. Por su borde norte se colocan los cuerpos principales del Litodema Plagiogranitos Piedras, que parecen invadir su parte superior. El límite sur se destaca por un contacto recto y abrupto con anchas fajas del Litodema Cuarzodioritas El Quirro, muy foliadas y milonizadas. Metamorfismo correspondiente a la facies de las anfibolitas epidóticas-albíticas (Zona 3 del Metamorfismo).

**Unidad Tectónica Porvenir-Sopimpa:** Formada por metavulcanitas andesíticas hasta basálticas (bimodal) con intercalaciones de metasiliticas y metaterrígenos de la Fm. Porvenir. Estas rocas muestran una transición hacia las anfibolitas porfídicas y son muy análogas con las anfibolitas de bajo grado metamórfico albito-epidótico extendidas desde el sur de Manicaragua hasta Sopimpa, unidas por una continuidad con la Fm. Porvenir. Esta situación sugiere un término de transición hacia las anfibolitas de más alto grado hacia el interior del complejo y al mismo tiempo y por el otro extremo, una transición con las vulcanitas no metamórficas de Zaza. Metamorfismo de facies de esquistos verdes hasta anfibolitas albito-epidóticas.

**Unidad Tectónica Manicaragua:** Incluye el cuerpo principal de la gran intrusión de las granodioritas (Litodema Granodioritas Cumanayagua), emplazada entre los complejos de Mabujina y el arco Zaza. Por su edad relativa y respecto a las deformaciones regionales aparece poco deformada en contraste con los Plagiogranitos Piedras, hecho que puede indicar un carácter algo más tardío, similar a un emplazamiento posttectónico. Sus contactos son intrusivos con las vulcanitas o se encuentran modificados por fallas importantes (Falla Mabujina). Con las anfibolitas se repiten estas condiciones.

**Unidad Tectónica Regidor:** Se desarrolla sobre las Lomas del Regidor y esta formada por la Fm. Los Pasos, ácida bimodal y la parte inferior de la Fm. Mataguá, básica predominante. La Unidad se hunde hacia NE con una pendiente general de 40-50°; ambas formaciones pertenecientes a la sección inferior del arco volcánico.

**Unidad Tectónica Colmenar:** Esta unidad contiene a las Formaciones Mataguá y Provincial, ambas con un marcado contraste de estilo tectónico de plegamiento con la Unidad Regidor de formas más apretadas y pliegues de cierre agudo. Las estructuras de Colmenar, fuera del contacto con la Fm. Los Pasos se desarrollan en forma de pliegues abiertos, incluso braquiformas con inclinaciones de los flancos entre 20-30°.

**Sinforma Arimao:** Forma una gran estructura sinclinal perteneciente al arco Zaza. El núcleo está ocupado por la Fm. Arimao y los flancos por la Fm. Las Calderas. Por el sur y este yace en contacto tectónico con la Unidad Habananilla fuertemente triturada y reducida de potencia. Hacia el NE se relaciona con las Granodioritas Cumanayagua mediante contactos intrusivos algo modificados por tectónica, mientras hacia el oeste se sumerge, cubierta por los sedimentos de las formaciones de la base de la Cuenca de Cienfuegos.

**Cuña Tectónica La Cidra:** Forma parte del Sistema de Fallas Porvenir Sopimpa. Se trata de una franja estrecha de estructura muy complicada integrada por un mélangé tectónico, compuesto de bandas de rocas milonizadas de potencia decamétrica hasta hectómetros de granodioritas, anfibolitas y rocas de las Formaciones Porvenir y Las Calderas. La estructura es producto del movimiento lateral de cizallamiento izquierdo con relación a movimiento de la Cúpula de Trinidad hacia el norte y giro antihorario.

#### 4.2. Cuenca de Trinidad.

Se trata de una estrecha depresión pespunteada por fallas, con las características tectónicas, geomorfología y tipo de sedimentación, propia de un graben simétrico<sup>19</sup> con su eje N 30°O. El relleno consiste de flysch arenoso-calcáreo del Eoceno Inferior a Eoceno Medio (Fm. Meyer). Este se cubre por flysch transgresivo del Eoceno Superior-Oligoceno Inferior y hacia el sur ambos yacen bajo unidades más jóvenes de la Cuenca de Trinidad compuestas por sedimentos transgresivos de facies someras del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior. La cuenca separa las cúpulas metamórficas y está dividida por un estrecho puente estructural perpendicular al valle del Agabama, compuesto por un complicado sistema de bloques-falla donde afloran rocas del Escambray yacientes bajo anfibolitas del Complejo Mabujina, vulcanitas del Arco de Zaza, por ese orden y locales restos del flysch. Este puente que conecta las cúpulas a su vez divide la Cuenca de Trinidad en dos subcuencas. El segmento meridional de la cuenca en la profundidad del corte, yace directamente sobre el macizo metamórfico. La subcuenca septentrional además, también descansa sobre las anfibolitas de Mabujina. Según Stanik *et al.*, 1981, el origen de la cuenca podría relacionarse o estar controlada por la Falla Agabama de rumbo N-S, que por su rumbo y extensión debe considerarse externa al Escambray.

#### 4.3. Cuenca de Cienfuegos.

La Cuenca de Cienfuegos, al oeste de la Cúpula de Trinidad, se orienta al NE unos 20-30°, coincidente con un máximo de 40-70 mlg (Soloviev *et al.*, 1964). La columna estratigráfica debuta por conglomerados vulcanoclásticos (Stanik *et al.*, 1981)<sup>20</sup>, areniscas tufíticas y lutitas con lignito. La edad es Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior, con potencia entre 20 a 100 m (Fm. San Pedro, Kantchev *et al.*, 1978). Sobre ellas yacen margas y calizas bioclásticas cubiertas por margas y calizas detríticas-micríticas del Maastrichtiano, con fragmentos volcánicos finos. La sedimentación carbonatada y clástica se extiende desde Maastrichtiano hasta el Eoceno medio. Se depositan margas, arcillas bentoníticas, tobas vitroclásticas, brechas-conglomerados, calizas microgranulares, gravelitas y limolitas. Las brechas-conglomerados forman capas con fragmentos hasta 0.5 m, en cuyo caso se trata de brechas compuestas volcánicas, fragmentos de cuarzo, calizas detríticas y **dioritas** reportadas por Kantchev *et al.*, (1978). La potencia alcanza entre 600 a 800 m y esta cubierta discordantemente por formaciones del Eoceno Superior-Oligoceno Inferior. **El substrato vulcanógeno de la cuenca** se expone al Este en el Sinclinario Arimao, donde las vulcanitas se proyectan por debajo de la cuenca con un ángulo de 15-25°.

#### 4.4. Cuenca de Cabaiguán.

Se extiende con su eje principal E-W al Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus de cuya borde norte apenas dista unos 8 Km. Calizas micríticas-esparíticas, areniscas, margas y conglomerados-brechas vulcanoclásticas; generalmente pórfidos andesíticos forman la base estratigráfica. La edad es Maastrichtiano Superior (Kantchev *et al.*, 1978; Stanik *et al.*, 1981). A continuación se depositan calizas micríticas a margas violáceas, areniscas vulcanomícticas y tobas zeolitizadas de edad Paleoceno Inferior (Kantchev, *ibid.*; Stanik, *ibid.*) o Paleoceno Superior (Franco-Álvarez *et al.*, 1992). A esta sección sigue una potente unidad depositada en condiciones de gran inestabilidad tectónica y en un medio profundo. La edad es Paleoceno Inferior-Eoceno Inferior, conocida como la Fm. Bijabo<sup>21</sup>, ocupando grandes extensiones en la cuenca y descansando discordante sobre el Complejo Anfibolítico Mabujina, el Arco Volcánico Zaza y cubierta discordantemente por formaciones del Oligoceno Superior- Mioceno Inferior. La base consiste de conglomerados-brechas de clastos y bloques decimétricos a métricos de porfiritas y tobas y en menor grado mármoles y metaareniscas del Escambray, anfibolitas Mabujina y granitoides del plutón de Manicaragua. En algunos casos el 95% de los clastos métricos consisten de granitoides hasta olistolitos de granitoides de 1000 x 260 m (Stanik *op cit.*). En general esta unidad está representada por secciones de olistostromas y de flysch, con el carácter

<sup>19</sup> Mapa Geomorfológico de Cuba 1:1 000 000.

<sup>20</sup> Es extraño que varios autores citan a Kantchev *et al.*, 1978, afirmando que ellos no encontraron fragmentos de serpentinitas, esquistos cristalinos o granitoides, referidos por Kantchev en la Formación San Pedro (Stanik *et al.*, 1981; Dublan (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Kantchev dijo todo lo contrario ("en los conglomerados no hay fragmentos de serpentinas, granitoides o esquistos cristalinos"; Kantchev *et al.*, 1978; pag. 605).

<sup>21</sup> En este trabajo se ha empleado la nomenclatura y la descripción según Stanik *et al.*, (1981): Formación Bijabo (de Wasall, 1955). Esta unidad tiene varias sinonimias que no se han resuelto definitivamente. En el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco-Álvarez *et al.*, 1992) se emplea el nombre "olistostroma Taguasco" (informal) que es un término estratigráficamente inapropiado. (Nota del Autor).

rítmico, turbidítico de los sedimentos, incluso, contornitas (Valecka, en Stanik *ibid.*) Los conglomerados polimícticos del techo se presentan como cuerpos de algunos decímetros hasta menos de 3 m y están formados por clastos de vulcanitas en matriz de marga y calcarenitas. Estos conglomerados se diferencian de la sección de olistostromas por su espesor pequeño y por la ausencia de clastos del Escambray y Mabujina. Según Kantchev *et al.*, (1978) el espesor es de 1,000 a 1,500 m.

#### 4.5. Cuenca Central.

Muy próxima al Este de la Cúpula de Sancti Spiritus se encuentra la Falla La Trocha, conocida desde mucho tiempo (Pardo, 1953; 1975; Hatten, 1967; Draper y Barros, 1994) interpretada como de deslizamiento lateral siniestro. Se trata de un accidente importante en la estructura geológica de Cuba central que limita hacia el oeste el Graben La Trocha (Pardo, *ibid.*) o Cuenca Central. Las resultantes principales del movimiento indican las direcciones NO y NE, típicas de la mayor parte de los sistemas de fallas conjugadas del territorio de la isla. En el campo gravitacional se relaciona con anomalías negativas intensas de rumbo NE (Soloviev *et al.*, 1964). Según Cruz-Orosa & Blanco Moreno (2007) la falla fue originada bajo un campo de compresión, más activo en la región occidental de la falla. Esta circunstancia ya estaba atestiguada por los resultados de todos los levantamientos detallados realizados en esta región por décadas (Pardo, 1953, 1954; Stanik *et al.*, 1981; Vasilev *et al.*, 1989 y en este documento). El tramo Sur de Falla La Trocha, señala el límite estrecho más próximo a la Cúpula de Sancti Spiritus que separa esta cúpula del graben, con rumbo N30°E (Cruz-Orosa & Blanco Moreno, *op cit.*). Este es el rumbo aproximado del eje de la Cuenca de Trinidad. La Falla Agabama, de edad probable mastrichtiana, según Stanik *et al.*, 1981 es diestra. Si esto es correcto, es posible que el desplazamiento considerable de la Cúpula de Sancti Spiritus hacia el Norte establezca una relación solidaria entre estas dos fallas, como resultante de los movimientos opuestos, dentro de cuyos límites se encontraba la cúpula oriental.

El relleno de la cuenca a partir del Campaniano alcanza sobre 3,000 (Cruz-Orosa *et al.*, 2011) y yacen en discordancia sobre el arco volcánico que forma su base.

#### 5. LA HISTORIA PREVIA.

Al inicio de los 70s todo lo que sabíamos de la estratigrafía del Escambray quedaba enmarcado dentro del término; "Complejo Carbonatado Terrígeno" (Somin y Millán, 1969; Millán, 1973); cualitativamente no muy diferente de "Series of Crystalline Schists" (Thiadens, 1937); "Trinidad Schists" (Palmer, 1945); "Crystalline Schists of the Trinidad Series" (Hatten *et al.*, 1958); "Serie Trinidad-Sancti Spiritus" (Rigassi-Studer, 1961); "Trinidad Formation" (Khudoley y Meyerhoff, 1971).

Las edades del complejo metamórfico desde las primeras menciones sobre la geología de esta región eran consideradas muy antiguas (Tabla II). Con la excepción de Thiadens (1937) y Hill (1959) la mayor parte de los autores consideraban edades del Precámbrico y Paleozoico para las rocas del Escambray. Los mapas geológicos del Escambray eran prácticamente inexistentes o limitados a regiones o áreas pequeñas.

El primer mapa geológico de cierta consistencia y detalle cubría el NW de la Cúpula de Trinidad y fue publicado por Hill (1959)<sup>22</sup>, acompañado por un estudio de las serpentinitas del Escambray, sin precedentes en trabajos anteriores. Una investigación de gran importancia, poco conocida y menos citada; de carácter diferente a las investigaciones previas, por su contribución a la cuestión de las rocas ultramáficas del Escambray; un tema completamente actual en la geología de esta región.

**Tabla. II. Edades supuestas para la sección estratigráfica del Macizo Metamórfico Escambray.**

Autor	Año	Edad
Fernández de Castro	1881	Silúrico a Carbonífero
Hayes, Spencer y Vaughan	1896-1901	Paleozoico
Allende	1928	Precámbrico!

<sup>22</sup> Primer reporte de plegamiento isoclinal en el Escambray. (Nota del Autor).

Lewis	1932	Paleozoico
Thiadens	1937	Jurásico Superior-Cretácico Inferior
Palmer	1945	¿ Paleozoico?
Weyl	1950	Paleozoico
Hill	1959	Mesozoico
Rigassi-Studer	1961	Paleozoico?
Khudoley y Furrázola-Bermúdez	1968	Jurásico Inferior-Medio
Maximov <i>et al.</i> ,	1968	Proterozoico
Kumpera & Svork	1969	Paleozoico
Millán	1978	Jurásico-Cretácico Inferior
Stanik <i>et al.</i>	1981	Jurásico-Cretácico

#### 5.1. Estratigrafía de la Expedición Escambray I.

En 1976 la primera expedición Cuba-Checoslovaquia, comenzó el levantamiento del mapa geológico 1:100,000 de gran parte del territorio de las provincias centrales concluido en 1981. El territorio abarcado se extendía sobre las regiones de Trinidad-Sancti Spiritus; parte del cinturón ultramáfico de Cuba central y las cuencas de Cienfuegos y Cabaiguán (Figura 12). El nombre oficial de esta campaña fue "Escambray I", con Evsen Stanik como su geólogo jefe más conocido.

En ese mismo año, 1976, J. Zhaloupsky (en Stanik *et al.*, 1981) propuso abandonar la estratigrafía basada en dos secciones litológicas, metaterrígena y carbonatada, (con intercalaciones vulcanógenas) y nombró tres unidades en la Cúpula Trinidad; denominadas: Fm. Sopapo (J<sub>1</sub>-J<sub>3</sub>), de la base. Fm. San Juan (J<sub>3</sub>) de la sección media y Fm. Yaguanabo (K<sub>1</sub>) en el tope del corte.

La Fm. Sopapo, en transición hacia la Fm. San Juan suprayacente, comprendía los metasiliciclásticos con metavulcanógenos. La composición se integraba por secciones de metaareniscas, metapelitas, esquistos verdes metatufogénicos y metaconglomerados; con estratificación más gruesa en la parte inferior y más fina en la superior; de base desconocida y probablemente acumulada sobre un fundamento síalico o en su borde. Se representaba en contacto con una transición rápida hacia la Fm. San Juan suprayacente o en contacto tectónico con los mármoles y esquistos calcáreos de esa Fm.. El espesor estimado máximo fue de 100 a 200 m.

En 1980 B. Koverdinsky (1980, en Stanik *et al.*, 1981) separó un corte de cuarcitas bandeadas grafiticas en contacto con la Fm. San Juan, en la parte periférica NE de la Cúpula de Sancti Spiritus. La corrida de estas cuarcitas se extiende por unos 15 Km., con un espesor real estimado de 30 m; 100 m por plegamiento isoclinal. Esta sección fue considerada como un miembro de la Fm. Sopapo (Miembro Yagruma; 1980, en Stanik, *ibid.*).

La Fm. San Juan, epicontinental y edad supuesta Jurásico Superior, se integraba por los mármoles bituminosos y esquistos carbonatados grafiticos, en parte análogos de la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental. La unidad fue dividida en dos secciones: La superior (90 m) compuesta por mármoles gris oscuro de capa gruesa de grano fino hasta grueso, a veces bituminosos, e intercalaciones de silicitas grafiticas. El espesor estimado de 200-300 m, tanto primario como por engrosamiento tectónico.

En la zona de Loma Quivicán y al SE de Jibacoa, en la Cúpula de Trinidad, J. Suchánek (Suchánek, 1978, en Stanik 1981) separó una sección de mármoles gris claro, hasta blanco grisáceo, rosados y rosado violeta con intercalaciones de filitas cloríticas verdosas, referidos al paquete inferior de la Fm. San Juan. El espesor entre 10-20 m. Este corte de mármoles coloreados fue llamado Miembro Villa Olímpica de la Fm. San Juan<sup>23</sup>. Fm. San Juan. El espesor entre 10-20 m. Este corte de mármoles coloreados fue llamado Miembro Villa Olímpica de la Fm. San Juan<sup>24</sup>.

B. Koverdinsky (Koverdinsky 1980, en Stanik 1981) resaltó diferencias faciales para el corte de los mármoles San Juan en la Cúpula de Sancti Spiritus, a las que nombró: Facies Ambrosio y Pitajones de la Fm. San Juan. La Facies Pitajones se señaló como característica del SW y margen de la cúpula y comprendía mármoles masivos, en tránsito hacia esquistos carbonatados, con intercalaciones de cuarcitas de grano fino en la franja marginal. El espesor de 100-180 m parecía formar la parte superior de la sección, yacente sobre la Facies Ambrosio. La Facies Ambrosio, de la parte

<sup>23</sup> Millán y Somin también consideraron que estos mármoles coloreados tenían la misma edad que los mármoles oscuros jurásicos (Millán y Somin, 1976; pag. 7). Más tarde estos mármoles fueron llamados Formación Loma Quivicán (de Millán y Somin, 1981) de edad supuesta Cretácico. (Nota del Autor).

<sup>24</sup> Millán y Somin también consideraron que estos mármoles coloreados tenían la misma edad que los mármoles oscuros jurásicos (Millán y Somin, 1976; pag. 7). Más tarde estos mármoles fueron llamados Formación Loma Quivicán (de Millán y Somin, 1981) de edad supuesta Cretácico. (Nota del Autor).

central de la cúpula, se distinguía por mármoles gris oscuro, macizos a esquistosos, groseramente estratificados de aspecto rítmico y grano medio hasta grueso, con texturas brechosas centimétricas en la periferia de los cuerpos. Espesor entre 35 a 150 m. aumentando en la parte SE de la Cúpula de Trinidad y Sancti Spiritus, donde oscilaba entre 200-300 m.

La Fm. Yaguanabo, una potente sección vulcanógena, nunca antes reconocida en el Escambray, fue propuesta inicialmente por J. Zhalousky (1976, en Stanik *et al.*, *op. cit.*). La unidad descansa sobre la Fm. San Juan mediante el cambio de los mármoles de San Juan a mármoles con esquistos gráficas e intercalaciones de esquistos verdes, en la transición<sup>25</sup>.

En la descripción original Yaguanabo se representa dividida en dos partes; inferior y superior y, estas a su vez, en varios paquetes litológicos. La parte inferior, de espesor primario estimado de 150-200 m, se consideraba como la transición con la Fm. San Juan, a causa de la mayor incidencia de intercalaciones carbonatadas y terrígenas, alternadas con esquistos cloríticos con albita, moscovita, actinolita-epidota, biotita esfena, granate y glaucófana local. La parte superior estaba representada por una sección eminentemente volcánica, tanto lavas como tobas, de composición media, básica y menos frecuentemente casi ultrabásica, en este caso más típica de la Cúpula de Sancti Spiritus. En el Valle de Yaguanabo localidad tipo de la Formación (inmediaciones de La Sierrita-San José) y en San Blas-Hoyo de Padilla, se encuentran los esquistos básicos clorito-actinolíticos recristalizados a anfibolitas, desde granatíferas hasta glaucofánicas zoisíticas. La sección se estimó de un espesor de 1000 a 1500 m por plegamiento, según los resultados de la gravimetría; rectificadas a 300-600 iniciales.

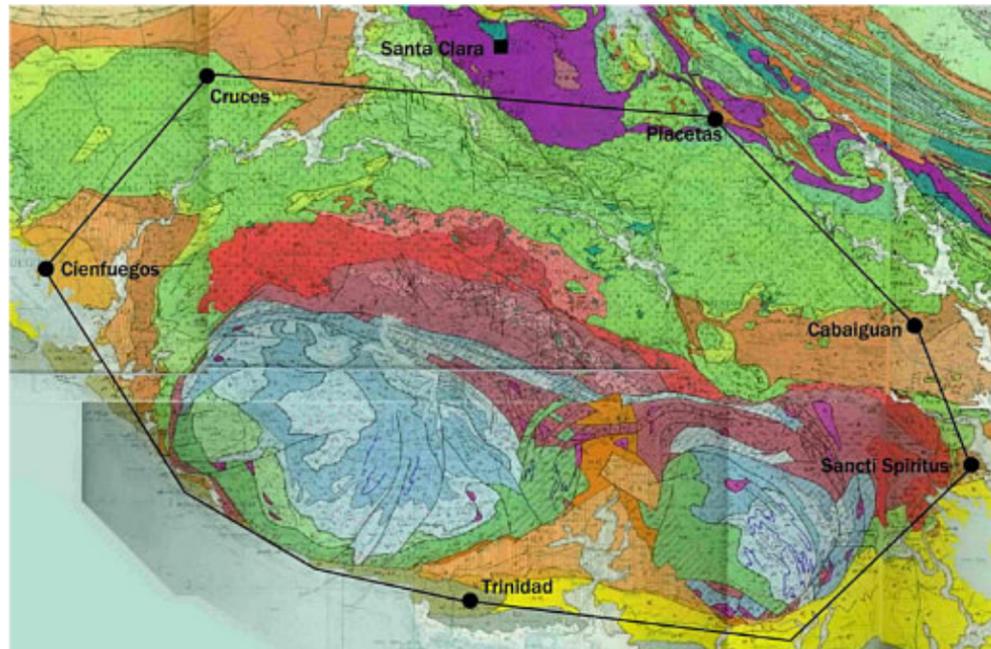


Figura.12. Área aproximada de las estructuras abarcadas por el levantamiento Escambray I en las Provincias de Cienfuegos, Villa Clara y Sancti Spiritus. Macizo Metamórfico Escambray. Complejo Anfibolítico de Mabujina. Plutón Granodiorítico de Manicaragua. Arco Volcánico de Zaza. Cuencas de Cienfuegos, Santo Domingo, Trinidad y Cabaiguan (Mapa Geológico de la República de Cuba 1:250,000 de 1988).

Esta importante reforma estableció, por primera vez, la verdadera **división tripartita** de la estratigrafía del Escambray y la primera identificación de una formación vulcanógeno-sedimentaria, yacente sobre los mármoles, dando punto final a las dudas sobre la existencia de vulcanismo, incluso subaéreo, en el Escambray.

Los esquistos Algarrobo (Millán y Somin, 1978) de naturaleza polimineral bastante exótica, fueron incluidos en el mapa geológico de la expedición Escambray I, sin precisar su origen ni su posición estratigráfica. Se trata de cuerpos de esquistos granulares poliminerales, entre los que son frecuentes albita, cuarzo, calcita, granate, moscovita, zoisita, clinopiroxeno, horblenda, glaucófana, con varios accesorios. Los geólogos de la Expedición los consideraron como

integrados a un manto tectónico de alto grado metamórfico, si bien, este concepto, es de hecho discutible. Esta unidad constituye un tema polémico aún no resuelto que es tratado con cierta amplitud en el presente trabajo.

Igual consideración recibieron las Anfibolitas Yayabo (Millán, 1978b), casi exclusivas del NE de la Cúpula Sancti Spiritus. Su origen, posición estratigráfica y edad no se han resuelto. Al igual que los esquistos Algarrobo, son parte de las muchas incógnitas pendientes de aclarar en este macizo. Por su composición primaria son lavas básicas, convertidas a esquistos de horblenda, zoisita, granate, glaucófana, epidota, albita y micas blancas, con intercalaciones de metasilicitas bandeadas. Stanik *et al.*, 1981, al discutir el posible origen sugiere que estas anfibolitas podrían derivarse de la Fm. Yaguanabo o ser semejantes a ella o que pertenezcan a la Fm. Sopapo; *en cuyo caso serían las metavulcanitas comparables con el magmatismo jurásico en la Faja Cangre (Millán y Somin, 1976) de Cuba occidental*. Estas rocas son tratadas en los siguientes capítulos de esta obra.

Durante Escambray I, los derivados de protolitos básicos y considerados en su mayoría en asociación con la Fm. Sopapo, fueron también reconocidos y cartografiados, pero con incertidumbre respecto a la posición estratigráfica y su posible origen. En parte estas rocas incluyen a la unidad Esquistos Verdes Felicidad (Millán, 1978), pero también a otras secciones que no pueden asociarse a esa unidad.

Existía un cierto estado de confusión al respecto durante la finalización de la cartografía de Escambray I, en cuanto a la posición de estas rocas vulcanógenas; un problema resuelto en época posterior. Es cierto, como Stanik comenta, que los "esquistos verdes" y hasta los cuerpos de serpentinitas, ocupan diversas posiciones en el corte de las unidades estructurales; pero no se trata en todos los casos de los esquistos Felicidad<sup>26</sup> ni de la misma clase de esquistos verdes.

En su división realizada de dos tipos de serpentinitas, Stanik indica que el grupo más antiguo (siguiendo a Hill; 1959) se deriva de microgabros o diabasas<sup>27</sup> con una asociación de actinolita-zoisita-granate-calcita-anortita-rutilo; grupo al que pueden pertenecer también las zoisititas. Las transiciones observadas de estas rocas con serpentinitas apoperidotíticas, sugieren que pertenecen en realidad a los esquistos verdes. Las serpentinitas propiamente dichas que, según Stanik, se derivan de peridotitas, con estructuras más ordenadas y alteraciones típicas a esquistos de talco-actinolita y talco-clorita. Contienen espinelas de cromo, olivino y piroxenos alterados.

Nuevamente en este apartado de las serpentinitas surge el problema de su origen y emplazamiento. Los contactos de los cuerpos son tectónicos, pero pueden contener inclusiones de mármoles, observados por Suchánek (1978, en Stanik *et al.*, *op. cit.*) que suscitan dudas sobre restos de un contacto intrusivo<sup>28</sup>. Koverdynsky (1980, en Stanik *et al.*, 1981) también se refiere a una franja de metamorfismo de contacto de rocas básicas sobre mármoles negros recristalizados, al Sur de la Cúpula de Sancti Spiritus. No obstante, las características de la posición espacial de los cuerpos de serpentinitas, pudo indicar que se trata de protrusiones<sup>29</sup> o bloques tectónicos incorporados a las superficies de entre mantos, donde sufrieron conjuntamente "la mayoría o todas las fases de plegamiento".

Stanik señala un hecho curioso que puede ser significativo para la comprensión del emplazamiento de estos cuerpos: Unos esquistos cuarcíticos de grano medio de la Fm. Sopapo contienen escamillas de serpentinitas de 1.0 a 1.5 cm orientadas en paralelo a la esquistosidad metamórfica de la zona, hecho que puede significar que las serpentinitas sufrieron trituración antes del metamorfismo principal, ya que el tamaño de los fragmentos no corresponde con la granulidad de la roca ni su composición es coherente con las condiciones de sedimentación de clastos ultramáficos. Bajo el término "**rocas extrañas o exóticas**" se agruparon, con Algarrobo o con Sopapo, las eclogitas, zoisititas, clinopiroxenas, esquistos glaucofánicos y jadeitas, a menudo intensamente regresivas con relictos de alta presión y con frecuencia asociadas a serpentinitas. Stanik y sus colaboradores las consideraron como bloques tectónicos. A otras rocas similares se les concedió un probable origen autóctono, reelaboradas durante el metamorfismo. Los

<sup>26</sup> Algunos de estos cuerpos pueden constituir los vestigios de los canales de ascenso del material volcánico primario de la Fm. Yaguanabo, lo que puede ser una explicación de la presencia de los esquistos verdes en todas las formaciones de la zona Trinidad (Stanik *et al.*, *op. cit.* p. 82).

<sup>27</sup> Macroscopically the serpentinite is a tough, dark-green rock with rusty phenocrysts. Polished sections are green and white with polygonal iron stains and are of igneous appearance with diabasic texture. Relicts of a larger mineral (plagioclase or pyroxene?) are apparent. Thin sections confirm the relict structure and show rectangular areas composed of actinolite, zoisite, garnet, calcite, plagioclase, and rutile. The actinolite is pale green with brownish (Hill, 1959).

<sup>28</sup> Hill, al referirse a uno de los cuerpos de serpentinitas de mayor extensión (Guaos Hill) señala: Contact metamorphism of the surrounding rock appears absent, for although the actual contact is concealed, limestone and schist about 50 feet from the inferred contact show no metamorphism. (Hill, 1959, p. 17). Pero en una localidad próxima a la Mina Carlota comenta: Olivine pyroxenite crops out approximately 1 mile north of Gorro (PL 1). It is overlain by limestone which dips 40° north. Although the contact is partly covered, metamorphism of the limestone is apparent—the only example of contact metamorphism discovered.

<sup>29</sup> Although late faults are parallel to the contacts between serpentinites and limestones, no evidence exists that the serpentinites represent cold intrusions (Hil, 1959).

<sup>25</sup> Posteriormente distinguida como la Formación Los Cedros por Millán y Álvarez-Sánchez (1992 *ined.*).

análisis de eclogitas, anfibolitas de granate y clinopiroxenitas de la Expedición Escambray I, sugerían que las eclogitas pertenecían al grupo de las gricuitas<sup>30</sup>, correspondientes con las picritas. Las piroxenitas parecían estar relacionadas con las apoeclogitas y se colocan en el campo intermedio entre las gricuitas y las grosopyditas<sup>31</sup>.

Stanik (*op cit.*) al intentar establecer un paralelo entre las metamorfitas englobadas por serpentinitas de Cuba Norte y las "rocas extrañas" en el Escambray, supuso que estas podrían ser de origen local, formando parte del **mélange**<sup>32</sup> **serpentinitico**.

Ya desde la primera mitad de la década del 70, Somin y Millán y Millán y Somin establecieron por primera vez el carácter zonado del metamorfismo del Escambray y su disposición concéntrica respecto de las cúpulas y esclarecieron el carácter de alta presión y baja temperatura de este metamorfismo. La Expedición Escambray I confirmó estos resultados en sentido general, descontando algunas discrepancias en la forma de tratar ciertas asociaciones minerales (*e. g.* cianita, estilpnomelana y pumpelleita).

A partir de la cartografía de las nuevas formaciones y su posición ya establecida; varios pozos estructurales descubrieron sucesiones compuestas por Sopapo San Juan y Yaguanabo, en ese orden, interpretadas como "**la posición estratigráfica invertida**", producto de cabalgamientos y mantos tectónicos. Pruebas al respecto se exponen por Stanik<sup>33</sup> (Stanik *et al.*, 1981, pp. 50-51) quien explicaba que **el manto de cabalgamiento superior**<sup>34</sup>, delimitado por serpentinitas con las "rocas extrañas" en las zonas metamórficas de alta presión, estaría **compuesto por escamas rocosas con las características de un mélange**. De modo que, el concepto de que unidades del manto tectónico superior en el Escambray estén **conformadas por un mélange de escamas, pertenece prioritariamente a Stanik y sus asociados**. Esta concepción se ha expresado en época muy posterior en publicaciones que lamentablemente no han mencionado esta significativa circunstancia a pesar de figurar el Informe Escambray I en la lista de referencias (*e. g.* Stanek *et al.*, 2006). De este modo rozando la frontera del plagio, voluntario o involuntario.

Como ningún otro manto pudo individualizarse con seguridad; la tarea de cartografiar estas unidades quedó distante de su solución. Como se verá más adelante, esta tarea solo se ha cumplido en algunas localidades y de forma muy general, esquemática y discutible.

Los geólogos de Escambray I sustentaron que las zonas metamórficas estaban invertidas, con un núcleo menos metamórfico que las unidades periféricas<sup>35</sup> y lo interpretaron como reflejo de la superposición de mantos tectónicos con su propio grado metamórfico y perfil estratigráfico. Por causa de sus contactos tectónicos no era posible definir claramente las zonas de transición de temperatura-presión entre las unidades.

A partir de esta interpretación sostuvieron una de sus hipótesis más interesantes, al suponer un mecanismo para los mantos tectónicos y el metamorfismo, a partir de la inserción del Escambray bajo los complejos anfibolítico de Mabujina y volcánico del Arco de Zaza; basándose en evidencias indirectas, principalmente proporcionadas por el análisis de los campos físicos regionales.

Pero fue definitivamente Evsen Stanik (*op cit.*) quien presentó un concepto mejor explicado de los mecanismos de formación de nappes, al sostener que las unidades Escambray se insertaron en una zona de subducción, cuyo hundimiento fue causa del metamorfismo de cada uno de los tramos enterrados a mayor profundidad hasta alcanzar el grado de facies eclogítica. En el avance del proceso, el mecanismo se colapsó (¿colisión?, término no utilizado por Stanik, pero que se puede sobreentender). Las secciones hundidas, separadas por zonas de transición de grado (y, por tanto, de propiedades mecánicas diferentes) fueron remontadas en la fase tectónica prepóstuma, una sobre la otra, desde la más profunda hasta la más superficial, para formar una estructura de retro-cabalgamiento, con las improntas de fases regresivas de metamorfismo y plegamiento, acontecidas durante el retro-cabalgamiento de los nappes. Al final ocurrió la emersión. Stanik (*op. cit.*) explica así la superposición de nappes más metamórficas sobre menos metamórficas y le llamó a tal interpretación "la causa del metamorfismo invertido".

<sup>30</sup> Gricuita es una roca subvolcánica ultrabásica que se encuentra a menudo en los tubos de kimberlita.; compuesta por onfacita, diopsida, piropo, con cianita, grafito, corindón y a veces diamante. (Nota del autor).

<sup>31</sup> Las grosopyditas son rocas (frecuentes como xenolitos), compuestas por grosularia/piropo-clinopiroxeno-distena, que fueron descubiertas en la chimenea de kimberlita de Zagadochnaya. Yakutia (Siberia). (Nota del autor).

<sup>32</sup> Esta es una de las primeras ocasiones en que el término "mélange" es aplicado a este macizo. (Stanik, *op cit.*, p. 235). (Nota del autor).

<sup>33</sup> La posición estratigráfica invertida no es posible explicarla sin mantos de cabalgamiento (o sin escamas tectónicas) que se formaron antes del metamorfismo y plegamiento principal de la zona (*sic.* Stanik *et al.*, *op cit.*).

<sup>34</sup> Manto de cabalgamiento superior. (Stanik; secciones 1.6.1 y 2.3.1).

<sup>35</sup> La interpretación de la zonación metamórfica invertida fue tratada por Somin y Millán (1974).

Sin embargo, aún se discute si alguna fase del metamorfismo ocurrió sobre una pila de mantos tectónicos previamente existente, antes de su inserción en la profundidad de una zona de subducción; o si la tectónica principal de mantos y el metamorfismo ocurrieron precisamente a causa de este proceso de enterramiento o, incluso, si la actual estructura es el resultado de una combinación de eventos en el tiempo, cada uno de los cuales contribuyó con sus rasgos característicos.

Si bien la superposición tectónica del Complejo Anfibolítico Mabujina sobre el Escambray se había supuesto por la Expedición Escambray I, a partir de las interpretaciones antecedentes sobre las relaciones entre ambos complejos (Thiadens, 1937; Hill, 1959; Somin y Millán, 1976); no fue hasta las etapas finales de la Expedición Escambray II, cuando el Pozo Estructural No. 5<sup>36</sup> de profundidad 330 m, cortó sucesivamente, dentro del sector Norte de la Cúpula de Trinidad, vulcanitas del arco de Zaza, anfibolitas de Mabujina y las secciones del Escambray. Por primera vez, una prueba **no especulativa** del cabalgamiento de los complejos Mabujina y Arco Volcánico de Zaza sobre el Escambray (ver también Millán y Somin; 1985, b; página 29).

Un modelo similar al presentado por Stanik (*op cit.*) se debe a Millán, 1972; Somin y Millán (1981), Millán y Somin (1985a) y Millán (1990), quienes sostuvieron que, con anterioridad a la inserción de las unidades en las condiciones confinantes, donde ocurrió su impronta metamórfica; tuvo lugar una tectónica de nappes con varias fases de plegamiento. Un sustento para esta interpretación partía de ciertas evidencias manifiestas en las relaciones entre las unidades estructurales que sugieren eventos previos al metamorfismo regional, sobre la base de las notables anomalías morfológicas y construcción altamente deformada de los contactos entre unidades litoestratigráficas (Millán y Somin, 1985 a) entre otros rasgos tectónicos; tales como las frecuentes figuras de interferencia de estructuras mesoscópicas y regionales de pliegues, que parecen indicar un número extraordinario de fases de deformación (cinco fases de deformación, según Millán<sup>37</sup>, 1990).

A finales de 1970, Z. Suchánek (en Stanik, *et. al.* 1981), en un estudio localizado en la Cúpula de Trinidad, identificó fases de plegamiento superpuestas. Millán (1985a) indica que Suchánek fue el primer geólogo en sugerir que la configuración de la Cúpula de Trinidad tuvo lugar durante el metamorfismo. También fue Suchánek el primero o uno de los primeros geólogos del Escambray en describir el plegamiento isoclinal<sup>38</sup> en grandes pliegues recumbentes con sus planos axiales vergentes hacia el centro del macizo y argumentó la situación de los Esquistos Cristalinos de Algarrobo como intercalaciones estratigráficas dentro de la Fm. Sopapo y la unión de ambas secuencias como formando parte de un manto tectónico independiente con alto grado metamórfico (en Stanik, *op. cit.*).

Por lo demás, cabe destacar la coincidencia de base entre estas primeras aproximaciones, de dos grupos de investigadores independientes; en los conceptos de la infrainserción del Escambray bajo Mabujina, el metamorfismo invertido (por causas tectónicas) y la estructura de nappes y escamas del macizo.

## 5.2. Unificación de la estratigrafía. La Expedición Escambray II.

La segunda expedición de Cuba-Checoslovaquia, Escambray II, activa desde 1981 hasta 1986, realizó el levantamiento geológico 1:50,000 (**Figura 13**) de la región comprendida por la parte Norte de la Cúpula de Trinidad (solo a escala de reconocimiento durante Escambray I), el Complejo Anfibolítico Mabujina; el plutón granodiorítico de Manicaragua y los volcánicos del Arco de Zaza, al Sur del Sinclinal Seibabo, en total 888 km<sup>2</sup>. Con una lista oficial de objetivos específicos, entre ellos figuraba avanzar en la solución de la nomenclatura estratigráfica de la región.

Con ese fin y gracias a un detallado estudio y cartografía del Complejo Anfibolítico de Mabujina se creó para este complejo, una nomenclatura estratigráfica sobre base litodémica no existente anteriormente. Se separaron sus unidades mayores y se aclaró considerablemente su edad y sus relaciones con el complejo de Arco Volcánico de Zaza y el Escambray. Se obtuvo un considerable progreso en el conocimiento de la estratigrafía, petrología y estructura de las vulcanitas de la sección Sur del Arco Volcánico de Zaza, mediante la cartografía detallada y los estudios petroquímicos de la Fm. Los Pasos (del arco volcánico de Zaza) y las unidades suprayacentes a esta unidad,

<sup>36</sup> Informe Zona Centro. Escambray II. Anexo No. 24 de Humberto Álvarez-Sánchez, Ver también Millán y Somin; 1985, b; página 29.

<sup>37</sup> Sin embargo, en la actualidad, Millán ha reconsiderado esta hipótesis, afirmando que, "*tanto la conformación de la estructura de manto-escamada, como las distintas fases de plegamiento, son sinmetamórficas y ocurrieron junto con el metamorfismo de alta presión, a partir del momento en que penetraron en la subducción, por lo que no deben haber ocurrido deformaciones premetamórficas*" (*sic.*) (Millán, G., 2012, comunicación escrita).

<sup>38</sup> El primer geólogo que identificó la existencia de plegamiento isoclinal en el Escambray fue Hill (1959). (Nota del Autor).

principalmente las Formaciones Mataguá, Las Calderas y Arimao, extendidos a los complejos intrusivos ácidos de Manicaragua.

Respecto al Escambray, dos conceptos estratigráficos contemporáneos y diferentes coincidían sobre un mismo territorio, a pesar de que ambos grupos (Stanik *et al.*, 1981) y Guillermo Millán y Mark Somin (1981) tenían varios puntos de coincidencia básica. La subdivisión tripartita propuesta por Zhalousky (Formaciones Sopapo, San Juan y Yaguanabo), era muy parecida a la subdivisión estratigráfica propuesta por Millán y Somin, con su más clara formulación posterior a 1979 donde, finalmente, Millán y Somin (1981) se decidieron a presentar una descripción formal<sup>39</sup> de sus unidades propuestas. La Fm. Naranja (Millán y Somin, 1981); con la inclusión del miembro Felicidad era, aproximadamente, equivalente a la Fm. Sopapo. Los mármoles Fm. San Juan de Zhalousky equivalían parcialmente al Grupo San Juan, dividido en varias formaciones.

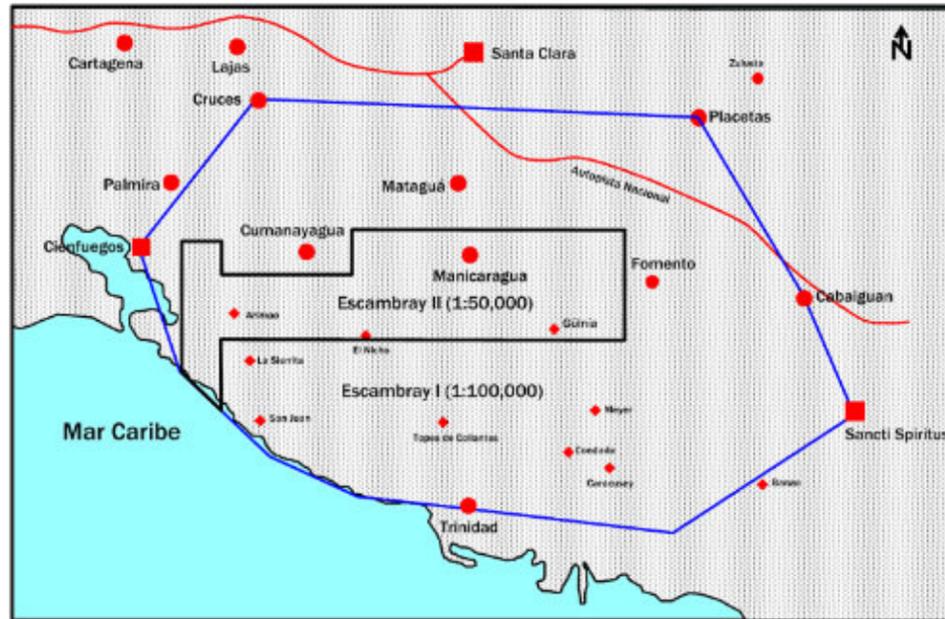


Figura.13. Esquema de las áreas cubiertas por Escambray II a escala 1:50,000, dentro del polígono Escambray I.

En 1978 se encontraron ammonites oxfordianos del género *Microsphinctes* en la Fm. Narciso y, en la Fm. Mayarí, restos de ammonites del Tithoniano (Millán y Myczynsky, 1978). Estos importantes hallazgos fortalecían de forma adicional la correlación del Escambray con la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental, en especial con la Sierra de Los Órganos<sup>40</sup> (interpretación también sostenida por las dos Expediciones Escambray) y permitían una mejor explicación de la tectónica, geoquímica y campos físicos del territorio; algo no facilitado por la estratigrafía de Zhalousky, con cierto desorden en las secciones cartografiadas (ver Figura 14).

La Fm. Loma Quivacán (Millán, 1978; Millán y Somin, 1981) de mármoles claros no gráficas y edad probable Cretácico Inferior, fue referida a la parte superior del Grupo San Juan. Se trata del Miembro Villa Olímpica de Suchánek (1978, *op cit.*) quien lo relacionó, al contrario, a la parte inferior de su Fm. San Juan.

Una sección de metasilicetas, serpentinitas y metabasitas (protolito de chert, tufitas siliciclásticas y ultramáficos) fue estudiada a principios de 1981 en la Cúpula de Trinidad, al Sur de Crucecitas (Álvarez-Sánchez y Zamashikov, 1981, *ined.*), también observada por Millán y Puszczólkowski más tarde (1982). Según Álvarez-Sánchez y Zamashikov, esta sección descansaba en concordancia sobre la Fm. Loma Quivacán, en un nivel estructural equivalente al de la Fm. Yaguanabo y de este modo añadiéndose, como otra nueva unidad, por encima de la Fm. San Juan (Stanik *et al.*, 1981) o Grupo San Juan (Millán y Somin, 1981). Esta sección fue nombrada posteriormente como Fm. La Sabina (Millán y Somin, 1985a) con solo una insignificante mención a los trabajos previos.

<sup>39</sup> Con arreglo aproximado a requisitos de los códigos estratigráficos. (Nota del Autor).

<sup>40</sup> La primera comparación del Escambray con Guaniguanico se debe a Thiadens (1937). Más tarde a Furrázola-Bermúdez *et al.*, 1964. Y no como parecen creer Millán y Somin (1981; pag. 3) que se debe a ellos. (Nota del Autor).

Diferencias significativas se mantenían a pesar de todo, sobre la posición estratigráfica y origen de los esquistos verdes vulcanógenos básicos Felicidad y secciones principalmente de carácter primario de tobas y lavas de la Fm. Yaguanabo (no reconocida por Millán y Somin, 1981).

De manera que a la altura de este momento de las investigaciones en el Escambray, independientemente de cualquier clase de discrepancia y dejando a un lado (lamentablemente) los aspectos de prioridad, los esquemas estratigráficos que estamos examinando tenían el carácter de sistemas complementarios que podían uniformarse (Figura 14). Como consecuencia de la identificación de nuevas unidades en la sección superior de la columna estratigráfica del Escambray y su publicación y difusión; se acumuló una información imposible de asimilar por la estratigrafía de la Expedición Escambray II, heredada de la anterior (Stanik *et al.*, 1981) que no hubo de experimentar suficiente desarrollo ulterior a la fecha de 1981.

Los editores de Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez, 1986), estimaron entonces innecesario seguir sosteniendo el esquema estratigráfico de Escambray I, para esa región específica (Escambray) y durante 1984, mediante trabajo de campo conjunto con el Instituto de Geología y Paleontología, fueron aceptadas las formaciones de Millán y Somin, además de realizarse la definición de algunas nuevas formaciones.

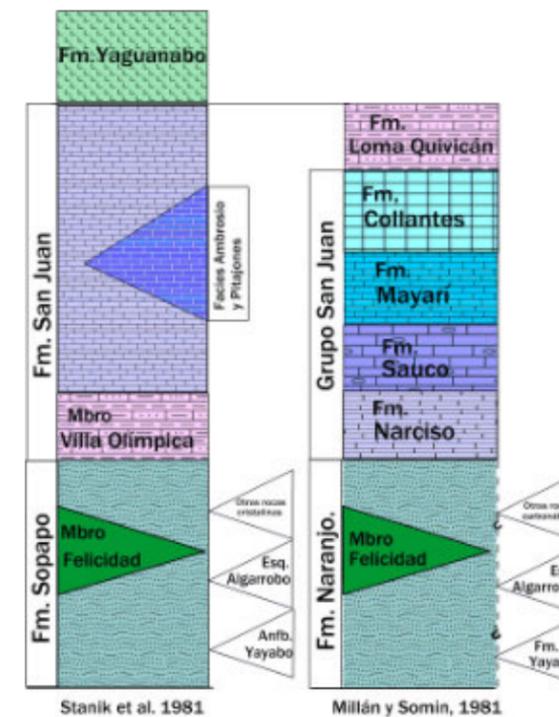


Figura.14. Esquema comparativo de los conceptos de la estratigrafía del Macizo Metamórfico Escambray en el año 1979-81.

Así quedó suficientemente consolidada la subdivisión tripartita fundamental del corte estratigráfico del Escambray en unidades de orden superior: Grupo Naranja. Grupo San Juan (de Millán y Somin, 1981) y Grupo La Sierrita<sup>41</sup> (Figura 15) (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992, inédito). Una composición prácticamente equivalente a la Sierra de Los Órganos (según Hatten, 1957; Herrera, 1961; Álvarez-Sánchez, 1972 *ined.*; Puszczólkowski *et al.*, 1975; 1981; Álvarez-Sánchez, 1984 y otros).

A partir de la unificación, el esquema estratigráfico del Escambray tuvo algunos progresos importantes. Millán y Álvarez-Sánchez (1992, *ined.*), realizaron una revisión detallada del contenido litológico de varias unidades anteriormente establecidas, con el fin de redefinirlas, subdividir otras, nombrar nuevas y estudiar con mayor profundidad aspectos específicos de la tectónica y el metamorfismo de la región. Las investigaciones se concentraron en la Cúpula de Trinidad, a causa de su mayor elevación y profundidad del corte de erosión. Desde un campamento

<sup>41</sup> Nombrado "Grupo Crucecitas" en el Informe de Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986) solo de forma provisional. Más tarde renombrado "Grupo La Sierrita" por Millán y Álvarez-Sánchez como término definitivo. (N. del Autor).

permanente situado en la región de La Sierrita, al SW de la cúpula, fueron definidas nuevas unidades; entre ellas: El Miembro La Horqueta de la Fm. Cobrito; la Fm. Vega del Café; la Fm. Los Cedros (Millán y Álvarez Sánchez, 1992); el Litodema Los Torres asociado a la Fm. La Sabina (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992); el Miembro Monforte de la Fm. El Tambor (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992) y la Fm. San Blas (Millán y Díaz Machín, 1988) rectificadas como el Miembro San Blas de la Fm. El Tambor (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992).

Desde mucho antes; tanto Millán como Álvarez-Sánchez (en Millán y Somin, 1985 a, pág. 33); pensaban, que las Formaciones de la sección estratigráfica superior sobre el Grupo San Juan, características del corte del Cretácico del Escambray: Charco Azul, Loma Quivicán; La Sabina, Yaguanabo y El Tambor, podían ser integradas en una unidad de categoría superior, en un Grupo; concepto que fue desarrollado más tarde por Millán y Álvarez-Sánchez en 1992 (y en este trabajo) bajo el nombre de Grupo La Sierrita. Por tanto; no fue hasta 1992, después de 17 años prácticamente continuos de cartografía e investigaciones en el Escambray que se llegó a una mayor aclaración del corte estratigráfico de esta región.

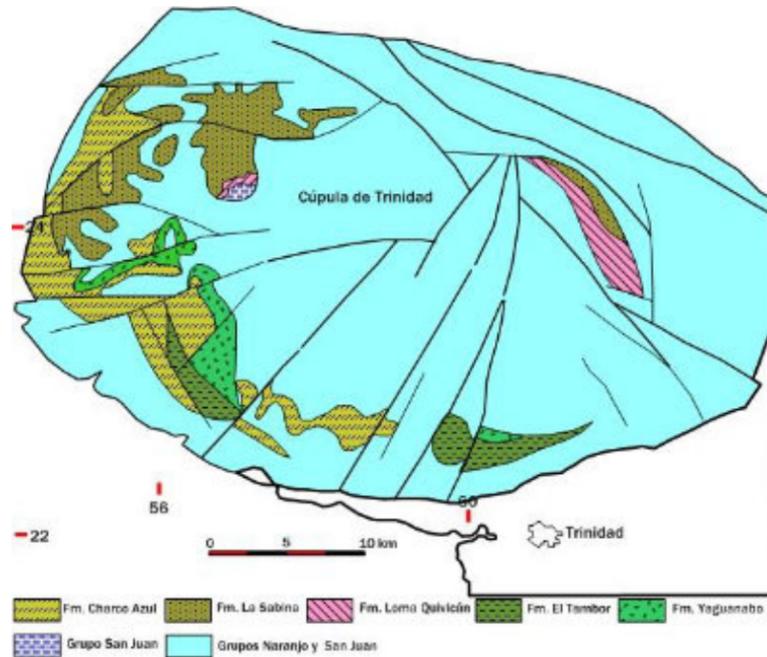


Figura.15. Distribución espacial del Grupo La Sierrita en la Cúpula de Trinidad, según Millán y Álvarez-Sánchez a la altura del año 1984 (Informe Zona Centro. Escambray II; Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986. Modificado del Anexo III.2).

Llegados al concepto de la estratigrafía de 1992 (Millán y Álvarez-Sánchez, *ibid.*), no se registran modificaciones posteriores. Ese año fue el “*Annus Mirabilis*” de la estratigrafía.

### 5.3. Breve conclusión.

Al fin de este proceso y en la posibilidad de que las investigaciones en el Escambray se reanuden; al momento, no existe un documento basado en la nomenclatura estratigráfica que sirva para consulta o discusión, sintetizando el conocimiento, fragmentado en diversos trabajos. El único documento aproximado a esa condición es el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco-Álvarez *et al.*, 1992), de inexcusable consulta, pero de estructura propia de un diccionario sinóptico condensado. Aunque gran parte de las unidades estratigráficas cubanas cumplen parcialmente y en la actualidad casi completamente los principales requisitos (v. Franco Álvarez *et al.*, 1992<sup>42</sup>); no puede afirmarse

<sup>42</sup> El primer texto del Léxico Estratigráfico de Cuba fue elaborado en el Instituto de Geología y Paleontología de Cuba bajo la dirección del Doctor Franco Álvarez (1992); como resultado de la labor de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. La descripción de unidades sigue un esquema con una satisfactoria coincidencia con las reglas de los códigos de Norteamérica, anteriores a 1983 (y parcialmente a los posteriores) y consigue sintetizar la información de acuerdo a dichas reglas, de manera, incluso más ordenada, en una serie de casos, que las descripciones originales de varios autores. (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2015).

esta condición para el Macizo Metamórfico Escambray (Millán y Somin; 1985b y Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez Sánchez *et al.*, 1986, *ined.*).

El grado de conocimiento de las unidades litoestratigráficas-litodémicas que tenemos en el Escambray, es muy desigual. Probablemente esta situación persista hasta tanto se emprenda una nueva cartografía que intente resolver la composición de la columna estratigráfica en los tramos dudosos y, entre otros objetivos, permita establecer de modo firme y estable la composición material de los mantos y escamas tectónicas, su delimitación espacial y sus relaciones de superposición; **si es que tal estilo de unidades tectónicas reflejan realmente la estructura de ese macizo metamórfico.**

## 6. VALIDEZ DE LOS NOMBRES ESTRATIGRÁFICOS. DISCUSIÓN GENERAL.

Un examen crítico pormenorizado de las unidades litológicas de la sección de la base del complejo metamórfico, puede revelar lo esencial de los problemas acumulados durante la definición de la litoestratigrafía del Escambray y la influencia posterior desempeñada en la comprensión de su tectónica interna.

Con este fin es conveniente analizar el proceso de la definición de las formaciones de la base de la columna estratigráfica, ilustrativo de las contradicciones entre los conceptos de grado metamórfico y litoestratigrafía y de como la violación de reglas estratigráficas, durante el establecimiento de nuevas formaciones determinan notables inconsistencias en la nomenclatura estratigráfica del Escambray, a través del ascendiente desempeñado por el metamorfismo en su definición.

### 6.1. El Grupo Naranjo y los problemas asociados a su definición.

En 1981 Millán y Somin, publicaron un importante reporte sobre el Escambray en gran parte dedicado a describir su estratigrafía. Aunque algunos nombres estratigráficos fueron empleados en publicaciones anteriores (*e. g.* Somin y Millán, 1972<sup>43</sup>); este trabajo hizo la primera formalización de las unidades litoestratigráficas, más apegada a los requisitos universalmente aceptados. En el, Millán y Somin (*ibid.*) propusieron el nombre Fm. Naranjo<sup>44</sup> para incluir a los esquistos metaterrígenos, aflorados extensamente en las Cúpulas de Sancti Spiritus y Trinidad. La Localidad Tipo (Lambert: N 253.03 y E 593.90. Hoja Topes de Collantes. 4181 I) de la nueva Fm. Naranjo se estableció a 4.5 Km. al NE del caserío El Naranjo y al Oeste de Topes de Collantes (Cúpula de Trinidad); dentro de la Zona Metamórfica 1 (Millán y Somin, 1981); donde la recrystalización es moderada y las metaareniscas presentan relictos de graduación. La Sección Cotipo<sup>45</sup>, en cambio, fue establecida en la Zona Metamórfica 3 (la de más alto grado), en el borde externo de la Cúpula de Trinidad; donde “*la recrystalización de las rocas es total, se presentan solo granos de circón detrítico relictivo*” y los esquistos metaterrígenos contienen “*cuerpos concordantes de rocas cristalinas*”, tales como anfíbolitas, glaucofanitas y zoisititas.

En analogía con la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental la Fm. Naranjo, comparable con la Fm. San Cayetano, descansaba estratigráficamente bajo los mármoles del Escambray, también muy similares a las calizas jurásico-cretácicas de la Sierra de Los Órganos. En su descripción original, señalaron que la Fm. Naranjo, en la Zona Metamórfica 1, no contenía intercalaciones; pero en ciertas localidades incluía secciones de metasilicitas, algunas capas de calcáreos y un paquete de metavulcanitas, denominado Miembro Felicidad de la Fm. Naranjo (Millán y Somin, 1981). Esta sección vulcanógena fue previamente reconocida en ambas cúpulas en años anteriores (Millán, 1973; Somin y Millán, 1974) bajo diferentes nombres informales; incluso bajo la categoría de “Grupo” (Millán, 1978) y solo en 1981 fue definido como parte de la Fm. Naranjo.

A la altura de ese momento, la Fm. Naranjo, formalmente definida, con algunas variaciones litológicas; unas propias de su composición primaria (metasilicitas, secciones calcáreas y apovolcanógenas) y otras causadas por el metamorfismo (de sus probables intercalaciones vulcanógenas, calcáreas, etc.), se reconocía en sus localidades tipo y

<sup>43</sup> Somin, M. L. y Millán, G., 1972, *Los complejos metamórficos de Pinos, Escambray y Oriente en Cuba y sus edades*. (en idioma ruso). *Известия. СССР.* 5, 48-57.

<sup>44</sup> Derivado de una pequeña localidad denominada El Naranjo, aproximadamente en la mitad SW de la Cúpula de Trinidad El nombre Naranjo ya era empleado por durante los 70s del pasado siglo, Millán (1973,1978); Millán y Somin (1976) informalmente con el fin, al parecer, de sustituir el termino “Esquistos metaterrígenos”. (Nota del Autor).

<sup>45</sup> Coordenadas Lambert: N 250.95 y E 597.70 y N 250.25 y E 600.70; de la Hoja Cumanayagua 1:50,000 (4182-II).

cotipo, como una unidad; aceptándose sus diferencias en los grados metamórficos<sup>46</sup>. Incluso con la descripción bastante detallada de los cambios graduales en el estado de recristalización de las mismas rocas, a través de su paso desde la Zona Metamórfica 1 hasta la 3 (v. Millán y Somin, 1981; pags. 9-10).

En 1981, año del cierre del Informe Escambray I (Stanik *et al.*, 1981), la Fm. Sopapo y la Fm. Naranjo (v. **Figura 14**) eran equivalentes. Ambas formaciones comprendían la totalidad de las unidades metaterrígenas del Escambray y eran comparadas por los dos grupos de investigadores simultáneamente, con la Fm. San Cayetano y con la Fm. Arroyo Cangre (Piotrowski, 1977) de Cuba occidental.

A continuación; en un siguiente trabajo, Millán y Somin (1985a) elevan el rango estratigráfico de la Fm. Naranjo a "Grupo Naranjo", compuesto por tres nuevas formaciones, de corte metaterrígeno principal y otra carbonatada en lo esencial; expuestas en el camino entre El Pedrero y el Hospital de Gavilanes y "hacia el Sur" (com. pers. Millán, 1985), Cúpula de Sancti Spiritus. Las nuevas Formaciones metaterrígenas se denominan Fm. Loma La Gloria y Fm. La Chispa y la formación carbonatada la Fm. Cobrito (Millán y Somin, *ibid.*); compuesta por esquistos calcáreos con lechos de metabasitas, y otros esquistos cristalinos, interpuesta entre las dos primeras.

¿Sobre cuales premisas se apoyaron para esto? Los autores lo explican: Cambios litológicos regionales (ya antes reconocidos en Millán y Somin, 1981) y, por lo visto, conceder ahora significativa y mayor importancia a los cambios de grado metamórfico en la misma formación (antes satisfactoriamente explicados para las secciones separadas).

Otras razones adicionales, para considerar dos formaciones metaterrígenas diferentes fueron invocar sus posiciones estratigráficas variables, respecto de los mármoles o la interposición de la Fm. Cobrito o, finalmente, a causa de encontrarse los metaterrígenos separados en unidades tectónicas.

Todos estos supuestos dejarían lugar a las preguntas: ¿Cual significado estratigráfico determinante y distintivo podría eso tener, aún de ser correcto? ¿Bajo cual principio las mismas formaciones litoestratigráficas son necesariamente diferentes por encontrarse en unidades separadas por desplazamiento tectónico?

Pero de forma poco comprensible y con la omisión de un fundamento suficiente; al elevar de rango a la Fm. Naranjo de la Cúpula de Trinidad, donde todos sus atributos fueron primero establecidos y discutidos; el Área Tipo y la Sección Tipo del nuevo Grupo Naranjo, se trasladaron por completo, al Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus (oriental); más recristalizada y con un corte mucho menos profundo que la cúpula occidental, donde los afloramientos son más extensos.

Ya que la Fm. La Chispa sustituiría los cortes de la "Fm. Naranjo" en la parte central de las cúpulas, en la Zona Metamórfica 1 (moderado) y borde externo de la Zona 2 (intermedio) y Loma La Gloria ocuparía el lugar de las secciones con un grado metamórfico acentuado, en la Zona Metamórfica 3 (intenso): ¿Cuál podría ser la razón de semejante transposición de los cortes típicos de estos sustitutos de la Fm. Naranjo fuera del área de su exposición primitiva? ¿Qué ocurrió con las secciones tipo y cotipo de la Fm. Naranjo, situadas entre Yaguanabo y Mayarí y al este de la Presa Hanabanilla, respectivamente al sur y norte de la Cúpula de Trinidad; la primera dentro de la Zona Metamórfica 1 y dentro de la Zona Metamórfica 3 la segunda?

Sin tratar ahora responder por ahora a las cuestiones arriba apuntadas; el Grupo Naranjo, en su nueva situación, quedó integrado por las tres formaciones; con la suma de los Esquistos Cristalinos Algarrobo y los Esquistos Verdes Felicidad. Los primeros asociados a Loma La Gloria y en parte a Cobrito y los segundos restringidos a la Fm. La Chispa (antes a la Fm. Naranjo) y en parte a la base del Grupo San Juan, de la sección media del corte del Escambray (**Figura 16**).

El espesor total del Grupo Naranjo fue estimado en el orden de los 1000 metros, sin mayores precisiones. Su distribución espacial fue reconocida y propuesta para grandes extensiones de ambas cúpulas metamórficas y reflejada en varios mapas sinópticos, publicados por Millán y Somin en diferentes trabajos y reportes internos del Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de Cuba. Estas formaciones fueron reconocidas sin cuestionamientos y se consolidaron en la literatura como la única vía de abordar estudios en esa región o simplemente referirse al Escambray.

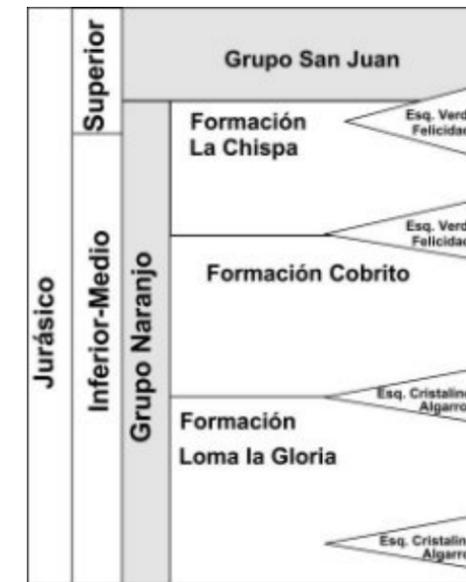


Figura. 16. Posición de las unidades del Grupo Naranjo en el concepto original de Millán y Somin (simplificado de Millán y Somin, 1985a).

### 6.1.1. La Formación Cobrito y el rechazo del Grupo Naranjo.

La posición estratigráfica de la Fm. Cobrito fue explicada detalladamente en Millán y Somin (1985a) durante la descripción de la Fm. La Chispa. Al seleccionar el Área Tipo del Grupo Naranjo en la Cúpula de Sancti Spiritus; la Fm. Cobrito fue colocada en la posición media, entre la Fm. Loma La Gloria y la Fm. Chispa (**Figura 17**) a causa de que las Formaciones Loma La Gloria, Cobrito, y La Chispa, parecían tener transiciones estratigráficas graduales en un perfil regional en la Cúpula de Sancti Spiritus. Al tratar de entender este concepto; de Norte a Sur, desde la faja de mayor metamorfismo hacia la de menos; la sección comenzaba por Loma Gloria, a continuación Cobrito y finalmente La Chispa; mediante sucesivos contactos interpretados como de transición<sup>47</sup> (Millán y Somin, *ibid.*) (**Figura 17**).



Figura.17. Concepto de las relaciones de la Fm. Loma La Gloria y la Fm. Cobrito en la Zona Metamórfica 3, según Millán y Somin, (1985a).

<sup>46</sup> En el trabajo citado primero se destaca de forma textual, como las características litológicas de la llamada Formación Naranjo variaban en diferentes áreas, en parte, junto con la propia variación del grado metamorfismo. Una reconsideración de esto último, junto con observaciones complementarias realizadas en el terreno nos permitieron proponer la existencia de dos unidades metaterrígenas diferentes... (Millán y Somin, *ibid.*; pag. 8).

<sup>47</sup> Según mi opinión; al parecer uno de los verdaderos motivos de tan radicales cambios.

El supuesto de una transición se basaba en que la Fm. Cobrito, emparedada entre los metaterrígenos, contenía intercalaciones granato-glaucofánicas (eclogíticas) en capas de espesor entre 2 hasta 20 metros que, hacia el sur, se sustituían por la Fm. La Chispa con los Esquistos Verdes Felicidad.

De aquí deducían que tal comportamiento podría representar una transición sucesiva entre la Fm. Cobrito, la Fm. La Chispa y los Esquistos Verdes Felicidad (metavulcanógenos), pertenecientes los últimos a la Fm. Naranjo y después a la Fm. La Chispa (y también a la Fm. Sopapo, por Stanik *et al.*, 1981); de paso concediendo de nuevo, un papel sustancial a los efectos metamórficos en la definición de las unidades litoestratigráficas.

Pero en unos esquistos calcáreos de la Fm. Cobrito, al Norte y Este de la Cúpula de Sancti Spiritus, fueron encontrados restos de radiolarios *Nasselaridos* mal preservados (Millán y Somin, 1985a) comparables con formas de *Nassellaria sp.*, poco significativos dado su amplio rango. Millán y Somin, (1985b) (y más tarde Somin, *et al.*, 1992) reportan en la Fm. Cobrito, en la Cúpula de Sancti Spiritus (Río Caracusey), intercalaciones eclogíticas, con intercalaciones calcáreas que contenían radiolarios. Según Furrázola-Bermúdez y A. de La Torre (en Millán y Somin, 1985b) estos radiolarios eran comparables con *Spumellaria spp.*, y *Nasellaria* (¿?). En muestras tomadas en la misma localidad, además de los radiolarios, Furrázola-Bermúdez (en Millán y Somin, 1985b) identificó moldes pequeños similares a *Cadosina sp* (?) y algunas muestras contenían formas segmentadas, comparables a *Globochaete alpina* (?): ambas del Jurásico Superior a Neocomiano. Del mismo modo fue señalado que, en el interior de la Cúpula de Sancti Spiritus, hacia la Zona Metamórfica 2, donde las eclogitas son aparentemente sustituidas por esquistos verdes lawsoníticos; también unas muestras de calizas dolomíticas recristalizadas tomadas en estratos adscritos a la Fm. Cobrito; contenían unos restos mal preservados identificados por Furrázola-Bermúdez (*op cit.*) como *Calpionellidae* o *Chitinoidea*, que indicarían una edad Jurásico Superior a Cretácico Inferior (Neocomiano).

En 1984; durante la etapa final de los trabajos de la Expedición Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986), en afloramientos del borde Norte de la Cúpula de Trinidad cartografiados como Fm. Cobrito; Álvarez-Sánchez (*op cit.*), encontró unos esquistos calcáreos dolomíticos poco muy recristalizados, que contenían restos de palinomorfos. Determinados por A. Snopkova, (Dublan, Snopkova y Álvarez-Sánchez; 1988) en el Instituto Dionis Stur de Bratislava; se estableció su edad como Jurásico Superior-Cretácico Inferior, coincidente con todas las estimaciones de edad para la Fm. Cobrito arriba citadas, a partir del hallazgo de microfauna, atribuible a ese rango de edad en la Cúpula de Sancti Spiritus.

Es decir; aún antes de la proposición del Grupo Naranjo (Millán y Somin, 1985a; Diciembre de 1985) y apenas poco después (Millán y Somin, 1985b) se sumaron evidencias de una edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior para la Fm. Cobrito, diferente a la que esperaban sus autores (Jurásico Inferior y Medio) para la Fm. Cobrito. En plena coincidencia con la primera suposición de los autores mencionados (Millán y Somin, 1981) que consideraron, correctamente primero, a los esquistos calcáreos como posibles equivalentes del Grupo San Juan; unidad que abarca el intervalo desde el Oxfordiano Medio hasta el Cretácico temprano.

Por tanto, la superposición estratigráfica de la Fm. La Chispa (o de Loma La Gloria) sobre Cobrito fue refutada por las pruebas paleontológicas. Más tarde, mediante pruebas de campo, fue aclarado (Millán y Somin, 1985b) que, aunque la Fm. Cobrito parecía ocupar una posición intermedia entre Loma La Gloria y La Chispa, el contacto La Chispa-Cobrito era tectónico y no estratigráfico, independientemente de la posición de La Chispa sobre Cobrito o viceversa. Es decir, en la exposición de Millán y Somin (tanto en 1985a, como en 1985b), los hechos invalidan la sucesión estratigráfica supuesta para definir el Grupo Naranjo en el perfil de la Cúpula de Sancti Spiritus y se abre paso a la posibilidad de dos secuencias estratigráficas separadas.

De modo que, Millán y Somin en 1985 (1985b), apenas unos meses posteriores a la exposición del Grupo Naranjo, proponen invalidarlo; si bien hay que comenzar por señalar que tal proceso careció de los requisitos necesarios, no se argumentó debidamente y, en la práctica, quedó en un limbo. Además, esta proposición es inapropiada, incluso desde el punto de vista estratigráfico. La cuestión esencial que podría determinar la conveniencia de abandonar el concepto de "Grupo", en todo caso sería incluir en el mismo una formación de carbonatos, más joven (esto no sería tan grave) que sí pertenece a otra gran unidad estratigráfico-facial (Grupo San Juan). Pero siendo así, siguen faltando las razones que lo hagan necesario, por causa de la coherencia litológica y de edad respecto al resto de los componentes.

Una pregunta inevitable es: ¿cual debía ser entonces el destino de la "Fm. Naranjo", al aceptarse el reconocimiento de su regreso a su categoría inicial de Formación? Algo que debía ocurrir de forma automática si hubieran sido respetadas las reglas y formalidades de la nomenclatura estratigráfica.

## 6.2. Proliferación de unidades. Formaciones La Llamágu y Herradura.

Millán y Somin en (1985b) publican, de forma en extremo abreviada, tres nuevas formaciones litoestratigráficas en el Escambray: Fm. Herradura; Fm. La Llamágu y Fm. Boquerones (ver Tabla III). Las dos primeras, compuestas por metaterrígenos pertenecientes a los cortes jurásicos y la Fm. Boquerones, calcárea, de edad probable principal del Jurásico Superior. Estas nuevas Formaciones se reportan localizadas en los bordes externos de las cúpulas, exceptuando La Llamágu, que se describe para la zona central y sur de la Cúpula de Trinidad.

¿Cual es el origen de estas formaciones metaterrígenas, La Llamágu y Herradura?

La Fm. La Chispa, descrita formalmente por Millán y Somin 1985a, es dividida en ese trabajo en dos facies: La sección principal se localiza en la carretera Topes de Collantes a Jibacoa (Cúpula de Trinidad); entre las coordenadas iniciales N 232.60 y E 601.40 y finales N 236.25 y E 600.30; tramo delimitado dentro de la Zona Metamórfica 1. Esta es la sección donde se presentan metasilicitas, capas calcáreas y secciones importantes de esquistos verdes (Miembro Felicidad). La otra facies de La Chispa se describe compuesta por esquistos metaterrígenos, también en la zona de bajo metamorfismo, con numerosos y bien conservados relictos sedimentarios, aflorada en la **Localidad Tipo** (N 253.03 y E 593.90) y misma **Sección Tipo** (N 230.80 y E 586.30 inicial y N 232.40 y E 586.75 final) de la Fm. Naranjo<sup>48</sup>; entre Yaguanabo y Mayarí. Además, esta misma facies de La Chispa, también aflora (según Millán y Somin, 1985a) al NE de la región, con un grado metamórfico mayor caracterizado por una recristalización completa. La localidad coincide con la definida como **Sección Cotipo** de la Fm. Naranjo; al este de la Presa Hanabanilla (Millán y Somin, 1981) (N 250.95 y E 597.70 inicial y N 250.25 y E 600.70 final).

Siguiendo a Millán y Somin (1985b), las secciones con un predominio de esquistos metaterrígenos puros, "que apenas contienen intercalaciones de otros tipos de rocas", se describen aflorando en regiones distintas y distantes entre sí, dentro de unidades tectónicas "con diferente grado metamórfico". De acuerdo a esta argumentación, tales secciones, que ya fueron descritas como una facies de la Fm. La Chispa; ahora simplemente se describen como las Formaciones independientes La Llamágu; perteneciente a la Zona Metamórfica 1 y la Fm. Herradura (**Figura 18**), también integrada por lo mismos esquistos metaterrígenos sin intercalaciones, aflorada en el perímetro externo (Zona Metamórfica 3).

En una secuencia sucesiva: La gran unidad metaterrígena distribuida en el Escambray fue formalizada bajo el nombre de Fm. Naranjo (Millán y Somin, 1981), establecida en cumplimiento de los requisitos de rigor. Sus estratotipos fueron localizados con independencia de sus grados metamórficos, cuales no determinaban diferencias sustanciales en sus cortes característicos.

En 1985 (Millán y Somin, 1985a) nombran las Formaciones Loma La Gloria (distribuida para la Zona 3 de mayor grado metamórfico) y La Chispa (para las Zonas Metamórficas 1 y 2). La Chispa sustituye todos los estratotipos de la Fm. Naranjo, unidad que es elevada a Grupo Naranjo, con la adición de la nueva Fm. Cobrito. El Área Tipo del Grupo Naranjo es trasladada a la Cúpula de Sancti Spiritus. En el mismo año, con meses de diferencia, (Millán y Somin, 1985b) nuevas observaciones demuestran la inconsistencia del Grupo Naranjo y se determina invalidarlo. En el mismo trabajo, en cambio, los que fueron los estratotipos de la Fm. Naranjo, que ya formaban parte de una facies de la Fm. La Chispa y que suplantaron a los estratotipos de la Fm. Naranjo; se convierten en las dos nuevas Formaciones La Llamágu y Herradura; que repetidamente suplantaron a los estratotipos tanto de la Fm. Naranjo como de la facies puras de la Fm. La Chispa. Esta vez al aducir diferencias en el grado metamórfico y por encontrarse ambas nuevas unidades separadas en unidades tectónicas consideradas diferentes, dentro del mismo macizo. Argumentos que reiteradamente son utilizados de modo rítmicamente contradictorio.

Ahora se podría contestar a la pregunta sobre que ocurrió con las secciones tipo y cotipo de la Fm. Naranjo y con la misma Fm. Naranjo.

<sup>48</sup> Formación que en este mismo trabajo es elevada a grupo y sustituida por la Formación La Chispa.(Nota del Autor).

La Fm. Naranjo; fue "**exhumada**" dos veces; primero como dos facies de La Chispa (Millán y Somin, 1985a), de la parte central y norte de la Cúpula de Trinidad; idénticas a la abandonada Fm. Naranjo, con los estratototipo y cotipo de Naranjo. A continuación como las nuevas Formaciones La Llamágua y Herradura (Millán y Somin, 1985b). De hecho, aunque no de nombre, un retorno a la misma situación de 1981.

En las discusiones epistolares del autor con Millán sobre este y otros temas; Millán, (comunicación escrita, 2012) reconoce que La Llamágua y Herradura, finalmente, "*son idénticas en su composición; la primera con menos grado metamórfico*". De aquí se deriva un corolario estratigráfico: Si sus litologías son idénticas, **entonces se trata de la misma formación**. Por causa de que la Fm. Naranjo es inútil tratar de resucitarla, aunque sí es posible intentar enmendar esta situación confusa y ambigua; La Llamágua, a todas luces, debe permanecer como una facies de la Fm. La Chispa; en el centro y Sur de la Cúpula de Trinidad, estratigráficamente bajo la Fm. Narciso del Oxfordiano del Grupo San Juan (Millán y Myczynski, 1978).



Figura.18. Afloramiento de esquistos metaterrígenos cuarcíferos micáceos y metapelitas micáceas y cuarzo de secreción; en la proximidad del Hotel Hanabanilla. Extremo Norte de la Cúpula de Trinidad. Localidad referida a la "Fm. Herradura": Unidad Tectónica La Carlota (según Álvarez-Sánchez y Dublan; 1986) o Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal, según Millán, 1997a). Foto cortesía de A. García Casco<sup>49</sup>.

Mientras Herradura, equivalente "idéntico" de La Llamágua, en el borde externo de las cúpulas pero de mayor grado metamórfico y bajo la Fm. Cobrito<sup>50</sup>; debe continuar en la condición de facies de la Fm. La Chispa, por las mismas razones anteriores. Ni La Llamágua ni Herradura poseen características significativas y sustanciales que sustenten la necesidad de establecerlas como formaciones diferentes. Contienen las mismas litologías básicas y corresponden a las localidades descritas para la Fm. La Chispa por Millán y Somin (1985a) a la que deben, según mi opinión, seguir perteneciendo en los mapas de escalas medias.

### 6.3. Formación Boquerones.

Durante 1984, en la etapa final los trabajos de la Expedición Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986), una formación calcárea extendida en el borde Norte de la Cúpula de Trinidad era referida por Álvarez-Sánchez (*op cit.*), a

<sup>49</sup> Descripción original del sitio: Graphite-bearing quartz-schists and phyllites of the Herradura Lithothem (García Casco., 2015; person. communic.).

<sup>50</sup> Cabe señalar que en esta área se destacan unas relaciones estratigráficas muy claras entre estos esquistos cuarcíferos y una secuencia de rocas carbonáticas que por sus características responde a la Fm. Cobrito (Millán y Somin, 1985a, pag. 17).

la Formación Cobrito, propuesta por Millán y Somin (1985a) en correspondencia con los arreglos pactados para la unificación de las columnas estratigráficas de la Expediciones Escambray I y II e Instituto de Geología y Paleontología.



Figura.19. Esquistos calcáreos en el corte de la carretera La Carlota-La Terminal al norte de la mina La Carlota, en la periferia septentrional de la Cúpula de Trinidad. Referidos a la Fm. Boquerones (Millán y Somin, 1985a) o a la Fm. Cobrito (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) (Foto H. Álvarez-Sánchez. 1983).



Figura.20. Esquistos calcáreos de la Fm. Cobrito en la región septentrional interna de la Cúpula de Sancti Spiritus; considerados como "Fm. San Juan" (Stanik *et al.*, 1981) (Foto de B. Koverdinsky, 1980. Expedición Escambray I).

En 1985 (Millán y Somin, 1985b) nombran a la nueva Fm. Boquerones (Figura 19); integrada por litologías anteriormente por completo referidas a la Formación Cobrito<sup>51</sup>. Boquerones se describe por sus proponentes, integrada por esquistos calcáreos micáceos grafiticos y mármoles muy foliados de color gris oscuro a negro con ocasionales intercalaciones de metasilicitas y esquistos verdes.

Esta nueva "Formación" propuesta, yace en contacto estratigráfico con la "Fm. Herradura", incluso en transición. Las dos formaciones (Boquerones y Herradura) se describen en unas estrechas fajas distribuidas hacia la periferia septentrional de ambas cúpulas, formando parte de una unidad tectónica (Unidad 6 de Millán y Somin, 1985b), supuestamente la más alta del Escambray en contacto tectónico con la Unidad 5 (situada más al Sur y de mayor grado metamórfico).

¿Cuál es el origen de esta nueva Fm. Boquerones?

Somin (Somin *et al.*, 1992) en una descripción de la Fm. Loma La Gloria al norte de la Cúpula de Sancti Spiritus, se refiere a una facies calcárea en esa Formación, llamada "Caracusey litofacies<sup>52</sup>", rica en intercalaciones de metabasitas hasta eclogitas; cuya extensión hacia ambas direcciones meridionales muestra su reemplazo por la Fm. Cobrito. Como puede deducirse con claridad de la exposición antecedente durante la discusión sobre la validez del Grupo Naranjo y la Fm. Cobrito; la unidad de "esquistos calcáreos", unas veces es llamada "Fm. Cobrito"; otras "Litofacies Caracusey" y finalmente "Fm. Boquerones".

En efecto. La Fm. Boquerones, anteriormente reconocida por Millán y Somin (1985a) y también por Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez; 1986) como Fm. Cobrito; no muestra ninguna diferencia verdaderamente significativa con la Fm. Cobrito. Ni en su composición litológica esencial, ni en su aspecto en masa, ni siquiera en los intervalos con aspecto de flysch (Millán y Somin, 1985a, pagina 14). Y como se conoce; en cualquiera de las zonas metamórficas donde afloran "Cobrito-Caracusey-Boquerones", presentan el mismo conjunto de microfauna (Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus; Norte de la Cúpula de Trinidad, Río Caracusey; Sureste de la Cúpula de Trinidad), para una edad coincidente en todas las secciones, aunque la edad no sea un factor determinante, pero influyente en este caso, cuando se trata de idénticos conjuntos fosilíferos.

**Tabla. III. Datos mínimos de las unidades litoestratigráficas discutidas.**

Unidad	Área tipo. Holoestratotipo:	Litología	Relaciones	Coord. Lamb.
La Llamágu	La Llamágu. Prov. Cienfuegos. Perfil en el terraplén. Topes de Collantes, 4181 I.	Metaareniscas qz. <b>Intercapas:</b> Filitas sericito-carbonosas.	Cubierta por el Gr. San Juan (Fm. Narciso) concordante.	I: 230.80N y 586.25E. F: 232.40N y 587.00E
Herradura	Herradura. Carretera Manicaragua- Jibacoa. Prov. Villa Clara. Perfil idem. Manicaragua, 4282 III.	Esquist. metaterríg. qz y qz-moscovíticos. <b>Intercapas:</b> esquist. muzc. a veces ricos en grafito.	Cubierta por Fm. Boquerones concordante.	I: 299. 15N y 605 25E. F: 250.00N y 605 25E.
La Chispa	N y NW de Topes de Collantes. Prov. Sancti Spiritus. Perfil Topes de Collantes- Jibacoa. Topes de Collantes, 4181 I.	Esquist. metaterríg. metapelíticos sericíticos o sericito- qz, a veces grafiticos, y metaareniscas qz. <b>Intercapas:</b> Metasilic. Esquist. verdes metavulc. Estrat. clzas cristalinas.	Bajo las Fms. Narciso y Cobrito en contacto normal.	I: 232 60N y 601 40E. F: 236 25N y 600 30E
Loma La Gloria	Entre el Pedrero y Gavilanes. Prov. Sancti Spiritus. Perfil en el terraplén	Esquist. qz-moscovíticos con finas intercapas de esq. metapelíticos y	Bajo el Mbro. La Horqueta	I: 241. 60N y 636.90E.

<sup>51</sup> Antes de 1985, tanto las Expediciones Escambray I y II, como los geólogos de IGP; reconocían a las secciones de la Formación Cobrito como "esquistos calcáreos" y ambos grupos de investigadores los relacionaban a la "Formación San Juan" (Stanik *et al.*, 1981) o al Grupo San Juan (Millán y Somin, 1981). (Nota del Autor).

<sup>52</sup> Somin (Somin *et al.*, 1992) en su descripción de la Formación Loma La Gloria, indica lo siguiente: *Tracing of the Caracusey lithofacies to tile west and the east indicates that this lithofacies is replaced by carbonate metallysch unit, the Cobrito Formation, which is widespread in Escambray 2. 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 boths and a finer alternation of rocks of different composition; the basic lithological background, degree of metamorphism and structure are identical.* Somin, *et al.*, 1992; v. páginas 107 a 108).

	Pedrero- Gavilanes. Loma La Gloria, 4281 I.	raros mármoles foliados. <b>Intercapas:</b> Esq. crist. glaucf. Esq. eclog. Anfib. y metasilicitas.	(Fm. Cobrito) Concordante.	F: 237.90N y 637.10E.
Boquerones	Extremo septentrional del Escambray. Prov. Villa Clara. Perfil Arroyo Boquerones. Cumanayagua, 4182 II.	Márm. esquistosos. Esquit. calcíticos grafiticos y micac. Restos de clzas dolomíticas negras con moldes de radiolarios.	Concordante sobre Herradura.	I: 248. 70N y 602.35E. F: 249.45N y 602 45E.
Cobrito	Cobrito. Oriente de la Sierra de Trinidad. Prov. Sancti Spiritus. Condado, 4281 IV.	Esquist. calcáreos-grafíticos con estratific. rítmica. <b>Intercapas:</b> Estratos delgados de mármol. Esquist. verdes. Esquist. eclog. y granato-anfibol.	Concordante y transicional sobre la Fm. Loma La Gloria.	I: 230.40N y 618.20E. F: 233.60N y 617 40E

De hecho Boquerones es prácticamente indistinguible de la Fm. Cobrito para los efectos de la cartografía a las escalas actuales (**Figuras 19 y 20**).

En la Fm. Cobrito, los esquistos verdes, granato-anfibólicos y eclogíticos o su falta, como ocurre en varios afloramientos no determinan su composición esencial que es independiente de tales intercalaciones, a veces presentes y otras no. Tampoco la recristalización de los esquistos carbonáticos, algo más intensa por sectores, produce cambios notables en su aspecto general.

Si la Fm. Cobrito, muestra cambios en su grado metamórfico<sup>53</sup>; en tanto sus rasgos fundamentales y propios se mantienen reconocibles; no parece tener justificación ni utilidad práctica<sup>54</sup> cambiar su nombre y suponerla como una formación diferente; sin importar si aflora en una unidad tectónica "de orden superior", "nappe", o "zona metamórfica" caracterizada por sus parámetros.

Es la imagen en masa, precisamente condicionada por su composición esencial la condición básica en la definición de una formación litoestratigráfica. No su edad o tiempo transcurrido en su depósito, o historia geológica relacionada o mecanismo de su formación; sino su litología observable directamente en los afloramientos pozos o excavaciones y la posibilidad practica de ser delimitada en cartas geológicas. Por lo menos para las escalas que hasta el momento tenemos disponibles.

#### 6.4. ¿Qué decisión tomar con los nombres estratigráficos?

De la discusión anterior se deriva un problema de nomenclatura y cartografía. Las Formaciones Loma La Gloria y La Chispa<sup>55</sup> ¿podrían ser la misma formación? O en otros términos ¿tiene utilidad tratarlas como entidades separadas y diversas por causa de sus diferencias en grado metamórfico, en tanto esta sea la razón principal de ser distinguidas por separado? Esta preocupación no la tuvieron los geólogos de Escambray I, quienes unificaron a los metaterrígenos jurásicos del Escambray bajo la Fm. Sopapo; sin que el grado metamórfico variable obstaculizara cartografiarla y deducir conclusiones, en gran parte acertadas, sobre la estructura de este macizo.

Es seguro que este problema no podrá ser resuelto en este trabajo, pero podemos discutirlo con el fin de descubrir hasta donde podemos llegar.

**1-**Sus protolitos en lo fundamental son idénticos. Así lo confirman sus estructuras relícticas y la composición petrográfica-química en masa, tipo de estratificación, ritmos clástico-arcillosos, manifestaciones vulcanógenas; volumen de materia orgánica transformada; impregnaciones metálicas (Mn, Cu, Zn); anomalías geoquímicas (X<sub>m</sub>Z<sub>n</sub>) y otras. Esta serie de rasgos comunes con alta probabilidad hablan de ambientes sedimentarios compartidos; incluso

<sup>53</sup> **Roca metamórfica.**- Las formaciones constituidas por rocas metamórficas de bajo grado (definidas a propósito como rocas en las cuales las estructuras primarias son claramente reconocibles) son, iguales que las formaciones sedimentarias, diferenciadas principalmente por sus características líticas. Las facies minerales pueden cambiar de un lugar a otro, pero estas variaciones no requieren de la definición de una nueva formación. (Artículo 24. Inciso C. CEN).

<sup>54</sup> Para ser válida, una nueva unidad debe cumplir con un propósito claro y estar adecuadamente propuesta y descrita; además la intención de establecerla debe ser especificada (pag. 10). Artículo 5.- Propósito y Utilidad. CEN.

<sup>55</sup> La más polémica es La Chispa que para mi no está bien representada ni caracterizada. Los sectores internos del Escambray representados como esa formación en una y otra cúpula tienen que cartografiarse mejor ..... Al respecto, en los cortes internos de ambas cúpulas, que es donde está representada La Chispa, el grado de meteorización es más intenso. Me preocupa que dentro de La Chispa realmente existan distintas formaciones difíciles de representar por el grado de meteorización. (Millán, carta de fecha 7-05-2012 a Humberto Álvarez).

sugieren estructuras fuente, tributarias para sus derrubios en la paleogeografía inicial; además de su buena correlación con las Formaciones San Cayetano y Arroyo Cangre de Cuba occidental.

**2-**Las diferencias que se reconocen en la literatura; en realidad, se basan en el grado metamórfico. La Fm. La Chispa se delimita en las zonas metamórficas 1 y 2 (de Millán y Somin, 1981 y Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) en la facies de los esquistos verdes. Loma La Gloria en la zona de más alto grado (Zona 3, autores citados) y en la transición a la Zona 2 en la Cúpula de Sancti Spiritus (Millán y Somin, 1985 a; pag. 11). Las zonas metamórficas no son límites absolutos, ni siquiera permanentes. Serán tan precisas como serán la densidad de muestras, frecuencia de rocas de composición apropiada, accesibilidad a lo largo de las fronteras, técnica de análisis, y la subjetividad de la interpretación. Véanse ejemplos en: Figura 2 de Millán y Somin, 1981; Figura 1 de Millán, 1997; Mapa de las zonas metamórficas de Soucek, 1986. De modo que ¿aceptaremos (de nuevo) el grado metamórfico como el criterio que determina la separación?

**3-**Las dos formaciones yacen en contacto normal, incluso en transición, bajo la Fm. Cobrito en parte de los cortes de ambas cúpulas donde estas relaciones pueden observarse con razonable seguridad. La asociación entre Fm. Loma La Gloria y Fm. La Chispa con la Fm. Cobrito es regular. Solo en la región SW de la Cúpula de Trinidad se ha comprobado la existencia de contactos de la Fm. La Chispa (La Llamáguia según Millán y Somin, 1985b) normales o en transición con mármoles de la Fm. Narciso (Oxfordiano Medio; Millán y Myczynski, 1979) que es base aceptable del Grupo San Juan<sup>56</sup> (Millán y Somin, 1981).

## 6.5. Conclusión.

Como se conoce las formaciones del corte estratigráfico basal del Escambray se han diseminado y popularizado, insertándose en la literatura internacional incluso de forma rutinaria y son citadas en numerosos escritos, tesis y otros ejercicios académicos y se reflejan en los mapas oficiales existentes. Los léxicos estratigráficos cubanos registran estas unidades de forma regular y en términos prácticos tienen una aceptación general.

Proponer ajustes y cambios en los términos estratigráficos ya estabilizados me hace sentirme en una posición incómoda, aunque me encuentre poseedor de todas las razones del caso para hacerlo. Para evitar o al menos atenuar esa sensación, personalmente podría imitar a Iturralde-Vinent (2011 y 12) y llamar “**litodema**” a cualquier corte de rocas del Escambray, sin tomarme la molestia de discutir si tal categoría es justificada o no, reservando al futuro la solución definitiva de este problema e ignorando cualquier crítica que al respecto se me haga, si las hubiera.

Lamentablemente no me es posible proceder de esta manera que podría ponerme a salvo de discusiones. En tanto este futuro pueda ocurrir, expongo a continuación mi propia solución de la nomenclatura estratigráfica del Escambray.

## 6.6. Unidades metaterrígenas del Macizo Metamórfico Escambray.

Con este término pretendo ordenar la descripción de un conjunto de entidades de roca que cumplen en común las siguientes condiciones:

- Pertenecen a la base estratigráfica del complejo metamórfico, posición que se ha establecido mediante pruebas paleontológicas, edad absoluta o relaciones estratigráficas sustentadas con pruebas de campo.
- Su composición lítica está representada por litotipos terrígenos predominantes; metamorfizados en todas las facies metamórficas del macizo y que se encuentran también presentes, en todas las unidades tectónicas, zonas estructuro-faciales regiones o dominios estratigráficos; indistintamente de la aplicación uso u origen de cualquiera de esos términos.

- Se han descrito como formaciones litoestratigráficas o como litodemas; como cuerpos únicos o como grupos con diversos sinónimos a lo largo del tiempo; pero respetando su carácter principal terrígeno preponderante, independiente del cumplimiento preciso de los requisitos.

Las unidades que cumplen las anteriores condiciones, con independencia de la validez de la categoría estratigráfica asignada, son las siguientes:

Fm. Sopapo (Zhalousky 1976, en Stanik *et al.*, 1981). Fm. Naranjo (Millán y Somin, 1981). Grupo Naranjo (Millán y Somin, 1985 a). Fm. Loma La Gloria. Fm. La Chispa. Fm. La Llamáguia. Fm. Herradura (Millán y Somin, 1985 b). Litodemas Loma La Gloria; La Chispa; La Llamáguia y Herradura (Iturralde-Vinent, 2011, 2012).

Otros elementos se encuentran vinculados al corte metaterrígeno en calidad de miembro estratigráfico o de secciones con posición indefinida o de independencia supuesta. Entre ellos se cuentan: Miembro Felicidad (Millán y Somin, 1981) de la Fm. Naranjo. Fm. Yayabo (Millán y Somin, 1981). Esquistos cristalinos de Algarrobo (Millán y Somin, 1981). Esquistos Verdes Felicidad (Millán y Somin, 1985 a) de la Fm. La Chispa. Unidad Yayabo (Iturralde-Vinent, 2011; Litodema Esquistos Felicidades<sup>57</sup> (Iturralde-Vinent, 2012). Litodema Esquistos Algarrobo (Iturralde-Vinent, 2012).

Estos se tratan de modo independiente en este trabajo, con la discusión de sus categorías estratigráficas y las relaciones existentes, probadas o probables, con los cuerpos de roca dentro de los cuales ellos yacen o se les describe asociados

## 6.7. Grupo Metaterrígeno (Unidad Informal).

Al considerar las características litológicas esenciales compartidas por estas unidades y las relaciones estratigráficas conocidas que se han observado de forma regular en la totalidad de la extensión del macizo Escambray; parece a todas luces obvio y necesario ordenarlos en una unidad de categoría superior. El establecimiento **formal** de tal elevación de rango no creo que sea una tarea apropiada a emprender por este trabajo y debe ser resuelta durante futuras campañas que seguro serán realizadas en este territorio. Mientras tanto creo de gran utilidad este tratamiento para cumplir el propósito de una exposición ordenada del conocimiento estratigráfico. De este modo y en este trabajo el **Grupo Metaterrígeno** estaría compuesto del modo siguiente:

- Esquistos Loma La Gloria. (Fm. Loma La Gloria), con el Miembro La Horqueta, también perteneciente a la Fm. Cobrito<sup>58</sup>.
- Esquistos La Chispa (Fm. La Chispa), con las litofacies (Miembros) La Llamáguia y Herradura, ligeramente diferenciadas de la sección principal. Los Esquistos Verdes Felicidad se describen como una sección asociada a La Chispa, mediante una relación de intercalaciones.

Las unidades Esquistos Algarrobo y Anfibolitas Yayabo; son secciones litológicas estrechamente asociadas a Loma La Gloria en las unidades de mayor grado metamórfico del macizo. ¿Por estratigrafía, tectónica, procesos ocurridos durante el metamorfismo? Justamente por causa de las considerables incertidumbres relacionadas con el origen y las causas de tales conexiones, estas unidades son tratadas como litodemas y no pertenecen al Grupo Metaterrígeno propiamente dicho. Las Localidades Tipo y Cotipo de las secciones metaterrígenas principales dadas por Millán y Somin (1985a) no requieren, a mi entender, modificaciones. Cualquier otro aspecto que se propone modificar o redefinir se desarrolla a continuación. La Fm. Cobrito es una unidad independiente y un equivalente de parte, o de todo el Grupo San Juan; como la interpretaron inicialmente Millán y Somin (Millán y Somin, 1981), de manera que Cobrito debe ser integrada al Grupo San Juan y en este trabajo así se describe.

<sup>57</sup> El nombre empleado por Millán y Somin (1981) es Felicidad.

<sup>58</sup> **Artículo 24. Formación.** Una unidad formalmente reconocida como formación en un área puede tratarse como un grupo o miembro de otra formación en cualquier otro lugar, sin necesidad de cambiar su nombre. **Artículo 25. Miembro.** Un miembro puede extenderse lateralmente de una formación a otra. (CEN). **Artículo 24. Miembro.** Lateralmente, un miembro puede extenderse, sobrepasar los límites de la formación donde fue establecido y continuar en otra.

<sup>56</sup> De hecho, como se explica más adelante, la Formación Cobrito queda integrada al Grupo San Juan, de modo que tales relaciones alternativas conservadas con el Grupo San Juan son más materia de la estratigrafía e historia geológica que de la tectónica y menos del metamorfismo (Nota del Autor).

## 7. ESTRATIGRAFÍA DEL GRUPO METATERRÍGENO.

### 7.1. Esquistos Loma La Gloria (Formación Loma La Gloria).

#### Autor.

Guillermo Millán Trujillo y Mark Libovich Somin. (Millán y Somin, 1985 a)<sup>59</sup>.

#### Unidad de rango Superior.

Grupo Metaterrígeno. Unidad informal en este trabajo.

#### Categoría estratigráfica.

Loma La Gloria fue incluida, como formación en el Léxico Estratigráfico de Cuba (1ra Versión, Franco Álvarez *et al.*, 1992, *ined.*). Los Esquistos Loma La Gloria integran una unidad, compuesta apoterrígenos muy recristalizados y plegados, que suelen contener capas o paquetes de rocas cristalinas de alto grado metamórfico y capas o paquetes de mármoles y esquistos carbonáticos; aflorados en los bordes externos de las Cúpulas de Sancti Spiritus y Trinidad (*v. Epígrafe 6.1*).

#### Nombre y Localidad Tipo.

El nombre, procede de las elevaciones Lomas de La Gloria, del norte de la Cúpula de Sancti Spiritus. Provincia Sancti Spiritus. La Localidad Tipo (**Figura 21**) es el área extensa aflorada en esa misma región, donde fue propuesta su Sección Tipo.

#### Historia.

Esta unidad fue denominada como parte del “Complejo Carbonatado-Terrígeno” del Escambray (Millán y Somin, 1976). Fue en Millán y Somin (1981) donde esta sección fue nombrada formalmente por primera vez como Fm. Loma La Gloria. En los años siguientes fue reconocida así por Schneider *et al.*, 2004; Stanek *et al.*, 2006; Pardo, 2009 y en general por muchos trabajos sobre geología de Cuba. Iturralde-Vinent, 2011,12; llama a esta sección “litodema”. García-Casco *et al.*, 2009, ha llamado a la unidad “Lithothem”.

#### Sinónimos.

Thiadens (1937) llamó *Schist formation* a metaterrígenos y mármoles del Escambray *Schist formation*; sinónimo parcial de Fm. Loma La Gloria. En cambio, el nombre *Trinidad Schist* (de Palmer, 1945) solo es una **corta** mención<sup>60</sup> al Escambray y es difícil considerarlo sinónimo de Loma La Gloria.

Hill (1959), al norte de la Cúpula de Trinidad, distinguió las rocas carbonatadas (*carbonate Rocks*) y esquistos (*schist*), reflejados en un mapa de buena calidad. El termino “schist” debe considerarse sinónimo, en parte, de Loma La Gloria. La Fm. Sopapo (Zhalousky, 1976, en Stanik *et al.*, 1981) es sinónimo de Loma La Gloria ya que contiene la totalidad de los esquistos metaterrígenos; interpretadas como las unidades del corte de la base del Escambray por la Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981). El nombre “Naranja” (de Millán y Somin, 1981) elevado a Grupo (Millán y Somin, 1985 a), no puede aplicarse a ninguna formación en el Macizo Metamórfico Escambray: Por consiguiente la Fm. Naranja no es sinónima de Fm. Loma La Gloria, porque no existe.

<sup>59</sup> En Millán y Somin, 1985 a, aparece citado un trabajo fechado en 1983, donde parece indicarse una primera referencia a la Formación Loma La Gloria. Así también ocurre en el Léxico Estratigráfico de Cuba (1ra Edición, Franco Álvarez *et al.*, 1992; pag. 310). Ningún trabajo con esa fecha aparece en las referencias de Millán y Somin 1985 a ni el Léxico Estratigráfico, aquí citado.

<sup>60</sup> *In the Trinidad Mountains of southern Santa Clara Province there is a thick series of hornblende, micaceous and calcareous schist. In the Isle of Pines there is a similar series of hornblende, micaceous and quartz schist and phyllites with a thick limestone member that is altered to marble. (Palmer, 1945, pag. 6).*

El Grupo Guamuhaya (Linares *et al.*, 1985) solo fue un término para una representación global del Escambray en un mapa de pequeña escala de la isla<sup>61</sup>. Por consiguiente no es sinónimo de Fm. Loma La Gloria.

#### Extensión geográfica.

Ocupa amplios espacios, generalmente en los perímetros septentrionales de las cúpulas. En la de Sancti Spiritus, se extiende más hacia la zona central. En la de Trinidad, aflora en el borde septentrional y en sectores muy pequeños en la oriental. Esta distribución es coherente con el corte de erosión; mucho más profundo en la Cúpula de Trinidad. Como se infiere de la evolución del relieve; grandes extensiones de Loma La Gloria fueron barridas de la culminación de la Cúpula de Trinidad y una prueba de ello son los restos de sus cabalgamientos sobre el Grupo La Sierrita de edad principal Cretácico al SW de la Cúpula de Trinidad, hacia cuyo interior y central no se observan afloramientos de Loma La Gloria, ni siquiera como klippen.

#### Estratotipo de la descripción original. (Estratotipo de Unidad).

La Sección Tipo fue establecida por Millán y Somin (1985 a) entre las coordenadas Lambert: Norte 241.60 y Este 636.90 y Norte 237.90 y Este 637.10. Hoja Topográfica. Loma La Gloria. ICGC<sup>62</sup>, en el terraplén El Pedrero-Gavilanes (**Figura 21**).

#### Sección Cotipo. (Hipoestratotipo).

Esta sección fue propuesta por Millán y Somin (1985 a) en el camino a La Diana; oriente de la Cúpula de Sancti Spiritus; entre las coordenadas N 230.50 y E 650.00 – N 232.40 y E 645.70 de la Carta Loma La Gloria 1:50,000. En el corte se observan las metaareniscas con esquistos metapelíticos grafiticos moscovíticos, y capas de mármoles foliados y metasilicitas granatíferas. Con frecuencia los esquistos son glaucofánicos-granatíferos y granatíferos. A diferencia de la sección El Pedrero-Gavilanes el grado metamórfico es menor con granulometría más fina y representa una probable transición hacia la Zona 2 del metamorfismo (Millán y Somin, 1981).

#### Litología de Loma La Gloria en la Localidad Tipo.

Las rocas más características de Loma La Gloria son las metaareniscas cuarzosas (cuarzo hasta 95%) y los esquistos cuarcíferos, de mineralogía muy variable, a partir de recristalización de una matriz o cemento arcilloso o impurezas orgánicas o volcánicas.

Los cortes de metaareniscas se extienden monótonos por cientos de metros a veces con una foliación poco destacada por mica blanca. Su recristalización es tan alta en algunos sitios de metamorfismo más intenso, que solo se conservan el zircón detrítico en varios casos y de rareza contornos de granos (Millán y Somin, 1985 a). Cuando son algo más impuras, pueden contener anfíbol (glaucofana a menudo) y granate disperso; en ocasiones cianita, biotita, clinopiroxeno, clinozoisita, leucoxeno y turmalina accesorio (Stanik *et al.*, 1981); con los feldespatos parcial o por completo albitizados. La parte considerada inferior de modo convencional, tiene capas más gruesas de metaareniscas, separadas por intercalaciones metapelíticas rítmicas. A pesar de la fuerte compresión y el multiplegamiento que provocó intensa foliación y esquistosidad, en localidades y afloramientos suficientemente frescos, las capas y bancos de metaareniscas se observan con bastante claridad.

Las capas conservadas alcanzan algunos centímetros y a veces muestran un aspecto masivo, organizadas en bancos de varios metros (hasta 5 metros según Millán y Somin, 1985 a), convertidas en esquistos cuarcíferos moscovíticos (**Figura 22**) de fábrica foliada o bandeada. Pero, hacia el techo estratigráfico (Fm. Cobrito) los ritmos son más finos y repetidos. En algunas secciones, las metapelitas pueden predominar sobre las metaareniscas y los ritmos se invierten.

<sup>61</sup> Linares *et al.*, 1985; Mapa geológico de la República de Cuba, escala 1:500,000.

<sup>62</sup> ICGC: Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. (Nota del Autor).



Figura. 21. Localidad Tipo con la Sección Tipo en la parte septentrional de la Cúpula de Sancti Spiritus. Coordenadas Lambert Inicial Norte 241.60 y Este 636.90 y Final Norte 237.90 y Este 637.10. Hoja Topográfica. 1: 50,000. Loma La Gloria.

Las rocas metapelíticas por lo general grafiticas finamente laminadas, son el segundo componente principal del corte. En casos puede llamarseles esquistos de grafito, al parecer derivados de materia orgánica primaria. Yacen en ritmos bastante regulares con las rocas metapsamíticas, contrastando con ellas por la coloración, la fina foliación, el elevado contenido de mica blanca (esquistos moscovito-cuarcíferos con moscovita (72%-85% cuarzo) 15% de moscovita (± fengita y paragonita), 10% de sericita y grafito.

Se destacan netamente de las rocas cuarcíticas pero también forman con ellas transiciones estrechas, en proporción equivalente. Por el grado de recrystalización es difícil determinar la granulometría original de estas rocas, pero de acuerdo a la composición mineral se puede deducir que existen derivados de granulometrías más finas limolito-aleuríticas con muchas impurezas arcillosas.

Hacia la Zona 3 del metamorfismo, en la parte norte de la Cúpula de Sancti Spiritus y el N de la de Trinidad, los esquistos glaucofánicos son abundantes y de carácter polimineral. Contienen glaucofana-crossita, moscovita a menudo fengita, granate, clinozoisita, rutilo, albita y esfena, con epidotas, clorita y óxidos metálicos, a menudo con rasgos regresivos (Millán y Somin, 1985 a b; Stanik *et al.*, 1981; Soucek y Álvarez-Sánchez, 1986, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

Hacia la Zona 2 del metamorfismo atenuado (según Soucek, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986), al este de Mina Carlota (N y NE de la Cúpula de Trinidad) y oeste del Hoyo de Padilla; abundan los esquistos lawsoníticos-albíticos-anfibólicos (albita 35%; anfibol 30%), (lawsonito-albito-clorito-epidóticos-actinolíticos) (clorita + epidota 25%; clinozoisita 5%), con titanita y metálicos (hematita) (Tabla IV). Son verdosos de fábrica planoparalela, que ya son esquistos verdes metabásicos con mucho material volcánico.



Figura.22. Micaesquistos cuarcíferos grafiticos de Loma La Gloria. Norte de la Cúpula de Trinidad. (Foto: Duchan Dostal. 1984. Escambray II).

Tabla. IV. Composición química de esquistos de Loma La Gloria<sup>63</sup> (Escambray II).

Óxidos	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	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> O <sub>-</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	PPI	Sitios
Esquistos															
Cuarzo-clorita.	74.98	0.20	6.26	3.69	3.74	0.08	6.50	0.49	0.10	0.10	0.42-0.36	0.020	—	3.96	1210124
Sericita-cuarzo.	83.48	0.35	8.85	1.69	0.79	0.01	0.55	0.29	1.01	0.94	0.30-0.34	0.04	0.40	—	1204122
Clorita-anfibol-albita	49.64	0.79	15.97	2.70	5.53	0.05	9.10	10.29	2.02	0.12	0.18-0.31	0.14	1.62	—	1205125
Moscovita-cuarzo.	47.90	0.64	16.43	1.27	4.92	0.04	11.14	13.01	0.44	0.04	0.04-0.18	0.06	0.32	—	1204124
Anfibol-albita.	49.06	1.28	19.35	1.23	7.97	0.07	9.27	9.69	2.34	0.25	0.25-0.28	0.13	1.85	—	1208121

Las rocas carbonatadas no son características típicas de Loma La Gloria pero pueden aparecer en paquetes de algunos metros de potencia, que aumentan en cantidad hacia el tope, cerca del contacto con la Fm. Cobrito, hecho que se debe tener en cuenta.

Hacia la parte superior de este contacto ocurren lentes y capas de mármoles oscuros y esquistos calcíferos. Los mármoles son muy grafiticos y los esquistos calcíferos muy impuros. Entre estos últimos, los más frecuentes son del tipo carbonato-moscovíticos con clorita, granate, titanita ± anfibol y grafito, de fábrica planoparalela, porfidoblástica o sin orientación preferente. Estas rocas carbonatadas, en particular los mármoles oscuros con una local fábrica brechiforme, fueron llamadas por Somin *et al.*, 1992 "facies Caracusey" de la Cúpula de Sancti Spiritus.

Los mármoles se componen de calcita impregnada de grafito y contienen mucha moscovita y paragonita (Somin *et al.*, 1992), granate, cuarzo y titanita ± clorita. La fábrica es plano paralela típica. En estos mármoles ricos en silicatos se contienen intercalaciones de metabasitas granato-glaucofánicas y eclogitas con paragonita, que son las más llamativas pero no las más abundantes. Estas rocas son equivalentes al Miembro La Horqueta (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992 *ined.* y en Franco Álvarez *et al.*, 1992) de la Cúpula de Trinidad y pueden ser un equivalente de ese miembro, reducido de potencia en la Cúpula de Sancti Spiritus.

<sup>63</sup> La totalidad de las muestras pertenecen a la Hoja Cumanayagua 1:50,000, en la parte NW de la Cúpula de Trinidad. (Nota del Autor).

### Metasilicitas.

Millán y Somin, 1981 y Stanik *et al.*, 1981; identificaron primero los esquistos metasilicíticos no detríticos en el Escambray como derivados de la actividad volcánica. Somin *et al.*, 1992; refieren capas en la Cúpula de Sancti Spiritus, sin zircón detrítico, interpretadas como metasilicitas con zircón ideomorfo de posible origen ígneo o metamórfico.

Las metasilicitas en la Cúpula de Trinidad se han estudiado por varios autores (Somin y Millán, 1981; Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986, Millán y Álvarez-Sánchez, 1992).

Según Soucek y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *op cit.*), son comunes en Loma La Gloria, La Chispa, la Fm. Cobrito y los esquistos Felicidad y Algarrobo, en la región septentrional de la Cúpula de Trinidad y, de acuerdo a su composición, no cabe duda de su estrecho vínculo con la actividad volcánica. Se caracterizan por la ausencia de las texturas clásticas relicticas y de zircón detrítico. De costumbre son bandeadas. En Loma La Gloria (y Miembro La Horqueta) las metasilicitas granatíferas impuras con glaucófana son frecuentes y también pueden observarse en la proximidad de esquistos calcáreos y capas de mármoles foliados, con o sin granate.

Presentan una gran variedad mineralógica y elemental. Contienen, además de cuarzo (hasta 60-70%), granate (20%, de rareza 50%), moscovita-fengita ( $\pm 10\%$ ), albita accesoria, clorita (oxiclorita), rutilo+titanita. Algunas contienen altos contenidos metálicos (hematita, magnetita y manganeso). Soucek (*op cit.*) reporta un raro caso de una metasilicita albítica con K-feldespatos.

Una metasilicita del norte de la cúpula occidental contenía tanta glaucófana con mica clara hasta 50% de volumen, con bandas mica clara y de granate anillado, con la glaucófana en porfidoblastos, encerrando los granates en poiquilitos.

El protolito de estas rocas se deriva en parte de chert estratificados (con restos irreconocibles de radiolarios); pero no cabe duda su vínculo con intensas exhalaciones volcánicas que provocaron elevados enriquecimientos de sílice y elementos metálicos (¿jaspilitas?). Una elocuente prueba se encuentra en las metasilicitas manganesíferas que llegan a alcanzar decenas de metros de potencia (Molak y Bernal, 1986) que se destacan en Loma La Gloria y Cobrito<sup>64</sup>. Estos esquistos hasta con 60% de óxidos negros de Mn concentrado en bandas, con moscovita, granate y metálicos oxidados (limonita); en análisis espectrales cuantitativos (muestras 3301144, 3301145 y 3303144) contenían Ti, Cu, Ni, Co, Zn, Mo, V, Cr, Sr, Pb, Ag, Cd, Ga, Zr, Ge, Ba y tierras raras; pero también La, Y, Yb y Sc, todos en cantidades pequeñas, pero suficientes para su detección.

### Intercalaciones de rocas cristalinas.

Las eclogitas y derivados diafóricos de eclogitas; los esquistos clinopiroxeníticos, zoisíticos, granato-glaucofánicos, anfibolitas y metasilicitas granatíferas forman parte del grupo de mayor contraste con las rocas micáceo-cuarzosas y llaman siempre la atención. Con gran cantidad de granate, glaucófana, zoisita, clinopiroxeno y lawsonita, parecen transitar hacia los esquistos de tipo Algarrobo (**Epígrafe 7.2**); que son frecuentes en Loma La Gloria como capas concordantes; también conocidos en la Fm. Cobrito.

Más escasos son los lentes y capas hasta 10 m de potencia de anfibolitas granatíferas. Generalmente son albíticas con fábrica nematogranoblástica a heteroblástica planopaparela, formada por anfíbol verde azul y matriz de albita-clorita-actinolita y accesorios (apatito y metálicos). Estas anfibolitas son tan similares al Litodema Anfibolitas Yayabo que parecen prácticamente las mismas<sup>65</sup>. En la región oriental y NE de la Cúpula de Sancti Spiritus, estas anfibolitas de despliegan en cuerpos grandes de considerable potencia (hasta más de 300 m) suscitando un problema irresuelto de la estratigrafía del Escambray, por su discutida pertenencia a las Anfibolitas Yayabo.

Dentro de los esquistos cristalinos la mayor atención se orienta hacia las eclogitas (**Epígrafe 9**). Son rocas exclusivas de Loma La Gloria, de la Fm. Cobrito, del Litodema Algarrobo y del Mélange Loma de **Los Guapos (Dublan y Álvarez-Sánchez et al., 1986; Álvarez-Sánchez et al., 1992)**. En Loma La Gloria, las eclogitas en grandes budinas son reportadas en el Río Caracusey, Cúpula de Sancti Spiritus (Millán y Somin, 1985b; Somin, *et al.*, 1992), en mármoles y

<sup>64</sup> Las metasilicitas con manganeso son las rocas principales de la Formación La Sabina, donde forma secciones prácticamente puras con finas intercalaciones de esquistos metatufíticos. Nota del Autor.

<sup>65</sup> Es cierto que dentro de la Unidad 3 se ven intercalaciones de anfibolitas granatíferas aparentemente idénticas a Yayabo. Sin embargo bajo el microscopio siempre contienen restos de eclogitas que indican que estas anfibolitas son producto de un metamorfismo regresivo más tardío. Incluso estos cuerpos intercalados de eclogitas reelaborados en anfibolitas (en diferente grado) pueden contener intercalaciones de metasilicitas. Correspondencia de G. Millán (7-05-2012).

esquistos calcáreos referidos a la Fm. Cobrito (Millán y Somin, 1985 b) o como parte de Loma La Gloria (Somin, *et al.*, 1992).

En la región de La Sierrita, al SW de la Cúpula de Trinidad (Lomas de San José-Pico Blanco), Loma La Gloria contiene intercalaciones de eclogitas y apoclogitas granatíferas con glaucófana y zoisita desde algunos centímetros hasta varios metros, yacentes en concordancia, con los esquistos cuarcíferos micáceos metaterrígenos y los esquistos calcáreos y mármoles de Cobrito. Estas intercalaciones se derivan de cuerpos de metabasitas, que se reconocen como metagabros y metabasaltos en perfiles de metamorfismo algo atenuado (ver Miembro La Horqueta de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito).

### Alteraciones meteóricas y su aspecto en afloramientos.

En cortes profundos el color es gris oscuro a negro a verde grisáceo. En la superficie es rojizo-ocre, amarillento, a veces abigarrado. También existen afloramientos frescos en superficie. Los afloramientos muy meteorizados semejan un metamorfismo menor y pueden confundirse con otras unidades. La meteorización se aproxima al tipo laterítico favorecido por pirita, granate, clorita, manganeso y otros que se oxidan rápido en condiciones tropicales. Stanik (Stanik *et al.*, 1981) señala que el 90% de las lateritas se derivan de la Fm. Sopapo ( $\approx$  Loma La Gloria + La Chispa) un indicio acertado sobre la posición suprayacente de los metaterrígenos sobre los mármoles del Grupo San Juan, en la parte central de la Cúpula de Trinidad.

### Rasgos diferenciales.

Está claro que estas unidades tienen un alto grado de semejanza y su distinción se complica por su colocación en unidades tectónicas o sus relaciones con las zonas metamórficas. Para Loma La Gloria, los elementos distintivos deben establecerse respecto de los Esquistos La Chispa, ya que ambas unidades son muy similares en su litología principal.

Los criterios básicos comprenden aspectos de valor crítico que pueden examinarse.

Loma La Gloria contiene rocas cristalinas de alto grado metamórfico y los específicos esquistos Algarrobo, yacentes en Loma La Gloria como intercalaciones finas a métricas. Ni los esquistos Algarrobo ni las eclogitas se conocen en La Chispa. Este contraste puede ser un **criterio No. 1**; en tanto sea regular y constante en el espacio. Es un criterio de gran valor en la distinción. En el campo funciona en afloramientos extensos pero puede ser dudoso en secciones pequeñas y aisladas.

Aunque La Chispa no contiene intercalaciones de alto grado; en su corte se intercalan paquetes de los Esquistos Verdes Felicidad. Si bien ambas formaciones contienen material ígneo metamorfozado en grados de recristalización diferente; los esquistos Felicidad son suficientemente contrastantes y se reconocen bien. Si esto es una regularidad, la ocurrencia de los Esquistos Felicidad, de grado algo inferior, yacentes dentro de cortes metaterrígenos, indica secciones de La Chispa; es decir un **criterio No. 2** de diferenciación. Estos criterios aún son de valor convencional para la cartografía.

### Relaciones estratigráficas.

Loma La Gloria descansa bajo la Fm. Cobrito en transición (Millán y Somin, 1985ab; Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986). (**Figura 23**) en la totalidad de las localidades observadas donde las relaciones estratigráficas son visibles y seguras, El contacto puede ser normal, de transición o con litologías interpuestas, incluso puede ser tectónico. Donde el contacto es normal el techo de la Formación se coloca donde se afirma el corte de Cobrito. Mediante transiciones, donde se producen claras inter-capas de los metaterrígenos con los esquistos calcáreos de Cobrito, suele ocurrir el Miembro La Horqueta de la Fm. Cobrito (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992), que se describe por primera vez en este trabajo.

Tal es la situación que se ha estudiado en las regiones de La Sierrita y Las Moscas, al Suroeste y Oeste de la Cúpula de Trinidad, donde Loma La Gloria yace bajo ese miembro de transición. Como la transición a veces es algo brusca, el

contacto superior de Loma La Gloria se coloca donde aparecen las primeras intercalaciones rítmicas de esquistos calcáreos y metapsamitas, es decir, donde se afirma el corte de Cobrito. Hay que tener en cuenta que, por inversión tectónica del corte, a veces se observa la disposición inversa.

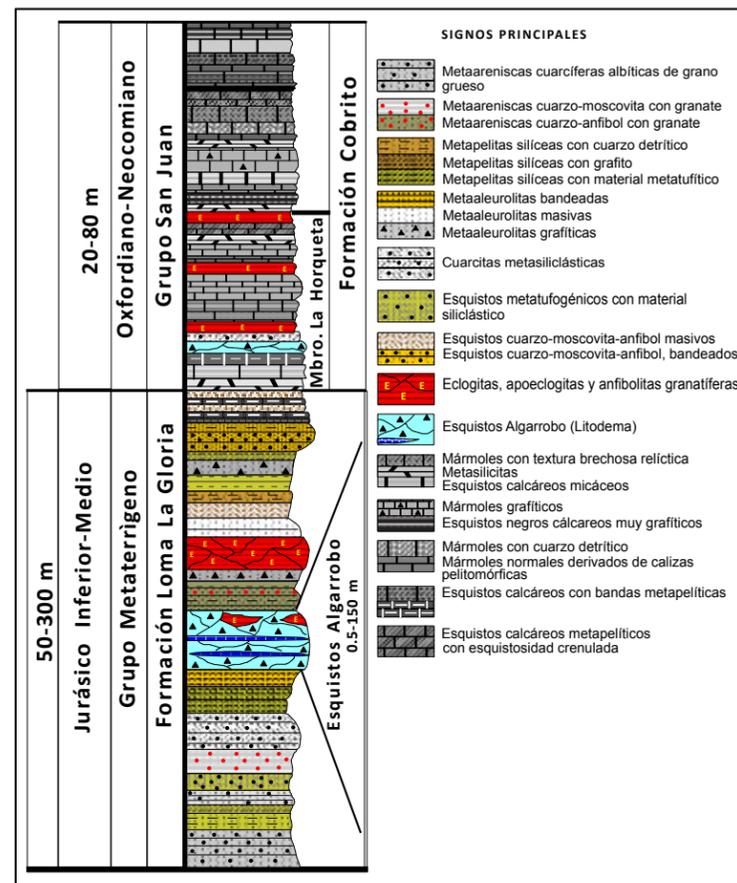


Figura.23. Columna estratigráfica de la Fm. Loma La Gloria en la región del terraplén Hoyo de Padilla-Las Moscas. Periferia Oeste de la Cúpula de Trinidad. Nappe Monforte, en la zona de alto grado metamórfico. (Según Álvarez-Sánchez, en Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, inédito). (Lámina 4).

Como la Fm. Loma La Gloria ocupa áreas extensas en la periferia de ambas cúpulas, al Norte, Sur y Este de la Cúpula de Sancti Spiritus y Norte de la Cúpula de Trinidad, es posible apreciar que esta relación con la Fm. Cobrito es constante y bien comprobada.

Las unidades compuestas por el par Loma La Gloria-Cobrito ocupan la posición estructural más elevada en la estructura del Escambray (Lámina 4). Independiente de la interpretación de la causa que se proporcione; escamas, nappes, cabalgamientos y su pertenencia a una cierta "zona metamórfica" esta unidad es enteramente comparable con la denominada Nappe Monforte (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992, *ined.*), cuya localidad característica de referencia se encuentra en la región de La Sierrita, al Suroeste de la Cúpula de Trinidad.

Loma La Gloria nunca se ha observado en una relación estratigráfica normal con los mármoles del Grupo San Juan (Millán y Somin, 1981). La Fm. La Chispa, en cambio, transiciona con la Fm. Narciso del Grupo San Juan, al sur de la Cúpula de Trinidad (Millán y Somin, 1985a). En esta región La Chispa está representada por el Miembro La Llamáguia con estas relaciones de transición. A pesar de lo anterior, La Chispa puede relacionarse tectónicamente con unidades del Grupo San Juan de forma tajante en diversas variantes de ángulo e incluso en posición completamente invertida; con La Chispa, mármoles San Juan y Fm. Yaguanabo, en ese orden, desde la superficie a la profundidad (*e. g.* Pozo Estructural 11; Stanik *et al.*, 1981). Cuando Loma La Gloria se relaciona con los mármoles propiamente dichos, los contactos son siempre tectónicos; con Loma La Gloria generalmente suprayacente. Ya Stanik (Stanik, *et al.*, 1981) precisamente hubo de referirse a los contactos de la Fm. Sopapo con los mármoles de la Fm. San Juan.

En el borde externo de ambas cúpulas existen secciones de metaterrígenos sin rocas cristalinas, a pesar de que su recristalización es completa. Estas secciones (llamadas por Millán y Somin, 1985b Fm. Herradura<sup>66</sup>), redefinidas aquí como pertenecientes a La Chispa, descansan en un contacto normal o de transición bajo la Fm. Cobrito. Este contacto estratigráfico de metaterrígenos prácticamente puros con Cobrito; es uno de los puntos a dilucidar en los futuros trabajos pendientes en el Escambray, para solucionar las posibles equivalencias, enmascaradas por el metamorfismo, entre estas dos formaciones<sup>67</sup>.

Por consiguiente las relaciones estratigráficas con el fin de establecer discriminación entre La Chispa y Loma La Gloria son confusas y no seguras. Es por esto que las diferencias que se suponen entre ambas unidades, que se enfatizan con el fin de considerarlas formaciones diferentes, **quedan dependientes del grado metamórfico.**

### Transiciones entre las zonas metamórficas.

El hecho de que la Fm. La Chispa se observe hacia las áreas centrales e internas y Loma La Gloria hacia las periferias (con las excepciones conocidas), en mi opinión no es un hecho derivado de la zonación metamórfica ni depende de ella; sino que es causado por la **tectónica de cabalgamientos** y en parte por la morfología del corte de erosión actual adquirido durante el ascenso del macizo. En este sentido Millán y Somin tienen razón en su intento de delimitar "unidades tectónicas"; ya sea mantos paraautóctonos, alóctonos, propiamente dichos, o que resulten restos de lo que fueron "zonas estructuro-faciales" desplazadas; **independiente de si los intentos realizados hasta ahora son acertados o no.**

En las zonas internas la Formación yace bruscamente en un contacto tectónico de cabalgamiento sobre otras unidades que, a su vez, poseen un grado metamórfico contrastante, en cuyo caso y en localidades específicas, puede producirse una coincidencia aproximada entre una frontera tectónica regional y un salto relativo en el grado metamórfico, como parece ocurrir en la región de Crucecitas y Hoyo de Padilla-Las Moscas, al Norte y Oeste de la Cúpula de Trinidad donde un nappe compuesto de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito cubre a la Unidad Tectónica Crucecitas (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) situada hacia el Sur, integrada por secciones del Grupo La Sierrita (Millán y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1992).

Como quiera que estas relaciones tectónicas se observen en muchos lugares del Escambray con diferentes unidades litológicas bajo Loma La Gloria y la Fm. La Chispa, con mayor claridad en las regiones periféricas de la Cúpula de Trinidad; es que se afirma el concepto de que rocas del fundamento del Escambray no aflora en parte alguna.

Es el caso equivalente a la Cordillera de Guaniguanico, donde tampoco aflora, la base de la Fm. San Cayetano, reunida en mantos tectónicos que cabalgan secuencias de los equivalentes de los mármoles del Escambray.

### Espesor y base.

En la Cúpula de Trinidad, donde la erosión es profunda y Loma La Gloria se propaga hacia los bordes, puede alcanzar entre 200-400 m, que aparenta el doble a causa del plegamiento isoclinal. En la Cúpula de Sancti Spiritus mucho más deprimida, con una espesa coraza de rocas metamórficas de alto grado extendida hasta el centro de la cúpula, la Formación puede alcanzar entre 350-400 m, con la incertidumbre de las duplicaciones.

Estos espesores de ser ciertos, son llamativamente pequeños comparados con su equivalente en la Cordillera de Guaniguanico: La Fm. San Cayetano. A pesar de que su espesor es discutido y su base no se conoce, sobrepasa seguramente los 1,500 m. La Fm. Arroyo Cangre (Piotrowski, en Pszczółkowski, 1987), un buen correlativo en Cuba occidental, alcanza unos 700 m.

<sup>66</sup> Referidos en este trabajo a la Formación La Chispa (Nota del autor).

<sup>67</sup> Es más común que las secuencias de Loma La Gloria estén próximas al límite de contacto el cinturón de anfíbolitas de la Zona Manicaragua. Pero hay una importante excepción a esta situación que puede observarse bien, desde la zona de La Terminal, al Norte de la mina La Carlota, hasta más hacia el Oriente de la longitud de Picos Blancos, En ese sector, del borde externo de la franja levantada está ocupado por secuencias que responden mejor con los rasgos característicos de la Formación La Chispa, que ocupa la posición más alta del Grupo Naranjo..... Secuencias metaterrígenas prácticamente puras, más típicas de la Formación La Chispa se han observado también hacia el borde externo de las cúpulas. Un ejemplo puede observarse al Norte de Cordovanal y Arroyo Bermejo, en el macizo de la Loma de Los Guapos. (Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986; Informe Zona Centro, pags. 19 y 28).

Nunca se ha observado la base de Loma La Gloria. De existir, no aflora en el Escambray (Stanik *et al.*, 1981; Millán y Somin, 1985ab; Álvarez-Sánchez en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Tal circunstancia equivale al caso de Guaniguanico, donde tampoco se conoce la base de sedimentación de las Formaciones San Cayetano, Francisco o El Sábalo (Pszczólkowski *et al.*, 1975). Una situación similar ocurre en el Complejo Metamórfico de Isla de Pinos, también en Cuba occidental.

### Edad.

Se han realizado estudios K/Ar, Pb/Pb (Somin *et al.*, 1992); CA-TIMS (Somin *et al.*, 2009); SHRIMP (Rojas-Agramonte *et al.*, 2006, 2012); la mayor parte dedicados a las eclogitas. Los resultados son interesantes y significativos y confirman la conclusión de la edad post-Triásico de las rocas del Escambray y de su metamorfismo (Somin *et al.*, 2009). Pero en lo concerniente a la edad de las rocas base de Loma La Gloria (metaareniscas, esquistos cuarzo-mica; glaucofánicos y otros) no hay mucha información. No obstante Rojas-Agramonte reporta en un trabajo en preparación (comunicación personal, 2018) unos esquistos metaterrígenos que pertenecen a Loma La Gloria, determinados por SHRIMP, con una edad no más antigua que Jurásico temprano a tardío (¿Oxfordiano?).

Las mejores evidencias de la edad de Loma La Gloria provienen de las pruebas micropaleontológicas. En la Cúpula de Trinidad se encontraron restos de radiolarios de aspecto mesozoico (Ducloz y Vuagnat, 1956; Stanik *et al.*, 1981; Bolotin *et al.*, 1970). En los esquistos calcáreos de la "facies Caracusey" (Somin *et al.*, 1992) en el contacto de transición de la Fm. Cobrito con los metaterrígenos, se encontraron radiolarios (tanto nasselaridos como espumelaridos), moldes de dinoflagelados semejantes a *Cadosina sp.* (Furrázola-Bermúdez, en Millán y Somin, 1985b); un alga segmentada comparable a *Globochaete alpina (¿)* y planctónicos semejantes a *Calpionellidae* o *Chitinoidea* (ver Epígrafe 6.1.1). Estas determinaciones, en un rango de edad del Jurásico Superior a Neocomiano en las rocas del techo de Loma La Gloria, permiten establecer una edad Jurásico temprano a Jurásico tardío, quizá Oxfordiano, para el protolito terrígeno de Loma La Gloria; en buena correspondencia con la parte superior de la Fm. San Cayetano de la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental (Pszczólkowski *et al.*, 1975).

### 7.2. Esquistos metaterrígenos La Chispa (Formación La Chispa).

#### Autor.

Guillermo Millán Trujillo y Mark Libovich Somin. (Millán y Somin, 1985 a).

#### Unidad de rango Superior.

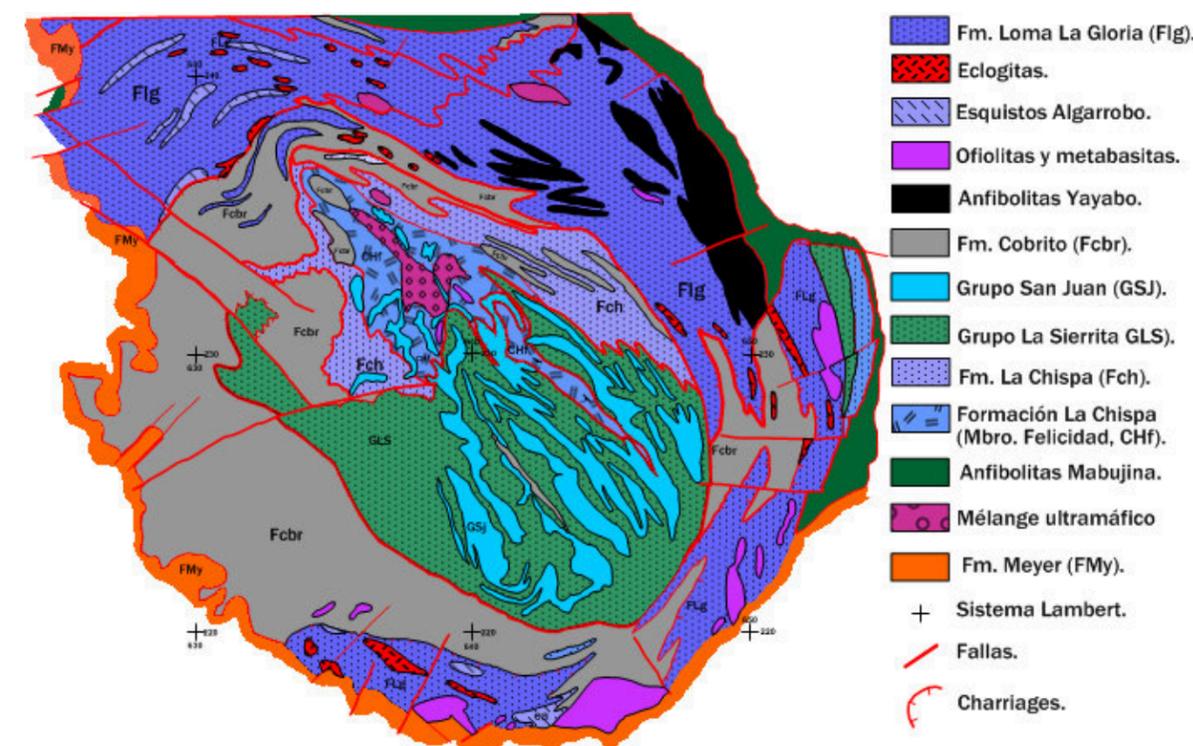
Grupo Metaterrígeno. Unidad informal en este trabajo.

#### Historia.

La Fm. La Chispa es una de las dos formaciones metaterrígenas originales del Grupo Naranja (Millán y Somin, 1985a). Desde su definición a la unidad quedó asociado miembro metavulcanógeno denominado Esquistos verdes Felicidad. Una facies, caracterizada por homogeneidad litológica, adentrada hacia el interior de la Cúpula de Trinidad (Zona Metamórfica 1) y bajo la Fm. Narciso del Oxfordiano, fue llamada Fm. La Llamágu. Otra facies, idéntica a la anterior, pero de mayor cristalinidad, expuesta en la periferia de ambas antiformas, fue separada bajo el nombre de Fm. Herradura (Millán y Somin, 1985 b).

Según Millán y Somin (1985a; pag. 18) "Ambas facies de la Fm. La Chispa también parecen contactar estratigráficamente con esquistos calcáreos de la Fm. Cobrito en distintos lugares de ambas cúpulas, destacándose, en ocasiones, una zona con intercalaciones de esquistos calcáreos y esquistos metaterrígenos en la transición de una a la otra". En las discusiones precedentes he discutido sobre la validez de estos nombres litoestratigráficos (ver Epígrafe 6.1.).

LÁMINA 1. MAPA GEOLOGICO SIMPLIFICADO DE LA CÚPULA DE SANCTI SPIRITUS



#### Categoría estratigráfica.

La Chispa fue aceptada como formación litoestratigráfica, en el Léxico Estratigráfico de Cuba (1ra Versión, Franco Álvarez *et al.*, 1992, *ined.*) por decisión de la Subcomisión del Jurásico del Léxico Estratigráfico de Cuba y así publicada en la versión citada<sup>68</sup>. Como en el caso de los esquistos Loma La Gloria, La Chispa ha recibido un tratamiento equivalente en la literatura.

#### Sinónimos.

El Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez, *op cit.*) refiere sinonimias con trabajos muy antiguos que respetan historia legítima pero poco práctica. Una equivalencia más actual sería la Fm. Sopapo (Zhalousky en Stanik, *et al.*, 1981), de mayor equivalencia con la Fm. La Chispa. En mi concepto, los sinónimos de La Chispa y de Loma La Gloria son enteramente los mismos. A salvo de mis posibles discrepancias con el Léxico, las unidades sinónimas de La Chispa son las siguientes: Schist formation, Thiadens (1937). Carbonate Rocks y Schist, Hill (1959). Fm. Sopapo, (Zhalousky, 1976 en Stanik *et al.*, 1981).

#### Nombre y Localidad Tipo.

El nombre La Chispa es el de un caserío, al Norte del centro turístico de Topes de Collantes, en la parte central de la Cúpula de Trinidad (Figura 24). Millán y Somin (1985a) establecieron la Sección Tipo en el área de sus afloramientos principales. Esta sección se puede observar a partir de la localidad Topes de Collantes a lo largo de la carretera asfaltada a Manicaragua, hasta las proximidades del poblado de Jibacoa.

<sup>68</sup> El autor formaba parte de esta subcomisión.

**Sección Tipo. Holoestratotipo.**

La Sección Tipo se determina en los cortes de la carretera, con coordenadas Lambert: Norte 232.60 y Este 601.40 (iniciales) y Norte 236.25 y Este 600.30 (finales). Hoja Topográfica Topes de Collantes. 4181 I. ICGC. (Figura 25). Una Sección Cotipo. (Hipoestratotipo) no se ha definido por sus autores.



Figura.24. Esquema de la situación de la Localidad Tipo de la Fm. La Chispa (Millán y Somin, 1985a). En la Cúpula de Trinidad. Mapa 1:250,000. Series 1501 Air Sheet NF 16-6. Edition 6. Elevación en pies.

A lo largo de la carretera abundan los cortes bien aflorados de esquistos metapelíticos sericito-cuarzosos a veces cloríticos y metaareniscas cuarcíferas con estratificación conservada. Ocasionalmente aparecen intercalaciones de metasilitas convertidas en cuarcitas clinozoisíticas y esquistos verdes metatufogénicos básicos que pueden manifestarse como rocas mixtas de material terrígeno-vulcanógeno (Figura 26). Dentro de ciertas distancias se destacan lentes y capas en budinas de mármoles de color gris oscuro. Por su posición esta sección se encuentra hacia el borde externo de la Zona Metamórfica I, por cuya causa se preservan bastante bien rasgos primarios de las estructuras sedimentarias.

**Extensión geográfica.**

La Fm. La Chispa se expone en áreas de diversas dimensiones en ambas cúpulas. En la parte central de la Cúpula de Trinidad los afloramientos se extienden por decenas de kilómetros, en una estrecha relación con mármoles del Grupo San Juan, imprimiendo al relieve rasgos que recuerdan mucho al paisaje de la Sierra de los Órganos. En la Cúpula de Sancti Spiritus La Chispa ocupa áreas más pequeñas en su parte central. En la región central de la Cúpula de Trinidad el grado metamórfico no es elevado y corresponde en su mayor parte, con la Zona Metamórfica 1 y parte de la 2, de Millán y Somin (1981).

**Litología de La Chispa en la Localidad Tipo.**

La Fm. La Chispa es una sección bastante homogénea y hasta monótona, de esquistos metaterrígenos derivados de areniscas cuarcíferas y de rocas arcillosas transformadas en esquistos sericíticos, cloríticos, sericito-cuarcíferos y cuarcífero-micáceos (moscovíticos), a menudo grafiticos y a veces con granate. En los afloramientos de caminos se manifiestan con claridad los ritmos de esquistos metaterrígenos derivados de areniscas y limolitas con las intercalaciones finas de metapelitas sericito-cuarcíferas, con una fábrica hojosa

destacada por las micas. En otras secciones se destacan ritmos donde los esquistos metapelíticos sericito-cuarcíferos lustrosos predominan mientras las capas de metaareniscas están supeditadas. En estas secciones es donde abundan los lechos grafiticos derivados de material carbonoso, por lo visto de origen primario. Las secciones grafiticas, cuando frescas, se aprecian altamente enriquecidas en grafito, en forma de esquistos negros de tacto grasoso con finos cristales de sericita.



Figura.25. Localidad Tipo y Sección Tipo de la Fm. La Chispa, Cúpula de Trinidad. Hoja Topes de Collantes 1: 50,000. 4181 I. ICGC. (Cuadrícula= 1Km). De acuerdo con Millán y Somin (1985a). (Gráfica del autor).

Las rocas metapsamíticas en bancos finos a medios (10 a 20 cm, raramente más) contienen cristales de albita y a veces pequeños cristales de granate, magnetita, zircón y rutilo. Son rocas de tonalidades claras, gris acerado a blanco grisáceo en los afloramientos frescos (Figuras 27 y 28), con una participación muy alta de cuarzo detrítico relicto, a menudo más del 70%. La fábrica es típicamente, plano paralela muy expresiva (Figura 27).

Las metaareniscas de La Chispa, localmente conservan algunas texturas relictas de su protolito psamítico, aunque en las secciones afloradas en las unidades de las periferias de las cúpulas la mayor parte de los afloramientos presentan un grado avanzado de recristalización, presentándose como verdaderos esquistos silicios foliados, fuertemente multiplegados. De hecho en las zonas de alto grado metamórfico (presión alta), en los bordes de las cúpulas, los esquistos metaterrígenos de La Chispa pueden confundirse con rocas equivalentes de la Fm. Loma La Gloria.

**Mármoles y esquistos de manganeso.**

Frecuentemente en las sucesiones se destacan unas intercalaciones de mármoles grises a negros y esquistos calcáreos con notable cantidad de material terrígeno. Los mármoles se presentan en lechos de centímetros a metros y abundan en los afloramientos de La Chispa de la parte central de la Cúpula de Trinidad. Del mismo modo se pueden observar sectores donde las secciones metaterrígenas se ven interrumpidas por paquetes de unos esquistos

manganesíferos, reportados en la Fm. Sopapo (Stanik *et al.*, 1981). Estos esquistos son mineralógicamente idénticos a los descritos en el interior de la Fm. Loma La Gloria.

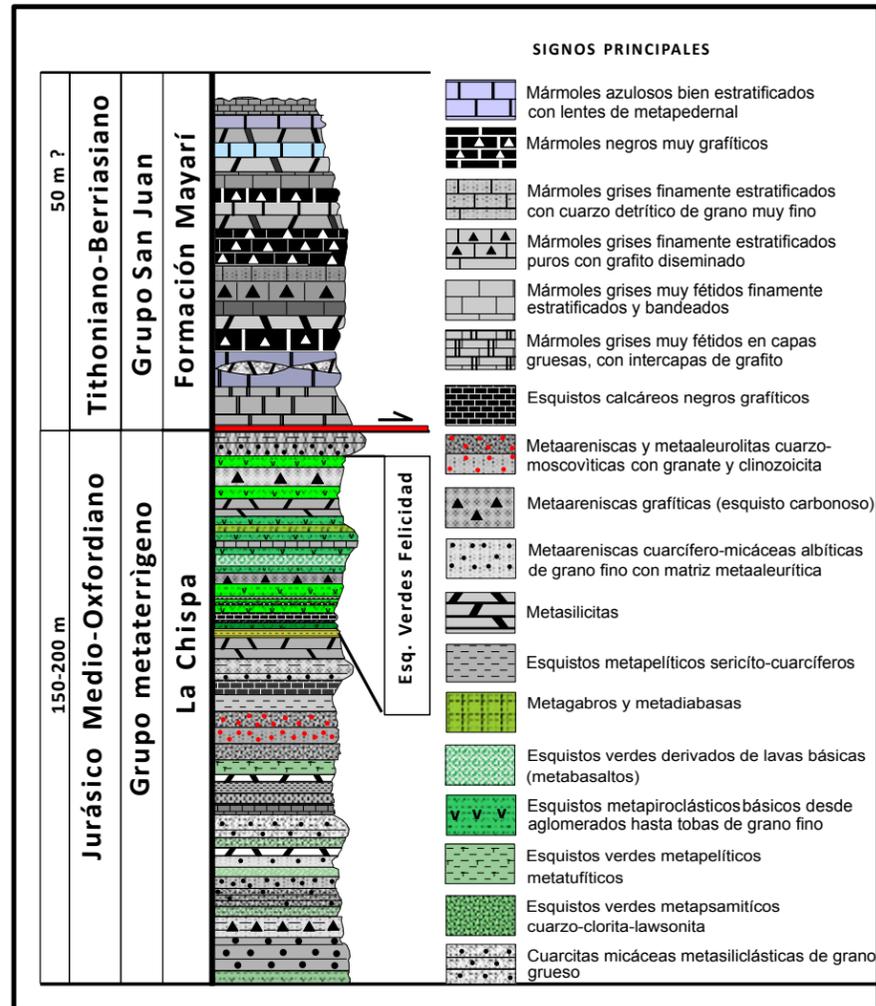


Figura.26. Columna estratigráfica de la Fm. La Chispa en la región central de la Cúpula de Trinidad, dentro de la Zona metamórfica 1 de Millán y Somin (1981). Región de La Chispa-Topes de Collantes. (Según Álvarez-Sánchez, en Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, inédito).

### Metasilicitas.

Esquistos silíceos carentes de zircón detrítico e interpretados como metasilicitas se destacan en paquetes y secciones de potencia significativa dentro de los metaterrígenos y parecen derivados de rocas similares a chert, convertidas en cuarcitas clinozoisíticas granatíferas (Millán y Somin, 1985 a; Soucek y Álvarez-Sánchez, 1986). Estas rocas son similares a las reportadas en la Fm. Loma La Gloria (Somin *et al.*, 1992) en la parte Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus y fueron reconocidas tempranamente por Millán (1973) e interpretadas como derivados de vulcanismo coetáneo con la sedimentación; criterio también sostenido por los autores de las expediciones Escambray I y II (Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) quienes señalan que en ningún caso se han observado relictos de estructuras clásticas ni zircón detrítico en estas rocas. Las metasilicitas no son exclusivas de las Formaciones Loma La Gloria y La Chispa. Se encuentran en los esquistos Algarrobo; la Fm. Cobrito, los Esquistos Verdes Felicidad, en varios niveles de los mármoles del Grupo San Juan. El Grupo La Sierrita contiene esta litología en todas las formaciones integrantes.



Figura.27. Corte de la carretera a Topes de Collantes. Afloramiento fresco de metaareniscas de la Fm. La Chispa. Foto cortesía de L. Bernal (Inst. de Geología y Paleontología. La Habana).

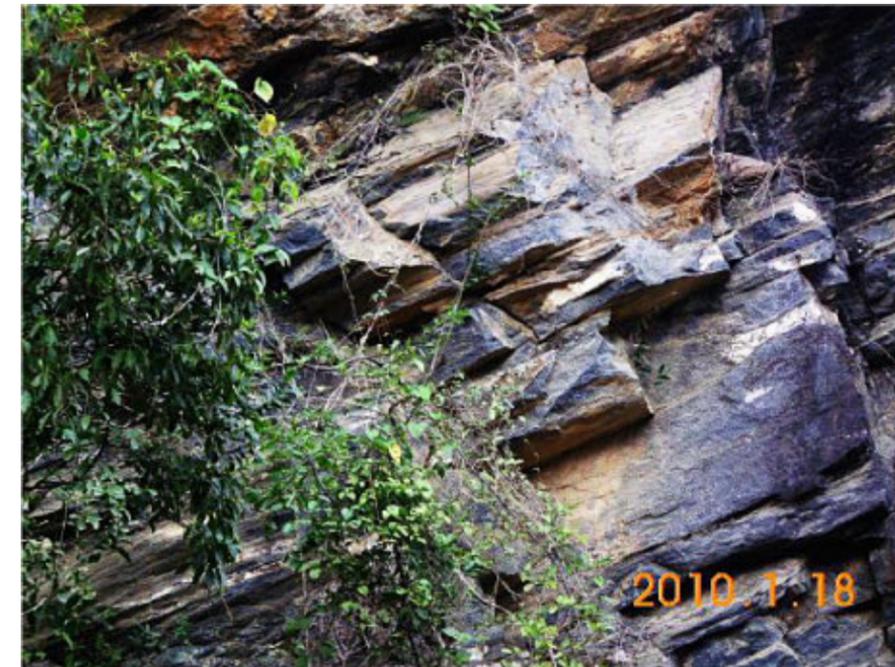


Figura.28. Detalle de la Figura 27. Corte de la carretera a Topes de Collantes. Metaareniscas de la Fm. La Chispa con intercalaciones finas de esquistos metapelíticos clorito-albíticos (Foto cortesía de L. Bernal (Inst. de Geología y Paleontología. La Habana).

### Esquistos verdes.

En estrecha asociación con la Fm. La Chispa, Millán y Somin (1981) describen una sección de esquistos verdes derivados de una actividad vulcanógena de composición básica primaria, que yacen como delgadas intercalaciones hasta cortes de potencia decamétrica. Estos esquistos fueron nombrados como "Esquistos Verdes Felicidad" (**Epígrafe 7.1.2.3**) interpretados como intercalaciones estratigráficas en el interior de la Formación, a menudo muy cerca del contacto con la Fm. Cobrito (**Figura 30**). Los esquistos verdes, de origen volcánico básico, contienen lawsonita, clorita y albita (Millán y Somin (1985a); Soucek y Álvarez-Sánchez (en Dublan & Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Otros cuerpos metavulcanógenos que podrían asociarse a los esquistos Felicidad, también se han visto muy próximos a contactos de la Fm. La Chispa con mármoles del Grupo San Juan, incluso en el interior de las partes bajas de secciones de mármoles.

### Meteorización y aspecto en afloramientos.

En los valles fluviales y terraplenes cortados en rocas frescas (**Figuras 27 y 28**), es de tonalidades grises; oscuro, acerado, verdoso y por sectores hasta negro; principalmente donde los cortes contienen esquistos grafiticos, intercalaciones de mármoles y esquistos de manganeso. Estos cortes frescos no son frecuentes. En los núcleos de pozos de exploración, donde es realmente posible ver estas rocas en estado fresco. El estado de alteración meteórica es importante. Como es común encontrarla en diversos grados de meteorización, en ocasiones bastante avanzado, resulta difícil diferenciarla de otras formaciones del Escambray; incluso de formaciones cretácicas. La degradación en los valles llega a producir depósitos arcillosos sin estructura (**Figura 2**). En los relieves elevados con secciones cortadas por corrientes rápidas a veces pueden observarse excelentes afloramientos con las rocas meteorizadas con las estructuras primarias conservadas sobre otras más fresca, incluso contactos estratigráficos con los mármoles (**Figura 29**).

### Posible equivalencia con nombres informales.

Al Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus, entre Monte de Los Santos y El Corojo, J. Koverdinsky (en Stanik *et al.*, 1981) describió una unidad de cuarcitas bandeas grafiticas con relictos de estratificación rítmica graduada; llamada Miembro Yagruma de la Fm. Sopapo; en contacto con mármoles de la Fm. San Juan (de Zhalousky 1976, en Stanik *et al.*, 1981). Las cuarcitas se extienden en una franja de 15 km con un espesor estimado de 30 m, a más de 100 m por el plegamiento isoclinal.

En estas cuarcitas yacen metaconglomerados de guijarros silíceos y de feldespatos alterados y al sur de la Loma del Obispo pueden alcanzar hasta 4 cm (Stanik *et al.*, 1981). Resulta difícil establecer aquí la posible equivalencia de esta unidad con una de las dos formaciones iniciales del Grupo Naranjo. Stanik (1981, pag. 58<sup>69</sup>) describe metaconglomerados en cortes de las Formaciones Sopapo en localidades muy próximas de la Cúpula de Trinidad. De modo que probablemente las cuarcitas Yagruma podrían ser equivalentes a la Fm. La Chispa, ya que metaconglomerados no se han descrito en la Fm. Loma La Gloria.

<sup>69</sup> En referencia a la Formación Sopapo: Puede ser que a esta parte del corte pertenecen también metaconglomerados con clastos aplastados y triturados de material carbonatado o cuarcito-clorítico y a veces formados por feldespatos sericitizados. El tamaño de los clastos varía alrededor de 3mm y pueden alcanzar 8mm. (Nota del Autor).



Figura.29. Corte del Río Caburní. 1-Mármoles del Grupo San Juan. 2-Fm. La Chispa. Sección meteorizada con la estructura conservada y fresca en la parte inferior. Cúpula de Trinidad.

### Relaciones estratigráficas. Rasgos diferenciales.

Las relaciones de la Fm. La Chispa con las unidades suprayacentes son alternativamente estratigráficas o tectónicas. En las dos cúpulas, en sus regiones internas, la relación es frecuente con los mármoles de la Fm. Mayarí (**Figura 26**), mediante contactos tectónicos o reelaborados tectónicamente. En la zona media entre el borde externo de la Cúpula de Sancti Spiritus y su núcleo, secciones de mayor referidas a la Fm. La Chispa, yacen en contacto tectónico, interpretado como pre-metamórfico (**Figura 30**), con secuencias de esquistos calcáreos de la Fm. Cobrito (Millán y Somin, 1985b), observación que, según Millán, contribuyó al posible abandono del concepto inicial del Grupo Naranjo. En el borde externo de ambas cúpulas (llamada "Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal"; según Millán, 1997a), La Chispa se encuentra en contacto normal con la Fm. Cobrito (Miembro Boquerones).

En localidades del borde externo septentrional de la Zona Metamórfica 1, en la Cúpula de Trinidad, Millán (en Millán y Somin, 1985a) se reporta un contacto estratigráfico normal entre metaterrígenos referibles a la Fm. La Chispa (Miembro La Llamagua en este trabajo) con mármoles de la sección inferior del Grupo San Juan (**Figura 33**); específicamente con la Fm. Narciso, fechada como Oxfordiano Medio por ammonites (Millán y Myczyński, 1978). Millán y Somin (1981) indican que en ocasiones se observan aparentes transiciones graduales entre los esquistos apoterrígenos y los mármoles, manifestadas por zonas de intercalaciones. Esta misma conclusión también fue sostenida por la Expedición Escambray I <sup>70</sup> (Stanik *et al.*, 1981).

Los criterios convencionales para la diferenciación se explicaron en el **Epígrafe 7.1.1**). Si en una zona afloran cortes metaterrígenos con paquetes de esquistos de Algarrobo, eclogitas, anfibolitas de alto grado y otros esquistos

<sup>70</sup> El límite superior se distingue bien cartográficamente y está dado por un brusco cambio litológico de esquistos a mármoles de la Formación San Juan. Este contacto en algunos lugares tiene un carácter tectónico y en otros se observan bruscas transiciones entre ambas formaciones. (Stanik *et al.*, 1981; pag. 52). (Se refiere a la Formación Sopapo. Las transiciones se refieren a la Formación Cobrito, no distinguida por la Expedición Escambray I. (Aclaraciones del autor).

crystalinos la Fm. La Chispa no debe reconocerse. Si estas formaciones se mantendrán como dos entidades diferentes, tendrá que darse por bueno que es el metamorfismo el factor principal y en todos los casos el único para separarlas. Las secciones de La Chispa se delimitan hacia la parte central de las cúpulas (ver Millán y Somin, 1981, 1985a, 1985b; Millán, 1989; Millán, 1997) y estos sectores se encuentran en las Zonas Metamórficas 1, 2. Pero en la Cúpula de Sancti Spiritus ocurren algunos casos que parecen una transición entre la Zona 3 hacia la Zona 2. Esto puede dar lugar a confusiones locales que quizá no sean de mucha importancia.

No obstante, de estas observaciones se derivan algunos términos que podrían convertirse en corolarios.

Si las rocas metaterrígenas del Escambray fueron metamorfizadas a ciertas profundidades sucesivas, sin importar ahora como llamarle a esta situación, las diferencias faciales que aún se reconocen entre las formaciones directamente suprayacentes a La Chispa, de calizas de plataforma (mármoles San Juan) y flysch calcáreo (Fm. Cobrito), demuestran la existencia de segmentos faciales similares en una cuenca desarrollada sobre una paleoestructura común (Dublan & Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

O estas zonas faciales fueron remontadas antes del metamorfismo cabalgando una sobre las otras y así fueron metamorfizadas; criterio sostenido por Millán y Somin en sus primeros trabajos (e. g. Millán y Somin, 1981); por Stanik<sup>71</sup>, 1981 (*op cit.*) y por Álvarez-Sánchez 1986 (*op cit.*) y su conexión transicional fue rota antes del metamorfismo y fragmentada en porciones relacionadas entre sí por sistemas de cabalgamientos<sup>72</sup>. O el metamorfismo y la superposición de unidades o zonas faciales fue el resultado de eventos sinmetamórficos.

Hoy día Millán ha cambiado de opinión y piensa que la tectónica de cabalgamientos ocurrió simultánea con el metamorfismo<sup>73</sup>. Como consecuencia de estas incertidumbres en la actualidad no sabemos cuanto es el grado de separación real en términos de desplazamiento tectónico entre dos formaciones pariguales con distinto grado metamórfico y no podemos reconstruir la geometría de las facies de la cuenca de modo que podamos saber que grado de conexión o cercanía existía entre ellas.

#### Espeor.

No existe ningún dato exacto y verificado sobre el espesor verdadero de los Esquistos Loma La Gloria. Información de perforaciones realizadas en la parte central de la Cúpula de Trinidad, destinadas a investigar la estratigrafía invertida<sup>74</sup>, sugieren; o confusiones de intervalos atravesados o errores de interpretación del corte de formaciones<sup>75</sup>; sin que sea posible obtener una conclusión de tales datos (Tabla V).

**Tabla.V. Datos de perforaciones realizadas en la Cúpula de Trinidad, parte central.**

Pozo	Coordenadas	Hoja topográfica	Profundidad m	Formación	Potencia cortada m
P-11	N236.05 E586.75	Topes de Collantes	150	La Chispa/S. Juan	24
P-16	N239.25 E586.45	Topes de Collantes	51.15	La Chispa/S. Juan	8

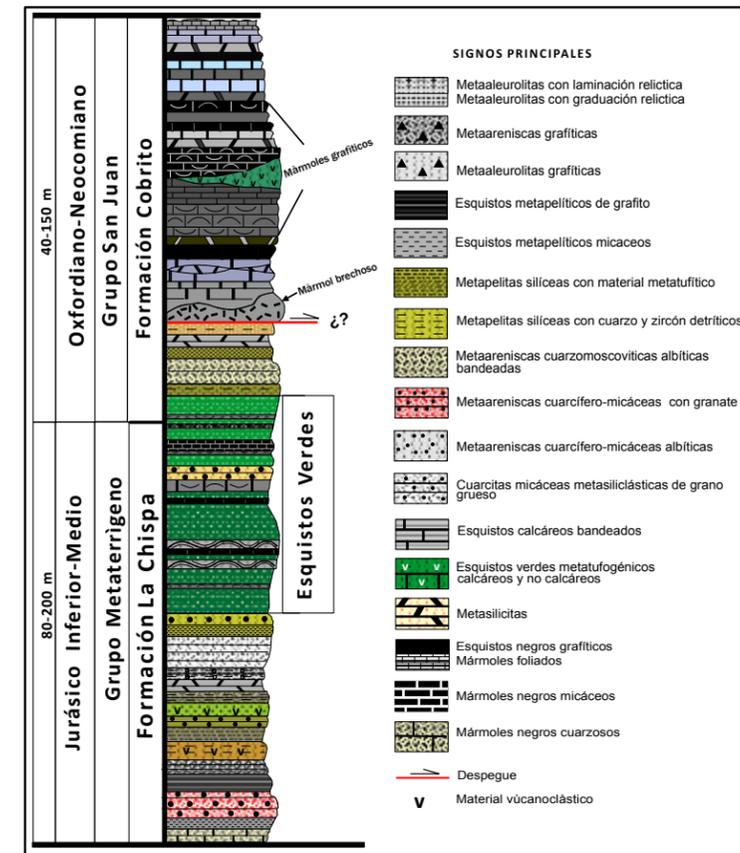
<sup>71</sup> En la nueva concepción estratigráfica de la Zona Trinidad se aportan además datos que apoyan la existencia de mantos de cabalgamiento en épocas anteriores al metamorfismo principal de la zona.....La posición estratigráfica invertida no es posible explicarla sin mantos de cabalgamiento (sin escamas tectónicas) que se formaron antes del metamorfismo y del plegamiento principal de la zona (2.1.1.4). (Stanik *et al.*, 1981).

<sup>72</sup> Este problema no se ha resuelto. No se conoce lo suficiente el estilo tectónico en detalle. Ni siquiera existe un mapa tectónico creíble de los mantos tectónicos del Escambray (Nota del Autor).

<sup>73</sup> Quiero recalcar que todas las deformaciones que tuvieron lugar en cada uno de estos fragmentos del Escambray, tanto la conformación de la estructura manto-escamada, así como las distintas fases de plegamiento, son sinmetamórficas y ocurrieron junto con el metamorfismo de alta presión a partir del momento en que penetraron en la subducción, por lo que no debe haber ocurrido deformaciones premetamórficas. (Millán, 2012; correspondencia con el Autor).

<sup>74</sup> Todos los pozos ubicados en la Fm. Sopapo, que está rodeada por mármoles de la Fm. San Juan, encontraron dicha Formación a las siguientes profundidades : PE-4 (a 15 m). P-11 (a 24 m). P-16 (a 8 m). P-17 (a 12 m). Y los pozos ubicados en la Fm. Yaguanabo, al contrario, no llegaron a los mármoles San Juan, ni a otra formación, aunque alcanzaron las profundidades siguientes: P-12 (151.15 m) y PE-7 (a 500.30 m). (Stanik *et al.*, 1981).

<sup>75</sup> El Pozo P-17, con toda seguridad, cortó la Formación La Sabina, unidad que no fue distinguida en el informe Escambray I. Entre los datos no se encuentra el pozo PE-4. (Nota del Autor).



**Figura.30. Relaciones tectónicas y estratigráficas entre la Fm. La Chispa y la Fm. Cobrito en la parte norte-central de la Cúpula de Sancti Spiritus. (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez, 1991). (Gráfica del autor).**

Tampoco es imposible lo que estos pozos informan. Metaterrígenos yacientes sobre los mármoles San Juan o sobre la Fm. Cobrito, en orden invertido, no significa algo inusitado. Solo las potencias insólitamente pequeñas (8 m y 24 m) provocan desconfianza. Dos sitios relativamente alejados tienen cortes de erosión tan profundos que apenas dejan solo unos pocos metros restantes hasta los mármoles. Al fin, no necesariamente los extensos espacios ocupados por La Chispa en esta región tienen que concordar con espesores muy grandes. Al considerar el estilo tectónico con frecuentes cobijaduras, inversiones del corte y escamas tectónicas superpuestas, se puede explicar la amplitud de sus afloramientos. En este sentido, se puede aceptar, con las reservas del caso, que en la carretera Topes de Collantes-Jibacoa hay unos centenares expuestos, unos 150-200, quizá duplicados varias veces. Por otra parte; la base de La Chispa no aflora.

#### Edad.

Las primeras menciones de restos de radiolarios de apariencia mesozoica se citan en Ducloz y Vuagnat (1962); Bolotin (*et al.*, 1970) y Stanik (*et al.*, 1981). Los radiolarios fueron estudiados por Furrzola-Bermúdez; sin mayores precisiones de su edad.

La posición de la Fm. La Chispa bajo la Fm. Narciso del Oxfordiano Medio y el hecho de que en la localidad tipo de Narciso el contacto es normal, sin observarse indicios de contacto tectónico ni despegues, permite suponer que la Fm. La Chispa tiene una edad de Jurásico Inferior a Medio y probablemente abarca el Jurásico Superior.

### 7.2.1. Miembro La Llamágu.

#### Categoría estratigráfica.

Enmienda de la Fm. La Llamágu a Miembro La Llamágu de la Fm. La Chispa<sup>76</sup>.

#### Autor.

Formación La Llamágu. Guillermo Millán Trujillo y Mark Libovich Somin. (Millán y Somin, 1985 b).

#### Área Tipo y Holoestratotipo.

El Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez, *et al.*, 1992) denomina a esta unidad como Fm. La Llamágu. Millán y Somin (*op cit.*), inicialmente no describen una localidad tipo para la unidad "Fm. La Llamágu" en su descripción original.

El Léxico Estratigráfico de Cuba proporciona un Área Tipo de la unidad en el "terraplén Yaguanabo-Naranjo", Cúpula de Trinidad, en la Provincia de Cienfuegos y define el Holoestratotipo en la misma localidad con coordenadas Lambert: Norte 230.800 y Este 586. 250 (iniciales) y 232.400 Norte y Este 587.000. Hoja 1:50,000. Topes de Collantes. 4181 I. ICGC (**Figura 31**). Este documento refiere varias sinonimias para esta unidad; entre ellas de mayor validez, las siguientes: Fm. Naranjo<sup>77</sup> (parte) (de Millán y Somin, 1981) y Fm. Sopapo (parte) (de Stanik *et al.*, 1981).

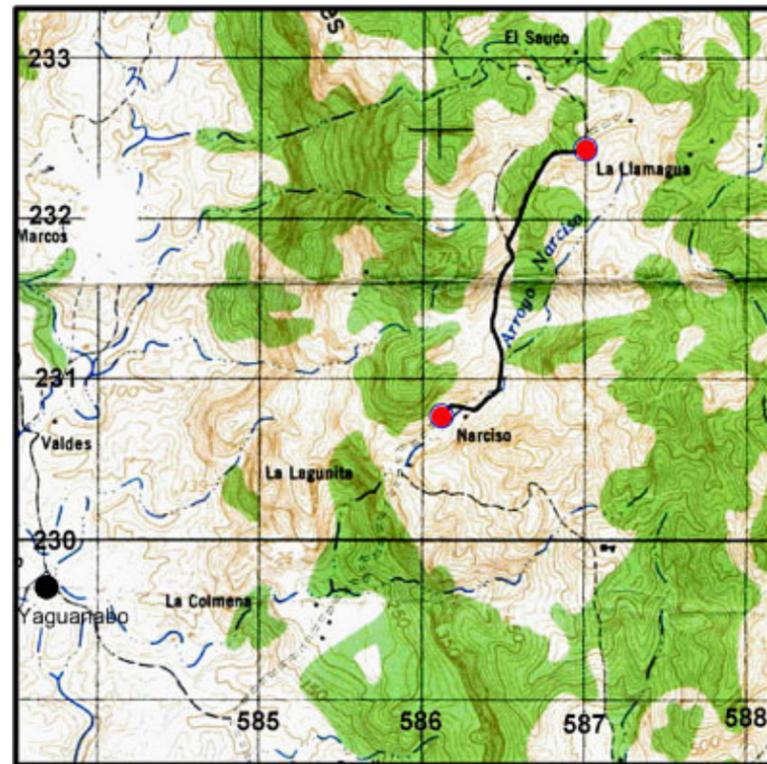


Figura.31.Holoestratotipo del Miembro La Llamágu de la Fm. La Chispa. Cúpula de Trinidad. Hoja Topes de Collantes 1:50,000. 4181 I. Cuadrícula 1 km. ICGC.

<sup>76</sup> Artículo 19. (b) **Cambio de rango.**- Para cambiar el rango de una unidad estratigráfica o de tiempo no hace falta redefinir sus límites ni cambiar la parte geográfica del nombre. Un miembro puede transformarse en una formación o viceversa, una formación en grupo o viceversa, y un litodema en ensamble o viceversa. (Código Estratigráfico Norteamericano. 2010).

<sup>77</sup> La Formación Naranjo no existe como unidad física en la nomenclatura estratigráfica de esta región (Nota del Autor).

#### Antecedentes.

En el interior de la Cúpula de Trinidad Millán y Somin (1985a) describen unas litologías de la Fm. La Chispa, caracterizadas como "otra facies diferente de la Fm. La Chispa" (sic.), sin las intercalaciones de esquistos verdes, capas calcáreas y metasilitas que se presentan en otros cortes de la Formación. Esta secuencia se observa en las zonas internas de bajo metamorfismo, (en la Zona Metamórfica 1) donde las rocas terrígenas conservan gran parte los rasgos de su estructura sedimentaria original. En capítulos anteriores discutí las razones y fundamentos para rebajar el rango estratigráfico de esta unidad.

En la situación tectónica actual no se han descrito contactos laterales convincentes entre La Llamágu y la Fm. La Chispa propiamente dicha<sup>78</sup>. Sus afloramientos se extienden en áreas considerables en un espacio geográfico común de la parte central de la Cúpula de Trinidad. La litología esencial de La Llamágu difiere de La Chispa solo en dos aspectos: Las intercalaciones y el grado metamórfico, en ambos casos en el espacio de la Zona 1 o bordes de la Zona 2 (de Millán y Somin, 1981). La litología protolítica esencial es la misma. Ambas son correlativas de la Fm. San Cayetano con la que corresponden prácticamente en el detalle<sup>79</sup>. Es probable que en esta región el Miembro La Llamágu y la Fm. La Chispa s. s., descansan en dos diferentes unidades de nappe o escamas tectónicas. Si así fuera no sería motivo suficiente para considerarlas dos formaciones diferentes.

#### Litología.

La unidad se compone de esquistos cuarcífero-micáceos (metaareniscas) (**Figura 32**) que presentan una frecuente estratificación rítmica marcada por las intercalaciones de metapelitas sericíticas de aspecto lustroso que pueden contener sustancias carbonosas.



Figura.32.Metaareniscas cuarcíferas del Miembro La Llamágu de la Fm. La Chispa en la Localidad Tipo. (Foto IGP. Grupo del Patrimonio Geológico)

El grado metamórfico en el área de sus afloramientos es particularmente bajo (Millán, 1990). Los sedimentos protolíticos se derivan de areniscas, aleurolitas y lodolitas. La secuencia se caracteriza por una buena estratificación en capas finas de 10 a 15 cm, que alternan con capas gruesas de hasta 50 cm. Rítmicamente, en la sección, las

<sup>78</sup> La transición entre ambas formaciones no está clara, considerándose que podrían corresponder a diferentes secuencias y distintas unidades estructurales, o a una misma secuencia con variaciones laterales o verticales (Millán, 1990).

<sup>79</sup> ..se trata de unos esquistos metaterrígenos, de muy bajo grado de metamorfismo, casi idénticos a la Formación San Cayetano (Millán, 1990).

metapelitas forman las intercapas de las metaareniscas y metaaleurolitas o se presentan en el interior de las capas psamíticas como finas bandas de color muy oscuro, casi negro (cauce de los arroyos). Estas capas muy finas presentan una delicada laminación relíctica marcada por materia carbonosa recristalizada, probablemente restos vegetales irreconocibles. A pesar de la reelaboración metamórfica, la secuencia de La Llamágua, en la región de su holoestratotipo, recuerda mucho ciertas secciones de la Fm. San Cayetano de la Cordillera de Guaniguanico. En particular tiene cierta semejanza con la Facies D y también con la Facies G de Haczewski (1976, 1987).

#### Relaciones estratigráficas.

Se ha señalado un contacto estratigráfico del Miembro La Llamágua bajo la Fm. Narciso del Grupo San Juan, fechada del Oxfordiano Medio por ammonites (Millán y Myczynski, 1978) y también con la Fm. Mayarí, una de las Formaciones cimeras del Grupo San Juan, pero en este caso de carácter tectónico. Las únicas evidencias disponibles indican que la Fm. La Chispa y sus facies diferenciadas infrayacen a los mármoles del Grupo San Juan estratigráficamente (Figura 33). El Miembro La Llamágua es exclusivo de la Cúpula de Trinidad (occidental), ya que secuencias de este grado metamórfico, relativamente bajo, no se observan en la Cúpula de Sancti Spiritus (oriental).

#### Edad.

Jurásico Medio a Oxfordiano Medio; sobre la base de su posición estratigráfica bajo los mármoles del Grupo San Juan (Fm. Narciso, fechada por ammonites de esa edad), del mismo modo que el resto innominado de la Fm. La Chispa.

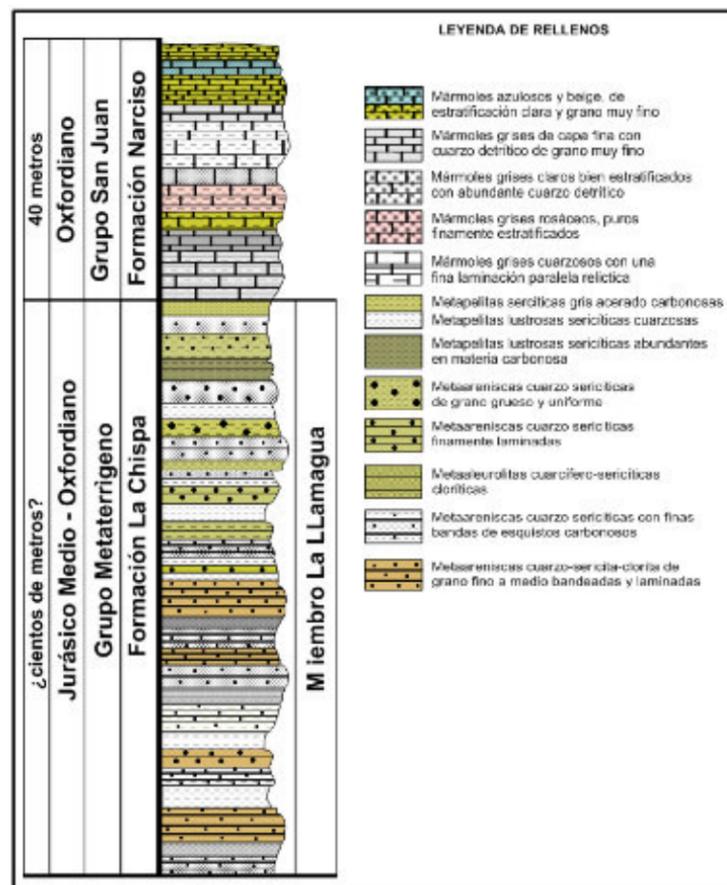


Figura.33.- Columna estratigráfica del Miembro La Llamágua de la Fm. La Chispa en la región Sur-occidental de la Cúpula de Trinidad. Región de Yaguanabo-La Sierrita. (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez, 1991). (Gráfica del autor).

#### Espesor

¿Cientos de metros? No se conoce la base de esta unidad. En la estructura regional, forma parte de un manto tectónico que, en la región Sur y meridional de la Cúpula de Trinidad, sobre todo en su sector Sur-Oeste, cabalga las unidades de Grupo La Sierrita, mediante una superficie bajo la cual yacen alternativamente la Fm. Los Cedros y la Fm. Yaguanabo.

#### 7.2.2. Miembro Herradura.

#### Categoría estratigráfica.

Enmienda de la Formación Herradura a Miembro Herradura de la Formación La Chispa.

#### Autor.

Formación Herradura. Guillermo Millán Trujillo y Mark Libovich Somin. (Millán y Somin, 1985 b).

#### Historia.

La ausencia de fundamentos en la litoestratigrafía para separar la sección llamada "Fm. Herradura" como una formación independiente se ha discutido en párrafos precedentes (Epígrafe 6.2). No obstante, cabe puntualizar aquí, el orden sucesivo en que estas facies de relativa pureza metaterrígena fueron divididas: La Fm. La Chispa fue dividida en dos facies<sup>80</sup> (Millán y Somin 1985 a); una de ellas de bajo grado metamórfico y pureza terrígena de sus cortes (posteriormente Fm. La Llamágua). Otra facies, de equivalente grado de pureza, con grado metamórfico más elevado aflora en los bordes septentrionales de ambas cúpulas, posteriormente llamada Fm. Herradura (Millán y Somin, 1985 b) cubierta en contacto normal a transicional por secciones de una formación llamada Boquerones que, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) (y en este trabajo) es considerada como un miembro más de la Fm. Cobrito.

#### Composición litológica.

Consiste de una sección de metaterrígenos cuarcíferos y cuarzo moscovíticos (metapelíticos) a veces enriquecidos en grafito y ocasionalmente albiticos; que se observan en cortes monótonos con escasas intercalaciones de otras litologías (Figura 18). En el contacto con la Fm. Cobrito (Miembro Boquerones) la sección puede contener rocas metacarbonáticas (Millán y Somin, 1985 a; Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

#### Relaciones estratigráficas y tectónicas.

En Millán y Somin (1985 b) los cortes metaterrígenos de Herradura (con su sección superior carbonática) son referidos como pertenecientes a una **Unidad tectónica 6**, desarrollada en los bordes septentrionales de ambas cúpulas bajo el mismo término (Unidad 6). En Millán (1990) la Unidad 6 es denominada la "**Unidad 1**", aflorada en ambas cúpulas, sin cambios en la posición, pero a su columna estratigráfica se añaden unas secciones de metasilitas, que fueron descritas por Millán y Álvarez-Sánchez como la Fm. Charco Azul; redefinida como Fm. Los Cedros por Millán y Álvarez-Sánchez (1992, *ined.*). En Millán (1997) la unidad septentrional (denominada sucesivamente 6 y 1) pasa a llamarse "Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal", con un metamorfismo de supuesta alta presión y bajo grado, menor que el propio de la "Tercera Unidad Tectónica de Orden Principal" (Millán, 1997, *ibid.*). El corte de esta "superunidad" (cuarta) contendría a las Formaciones Herradura (inferior) y Boquerones (media). Pero, localmente (según Millán, *ibid.*) afloran también las Formaciones Los Cedros<sup>81</sup> y La Sabina (superiores).

<sup>80</sup> En realidad fue dividida en tres facies, al tener en cuenta la Formación La Chispa *stricto sensu* (Nota del Autor).

<sup>81</sup> La Formación Los Cedros (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*) sustituye de nombre y posición estratigráfica a la Formación Charco Azul. Tanto Los Cedros como Charco Azul descansan sobre la Formación Collantes (del Grupo San Juan) en sus cortes típicos. (Nota del Autor).

La transición entre Herradura y Boquerones (Miembro Boquerones de la Fm. Cobrito en este trabajo) se destaca por intercalaciones de capas de esquistos calcáreos y algunas capas de mármol negro que hacia arriba pueden contener lechos de metagabros. Estas intercalaciones de metabasitas son típicas de la Fm. Cobrito y, en las unidades desarrolladas dentro de los límites de zonas con metamorfismo glaucofánico hasta eclogítico estos metagabros son transformados en eclogitas, a menudo retrógradas por una facies posterior de esquistos verdes (Miembro La Horqueta de la Fm. Cobrito).

La continuación del Miembro Boquerones en un mismo corte, cubierto por la Fm. Los Cedros (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*), de ser un hecho que no pueda refutarse, puede mostrar una continuidad estratigráfica alternante del Grupo La Sierrita (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992, *ined.*, y en Franco Álvarez *et al.*, 1992) del corte cretácico del Escambray sobre la Fm. Cobrito, de forma equivalente a como este mismo Grupo debuta sobre la Fm. Collantes del Grupo San Juan en otras unidades más internas en la región de la vertiente meridional de la Cúpula de Trinidad. Millán señala (comunicación escrita; 2012), que en el terraplén El Pedrero-Gavilanes (Cúpula de Sancti Spiritus), la Fm. Los Cedros, a su vez, se observa cubierta por la Fm. La Sabina (metasilicitas bandeadas, esquistos stilpnomelánicos, mármoles, metatufitas y metabasitas) de edad supuesta Cretácico Inferior, perteneciente al Grupo La Sierrita. Esta parte de la sección del tope de la unidad, según Millán, a veces predomina sobre la parte compuesta por Herradura-Boquerones, en el extremo oriental de la Cúpula de Sancti-Spiritus. Tal composición del corte, como será discutido más adelante, es una evidencia indirecta, de la pertenencia de la Fm. Cobrito a la sección media del corte estratigráfico del Escambray; es decir, el Grupo San Juan y, también, es una expresión de zonas faciales (sectores de sedimentación diferenciada) existentes en la cuenca originaria "Escambray".

La sección compuesta por la Fm. La Chispa (Miembro Herradura)-Cobrito (Miembro Boquerones) contacta con el Complejo Anfibolítico Mabujina, mediante la Falla de Perímetro principal entre el Escambray y Mabujina. Sin embargo, un hecho interesante es que también contacta con el Litodema Anfibolitas Yayabo, que en forma de un cuerpo de 1000x300m y cabalgando dicha sección, aflora interpuesto entre esta y las anfibolitas (Figura 34). En este corte la secuencia Los Cedros-La Sabina, o no aflora, o esta sometida a una casi completa reducción de potencia (Figura 35). Al sur de la unidad que contiene al Miembro Herradura la situación de contacto con las unidades tectónicas infrayacentes asume una gran complejidad. Existen problemas con la definición de las facies metamórficas, su extensión y su correspondencia con las unidades tectónicas distinguidas, de modo que se hace necesaria una discusión detallada.

#### Caracteres distintivos.

La ausencia de intercalaciones de metabasitas y otras rocas frecuentes en la sección principal de la Fm. La Chispa, así como la posición de estos cortes metaterrígenos puros, bajo la Fm. Cobrito permiten identificar al Miembro La Herradura. Se trata de una facies de la Fm. La Chispa.

#### Edad.

Jurásico Inferior-Jurásico Superior (hasta Oxfordiano); por su posición bajo la Fm. Cobrito.

#### 7.2.3. Esquistos Verdes Felicidad.

#### Autor.

Guillermo Millán Trujillo y Mark Libovich Somin. (Millán y Somin, 1981; Millán y Somin, 1985 a).

#### Unidad de Rango Superior.

Grupo Metaterrígeno. Unidad informal en este trabajo.

#### Historia.

Con igual denominación y concepto de su posición estratigráfica y origen, los Esquistos Verdes Felicidad se han cartografiado de modo independiente durante el levantamiento geológico 1:100,000 Escambray I (Stanik, *et al.*, 1981) como parte de la Fm. Sopapo (equivalente de las Formaciones metaterrígenas Loma La Gloria y La Chispa) y por Millán y Somin, en el mismo período (1981). Ambos grupos han descrito a estas rocas de origen volcánico como estrechamente asociadas a la parte inferior del corte del Escambray o como intercalaciones estratigráficas, en las Formaciones La Chispa y la Fm. Cobrito; incluso en la sección basal de mármoles del Grupo San Juan.

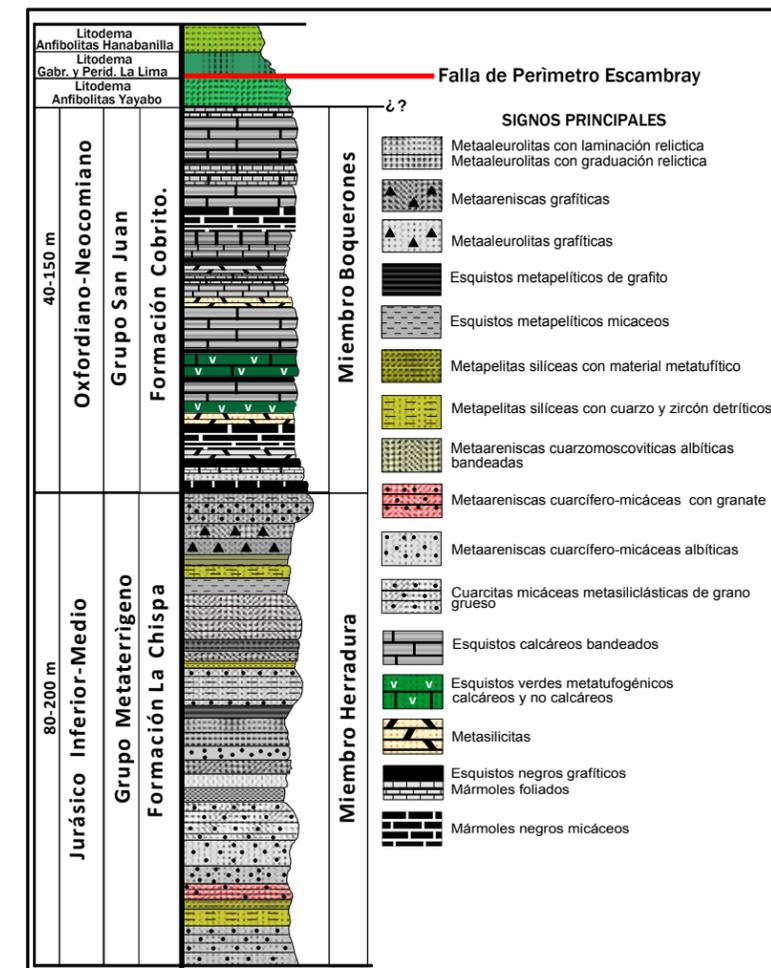


Figura.34. Columna estratigráfica de la Fm. La Chispa en la región de la carretera Manicaragua a Mina La Carlota. Periferia Norte de la Cúpula de Trinidad. Zona Metamórfica 3 de Millán y Somin (1981). (Según Álvarez-Sánchez, en Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, inédito).

Los esquistos verdes vulcanógenos, asociados a las formaciones de la parte inferior del corte estratigráfico, fueron propuestos como parte de la Fm. Naranjo, por Millán y Somin (1981) bajo el nombre "Miembro Felicidad". Existen menciones previas a su formalización. Millán indica que los esquistos metavulcanógenos ya se habían reconocido en 1973 y 1974 y 1976, en ambas cúpulas.

En fecha posterior (Millán y Somin, 1985 a) la unidad es denominada "Esquistos Verdes Felicidad", pero sin una definición de su categoría estratigráfica. Quizá por esta causa el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez, *et al.*, 1992) llama a esta sección del corte estratigráfico "esquistos verdes Felicidad" como una unidad informal. Varios errores importantes se cometieron durante su cartografía<sup>82</sup>. Mientras Millán y Somin (1981) fueron los primeros en separar estas rocas como asociadas a los metaterrígenos de la base; una gran parte de las metavulcanitas de la Fm. Yaguanabo, no reconocida, fue representada como "esquistos Felicidad" en los primeros mapas de esa época<sup>83</sup>. Al contrario, varios cuerpos de mayor potencia propios de los esquistos verdes Felicidad, fueron delimitados en el mapa de la Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981) como pertenecientes a la Fm. Yaguanabo. A pesar de esta circunstancia la Expedición Escambray I aceptaba su existencia e incluso el nombre y, los esquistos verdes, fueron interpretados (Stanik *et al.*, 1981) como rocas subvolcánicas y en parte efusivas y como probables representantes de los canales de inyección de los magmas de la Fm. Yaguanabo<sup>84</sup> y aceptados como parte de la Fm. Sopapo. Ambos grupos de investigadores han descrito a estas rocas de origen volcánico como estrechamente asociadas a la parte inferior del corte del Escambray. Según Millán y Somin (1985ab) como intercalaciones aparentemente estratigráficas, en las Formaciones La Chispa y la Fm. Cobrito; incluso manifestadas en la sección basal de mármoles del Grupo San Juan (Millán y Somin, 1985a).

### Sinónimos.

La sinonimia de estos esquistos verdes con nombres del pasado es delicada a causa de la escasa precisión de los términos antiguos y las dudas sobre la verdadera equivalencia de identidad. El Léxico Estratigráfico de Cuba refiere algunas identidades antiguas muy generales. Tal es el caso con la "Formación de los Esquistos (de Thiadens, 1937) que considero aceptable por razones históricas. Del mismo modo considero aceptable y, por la misma causa, "Carbonate Rocks y Schist" de Hill (1959), como sinónimo parcial de los esquistos verdes Felicidad, por el tratamiento detallado de las rocas metaígneas en el trabajo de Hill.

Si bien los Esquistos Felicidad (Miembro) (Millán y Somin, 1981), nombrados primero en asociación con la Fm. Naranjo; corresponden litológicamente con la denominación posterior "Esquistos Verdes Felicidad" (sin categoría específica) (Millán y Somin, 1985a); considerar que estas rocas son sinónimos "en parte" de la Fm. Naranjo, una unidad ya inexistente, no lo considero apropiado.

Ortoesquistos verdes del Grupo Felicidad (Millán, 1978) y otros nombres sucesivamente empleados por Millán y Somin (*e. g.* Secuencia Felicidad; Somin y Millán; 1974), son sinónimos del Miembro Felicidad (Millán y Somin, 1981) y de los Esquistos Verdes Felicidad (Millán y Somin, 1985 a) que no tienen una categoría estratigráfica especificada.

Los esquistos verdes Felicidad, reconocidos bajo ese nombre por la Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981) yacentes en la Fm. Sopapo, se pueden aceptar como sinónimos, en parte de esquistos verdes Felicidad.

### Extensión geográfica.

Cuerpos de los Esquistos Verdes Felicidad aparecen exclusivamente en las unidades de metamorfismo moderado (Zonas 1, e interna de la Zona 2; de Millán y Somin, 1981), en ambas cúpulas, intercalados en el interior de la Fm. La Chispa.

### Categoría estratigráfica.

Las causas de posibles confusiones para asignar una categoría se pueden enumerar como sigue:

<sup>82</sup> No cabe duda de que la presencia de material tufogénico fue señalado durante la descripción de la Formación Sopapo. No obstante el problema del "vulcanismo Yaguanabo" y del "vulcanismo Felicidad" fue objeto de confusiones por ambos grupos de investigadores. Como consecuencia, en el momento de la terminación de los trabajos de la primera expedición, la extensión de Yaguanabo (Neocomiano-Albiano) alcanzaba vastas áreas dentro del macizo Escambray: mientras que los esquistos Felicidad no eran reconocidos. Del mismo modo, los autores Somin y Millán no señalaban los horizontes vulcanógenos de Yaguanabo, los cuales en algún momento, fueron mapeados como el miembro Felicidad. (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

<sup>83</sup> Millán y Somin (1977) los incluyeron en la unidad litológica Felicidad, pero en este mismo grupo incluyen a todas las rocas volcánicas y a las rocas sedimentarias con predominio de material volcánico de la f. Yaguanabo. (Stanik *et al.*, 1981).

<sup>84</sup> Algunos de estos cuerpos pueden constituir los vestigios de los canales de ascenso de material volcánico primario de la f. Yaguanabo, lo que puede ser una explicación de la presencia de los esquistos verdes en todas las formaciones de la zona Trinidad. (Stanik *et al.*, 1981).

- Posición variable de estos ortoesquistos metavulcanógenos, que se destacan frecuentemente como intercalaciones en niveles estratigráficos superiores.
- Ocurrencia en niveles estratigráficos análogos a los propios, como es el caso de la Fm. Loma La Gloria, que en esta unidad carecen de una definición propia en la estratigrafía.
- Por último; a causa de que se han cartografiado erróneamente como otras unidades; verbigracia Fm. Yaguanabo; en Stanik, *et al.*, 1981 y Esquistos Verdes Felicidad por Millán y Somin y, que este problema se mantiene en los actuales mapas oficiales del territorio, terminados desde 1986.

### Los Esquistos Verdes Felicidad como un litodema.

Las condiciones necesarias para su tratamiento como una unidad litodémica se encuentran claramente especificadas en el Código Estratigráfico Norteamericano (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 2010) seguido en sus principios por este trabajo (ver también, Álvarez-Sánchez *et al.*, 2015).

Las condiciones prominentes (Artículo 31, *ibid.*) que justifican el tratamiento de una unidad como un litodema son:

- Un elevado grado de deformación y/o metamorfismo de una unidad rocosa (pero que puede ser delimitada por sus características litológicas).
- Una unidad litológica que, a más de las arriba indicadas, no cumple la Ley de Superposición.

Por lo visto, de las dos condiciones ninguna parece satisfecha por los Esquistos Verdes Felicidad.

Otras condiciones no parecen bastante restrictivas y pueden ser complementarias y válidas, incluso para unidades litoestratigráficas; tales son los diversos tipos de contacto que pueden tener ambas categorías de unidades (Artículo 31, final) y otras condiciones de cumplimiento (incisos A y B del mismo artículo y el Artículo 32).

De acuerdo a las anteriores consideraciones y según las condiciones de yacencia, grado metamórfico e intensidad de la deformación tectónica, que se han comentado en párrafos precedentes, los Esquistos Verdes Felicidad, no corresponden con los requisitos básicos para ser colocados en la categoría litodémica.

### Los Esquistos Verdes Felicidad como un miembro litoestratigráfico.

Sin embargo, existen algunos problemas. La mayoría de las rocas de esta unidad o muy semejantes a ellas, que parecen derivarse de material piroclástico y de algunas inyecciones magmáticas posiblemente concordantes; yacen en diferentes niveles estratigráficamente controlados; ya sea en secciones metaterrígenas inferiores y en una posición más elevada de unidades litológicamente diferentes (Grupo San Juan).

Las cuestiones que se desprenden de las circunstancias señaladas admiten los tratamientos contemplados en las siguientes secciones<sup>85</sup> del Código Estratigráfico Norteamericano (2010): Artículo 22. Artículo 24. Artículo 25 y Artículo 30.

De acuerdo a los principios citados se pueden considerar las siguientes alternativas:

- Los Esquistos Verdes Felicidad, son un Miembro de la Fm. La Chispa; mientras que las secciones de esquistos verdes de potencia métrica que yacen incluidos en niveles estratigráficos superiores (*e. g.* Fm. Cobrito del Grupo San Juan) pueden ser tratados como unidades informales, bajo diferentes variantes de nombre; por ejemplo "esquistos verdes de tipo Felicidad".

<sup>85</sup> Artículo 22.- Naturaleza de las Unidades Litoestratigráficas. (e) Autonomía con respecto a los conceptos de tiempo. Artículo 24.- Formación. (d) Cartografiabilidad y espesor.- (f) Rocas volcánicas y sedimentarias interestratificadas. g) Roca volcánica. Artículo 25.- Miembro. (a) Cartografía de los miembros. Artículo 30.- Carácter Compuesto. (e) Nombre de los miembros. (j) Roca metamórfica.

- Los Esquistos Verdes Felicidad son un Miembro de la Fm. La Chispa y también un Miembro de la Fm. Cobrito o de alguna otra formación del Grupo San Juan; donde secciones relativamente potentes, aunque no cartografiadas a la escala de los mapas actuales, puedan ocurrir en tales horizontes litoestratigráficos, de forma reconocible.

Estas alternativas pueden ser materia de un estudio futuro que permita diferenciar esta unidad, de otros esquistos verdes similares, con el fin de evitar incoherencias en la cartografía. Las decisiones al respecto deben tomarse en el seno de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. Mientras tanto no tengo dudas de que los Esquistos Verdes Felicidad constituyen un **Miembro de la Fm. La Chispa** del Grupo Metaterrígeno, que une a las unidades del corte basal del Escambray. Los esquistos Felicidad, contienen evidencias claras de su roca madre, texturas relícticas y composición química coherente con las rocas de las cuales se deriva y de su condición primaria de volcánicos principalmente piroclásticos.

#### Localidad Tipo y origen del nombre.

La Localidad Tipo de los Esquistos Verdes Felicidad (**Figura 35**) fue seleccionada por Millán y Somin (1981) en la Cúpula de Trinidad al Noreste de Topes de Collantes y en los alrededores del caserío Felicidad, una comunidad agrícola de café de donde toma su nombre. Las coordenadas Lambert son: 238. 80 Norte y 605. 25 Este. Hoja Topográfica Felicidad 1: 25, 000. 4281-IV-a. ICGC. Los autores de la unidad no describen un estratotipo para estos esquistos verdes apovolcanógenos.

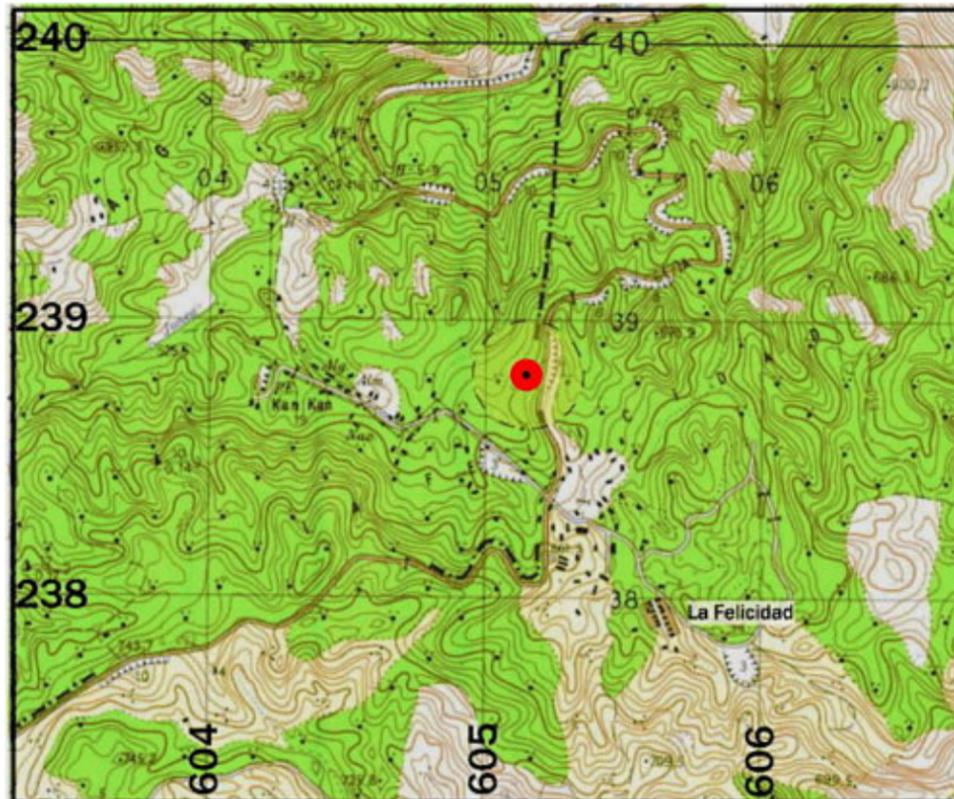


Figura.35. Localidad Tipo del Miembro Esquistos Verdes Felicidad de la Fm. La Chispa, Cúpula de Trinidad. Hoja Felicidad 1:25,000. 4281-IV-a. ICGC. (Cuadrícula= 1Km). Carretera Topes de Collantes-Jibacoa. De acuerdo con Millán y Somin (1981). (Gráfica del autor).

#### Litología.

Los cuerpos principales de espesor considerable (**Figura 36**) muestran secciones de esquistos metatobáceos bien estratificados, de composición básica primaria, de grano fino (afaníticos) hasta grueso, que pueden identificarse

como derivados de posibles aglomerados con fragmentos clásticos reconocibles. Las metatobas, que son frecuentes en la unidad, exhiben muchas veces una estratificación relíctica rítmica e incluso una graduación de grano. Esto se observa sobre todo en las variedades de tobas mezcladas con componentes terrígenos, donde se aprecia con mayor claridad una estratificación graduada relíctica y una estratificación primaria más clara, comúnmente observadas en sitios de bajo grado metamórfico. Precisamente en la localidad tipo, los esquistos verdes, con un grado metamórfico moderado es posible observar la buena conservación de la estratificación primaria que se hace visible en ritmos de metatobas (Millán y Somin, 1981).

En algunas secciones también ocurren cuerpos de esquistos verdes derivados de lavas máficas e, incluso, de cuerpos interpretados como intrusivos básicos concordantes que contienen clinopiroxeno magmático conservado (gabros o diabasas). Estas rocas son densas y masivas, verdes a verde grisáceas, generalmente de grano fino con una exfoliación que se revela al golpearlas, pero que no es visible exteriormente. Abundan en ellas las asociaciones de actinolita-clorita, epidota, clinozoisita, titanita y albita y en algunos casos granate (almandino predominante). En la proximidad de planos de presión son más esquistosas y contienen moscovita o sericita. La clorita es un mineral común en estas rocas que les confiere un color verde oliváceo a verde azulado. Variedades muy albiticas (hasta 50% de la roca) sugieren cambios de la composición primaria hacia rocas de menos basicidad.



Figura.36. Esquistos Verdes Felicidad en el corte de la Carretera Jibacoa-Topes de Collantes. Los esquistos más frescos, muestran su característica tonalidad verde azulado (Foto cortesía de Luis R. Bernal Rodríguez. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana).

#### Intercalaciones.

Como intercalaciones dentro de los esquistos verdes, se han observado metaareniscas cuarcíticas muy similares a las que integran los cortes más típicos de esta unidad, presentes en la Fm. La Chispa o prácticamente las mismas. También existen intercalaciones de mármoles oscuros<sup>86</sup>, a veces grafiticos, indistinguibles de los mármoles

<sup>86</sup> También existen los esquistos verdes metavolcánicos con mármoles negros intercalados y que no parecen contener metaterrígenos (Millán, com. personal. 2012).

característicos del Grupo San Juan. Estas secciones de mármoles pueden observarse en capas individuales pero también pueden formar paquetes potentes de hasta decenas de metros, yacientes entre cortes normales de los ortoesquistos, al parecer sin intercalaciones metaterrígenas (Millán y Somin, 1985a; Stanik, *et al.*, 1981; Millán, com. personal. 2012).

Otras intercalaciones observadas consisten en metasilicitas (metachert) que se observan en la proximidad de las intercalaciones calcáreas, destacando la similitud de esos cortes con otros más propios de secciones de los mármoles San Juan con metasilicitas.

Esquistos stilpnomelánicos en paquetes de hasta 20 m de potencia se han reportado asociados a estas metavulcanitas (Stanik *et al.*, 1981; Molak, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Estas rocas más bien poco frecuentes, parecen asociadas a secciones próximas a cuerpos de sulfuros (VSM), de donde pueden deducirse que se trata de secciones contaminadas con fluidos exhalativos.

### Meteorización y aspecto en afloramientos.

En las condiciones del clima tropical los esquistos Felicidad se degradan y muestran diferentes grados de coloración y descompactación. En oxidación van desde pardo a pardo rojizo (Figura 37) hasta rojo (Figura 38). En este último caso resulta difícil identificarlos como tales y diferenciarlos de otros esquistos verdes si se trata de afloramientos pequeños. Cuando más frescos estas rocas tiene un tono verde a verde azulado (Figura 36) y en las perforaciones un verde hierba intenso, muy característico.



Figura.37. Afloramiento de los Esquistos Verdes Felicidad en el corte de la Carretera Jibacoa-Topes de Collantes. Obsérvese el color pardo de oxidación de estos esquistos básicos en las condiciones del clima tropical húmedo (Foto cortesía de Luís R. Bernal Rodríguez. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana).

### Relaciones estratigráficas.

Los Esquistos Verdes Felicidad, muestran muchos cambios de espesor y posición vertical en las secuencias a las cuales se adscriben con cierta seguridad. Se han cartografiado cuerpos de espesor apenas representables en los mapas de detalle; capas de solo algunos decímetros, y cuerpos de hasta varios cientos de metros de espesor aparente.

No obstante, las secciones más potentes se encuentran intercaladas, al parecer concordantes dentro de la Fm. La Chispa y en ciertos cortes se aprecian mezclados con los esquistos metaterrígenos.

También se observan esquistos verdes de esta misma composición y aspecto en contacto con los mármoles del Grupo San Juan (Figura 30), o en el interior de las secciones bajas de mármoles pertenecientes a este Grupo. Además, existen cuerpos de mármoles muy semejantes a los del Grupo San Juan intercalados con los esquistos verdes. Millán y Somin (1985a, pag. 19-20) reportan intercalaciones de mármoles de más de 20 metros de espesor en el interior de los cuerpos de esquistos verdes en la localidad de La Felicidad.



Figura.38. Afloramiento de los Esquistos Verdes Felicidad en el corte de la Carretera Jibacoa-Topes de Collantes. Los esquistos forman una corteza de laterita arcillosa. (Foto cortesía de Luís R. Bernal Rodríguez. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana).

De hecho, cuando es posible observar diferentes localidades y realizar comparaciones se revela que la posición de los esquistos Felicidad es muy variable y no están asociados a un nivel definido de la Fm. La Chispa.

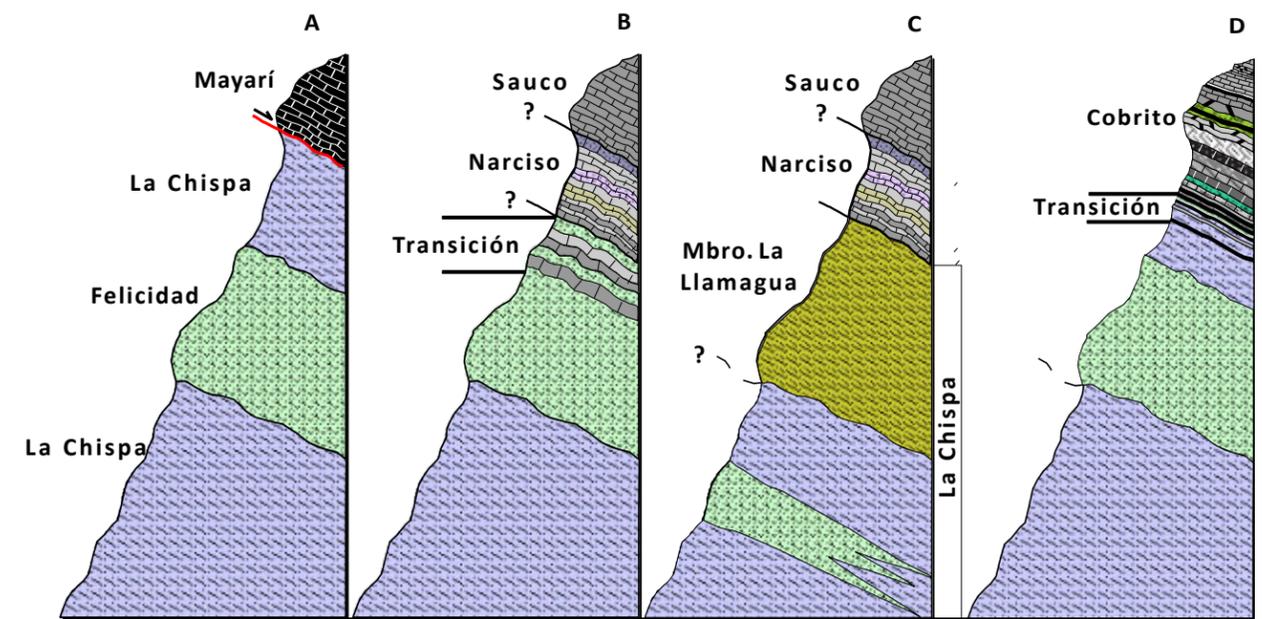


Figura.39. Croquis estratigráficos ilustrativos de la posición del vulcanismo Felicidad en las unidades tectónicas de las cúpulas del Escambray.

En la Figura 39; la sección A muestra la posición de las rocas volcánicas en la región central de la Cúpula de Trinidad, en el sector del Pico de San Juan y sus alrededores. La Fm. La Chispa, en esta situación aparece cabalgada por mármoles de la Fm. Mayarí (Tithoniano a Berriasiano; Millán y Myczynski, 1978)

La sección B muestra las relaciones posibles entre los esquistos Felicidad, yacentes dentro de la Fm. La Chispa y el Grupo San Juan, en la región de la Felicidad, al SE de la Cúpula de Trinidad. La presencia de lentes de mármoles de decenas de metros de potencia sugiere un contacto de transición entre la Fm. La Chispa y el Grupo San Juan, ya que en las secciones estratigráficamente próximas a la Fm. La Chispa, en los alrededores del poblado de La Felicidad, se han reportado intercalaciones de metabasitas con paquetes de mármoles típicos del Grupo San Juan (Millán y Somin, 1985 a).

La sección C pertenece a la región del SW de la Cúpula de Trinidad, al Este del Valle de Yaguanabo. La sección metaterrígena de La Llamágu, referida a una facies de la Fm. La Chispa en este trabajo, yace bajo la Fm. Narciso de edad Oxfordiano Medio (Millán y Myczyński, 1978). Los niveles de la sección principal de La Chispa, con las rocas volcánicas no afloran en esta sección y a causa de la aparente ausencia en el corte de rocas metavulcanógenas, incluso de otras rocas tales como metasilicitas y mármoles, se supone que la Fm. La Chispa *sensu stricto*, debe yacer estratigráficamente por debajo de los estratos de La Llamágu, o estar cabalgada por ella ya que esta sección es la que menores indicios (o ninguno); muestra de la presencia de rocas metavulcanógenas.

La sección D representa una situación observada en ambas cúpulas, donde pueden existir secuencias de transición entre la Fm. La Chispa, con los Esquistos Verdes Felicidad y la Fm. Cobrito (Millán y Somin, 1985 a). Cobrito presenta numerosas intercalaciones de esquistos verdes apovolcanógenos y esquistos metaterrígenos. En los perfiles observados con evidencias de estas relaciones, pero más adentrados hacia el interior de las zonas con un grado metamórfico más intenso, estas mismas intercalaciones metabásicas, aparecen como capas eclogíticas de hasta 20 m de potencia, con estratificación interna conservada (Millán y Somin, *op cit.*). La edad de la Fm. Cobrito es Jurásico Superior-Cretácico Inferior, sobre la base de microfauna (Millán y Somin 1985 b) y polen (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez Sánchez *et al.*, 1985).

De todos modos, es materia de convención cuando se decide que ciertos cuerpos de rocas verdes apovolcanógenas como secciones estratificadas de espesor mínimo significativo, puedan ser llamados Esquistos Verdes Felicidad. La Fm. Cobrito también contiene intercalaciones de esquistos verdes de hasta decenas de metros de potencia que se pueden repetir varias veces en sus cortes y la Fm. Loma La Gloria, asimismo, contiene intercalaciones de anfibolitas granatíferas derivadas de vulcanitas básicas, que bien pueden haberse derivado del mismo protolito de los Esquistos Verdes Felicidad.

### Metamorfismo.

De acuerdo con Millán y Somin (1981) la asociación metamórfica característica para estos esquistos es: albita+actinolita-epidota-clorita+clinozoisita-mica blanca (fengita<sup>87</sup>) y esfena y muy a menudo lawsonita; a veces granate y raras veces jadeíta, glaucofana y horblenda en los límites externos de la Zona Metamórfica 2 (Millán y Somin, 1981; 1985a).

En la parte norte y occidental de la Cúpula de Trinidad los cuerpos de esquistos verdes entre esquistos metaterrígenos La Chispa presentan asociaciones de albita +actinolita +clorita ± clinozoisita y epidota + titanita ± lawsonita. En los esquistos albiticos la albita puede alcanzar hasta un 50%, incluso más (Soucek en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986), acompañada de anfíbol actinolítico, clorita, epidota y mica clara, con lawsonita o sin ella. Al SE de la Mina La Carlota y hacia la zona de El Nicho se encuentran esquistos verdes albiticos con zoisita xenomórfica incolora que alcanza hasta un 25% de la roca.

Los esquistos verdes en la zona externa de la Zona 2 del metamorfismo pueden contener granate a menudo; jadeíta y glaucofana raramente (Millán y Somin, 1981; 1985 a)

### Edad.

La edad de los Esquistos Verdes Felicidad parece ser hasta Jurásico Medio a Superior, como posible consecuencia de la posición de sus cuerpos mayores en el seno de la Fm. La Chispa. A causa de la ocurrencia de paquetes de rocas muy

<sup>87</sup> En cuanto a los esquistos verdes de la Cúpula de Trinidad, unidad que se expone en la parte occidental de esta cúpula y que está muy bien caracterizada; según Antonio García Casco (comunicación verbal), la mica blanca destacada, corresponde a una fengita que por sus características indican alta presión, o sea, que esta unidad se trata de esquistos verdes de alta presión típicos (Millán, com. escrit. 2012).

análogas en la parte inferior del Grupo San Juan, los testigos de esta actividad volcánica pudieran ser más jóvenes, Jurásico Superior a Cretácico Inferior; un rango de gran amplitud que podría ser coherente con la alta variabilidad de la posición de estos esquistos en el corte estratigráfico. Sin embargo, no hay que perder de vista que los cuerpos principales por su espesor y distribución espacial, que admiten una cartografía a escalas medias, consistentemente yacen relacionados con la Fm. La Chispa, por cuanto su edad principal debe considerarse, condicionalmente, como Jurásico Medio a Superior. Los esquistos Felicidad, contienen evidencias claras de su roca madre, texturas relícticas y composición química coherente con las rocas de las cuales se derivan y su condición primaria de volcánicos principalmente piroclásticos, permite concebir una edad coincidente con la formación dentro de las cuales yacen y, aunque la edad no es esencial, en este caso resulta un factor importante para determinarla.

## 8. LITODEMAS ASOCIADOS AL GRUPO METATERRÍGENO.

### 8.1. Esquistos Cristalinos Algarrobo.

#### Autores de la unidad original.

Guillermo Millán y Mark L. Somin; 1981.

#### Categoría estratigráfica.

Redefinición de la Formación Esquistos cristalinos de Algarrobo, de Millán y Somin, (1981 a): A Litodema Esquistos Cristalinos Algarrobo, según reglas del Código Estratigráfico Norteamericano, edición de 2010. Se conserva el nombre Esquistos Cristalinos Algarrobo<sup>88</sup>; según Millán y Somin (1985 a).

#### Origen del nombre.

Derivado del poblado Algarrobo o El Algarrobo<sup>89</sup>, en la carretera Güinia de Miranda- Condado, parte oriental de la Cúpula de Trinidad (Figura 40). Provincia de Sancti Spiritus.

#### Sinónimos.

El Léxico Estratigráfico de Cuba<sup>90</sup> (Franco Álvarez *et al.*, 1992) refiere sinónimos para Algarrobo que no me parecen reales. Ni Thiadens (1937) ni Palmer (1945) mencionan alguna litología afín con los esquistos Algarrobo. El nombre "Naranja" fue elevado a Grupo y dividido en varias formaciones. No existe ninguna formación Naranja en el Escambray y la validez del grupo fue rechazada por sus autores (v. **Epigrafe 6.1.1**). Sinónimos apropiados serían: Esquistos poliminerale del Grupo Algarrobo (Millán, 1978) y Fm. Esquistos cristalinos Algarrobo (Millán y Somin, 1981). Los esquistos Algarrobo podrían ser, en parte, sinónimos de Fm. Loma La Gloria, del mismo modo que, parte, de la Fm. Sopapo (Shaloupsky, 1976 en Stanik *et al.*, 1981).

#### Localidad Tipo.

La Localidad Tipo se describe en los afloramientos situados en el corte de la carretera Güinia de Miranda a Condado-Manaca Iznaga. En los afloramientos inmediatos al Sur del poblado Algarrobo, al lado Oeste de la carretera; al sur del poblado del mismo nombre. Las coordenadas del lugar son N 238.20 y E 616.20. (Proyección Cónica de Lambert). (Figura 41). Las coordenadas aproximadas son: Norte 238.20 y Este 616.20. Hojas Felicidad y Meyer 1:25,000. 4281-IV-a y 4181-4-b. ICGC.

<sup>88</sup> Si los esquistos Algarrobo se pueden colocar en la categoría de litodema; permanecen en un estado de incertidumbre respecto a las formaciones litoestratigráficas a las cuales se asocia. Así pueden surgir dificultades en la determinación de su equivalencia. Esta cuestión parece materia pertinente a las futuras discusiones en la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba

<sup>89</sup> No existe seguridad respecto al nombre de este sitio. Algarrobo o El Algarrobo, son las posibilidades.

<sup>90</sup> Léxico Estratigráfico de Cuba. Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 p. (Primera versión). (Inédito).



Figura.40. Situación general de la Localidad Tipo del Litodema Algarrobo en la Cúpula de Trinidad. Mapa 1:250,000. Series 1501 Air Sheet NF 16-6. Edition 6. Elevación en pies. Números en azul: Coordenadas UTM.

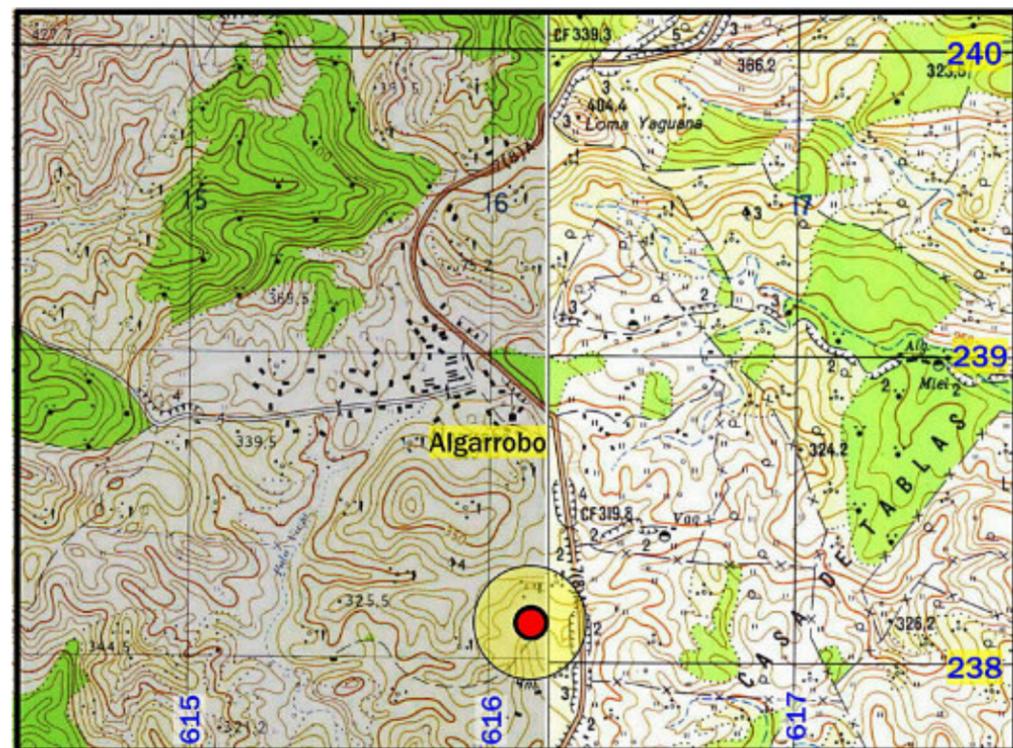


Figura.41. Localidad Tipo de los Esquistos Cristalinos Algarrobo. Cúpula de Trinidad. Hojas Felicidad y Meyer 1:25,000. 4281-IV-a y 4181-4-b. ICGC. (Cuadrícula = 1Km). Carretera Güinia-Condado. De acuerdo con coordenadas de Millán y Somin (1981). (Gráfica del autor).

### Historia.

Los esquistos Algarrobo se mencionan por primera vez en Millán y Somin (1978) como "esquistos poliminerales del Grupo Algarrobo". En 1981 (Millán y Somin, 1981) los proponen como "Fm. Esquistos cristalinos<sup>91</sup> de Algarrobo", asociados a los esquistos metaterrígenos de la Fm. Naranjo. Más tarde los describen bajo el nombre de "Esquistos cristalinos Algarrobo"; esta vez sin mencionar su categoría estratigráfica original (Millán y Somin, 1985 a), asociados exclusivos de su Zona Metamórfica 3 e incluidos como intercalaciones estratigráficas dentro de las nuevas Formaciones Loma La Gloria y Cobrito (Millán y Somin, 1985 a). Suchanek (1978, en Stanik *et al.*, 1981) sostuvo que la "unidad litológica Algarrobo" era parte de la Fm. Sopapo, a causa de que Algarrobo, menos metamórfico, es semejante y transicional a los metaterrígenos. Stanik (*ibid.*) consideró que los esquistos Algarrobo formaban parte de un nappe independiente con alto grado metamórfico. Álvarez-Sánchez los describe como "Esquistos Cristalinos Algarrobo" (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); abundantes al norte de la Cúpula de Trinidad, asociados a las Formaciones Loma La Gloria o Cobrito, o en enclaves en el Mélange Los Guapos (Álvarez-Sánchez, *ibid.*). Somin *et al.*, (1992) los denominan "Esquistos Algarrobo" con cierta ambigüedad respecto a su nomenclatura ("Complex," "Formation"; *ibid.*). En el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez *et al.*, 1992) la unidad es denominada "El Algarrobo, esquistos cristalinos" (unidad informal).

### Razones para establecer su categoría litodémica.

Llama la atención la casi total falta de menciones sobre los esquistos Algarrobo, a pesar de las numerosas especulaciones sobre la geología del Escambray en la literatura publicada. Estas rocas se adscriben a uno de los problemas estratigráficos del Escambray pendientes de solución por su carácter específico y único, sus relaciones estratigráficas oscuras y su llamativa y compleja composición mineralógica-petrográfica. Según Millán y Somin (1985 b), Stanik *et al.*, (1981, inédito); Dublan y Álvarez Sánchez (1986; *ined.*) y Somin *et al.*, 1992) (los últimos tres por estudios de microsonda) los esquistos Algarrobo no parecen contener minerales relictos que muestren un origen previo al metamorfismo del Escambray, hecho, entre otros, que deja abierta la discusión sobre sus mecanismos de formación y su protolito.

- No se ha establecido de cuales rocas primarias se derivan estos esquistos. Su alotropía metamórfica es tan elevada que no se han reconocido relictos de la composición mineral previa. En alusiones comunes a estas rocas se encuentran calificativos tales como: "rocas extrañas"; "rocas exóticas".
- Su posición en la columna estratigráfica no es constante y se observa una dependencia clara con el grado metamórfico de las rocas hospedadas.
- Si bien varios de los cuerpos conocidos semejan capas o estratos aproximadamente concordantes con las rocas parietales, esta concordancia pudo provocarse por la compresión tectónica, semejante a una concordancia sedimentaria. De aquí que el cumplimiento de la Ley de Superposición es dudosa.
- A causa de que son conocidas aureolas metamórficas entre las rocas parietales y los esquistos, no se tiene la certeza de que los esquistos cristalinos posean verdaderas transiciones litológicas, anteriores al metamorfismo.
- Por la elevada variabilidad mineral observada en las salbandas de los cuerpos mayores, se originan una gran cantidad de especies litológicas mezcladas de modo que los criterios de delimitación de los cuerpos de esquistos cristalinos en la cartografía son dudosos y condicionales, con varios problemas de petrología implicados.

### Resumen de problemas basados en hechos conocidos.

Sobre los Esquistos Algarrobo, sumariamente, puede decirse lo siguiente:

<sup>91</sup> Esta es la grafía original de Millán y Somin, 1981. (Nota del Autor).

- Muestran una posición relativamente regular, como cuerpos concordantes en el interior de la Fm. Loma La Gloria y en la parte baja de la Fm. Cobrito, del Grupo San Juan (¿Jurásico Superior-Cretácico Inferior?), como capas o estratos de orden métrico. Si bien cuerpos de esquistos Algarrobo de mayores dimensiones, yacen también en contacto tectónico con estas formaciones. Si existe una verdadera relación estratigráfica primaria (independiente de su posterior transformación) entonces la edad de estos esquistos coincide con la de sus secuencias de soporte. Es decir, Jurásico a Cretácico Inferior. Pero si esta relación es solo aparente y en gran medida tectónica con el resultado de un paralelización de los contactos, su edad permanece desconocida.
- Si los Esquistos Cristalinos Algarrobo fueran exclusivos de dos unidades litoestratigráficas: Loma La Gloria y Cobrito. Entonces: ¿por qué estas Formaciones, hacia los extremos externos de su zona metamórfica representativa (Zona 3 hacia el límite de la Zona 2, de Millán y Somin, 1981)), ya no presentan intercalaciones de Algarrobo? A esta especie de "degradación" de la identidad asociada de Algarrobo, habría que agregar que las capas o paquetes de esquistos Algarrobo que pueden encontrarse como intercalaciones en Cobrito, simplemente desaparecen. Esta es una cuestión tan compleja que, a pesar de las varias alternativas que pueden depender del propio origen de Algarrobo en su posible relación genética con el metamorfismo-metasomatosis, también admiten una explicación diferente. En efecto, lo dicho se cumple para las eclogitas. Millán y Somin (1985b) describen las intercalaciones de eclogitas glaucofánicas del Río Caracusey (Cúpula de Sancti Spiritus) en la Fm. Loma La Gloria que; hacia la zona más interna (Zona 2), donde el grado metamórfico se atenúa, en lugar de eclogitas, estas se sustituyen por esquistos verdes lawsoníticos<sup>92</sup>.
- Cuerpos fragmentados de Esquistos Algarrobo, métricos hasta lozas extendidas por centenares de metros y potencia de decenas de metros, yacen en relación con las eclogitas en las extensas corridas del Mélange Los Guapos (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986), al Norte de la Cúpula Trinidad. Fragmentos menores de Algarrobo se mezclan detalladamente con esquistos carbonáticos, jadeíticos, anfibolitas y apoeclogitas glaucofánicas, embutidos y rotados en el interior de la matriz antigorítica del mélange. Pero los cuerpos mayores yacen en posición concordante<sup>93</sup> con lozas de equivalente dimensiones de eclogitas masivas. Algo similar a una secuencia estratigráfica normal o un apilamiento de escamas, probablemente puestas en concordancia por el plegamiento y la presión (Figura 43). ¿Es esta relación espacial producto de la causalidad de la formación del mélange, o es un vínculo genético? Al respecto, no conocemos cuando se incluyeron estos cuerpos en el Mélange Los Guapos, ni tampoco si estos cuerpos de esquistos de "tipo Algarrobo" **son coetáneos o las mismas rocas** que yacen en condiciones aparentemente estratigráficas dentro de formaciones litoestratigráficas.
- Si estas incertidumbres tienen fundamento, sugieren varios problemas adicionales. En efecto, masas métricas de antigoritas son conocidos dentro de secciones de los Esquistos Algarrobo en muchas localidades, fuera de las áreas del mélange. ¿Cuál es el posible origen de estas capas de rocas ultramáficas?
- Para capas que pueden caracterizarse con la menor cantidad posible de dudas sobre el terreno, los Esquistos Algarrobo parecen haber sufrido una transformación tan profunda, que **en ninguno de los escasos** estudios petrográficos y análisis de microsonda pudieron identificarse minerales o restos que indiquen una roca primordial (Millán y Somin, 1985 b) (Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1985; Somin, *et al.*, 1992).

#### Composición petrográfica-mineralógica.

Los Esquistos Cristalinos Algarrobo son muy singulares y se reconocen a simple vista por sus rasgos macroscópicos y alta especificidad mineral. Se trata de unos esquistos poliminerales (típicamente más de 5 minerales), de aspecto muy llamativo, yacentes como intercalaciones, al parecer estratigráficas concordantes, dentro de secuencias de cortes metaterrígenos y calcáreos. Son rocas granoblásticas, homogéneas; de escasa foliación, o foliadas o bandeadas

<sup>92</sup> Tal caso se presenta también en la cúpula de S. Spiritus (rio Caracusey) donde no ocurre una disminución del grado metamórfico de la unidad 3, sino que las eclogitas fueron transformadas parcialmente en esquistos verdes lawsoníticos en las porciones limítrofes con la unidad 2 de menor grado metamórfico. Tanto en un caso como en el otro, las eclogitas fueron reelaboradas por un metamorfismo de menor grado. Incluso con frecuencia las eclogitas se transforman parcialmente en rocas glaucofánicas o en anfibolitas. Todo esto lo he visto mucho en secciones delgadas. (Millán, com. escrita, 2012).

<sup>93</sup> La caracterización de los contactos tectónicos, de los cortes compuestos por cuerpos tectónicos, e incluso, los mélange, aparentan ser concordantes y sus contactos y la foliación metamórfica principal, se ven concordantes. Es normal que semejen cortes estratigráficos típicos. Esto se acentúa en la zona de mayor grado metamórfico, donde los cuerpos incluidos dentro de antigoritas de procedencia ofiolítica se ven concordantes (foliación bandeada y límites concordantes). En el norte de la cúpula de Sancti Spiritus, se ven cuerpos de eclogitas bandeadas concordantes dentro de antigoritas foliadas. (Millán, com. escrita, 2012).

(Figura 42); incluso de aspecto masivo en dependencia del lugar. Son densas y pesadas por su frecuente y elevado contenido de granate. El color, cuando frescas, es característico gris azulado a gris verdoso y rojizo a pardo rojizo en los cortes alterados.

Cuando frescos y bien aflorados son rocas difícilmente confundibles con otros esquistos del Escambray **y no tienen correlación conocida, ni siquiera dentro de este macizo metamórfico; ni tampoco en otros macizos metamórficos de Cuba existen rocas comparables a estas.**

Se dispone de estudios detallados de la petrografía de estos esquistos que proporcionan una buena caracterización de su composición (Millán y Somin, 1981, 1985 a; Stanik *et al.*, 1981; Souček y Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Somin *et al.*, 1992). La composición general comprende asociaciones típicas de glaucofana-lawsonita-cuarzo-albita-moscovita (paragonita)-granate. La fengita (Somin, *et al.*, 1992) también puede estar presente. A menudo contienen clinopiroxeno, hornblenda, clinozoisita-epidota ± actinolita-clorita. En ocasiones contienen zoisita. Carbonato y grafito ocurren a menudo. En un afloramiento también fue encontrada fuchsita (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). El anfíbol característico es la glaucofana (Stanik, *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*; Somin, *et al.*, 1992). El rutilo es comúnmente reportado como típico mineral accesorio (Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*; Somin, *et al.*, 1992). El granate puede alcanzar grandes concentraciones y, a veces, la albita puede llegar a ser el mineral predominante. Los granos de albita incluidos en el anfíbol indican un crecimiento simultáneo de ambos minerales (Somin *et al.*, *ibid.*). No todos estos minerales están presentes simultáneamente, pero por lo menos, 5 de ellos siempre observables.

Somin *et al.*, *ibid.*), describen capas individuales de rocas anfíbolíticas compuestas de anfíbol sódico cálcico, pertenecientes al grupo de la Na-tremolita, donde se encuentra el raro anfíbol determinado como katophorita; mineral semejante a glaucofana que se encuentra típicamente en rocas ígneas básicas alcalinas en facies glaucofana-jadeíta; más propiamente en complejos ultramáficos. Es conocida en gabros eclogíticos de los Alpes occidentales, producto del metamorfismo HP-LT.



Figura.42. Esquistos Algarrobo foliados con granate y abundante glaucofana que resalta el tono gris azulado de los esquistos. 1-Probables budinas de esquistos albiticos. 2-Grietas que producen bloques elípticos durante la meteorización. Cúpula de Trinidad. (Foto cortesía de L. Bernal. 2010).

Allí la glaucófana se acompaña con un anfíbol verde-azul desarrollado en el contacto glaucófana-granate, determinado como katophorita (Reynard y Balleve, 1988, y en Deer, *et al.*, 1997). Katophorita verde-azul se encuentra en el Macizo Dora-Maira de ultra-alta presión del Norte de Italia con la asociación: jadeíta-cuarzo / cohesita-almandino-fengita (Hirajima y Compagnoni, 1993, en Coleman y Wang, 1995 y Deer, *et al.*, 1997).

Somin, *et al.*, *ibid.*; describen los intercrecimientos simultáneos existentes entre este anfíbol y la albita y la ausencia de zonación química en anfíboles y granates, como evidencias que contradicen un origen polimetamórfico para los esquistos Algarrobo. La edad K/Ar  $67,4 \pm 0,3$  Ma de una muestra de un esquisto cuarzo albitico y edad similar de la roca (Muestra<sup>94</sup> GME-81-3), indica que los esquistos Algarrobo resultan de un único evento metamórfico cretácico. Según las evidencias registradas en las muestras (GME-81-3 y F94; Tabla 1; en Somin, *et al.*, 1992) al parecer ocurrió un único evento metamórfico bajo temperaturas de 350-400°C y alta presión (geotermómetro de glaucófana-granate, según Perchuk en Somin, *et al.*, *op cit.*).

Los análisis de microsonda realizados en muestras de Algarrobo (Millán y Somin, 1985 b; pag. 12) (Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986; Somin, *et al.*, 1992) en ninguno de los tres casos indican relictos de minerales indicadores de un evento metamórfico previo al que caracteriza al Macizo Metamórfico Escambray. De aquí que Somin (*op cit.*) opina que los datos disponibles muestran que los esquistos Algarrobo son el resultado de un único evento metamórfico de alta presión de edad Cretácico tardío.

#### Intercalaciones y secreciones.

Una composición de tal complejidad produce mezclas de rocas emparentadas, aunque algo diferentes, a menudo con un mineral netamente predominante, tales como zoisita, actinolita, clorita, granate, antigorita y calcita (mármoles). En los contactos con metaterrígenos /esquistos calcáreos, ocurren rocas mixtas, como carbonato-granato-zoisíticos-albiticos con grafito y carbonato-moscovíticos-cuarzíferos, con grafito, metálicos, clorita, esfena y rutilo. Incluso esquistos cuarzo-moscovíticos granatíferos o cuarzo-piroxénicos moscovíticos, más parecidos a rocas metaterrígenas.

#### Mármoles y esquistos calcáreos.

Entre las intercalaciones notables, se encuentran los mármoles azulosos, interpretados como metasomáticos-calcíticos tardíos de gran intensidad (Somin y Millán, 1981; Soucek y Álvarez-Sánchez, *ibid.*). Los mármoles (calcita hasta 80%) a veces no superan unos decímetros, mientras pueden alcanzar metros de potencia de aspecto masivo o pseudoestratificado con contactos difusos. Muy afines a los mármoles son los esquistos calcáreos granatíferos (hasta 50%) con moscovita, albita, cuarzo, glaucófana, esfena, clinopiroxeno  $\pm$  clorita, fuertemente carbonatizados, a menudo con grafito, abundante en ciertos casos; típicos en la región norte de la Cúpula de Trinidad.

#### Esquistos albiticos.

Son rocas muy peculiares representadas por cuerpos decimétricos blanquecinos compuestos por albita con cuarzo y glaucófana; que parecen proyectarse hacia el exterior del cuerpo principal en la región de Algarrobo<sup>95</sup> y también como lenticillos ovalados de posible origen secrecional o resultado de boudinage (Figura 42). Son de grano fino, blanquecinos con un contenido de albita en varios porcentajes. La albita puede alcanzar contenidos tan elevados que pueden llamarse como albititas; en parte probablemente originada por metasomatosis sódica generalizados al resto del macizo (Millán, 1984; *com. pers.*).

#### Antigoritas.

Las intercalaciones de cuerpos de antigoritas son frecuentes en muchas localidades. En la región al Norte de la Cúpula de Trinidad, al NE de Jibacoa (Loma de Los Guapos), los cuerpos mayores de Algarrobo contienen secciones

métricas de antigoritas densas y de esquistos de glaucófana-granate (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

La presencia de antigoritas en el interior y también en los bordes de los cuerpos de Algarrobo es un enigma que se suma a los numerosos que estos esquistos proponen al investigador. Las antigoritas son masivas, aparentemente monominerales, de grano muy fino (hasta 0.1 mm) de fábrica no direccional. Por análisis roentgenométrico se determinaron en una muestra representativa, berthierina, antigorita y kryptomelana (Soucek, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Los cuerpos interiores no suelen superar unos metros de potencia a menudo junto con esquistos de glaucófana-granate (Figura 43). Sin embargo, cuerpos en contacto, pueden alcanzar decenas de metros de potencia (Figura 44) y aflorar de modo independiente.

#### Granatitas.

Unos esquistos muy propios de Algarrobo, raros de ver frescos en afloramientos pero si en pozos, son las granatitas. El Pozo PLG-1 (Figura 44) a la profundidad de 142 m, cortó granatitas compuestas por granate hasta 50% en una matriz con moscovita-cuarzo-glaucófana-esfena y carbonato.

#### Meteorización.

Los esquistos Algarrobo en masa tienen un color gris hasta azul, pero la alteración de superficie los reduce a una masa rojiza, ocrosa, con mucho granate suelto. Una característica que se puede apreciar mejor en los afloramientos alterados, es un sistema de grietas que se cortan bajo ángulos agudos y delimitan bloques de forma toscamente esferoidal.

#### Extensión regional.

En la Cúpula de Trinidad son numerosos los cuerpos de Algarrobo en la parte septentrional, NW y SW, asociados siempre a la Fm. Loma La Gloria y parcialmente a la Fm. Cobrito en su Miembro La Horqueta (**v. Grupo San Juan**). Entre la región entre Las Moscas hasta la zona del pequeño yacimiento Victoria, al E-NW de La Carlota los cuerpos de Algarrobo son profusos y se extienden por cientos de metros y hasta más de 1 km. Hacia Loma de los Guapos y Pico Blanco, al norte de Jibacoa, se encuentran los cuerpos mayores, formando parte del Mélange Los Guapos. En la Cúpula de Sancti Spiritus son comunes en la parte septentrional, sur y oriental. Siempre asociados a las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito y en la Zona 3 del metamorfismo (según Millán y Somin, 1981).

#### Relaciones espaciales. Espesor.

Por su extensión y potencia, los esquistos Algarrobo se reflejan independientes en los mapas geológicos del Escambray por los equipos de cartógrafos en las décadas del 70 y 80. La mayoría con experiencia sobre estos esquistos tan peculiares, coinciden en su carácter estratiforme, su estrecha relación con las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito y su exclusividad de aparición en la zona de más alto grado metamórfico en ambas cúpulas; destacándose la mitad oriental y Norte de la Cúpula de Trinidad y Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus como los lugares de mayor propagación, (Millán y Somin 1978, 1981, 1985a; Suchanek, 1978, en Stanik *et al.*, 1981; Molak 1983, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

<sup>94</sup> Muestra GME-81-3 (Esquisto de paragonita-glaucófana). Formación Algarrobo (Somin *et al.*, 1992) Laboratorio IGEM. K/Ar. (Nota del Autor).

<sup>95</sup> Es posible aunque no está probado, que se trata de venas o vetas primitivamente cortantes según opinión de G. Nekrasov (1983, *com. pers.*).

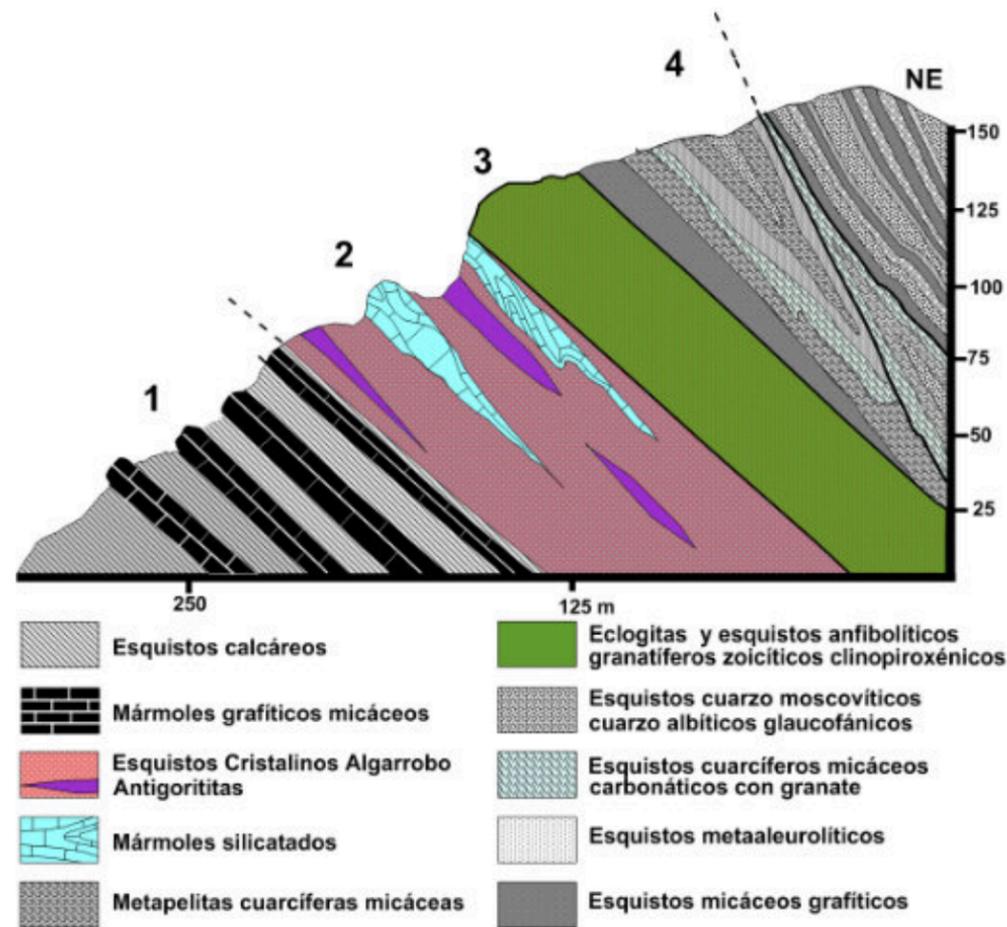


Figura.43. Sección esquemática que muestra la posición de los Esquistos Algarrobo en el sector de La Belleza, región Norte de la Cúpula de Trinidad. Coordenadas Lambert de referencia: Norte 242.390 y Este 613. 072. Hoja Manicaragua 4282 III. ICGC. 1-Fm. Cobrito (Grupo San Juan). 2-Litodema Esquistos Cristalinos Algarrobo. 3-Litodema Eclogitas La Belleza. 4-Fm. Loma La Gloria (Grupo Metaterrígeno). (Gráfico del autor; 1986).

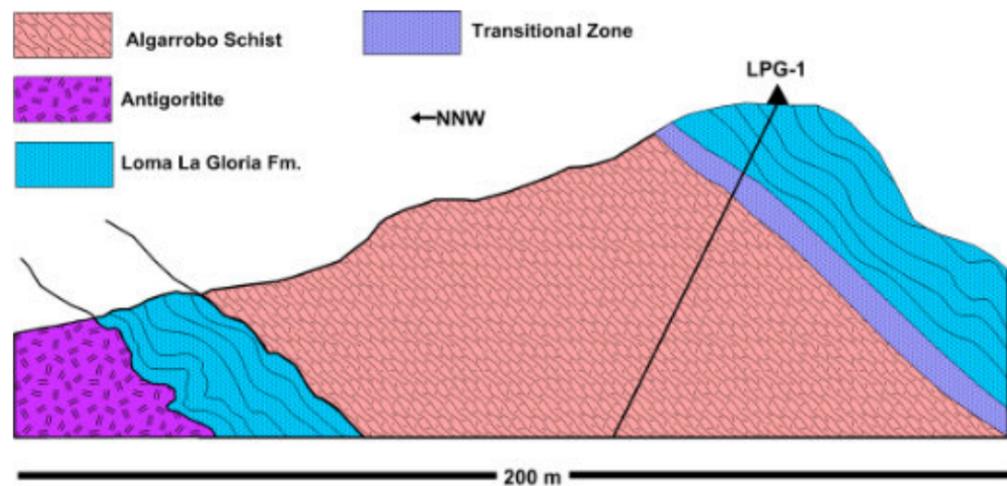


Figura.44. Croquis parcial de la sección del Pozo PLG-1 para exploración de granate en la localidad de La Belleza, Norte de la Cúpula de Trinidad, que corta un intervalo potente de los Esquistos de Algarrobo, según B. Molak y L. Bernal. (Expedición Escambray II). (Gráfico del autor; 1986).

En la Fm. Loma La Gloria, yacen la mayoría de los cuerpos. En la Fm. Cobrito aparecen en su parte inferior que llegan a constituir delgadas intercalaciones toscamente rítmicas; más a menudo inmapeables y menos comunes y raras de observar, pero importantes por el espesor de los cuerpos mezclados existentes. Pero hay excepciones y, relaciones tectónicas muy complicadas también existen.

Millán y Somin (1985 a) señalan contactos tectónicos de los Esquistos Algarrobo con la Fm. La Chispa en la parte Noreste de la Cúpula de Trinidad, enfatizando que dichos contactos se producen por fallas claramente manifestadas que separan estas litologías en dos escamas tectónicamente independientes<sup>96</sup>. Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*) describe grandes cuerpos de los esquistos Algarrobo en la Zona de La Belleza y en la Loma de Los Guapos, al Norte de Jibacoa; Cúpula de Trinidad. En esa localidad un cuerpo de los esquistos Algarrobo yace concordantemente sobre un paquete de esquistos calcáreos de la Fm. Cobrito y se cubre por un potente cuerpo de eclogitas muy frescas con la onfacita y los granates apenas alterados (Figura 43). Los esquistos calcáreos incluidos, carbonatizados intensamente forman un mármol silicatado, con una gran densidad de cristales de granate. En esta localidad los cuerpos de Algarrobo llegan a alcanzar ejes largos hectométricos y potencias de varias decenas a más de 100 m, en un gran cuerpo de Algarrobo orientado WNW extendido por cerca de 2 km. Este yace emparedado entre los esquistos metaterrígenos de la Fm. Loma La Gloria, a su vez en contacto tectónico con cuerpos de mélange de antigorititas (Figura 44).

Como la potencia de los cuerpos de Algarrobo varía dentro de amplios límites, desde unos decímetros, unos metros, hasta decenas de metros, incluso hasta más de 100 m y constituyen cuerpos independientes; se puede constatar, que los cuerpos pequeños parecen mantener un control estratigráfico, mientras los cuerpos mayores generalmente yacen en contacto tectónico con las rocas espacialmente relacionadas. Esta última situación puede interpretarse como causada por las competencias de contraste durante el plegamiento dúctil e incluso durante la posterior acomodación en las etapas tectónicas póstumas.

#### Edad de los Esquistos Algarrobo.

Una edad paleozoica o más vieja para las rocas del Escambray es una tesis que se ha sostenido, sin unos claros enunciados, desde época temprana (Hayes *et al.*, 1901; Lewis, 1932; Weyl, 1950; Rigassi-Studer, 1961; Hatten, 1967) y el retorno a esta idea no data de mucho tiempo, al parecer derivada de sus antecedentes; (Kumpere y Svork, 1969); (Tijomirov *et al.*, 1988); (Mossakovskiy, *et al.*, 1986). Los esquistos Algarrobo, en época reciente fueron significativos en la defensa de esta suposición por su aspecto "antiguo" (Somin *et al.*, 1992). En la Expedición Escambray II, la cuestión se discutió con la participación de G. Nekrasov; G. Millán, M. L. Somin y H. Álvarez-Sánchez en 1983. Una edad paleozoica o más antigua era postulada por G. Nekrasov<sup>97</sup>, quien sostenía que Algarrobo formaba parte de afloramientos de un basamento antiguo bajo las unidades del Escambray.

Ya desde mucho antes (Millán, 1978; Millán y Somin, 1981, Millán y Somin, 1985 a, b) se sostenía que la edad de Algarrobo concuerda con la edad de la Fm. Loma La Gloria (Jurásico Inferior-Oxfordiano Medio) dentro de cuyas secciones yacen los cuerpos mayores de estos esquistos y comentan (1985 a) que Algarrobo carece de indicios petrográficos y estructurales y que su completa concordancia con las asociaciones minerales metamórficas de los restantes complejos litológicos del Escambray, no apoyan la suposición de que son representantes de un basamento aflorado en la región. Estos datos son consistentes con las observaciones realizadas por otros autores (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

Las únicas determinaciones de edad absoluta sobre muestras de Algarrobo se encuentran en Millán y Somin (1995 b) y Somin *et al.*, 1992. Esta es una situación extraña: La mayoría de las determinaciones de edad absoluta que se conocen del Macizo Escambray no se adscriben claramente a una formación estratigráfica específica con excepciones recientes (Rojas-Agramonte *et al.*, 2012). Una gran parte de las provenientes de Cuba central tampoco poseen una vinculación precisa con una formación definida (v. Meyerhoff *et al.*, 1969) y en concreto sobre el Escambray tampoco (v. también Iturralde-Vinent *et al.*, 1994; Tabla 4).

De acuerdo con Millán y Somin (1985 b) unas dataciones K-Ar de mica blanca de rocas de Algarrobo indicó entre 71 y 82 Ma (entre ellas GME-81-3; en Somin, *et al.*, 1992) Si los Esquistos Cristalinos de Algarrobo son verdaderas

<sup>96</sup> Por cierto, este hecho es una manifestación adicional, aunque indirecta, sobre la posible desvinculación primaria entre las Formaciones Loma La Gloria (portadora de los Esquistos Algarrobo) y la Formación La Chispa. (Nota del Autor).

<sup>97</sup> Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de la URSS. Nota del Autor.

intercalaciones estratigráficas dentro de las unidades metaterrígenas y en la parte inferior del Grupo San Juan (Fm. Cobrito), es claro que esta datación no revela su edad original, sino un evento metamórfico cronológicamente tardío; probablemente el mismo que determinó la compleja composición mineral de estas rocas. Pero si estos esquistos fueron originados por algún proceso petrológico o algún evento tectónico, o una combinación de ambos (una metasomatosis *in situ* de ciertas rocas estratigráficamente preexistentes) el rango cronológico citado, nuevamente solo indica la fecha de dicho proceso<sup>98</sup>.

### Origen metasomático de los Esquistos Cristalinos Algarrobo.

La tesis del origen metasomático fue formulada primero por Millán y Somin (1978) y reiterada en trabajos posteriores (1981; 1985 ab). A este tesis se han adherido Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); Molak y Bernal (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*), geólogos de la Expedición Escambray II.

El concepto se basa en la sustitución de esquistos metaterrígenos, fundamentalmente de la Fm. Loma La Gloria. Este proceso de metasomatismo pudo destacarse por la intensa introducción de Na, con albitización en ocasiones completa de las rocas base y una superposición probablemente posterior de soluciones calcíticas; durante (o muy poco posterior) con el metamorfismo principal. De acuerdo con esta suposición, los esquistos metaterrígenos y parte de los esquistos calcáreos de la Fm. Cobrito, fueron profundamente transformados bajo la actuación del metamorfismo de alta presión con el desarrollo de la paragénesis característica de la facies metamórfica y la transmutación adicional metasomática hasta borrar los restos de los protolitos.

Si las relaciones de transición entre estos esquistos Algarrobo y los metaterrígenos (la Fm. Loma La Gloria) son reales, es posible suponer que su origen pudo resultar de una combinación del metamorfismo con una metasomatosis profunda de rocas de esta Formación. Pero, esta posibilidad fue inicialmente rechazada por Millán y Somin (Millán y Somin, 1985 a) sobre la base de que no se encontró zircón detrítico en las rocas de Algarrobo. Stanik *et al.*, (1981) comentaron que el zircón pudo no ser un accesorio típico de la Fm. Sopapo. La expedición Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986) tampoco observó la presencia de zircón detrítico. Esta cuestión del zircón, tomado como prueba en contra, se limita a los metaterrígenos. Esquistos Algarrobo, bien caracterizados, ocurren entre esquistos calcáreos y mármoles gráfíticos de la Fm. Cobrito: Luego, la tesis de la sustitución metasomática se extiende hacia la Fm. Cobrito y esta unidad; pocas veces se menciona; contiene esquistos calcáreos con abundante material terrígeno y el Miembro La Horqueta (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992) integrado por intercalaciones calcáreas y terrígenas representa una transición entre Loma La Gloria y Cobrito.

Basándose en el origen primario de los Esquistos Algarrobo, como derivados de un protolito sedimentario autóctono del corte del Escambray; Millán (comunic. escrita, 2012) indica que las primeras muestras, carentes de zircón detrítico, provenían de secciones calcáreas que pudieron ser de esa composición desde el principio. Más recientemente Millán (com. escrit., 2012) ha aclarado sobre esta cuestión del zircón<sup>99</sup>.

También cabe traer a colación una alternativa considerada tempranamente por Millán (1983, com. pers.) como posible; consistente en la suposición de que rocas de composición diferente, intercaladas en el interior de las secciones donde yacen los Esquistos Algarrobo, pudieron ser los candidatos apropiados de esta transformación; incluso pertenecientes a otras secciones rocosas del corte del Escambray. Así, al referirse al origen de los Esquistos Algarrobo Millán escribe:

*“El metasomatismo de esta unidad debe haber jugado un papel en su formación, durante el metamorfismo progresivo. Los cuerpos calcáreos de Algarrobo (mármol silicatado) siempre se ven como cuerpos independientes y pudieron haber procedido de un protolito del Jurásico Superior o incluso de carbonatos del Cretácico Inferior. Lo que si está claro es que el protolito de Algarrobo nunca es un elemento ajeno y extraño a los cortes del Escambray y su edad debe ser Jurásico hasta Cretácico Inferior. Incluso, diferentes protolitos de distintas edades pueden haber formado*

<sup>98</sup> Los datos de dataciones isotópicas son escasos: además las dataciones K-Ar reflejan ante todo el tiempo de enfriamiento de las rocas y no la edad de su metamorfismo (Millán y Somin, 1985b).

<sup>99</sup> Creo que el origen de los esquistos Algarrobo es también sedimentario y forma parte del corte primero del Escambray. La ausencia de zircón creo que se debe a que las rocas que se tomaron para sus análisis son aquellas que tienen composición calcárea y forman cuerpos independientes, los cuales quizás fueron carbonato primario, amén del metamorfismo que para mí se encuentra muy relacionado con este metamorfismo de mayor grado. Se puede decir que los metaterrígenos Loma la Gloria pueden transicionar a los esquistos Algarrobo no calcáreos por el enriquecimiento de granate, glaucófana, onfacita y zoisita. De esto no tengo dudas. Millán (com. escrit., 2012).

*estos esquistos cristalinos en diferentes sectores*<sup>100</sup>. Dentro de los esquistos equivalentes a la Fm. San Cayetano (Fm. Loma la Gloria) de la unidad 3, se pueden destacar capas de estos esquistos, pero nunca verdaderos mármoles silicatados como los que afloran en la localidad tipo de Algarrobo”.

Estas observaciones, a mi juicio, sugieren, aunque no demuestran, los siguientes postulados:

1-Los Esquistos Cristalinos Algarrobo, realmente pudieron ser el resultado de un proceso metasomático intenso que, a partir de rocas de composición petroquímica favorable, fueron transformados en las rocas polimineraleas. Sin que hasta ahora existan pruebas de tal proceso, ni tampoco suficientes pruebas que lo descarten.

2-El hecho de que los esquistos Algarrobo sean exclusivos de las unidades tectónicas de más alto grado metamórfico y que ni siquiera se encuentran equivalentes menos metamorfizados en las unidades de metamorfismo algo más moderado, puede significar como hecho, que tales rocas mantienen una relación más o menos directa con el metamorfismo-metasomatosis. Incluso es reconocido en el Escambray la presencia de metasomatosis sódica, carbonática y probablemente algunos procesos metasomáticos aún no conocidos.

### Discusión.

¿Cuál proceso puede originar rocas polimineraleas, caracterizadas por condiciones metamórficas específicas de T-P, con un complejo amplio de minerales coexistentes, que no muestran indicios de un protolito original y que se presentan, lo mismo, en términos de cuerpos decamétricos o como delgadas intercalaciones decimétricas, por lo menos en dos específicos niveles estratigráficos y en una unidad desmembrada tectono-estratigráfica (mélange), sin cambios sustanciales en su composición mineral propia, identificable de lugar a lugar?

Resulta difícil pensar en un proceso metasomático tan regular, causante de tal transformación hacia unas rocas tan específicas, con una asociación mineral prácticamente constante, distribuidas en áreas extensas de un dominio geológico y que este proceso arroje los mismos resultados cuando ocurre indistintamente en cortes geológicos de composición contrastante. Se conoce que los Esquistos Algarrobo transitan hacia mármoles silicatados sin perder completamente sus especificaciones minerales y que, otras secciones más características poseen, en cambio, una matriz no calcárea.

Subsisten numerosas dudas: Las relaciones de transición numerosas y de composición mineral compleja y muy variable, principalmente observadas en la Fm. Loma La Gloria, producen rocas cuya pertenencia a los Esquistos Algarrobo ¿depende de la opinión del observador? En este caso, los límites de Algarrobo ¿pueden resultar puramente convencionales<sup>101</sup>? ¿Donde es posible situar entonces los límites de tal proceso de alteración? ¿Donde las rocas originales poseían una composición apropiada para ser convertidas en verdaderos esquistos Algarrobo, sin relictos de una composición anterior y donde no? ¿Cuales fueron los parámetros físico-químicos de las soluciones activas?

### Origen de Algarrobo como sedimento primigenio.

Esta hipótesis se debe a García-Casco de la Universidad de Granada (com. escrita, 2013). Expongo y, a continuación discuto, esta interesante interpretación, solo en lo concerniente al concepto genético, ya que la idea del autor se extiende hacia las cuestiones amplias de la geotectónica del Escambray; materias que son tratadas en otra parte de la presente obra.

García-Casco parte por rechazar de plano el origen metasomático de los Esquistos Algarrobo y los interpreta como metasedimentos derivados de un protolito del fondo oceánico (de fondos abisales; = 0 > 4,000 m) o del margen continental muy distal (talud). Estas condiciones de Fm. establecerían una diferencia litológica desde el principio, con el resto de los depósitos de dicho margen continental a causa de las características del zócalo de su depocentro,

<sup>100</sup> El subrayado es mío. Nota del Autor.

<sup>101</sup> Según mi criterio, las intercalaciones metasomáticas entre diferentes elementos rocosos son visibles en esta unidad metamórfica, tal es así en los límites entre algunos cuerpos de eclogitas que se encuentran dentro de los metaterrígenos y parecen contaminar a los últimos, formando una aureola enriquecida en granate, onfacita y glaucófana, mucho más que lo normal. (Millán, 2012; com. escrita).

formado por la corteza oceánica limítrofe al margen continental con su composición petrológica característica (formada desde ese entonces por ultramáficos, MORB y otros).

El complejo rocoso "Escambray", entraría en una zona de subducción aproximadamente en el Cretácico tardío (dataciones de 70±5 Ma, según García-Casco). Durante la subducción los "sedimentos Algarrobo" y su zócalo oceánico y, a continuación, las unidades consecutivamente situadas en depocentros de menor profundidad (terrígenos; calcáreos pre-Cobrito, y otros) serían enterradas a profundidades crecientes.

Eclogitas derivadas de MORB y esquistos ultramáficos (antigoritas) resultarían del enterramiento a unos 70 km de profundidad y los "sedimentos Algarrobo", seguidos de las unidades con rasgos más propios del margen continental llegarían a profundidades similares o algo menores con los consiguientes resultados metamórficos. En este ambiente de subducción-prisma de acreción se produciría la mezcla por la tectónica de mutuos desplazamiento, plegamientos y deformaciones intensas bajo las condiciones confinantes, "tanto durante el viaje de ida (subducción) como de vuelta (exhumación)". En las palabras del autor: "considero que Algarrobo+eclogitas+metaultramafitas puede ser descrito, al menos en parte, como un mélange tectónico de alta presión (formado a ca. 70 km de profundidad) fuertemente transpuesto por varias fases de deformación dúctil durante la subducción y la exhumación.

### Discusión.

El origen sedimentario primario del protolito de Algarrobo se ha sostenido invariablemente desde las tempranas menciones de estas rocas (Millán y Somin, 1978; en parte Suchanek 1978, en Stanik *et al.*, 1981; Millán y Somin, 1981, 1985 ab; Molak y Bernal, 1983 y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

Como elemento que se considera formó parte de los protolitos de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito, fue precisado por Millán y Somin (1985 a) y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*). Todos los autores citados, sin excepción, han explicado el metamorfismo de Algarrobo (y sus secciones rocosas anfitrionas) y de cualquiera otra unidad estratigráfica del Escambray como resultado de su inmersión en una zona de subducción "Escambray".

También, Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, *ibid.*), fueron los primeros que describieron grandes enclaves de los Esquistos Algarrobo, (eclogitas y muchos fragmentos de diversos esquistos cristalinos) emplazados en una matriz de antigorita, en un mélange tectónico de alta presión (Mélange Los Guapos) al Norte de la Cúpula de Trinidad.

Aunque comentado de forma general a causa de que la Expedición Escambray I no cartografió en detalle la parte Norte de la Cúpula de Trinidad; Stanik *et al.*, (1981) desde esa época, escribió: "...las rocas de la unidad Algarrobo forman parte de un manto de cabalgamiento con un grado elevado de metamorfismo y las rocas extrañas constituyen parte del mélange; pag 78". Y, al referirse a las rocas extrañas: "La mayoría de estas rocas (apoclogitas, eclogitas, glaucofanitas, piroxenitas, zoisititas, granatitas) se encuentran en la zona del metamorfismo elevado, frecuentemente junto con la unidad litológica Algarrobo; pag. 85".

Visto lo anterior y en relación con lo que se trata, ¿cuales son las diferencias en la interpretación de García-Casco y cuales las posibles objeciones a su modelo?

Las conclusiones del autor citado parecen coherentes con la descripción presentada en el punto dos del epígrafe: *Resumen de algunos problemas basados en hechos conocidos*: que sintetiza cuestiones que de por sí, ni se pueden probar ni rechazar. El Mélange Los Guapos es de alta presión típico y sin duda originado en una zona de subducción. No hay objeciones a esto. Pero la presencia real en esta mezcla de los esquistos Algarrobo sigue en dependencia de la respuesta a las preguntas: ¿"Esquistos Algarrobo", o "esquistos de tipo Algarrobo"? Ningún estudio petrológico detallado existe sobre Algarrobo, que supere la descripción de secciones delgadas y algunas determinaciones de microsonda de minerales.

Un sedimento específico "Pre-Algarrobo", formado en la Zona Abisal (o batial), cuyas propiedades inherentes lo destinarían a responder al metamorfismo de una forma tan distintiva; no tendrían que ser encontrados dentro de la Fm. Cobrito cuya litofacies es inapropiada bajo las condiciones supuestas y mucho menos en la Fm. Loma La Gloria, en gran parte equivalente a la Fm. San Cayetano de Cuba occidental y que pertenece a un ambiente de la plataforma continental.

Es así que la tesis de García-Casco retoma varios conceptos ya expresados en el pasado, pero resumida con una prosa más directa y breve, por otra parte aplicable estrictamente al origen del mélange con rocas cristalinas. La idea puede funcionar como interpretación básica, precisamente si las rocas "Algarrobo" fueran exclusivas del mélange. Pero no lo son.

En el Mélange Los Guapos, conviven otras unidades del corte del Escambray, incluso secciones homogéneas de las Formaciones Cobrito-Loma La Gloria, que pueden extenderse por cientos de metros y que son cartografiables a escalas medias; amén de numerosos cuerpos masivos de mármoles, metasilicitas y otros, asimilables con dificultad a otras formaciones del corte estratigráfico Cretácico por su estado, pero muy comparables a ellas.

Aunque en el actual desarrollo de esta obra es impropio abordar la descripción del problema de los mélanges del Escambray, que es materia de otra sección; no hay objeción a considerar el Mélange Los Guapos como originado en una zona de subducción y quizá también como posible parte de un prisma de acreción.

Como parte de su interpretación del origen de los Esquistos Algarrobo; García-Casco sugiere incluir dentro del concepto Litodema Esquistos Algarrobo, a los restantes complejos rocosos (eclogitas MORB, metaultramáficos, esquistos glaucofánicos y otros muchos tipos de esquistos cristalinos, interpretados por García-Casco como "corteza oceánica subducida" (García-Casco, com. escrit., 2013).

El mélange marca fronteras entre unidades de diferente naturaleza metamórfica y/o estratigráfica y se integra por (para simplificar) bloques coherentes de los elementos litológicos limítrofes durante la subducción, que flotan en una matriz. Si este concepto es aceptable; por el momento sin entrar en una discusión, queda claro que este mélange pertenece a la clase de "mélange tectónico"<sup>102</sup>. El mélange no es una unidad estratigráfica y, por tanto, no es un litodema. Los Esquistos Algarrobo son una unidad independiente que interviene en el mélange, como muchas otras, a pesar de que continuamos sin conocer su origen primario.

### Origen de Algarrobo a partir de rocas vulcanógenas autóctonas.

Los antecedentes de esta hipótesis datan de las primeras suposiciones alternativas, sobre el origen de Algarrobo y hasta ahora no se han sometido a discusión.

Suchanek (1978), fue uno de los primeros geólogos que estudió el llamado "problema de Algarrobo" (en Stanik *et al.*, 1981). Este autor de la Expedición Escambray I, además de suponer estos esquistos cristalinos como derivados de la Fm. Sopapo, también manifestó que existían indicios que permitían compararlos con la Fm. Yaguanabo, metavulcanógena, del Cretácico Inferior, basándose en el carácter básico de ambas unidades.

Millán (1983, com. pers.) de modo independiente consideró también la posibilidad de protolitos locales situados en diferentes niveles estratigráficos; incluso del Jurásico Superior o de carbonatos del Cretácico Inferior.

La pregunta que debe ser formulada en estas consideraciones es la siguiente: ¿Hay una posibilidad geológicamente significativa y creíble de que los esquistos Algarrobo son, por ejemplo, los esquistos verdes Felicidad sometidos a un complejo proceso de metamorfismo y metasomatosis?

- La mayoría de los cuerpos de Esquistos Algarrobo yacen en la Fm. Loma La Gloria y los Esquistos Verdes Felicidad en la Fm. La Chispa. Ambas formaciones son muy análogas en su composición litológica principal (v. **Epígrafes 6.1 a 6.4**). Tienen la misma edad. Ocupan la misma posición en la columna estratigráfica del macizo. Ambas contactan con la Fm. Cobrito, que constituye su techo estratigráfico en la situación más conocida en el Escambray. Esta última unidad también contiene esquistos de Algarrobo, pero también contiene esquistos verdes apovulcanógenos comparables a Felicidad.
- Ambos conjuntos de esquistos, Algarrobo y Felicidad, poseen transiciones litológicas bien establecidas y regularmente observadas con las rocas que soportan sus cuerpos, de modo que se producen litologías mixtas o mezcladas (Millán y Somin, 1981, 1985 ab; Suchanek en Stanik *et al.* 1981, Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Sin embargo, no se conservan evidencias del protolito de Algarrobo. Los esquistos Felicidad, al contrario, contienen evidencias claras de su roca madre que permiten suponerles una

<sup>102</sup> Type 4 – mélanges related to subduction; 4b – broken formation and tectonic mélanges (Festa *et al.* 2010)

edad coincidente con las rocas de sustento. Pero no sabemos la edad de los esquistos Algarrobo. Alguna evidencia se tiene de la posible edad del proceso formador (v. Somin *et al.*, 1992, pero estas evidencias no coinciden con la edad de la roca base.

- Los esquistos Felicidad presentan, como minerales comunes albita, actinolita, epidotas, cloritas, clinozoisita, lawsonita, grafito, esfena, fengita, granate y hacia la zona próxima al borde de la Zona 3 ya se encuentran en ellos glaucofana, jadeita y horblenda.
- Los esquistos Algarrobo; albita, granate, paragonita-fengita, glaucofana; anfíbol actinolítico, epidotas y cloritas; lawsonita, zoisita, clinozoisita, clinopiroxeno, horblenda y grafito.
- La albita forma en ambos conjuntos litológicos un componente mineral en elevados porcentajes que testimonia una alteración inducida por la introducción de Na generalizada al Escambray.
- Las dos asociaciones son de alta presión.
- Mientras en los esquistos Felicidad se pueden reconocer aceptablemente los protolitos de tobas, lavas máficas e incluso posibles derivados de diabasas y gabros, con intervalos de silicásticos, rocas calcáreas con materia orgánica y silicitas; Algarrobo muestra el más alto grado de transformación metamórfica en esta región hasta el punto de que su protolito se desconoce.
- No obstante los productos metamórficos de Felicidad, integrados por los esquistos con una composición bastante compleja, los mármoles y una serie de esquistos de mezcla de material terrígeno y máfico, se pueden comparar sin gran esfuerzo, con Algarrobo, aceptando sin más la acción de un más alto grado metamórfico y probablemente la acción de soluciones.

Luego, vistos lo anterior y contando con las deficiencias en el conocimiento actual; la diferencia más esencial que se puede señalar entre los dos conjuntos litológicos resulta ser el grado metamórfico; no las rocas madres. No tengo duda de que estas rocas parecen formar una cierta dualidad. ¿No esto sugerente y sospechoso? Creo que suficiente para incorporar a los esquemas supuestos del posible origen de estos enigmáticos esquistos Algarrobo esta posibilidad como alternativa para la investigación (Tabla VI).

Un estudio detallado de la petrología, con énfasis en la petroquímica (HFSE) y otros estudios detallados, acompañados de una nueva cartografía realizada con pericia profesional, pueden rechazar esta hipótesis o llevarla a una confirmación que podría resolver uno de los muchos problemas geológicos en el Escambray. Lo cierto es que el esquema presentado carece precisamente de los datos arriba indicados. Las analogías comentadas son solo eso y no prueban lo que se supone, aunque los puntos de comparación dan que pensar.

El problema básico que desde mi punto de vista sustenta mejor lo supuesto, no es la realidad de las analogías entre ambas unidades, que no se puede simplemente rechazar. Más bien dependen de una alternativa de interpretación que considero muy inquietante sobre la estratigrafía del Escambray. Después de una análisis muy reposado y cuidadoso que he realizado durante muchos meses sobre la base de datos a mi disposición y mi personal experiencia como geólogo del Escambray, pienso que las unidades metaterrígenas son, esencialmente la misma unidad litoestratigráfica y más allá, la misma entidad material. Solo diferenciadas por su situación en zonas de diversa intensidad de grado metamórfico. Si estos supuestos llegan a ser demostrados algún día, pienso que el íntimo parentesco entre Los Esquistos Verdes Felicidad y Los Esquistos Algarrobo pueden llegar a convertirse en una identidad.

**Tabla.VI. Características comparativas entre los esquistos Algarrobo y los esquistos Felicidad.**

Unidades	Esquistos Verdes Felicidad	Esquistos Cristalinos Algarrobo
Características		
Modo de yacencia	Intercalaciones estratigráficas	Intercalaciones estratigráficas
Forma de los cuerpos	Tabular	Tabular
Tipos de contactos	Transicionales	Transicionales
Asociación estratigráfica	Fm. La Chispa	Fms. Loma La Gloria y Cobrito

Grado metamórfico	Esquistos verdes	Facies ecológica
Intercalaciones	Mármoles, diversos esquistos cristalinos y metaterrígenos.	Mármoles, esquistos metaterrígenos, metasilicitas.
Protolitos	Se desconoce.	Vulcanitas básicas.
Techos estratigráficos	Fm. Cobrito.	Formaciones Cobrito y Narciso.
Edad	Se desconoce	Jurásico hasta Oxfordiano.
Hipótesis sobre el origen	Metasomatismo. Sedimentos abisales, otros.	Vulcanismo fisural probable riftogénico.

## 8.2. Anfibolitas Yayabo.

### Autores de la unidad original.

Guillermo Millán y Mark L. Somin; 1981.

### Nombre.

El nombre se deriva del Río Yayabo; provincia de Sancti Spiritus. Los mejores afloramientos se observan en el curso medio, en el trayecto de salida hacia la llanura, al Sur y SE del Pico Tuerto.

### Historia.

Millán y Somin nombraron a estas anfibolitas en varios trabajos sucesivos como Secuencia Yayabo (Millán y Somin, 1974), Grupo Yayabo (Millán y Somin, 1976) y Fm. Yayabo (Millán y Somin, 1981). La Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981), aceptó el nombre propuesto e interpretó la unidad como derivada de lavas básicas. Por esa época, solo estos grupos de investigadores reconocían a Yayabo como sección independiente durante el periodo en que la estratigrafía del Escambray iniciaba su construcción y formalización.

Por causa de que intercalaciones métricas de anfibolitas, por aquella época indiferenciadas de las típicas, también se observaron en la Fm. Cobrito (Millán y Somin, 1985 ab; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) se sostuvo la interpretación de que esta relación de la Fm. Yayabo, con las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito podría significar la evidencia de un magmatismo sincrónico ocurrido durante la sedimentación de ambas Formaciones.

Opinión similar fue expresada por Stanik *et al.*, 1981 quien supuso que las anfibolitas Yayabo fueran vulcanitas antiguas pertenecientes a la Fm. Sopapo<sup>103</sup>. También Stanik, (*ibid.*), examinó la posibilidad de que las anfibolitas pudieran pertenecer a la Fm. Yaguanabo, con un grado metamórfico superior. Millán y Somin (1981), fueron los primeros que consideraron que se trataba de una unidad independiente, espacialmente relacionada<sup>104</sup> con las restantes unidades del Escambray durante eventos tectónicos premetamórficos (Millán y Somin, 1985 a).

Otra interpretación de origen autóctono fue defendida durante la Expedición Escambray II, al sostenerse que las anfibolitas representan un vulcanismo de carácter básico, destacado durante la formación de la parte inferior de la columna estratigráfica; pero en una zona con régimen tectónico distinto al reinante en la región de acumulación de los metaterrígenos (Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986. Epígrafe V.2., pag. 928), así como su expresión como vulcanismo basáltico casi puro de edad jurásica presumible (Álvarez-Sánchez y Bernal Rodríguez, 2014).

Todas las anteriores tesis, caracterizadas por el concepto de las Anfibolitas Yayabo (o su protolito) originadas en el interior del dominio Escambray, difieren de las conclusiones provenientes de los trabajos de García-Casco *et al.*, 2003 (*inéd.*) y Stanek *et al.*, 2006, que sostienen un posible origen alóctono, o al menos extraño, respecto a las unidades

<sup>103</sup> Estas rocas están en la zona del metamorfismo elevado frecuentemente en las cercanías de las rocas extrañas. Por esto es difícil agregarlas a la nueva concepción estratigráfica de la Zona Trinidad. Por su constitución recuerdan a la f. Yaguanabo J<sub>3</sub> (?) - K<sub>1</sub> (?) pero no está excluido que sean rocas metavolcánicas de composición básica de la f. Sopapo J<sub>1</sub> (?) - J<sub>3</sub>, lo que significaría que serían en este caso las metavulcanitas más viejas (ubicadas estratigráficamente) con una posición comparable, en edad, con el magmatismo de la f. Cangre. (sic.) (Stanik *et al.*, 1981).

<sup>104</sup> ...que, junto con una porción de las secuencias de origen terrígeno, hayan provenido de una subzona tectónica relativamente independiente del resto de las secuencias del Escambray, cabalgando sobre las últimas antes del metamorfismo regional. (Millán y Somin, 1981; pag. 36).

magmáticas del Escambray. Este concepto de una posible aloctonía es retomado nuevamente por Stanek *et al.*, 2018, con algunos elementos petroquímicos adicionales, pero sin precisar novedades sobre las conclusiones previas en cuanto a la posición estructural alóctona de las anfibolitas Yayabo y su metamorfismo.

No obstante, la interpretación temprana que se ha sostenido de Yayabo como una escama-nappe independiente, data de mucho tiempo atrás (Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Millán, 1992; 1996; 1997a; García-Casco *et al.*, 2003, cuestión en que no parecen destacarse discrepancias entre diversos autores, a pesar de que, llamar “independiente” a la unidad Yayabo, se podrá apreciar cuanto dista este concepto de considerarse definitivo, cómo se verá a continuación.

#### Sinonimia.

En Franco Álvarez *et al.*, 1992, la unidad es llamada Fm. Pico Tuerto, a causa de existir el homónimo "Yayabo formation"<sup>105</sup> (Thiadens, 1937). Fm. Pico Tuerto no aparece en trabajos posteriores a la fecha del cambio y es ignorada en la literatura internacional. Mientras, Fm. Yayabo es nombre conocido<sup>106</sup>, a pesar de apelativos informales como: “*Metaofiolitas Yayabo*” (Iturralde-Vinent, 1998), “*Yayabo unit*” (Grevel, *et al.*, 2006), “*Yayabo Amphibolites*” (García-Casco, *et al.*, 2006), “*Yayabo suite*” (Stanek, *et al.*, 2006). Una sinonimia Fm. Yayabo con Fm. Mabujina (Linares *et al.*, 1985) señalada por el léxico no es razonable, geológicamente hablando. Las sinonimias específicas de Yayabo pertenecen a Somin y Millán (1976) “Secuencia Yayabo” y “Grupo Yayabo” Millán (1978). Las reglas estratigráficas indican la prioridad del uso común y bien conocido<sup>107</sup>. Al fin, los mismos autores, lo son de la Fm. Yayabo y lo serían del nombre cambiado y su descripción original cumple con todos los requisitos básicos.

#### Localidad Tipo y Holoestratotipo.

Los afloramientos típicos de las Anfibolitas Yayabo ocurren al oriente de la Cúpula de Sancti Spiritus, en el valle de Río Yayabo, (Figura 45). El Léxico Estratigráfico de Cuba describe el holoestratotipo, situado en las márgenes del Río Yayabo, en la vertiente este del Pico Tuerto, con las coordenadas Lambert: 235.500 Norte y 649.500 Este (iniciales) y 235.150 Norte y 647.900 Este (finales). Hoja Topográfica 1.50, 000 Loma La Gloria. 4281 I. ICGC. Se trata del cuerpo de mayor extensión y también el más accesible.

#### Categoría estratigráfica.

El grado de conocimiento geológico de las Anfibolitas Yayabo es insuficiente y polémico. Su origen no se ha establecido. Sus relaciones primarias con su soporte regional no se han aclarado. La base de sus cuerpos nunca se ha observado. Se ignora la geometría de la proyección hacia la profundidad de sus contactos, actualmente tectónicos en su totalidad. Estas son razones suficientes para redefinir su categoría estratigráfica como Litodema Anfibolitas Yayabo; en lugar de una formación litoestratigráfica. Esta es una necesidad actual de la nomenclatura estratigráfica del Escambray.

#### Circunstancias cuestionables.

En la oriental Cúpula de Sancti Spiritus, las Anfibolitas Yayabo (Lámina 4) contactan con las Anfibolitas Mabujina a través de una potente zona cizallada, con una aparente homogeneización metamórfica y estructural de ambos complejos (Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.*<sup>108</sup>, 1981; Millán y Somin, 1985 b).

<sup>105</sup> En el mismo Léxico Estratigráfico, según se explica, encontrarse invalidado y, además, y además es sinónima de Formación Lagunitas (Popov y Kojumdjieva en: Kantchev *et al.*, 1978).

<sup>106</sup> “tanto Somin como yo, estas anfibolitas las hemos identificado con el nombre de Yayabo desde 1976 de una manera constante” (1976, 81, 85, 92, 97)”. Millán (com. escrita, 25-04-2012).

<sup>107</sup> Ver Artículos 7 (c) y 20. Código Estratigráfico Norteamericano, 2010.

<sup>108</sup> Millán y Somin (1976) mencionan que las anfibolitas, en las cercanías del camino a Quemado forman rocas transicionales que sufrieron un metamorfismo de temperaturas más altas que las de Yayabo y de presión más alta que las del complejo anfibolítico de Manicaragua. Nuestras observaciones no comprobaron esta afirmación. Consideramos estas anfibolitas como pertenecientes a la zona Manicaragua y que tienen un contacto tectónico con la zona Trinidad, aunque no fueron encontradas pruebas definitivas para decir si las anfibolitas de ambas zonas no presentan transiciones entre sí. (Stanik *et al.*, 1981).



Figura.45. Localidad Tipo del Litodema Anfibolitas Yayabo. Coordenadas iniciales (I): Norte 235.50 y E 649.50. Finales (F): N 235.15 y E 647.90. Proyección Lambert. Cúpula de Sancti Spiritus. Hoja Topográfica 1.50, 000 Loma La Gloria. 4281 I. ICGC. Sobre el Mapa Geológico 1:100,000. Instituto de Geología y Paleontología. Hoja Caballete de Casas 1:25,000. Proyección Lambert.

- Aunque en este trabajo se excluye el origen de Yayabo a partir de anfibolitas Mabujina, existen problemas relacionados con los sistemas de vetas pegmatíticas, el metamorfismo de Yayabo, su propio origen respecto a las Anfibolitas Mabujina y sus relaciones estratigráficas y tectónicas con el propio complejo Escambray (Grafe *et al.*, 2001; Stanek *et al.*, 2006; Stanek *et al.*, 2018).
- ¿Son las Anfibolitas Yayabo ajenas al Escambray o, por el contrario, un elemento nativo de este macizo metamórfico? Yayabo es un complejo volcánico potente de 300 m comprobados y más de 1000 m probables. Si consiste de basaltos oceánicos primitivos (Somin *et al.*, 1992); producto de vulcanismo a gran distancia del dominio Escambray, o sucedido en una cuenca “inter-Escambray” por fragmentación intracontinental (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) ¿cuál es la causa de su exclusivo vínculo con los metaterrígenos jurásicos de la Fm. Loma La Gloria? De ser un elemento propio del Escambray ¿por que no se conocen sus representantes distintivos en la Fm. La Chispa, equivalente en edad, litología y facies de Loma La Gloria; ambas formadas en idéntico ambiente sedimentario? De ser un elemento ajeno ¿por qué presenta un índice geoquímico tan elevado de titanio; idéntico al de las metabasitas nativas del Escambray; índice que resulta tan particular y coherente, que diferencia a las rocas del Escambray de todas las rocas de las estructuras circundantes? Tales interrogantes permiten varias alternativas de interpretación; ninguna concluyente. Entre ellas y de gran interés, no las únicas: a)-Yayabo podría ser un equivalente nativo del vulcanismo jurásico Felicidad de la Fm. La Chispa; pero formado en una frontera transicional del dominio Escambray hacia condiciones más oceánicas. b)-Yayabo puede ser un elemento “soldado” a Loma La Gloria o a la estructura donde descansa. Un argumento estrictamente geológico (Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986), basado en que la Fm. Loma La Gloria no contiene secciones metavulcanógenas tan importantes y definidas como la Fm. La Chispa.

- A causa de su intensa reelaboración tectónica; en conjunto con otras litologías en su proximidad; se siguen destacando descripciones dudosas de tales contactos y de **las inclusiones y relaciones con cuerpos de otras rocas no volcánicas**, que oscurecen la esencia de su constitución primitiva.
- Un estudio sistemático de las anfibolitas Yayabo, que las compare con los restantes elementos del magmatismo Escambray no se ha realizado. No hay suficientes correlaciones en volumen estadísticamente representativas. Tampoco existen datos concluyentes de correlación del magmatismo Yayabo con el magmatismo máfico del Jurásico de la Cordillera de Guaniguanico; mejor conocido y que podría contribuir a resolver varios de estos problemas.

#### Distribución regional.

Las Anfibolitas Yayabo afloran al oriente de la Cúpula de Sancti Spiritus en cuerpos extensos. En la región se encuentra el de mayores dimensiones, como una alargada corrida extendida NNW de **9.5** kilómetros con un ancho máximo de **1.7** Km y medio de **1.15** Km, para unos **10.93** km<sup>2</sup> de área aflorada<sup>109</sup>. Otros cuerpos de menores dimensiones, orientados N30°W y cartografiados como Anfibolitas Yayabo, se encuentran hacia el interior de la cúpula, dispersos en un espacio de unos 25 km<sup>2</sup>. Algunos son pequeños; pero al menos 3 de ellos son de orden kilométrico (**Figura 52**).

Exceptuando el cuerpo mayor, la mayoría de los restantes afloran rodeados por la Fm. Loma La Gloria; a la que se asocian cuerpos de rocas cristalinas; tales como esquistos de tipo Algarrobo, tectonitas antigóricas con bloques de alta presión que incluyen eclogitas exóticas; antigóricas sin bloques y secciones de esquistos calcíticos y mármoles (facies Caracusey, de Somin *et al.*, 1992) que contienen capas concordantes de eclogitas nativas (ver **Epígrafe 7.2.3**).

En la Cúpula de Trinidad las verdaderas anfibolitas son raras y las Anfibolitas Yayabo tanto más. Un pequeño cuerpo, cuyas características coinciden con las típicas de Yayabo, está situado al norte del yacimiento pirítico Guachinango, con una longitud aflorada de alrededor de 1 km y espesor no determinado. Se encuentra bien delimitado en la cuadrícula 251-253 y 593-594 (Lambert) al oeste del Lago Hanabanilla<sup>110</sup>. Son de fábrica bandeada o esquistosa, muy densas, verdes a grises de composición hornblenda + zoisita + granate + fengita; con secreciones félsicas y vetillas de cuarzo. Se encuentra en contacto por el sur con la Fm. Loma La Gloria en cuya superficie tectónica yace un cuerpo de zoisititas y serpentinitas antigóricas. Por el norte, descansa en el mismo borde tectónico norte de la cúpula, que separa estas anfibolitas de un cuerpo de metagabros del Litodema Gabroanfibolitas y Metadoritas Jicaya (Mlcoch y Álvarez-Sánchez; en Escambray II, 1986); remedando la situación del cuerpo mayor de Yayabo, en el borde este de la Cúpula de Sancti Spiritus.

Muchas capas o lentes (boudins) de anfibolitas, petrográficamente similares a Yayabo, pueden observarse en las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito en la parte norte de la Cúpula de Trinidad y en varios casos su asignación a Yayabo puede ser dudosa. A menudo son difíciles de separar de otras metabasitas, tales como rocas con asociaciones de hornblenda<sup>111</sup> con plagioclasa, titanita, moscovita ± rutilo ± epidota y clorita, por lo común regresiva. Metagabros clinopiroxénicos anfibolitizados granáticos, con glaucófana-crossita (Soucek y Álvarez-Sánchez; Escambray II) y otras rocas afines granáticas y densas, sujetas a una gran cantidad de transiciones, evocan a las anfibolitas Yayabo en los afloramientos. Rocas anfibolíticas con granate (clinopiroxenitas) compactas con un discreto bandeo se encuentran en una misma sucesión con eclogitas en secciones concordantes de esquistos calcáreos y mármoles en varias localidades y se han descrito en detalle (*e. g.* MacDonald, 1977, *ined.*). Otras rocas anfibolíticas macroscópicamente confundibles

<sup>109</sup> Según Stanek *et al.*, 2018 el mencionado cuerpo alcanza un área de 20 km<sup>2</sup>. Sería interesante conocer de donde salió tal cifra. Millán y Somin, 1981; pag. 33, indican claramente que el ancho del cuerpo no alcanza los 2 km. La cifra de 10 km de longitud es errónea, según mediciones realizadas por el autor de este trabajo. El primer lugar donde pueden encontrarse estas cifras de 2x10 km es en Stanik *et al.*, 1981; pag. 61. Al parecer otros autores copiaron estas cifras sin mayores preocupaciones.

<sup>110</sup> Mapa Geológico 1:50,000. Zona Centro (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Anexo 9).

<sup>111</sup> Soucek se refiere a dudas respecto a la determinación de la hornblenda, probablemente confundida con actinolita en rocas de la parte occidental de la Cúpula de Trinidad. Algunas muestras con hornblenda fueron determinadas como actinolita por microsonda. Según Soucek existen dudas sobre la transformación de la actinolita en hornblenda en la Zona 3 del metamorfismo y en esta región, según Somin y Millán, 1981.

con Yayabo, en cambio, se encuentran en el seno de cuerpos de antigóricas con aspecto de mélanges tectónico, en convivencia con zoisititas, esquistos jadeíticos y otros cristalinos (Mélanges Los Guapos; Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

La causa de estas notables diferencias en las dimensiones de sus cuerpos y en la distribución geográfica de las anfibolitas Yayabo respecto a las cúpulas, se desconoce. Es cierto que la Cúpula de Sancti Spiritus da la impresión de un metamorfismo más intenso. En realidad es más un resultado de la mayor extensión de las unidades de grado glaucófano-eclogítico respecto a la Cúpula de Trinidad y un corte de erosión menor. Por tanto, en la cúpula oriental, la extensión de la Fm. Loma La Gloria, estrechamente asociada con las anfibolitas, es mayor. En la cúpula occidental las unidades con metamorfismo eclogítico-glaucófano se conservan solo en los bordes. No obstante se mantiene la asociación de las anfibolitas con Loma La Gloria, al menos en un caso, el único con cierta seguridad.

Con el nivel actual de conocimiento hay muchas explicaciones disponibles. Entre ellas, el corte de erosión. Los niveles de planación en la Cúpula de Trinidad se encuentran a 700-750, 900, 1000 y > 1000 m. En la Cúpula de Sancti Spiritus 300-500, 600-650 y 800 m (Suchanek, en Stanik *et al.*, 1981). Es decir, la Cúpula de Trinidad, que tuvo una coraza metamórfica con seguridad mucho más extensa, ha perdido por desmantelamiento erosivo sobre 400-500 m más que la oriental; una probable causa para la destrucción de muchos cuerpos de Yayabo o su reducción a pequeños afloramientos inmapeables.

#### Litología.

Las Anfibolitas Yayabo son rocas densas; verdes a gris verdoso (**Figura 46**), de grano fino a medio, alternativamente bandeadas, esquistosas o masivas. Muy pesadas en la variedad de unas anfibolitas de granate-hornblenda (**Figura 47**); duras y muy compactas. Frecuentemente son repetitivas en el corte con gran monotonía y por sus características generales se distinguen claramente de otras metabasitas en el Escambray, aunque no así en el caso de cuerpos pequeños. En las anfibolitas se destaca el alto contenido de titanio (**Tabla VII**). Para comparación véase la **Tabla VIII**. En su composición mineral abunda la hornblenda generalmente en cristales prismáticos, plagioclasa ácida, hasta oligoclasa. La oligoclasa predominante es la albita no maclada (Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.*, 1981; Soucek y Álvarez-Sánchez, 1986.). Presentes se encuentran mica blanca, zoisita, clinozoisita, frecuentemente granate y epidotas; a veces clorita y carbonato secundario (Stanik *et al.*, 1981; Millán y Somin, 1981; Millán y Somin, 1985ab; Soucek y Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). Los minerales accesorios característicos son el rutilo y la esfena, prácticamente presentes en todas las rocas básicas del Escambray, independiente de su grado metamórfico. La piritita y otros metálicos son comunes.

En las anfibolitas Yayabo también se menciona el clinofibol calcico barroisita, magnesiohornblenda rica en sodio y pargasita (Grevel *et al.*, 2000; Grafe *et al.*, 2001). El anfíbol barroisítico se refiere como típico y Grevel *et al.*, 2006; indican que la onfacita no se observa. En el pozo estructural PE-3 (**Figura 51**) a las profundidades de 145 y 192 m se encontró el clinofibol calcico edenita (**Tabla XIII**) al igual que en las muestras de superficie (**Muestra LV72A**). Localmente se destacan intercalaciones, desde algunos centímetros hasta métricas, de esquistos metasilicíticos cuarzo-moscovíticos con granate (cuarzo + albita + mica blanca + granate.), con gran probabilidad derivados de chert estratificados. Somin *et al.*, 1992 describen esquistos anfibolíticos con la asociación fengita + granate + hornblenda + clinozoisita y la transformación parcial de la hornblenda en glaucófana-riebeckita o winchita (Millán y Somin 1981). También se han descrito relictos semi-transformados de clinopiroxeno y zoisita interpretados como raras ocurrencias de una eclogita retrograda (Millán y Somin, 1981; Somin y Millán, 1981). Su posible significado fue discutido brevemente por Millán y Somin (1985a) como un hecho relacionado con circunstancias puramente petrológicas, concurrentes con el alcance, durante un corto tiempo de las condiciones eclogíticas<sup>112</sup>. Sin embargo, en la Cúpula de Trinidad las anfibolitas de tipo Yayabo contienen anfíboles glaucófánicos (**Figura 48**). Sobre estas rocas gira parte de

<sup>112</sup> dentro de los cortes de la unidad 3, ocurren cuerpos intercalados de eclogitas (a veces con intercalaciones o capas de metasilicíticas granatíferas) reelaboradas o diaforizadas parcialmente en anfibolitas similares a las de Yayabo o en rocas glaucófánicas. Este es el caso de las capas de anfibolitas intercaladas en Loma La Gloria que siempre presentan relictos de una eclogita previa. Este no es el caso de la Fm. Yayabo, sino de intercalaciones en la unidad 3" (Millán; com. escrita, 2012).

la discusión sobre la verdadera identidad de las anfibolitas Yayabo y los criterios de diferenciación con otras metabasitas.



Figura.46. Anfibolitas bandeadas en el curso del Río Yayabo, en la Cúpula de Sancti Spiritus. (Foto L. Bernal. Inst. de Geología y Paleontología).



Figura.47. Anfibolitas de hornblenda-granate masivas en el curso del Río Yayabo, en la Cúpula de Sancti Spiritus. (Foto L. Bernal. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana).

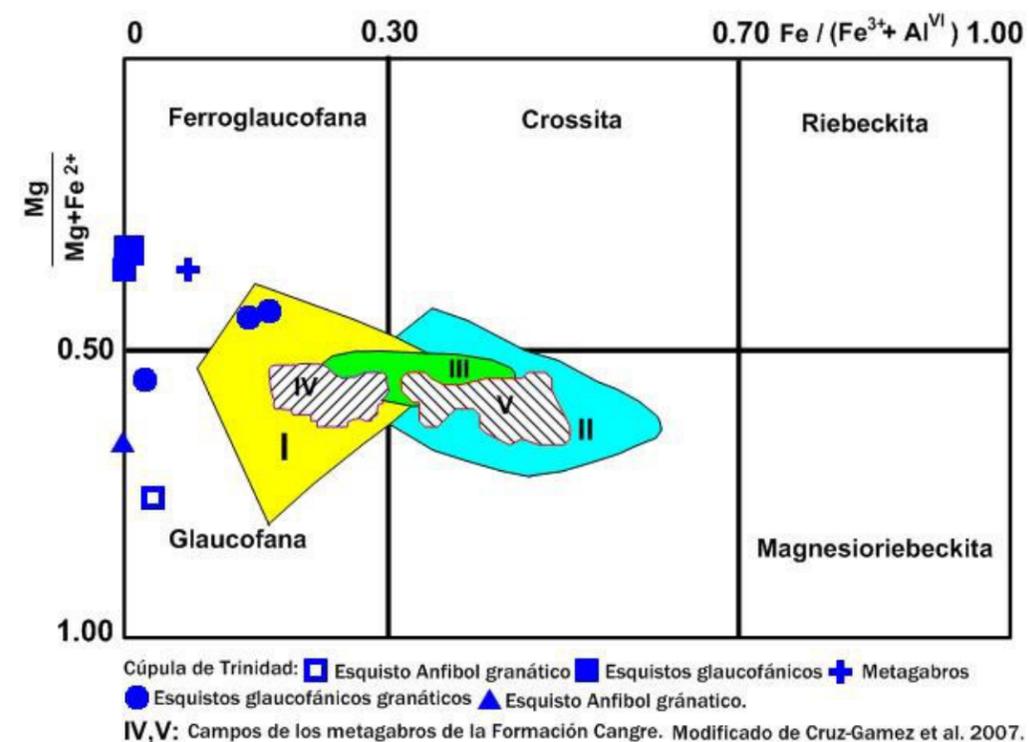


Figura.48. Composición de los anfíboles y otras metabasitas de la Cúpula de Trinidad. Las muestras representadas por cuadrado vacío y triángulo son anfibolitas de tipo Yayabo. Composición de los anfíboles en los campos: Campo I: Anfíboles en el área Franciscana de California. Campo II: Anfíboles en el área Sanbagawa (según Ernst *et al.*, 1971). Campo III: Anfíboles en el área Taiwan (según Lion *et al.*, 1975). Gráfico según Leake, B. E., 1978. Modificado de Soucek y Álvarez-Sánchez; en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986).

Las anfibolitas, mejor caracterizadas como Yayabo, contienen bandas que resaltan por su color blanquecino y composición plagioclasa-cuarzo. El bandeo se enfatiza también por el granate que forma con las bandas de anfíbol y feldespato una clara alternancia (Figura 49), a veces rítmica. Vetas de grano grueso (Figura 50) propiamente dichas, de composición cuarzo-albita-mica blanca fueron reportadas por primera vez por Millán y Somin, 1981 y Stanik *et al.*, 1981). Es cierto que las vetas de grano grueso y aspecto de pegmatita, son frecuentes en Yayabo y le distinguen de otras metabasitas en el Escambray, que no poseen vetas de este tipo.

#### Intercalaciones.

Pruebas de las relaciones genéticas con litologías heterogéneas pertenecientes a su corte primario y descripciones con suficiente detalle, en particular serpentinitas, metasilitas, eclogitas mármoles y metaterrígenos; podrían ser importantes para definir condiciones sobre el origen de las anfibolitas. Pero datos concluyentes sobre la materia faltan y las evidencias son en gran medida contradictorias; de donde se derivan las correspondientes especulaciones. Es particularmente significativo que intercalaciones de anfibolitas con características discordantes en las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito, son bastante comunes en la proximidad de los cuerpos principales de las Anfibolitas Yayabo, añadiendo un factor adicional de confusión; por cuya causa las dudas sobre esa cuestión se extienden hasta mucho después de las primeras descripciones y continúan formando parte de los problemas sin solución.

#### Serpentinitas.

En las descripciones de las Anfibolitas Yayabo se mencionan vínculos con antigorititas, como uno de los tópicos más confusos, pero importantes por su posible enlace con la cuestión de la génesis. Las menciones al respecto son

ambiguas e imprecisas con el uso de términos tales como “asociación” (Iturralde-Vinent, 1994; 1995; Cobiella-Reguera, 2005).



Figura.49. Anfibolitas bandeadas con alternancia de zonas con un bandeado de secreciones claras feldespáticas y otras con predominio de bandas enriquecidas en granate. Curso del Río Yayabo, en la Cúpula de Sancti Spiritus. (Foto L. Bernal. Inst. de Geología y Paleontología).

Asociación supone una conexión directa que nunca se ha observado, aunque es cierto que a menudo yacen muy cercanas, incluso superpuestas tectónicamente. También Iturralde-Vinent (1995) menciona que las serpentinitas yacen imbricadas con las anfibolitas, basado en la existencia de pliegues isoclinales en algunos de los contactos Yayabo-Loma La Gloria en la Cúpula de Sancti Spiritus<sup>113</sup>. Somin<sup>114</sup> et al., 1992, utilizan el término "proximidad"; que parece mucho más prudente. Solo Stanek, et al., (2006) emplea el término "intercalations" para referirse a las serpentinitas en relación con Yayabo<sup>115</sup>, mediante una descripción bastante confusa y que nada aclara ni prueba. Hasta el momento no se cuenta con un reporte descriptivo fehaciente de serpentinitas emparedadas entre secciones de Yayabo en el interior de la Cúpula de Sancti Spiritus. Lo cierto es que no se han observado, ni en afloramientos ni en perforaciones, cuerpos de serpentinita yacentes en el interior de Yayabo, sino en su proximidad o superposición. Millán indica lo siguiente: "En cuanto al papel de las serpentinitas dentro de Yayabo, esto ha sido magnificado por alguien ajeno, pero no por Somin ni Millán. Nosotros jamás consideramos que dentro de los cortes de Yayabo, existan verdaderas intercalaciones de serpentinitas antigóricas. Se ven cuerpos de serpentinitas donde aflora el cuerpo principal de Yayabo, pero nunca como intercalaciones en su corte, sino cuerpos que se exponen en las áreas de afloramientos y cuyos contactos **no se ven**. Lo más probable es que sean independientes, tal como la mayoría de los cuerpos de serpentinitas del macizo que son más profusos en la unidad 3 dentro del área donde se expone Loma la Gloria" (correspondencia, mayo de 2012).

<sup>113</sup> Solo en algunos límites entre Yayabo y Loma la Gloria se ven intercalaciones aparentes (no estratigráficas) debido a las deformaciones conjuntas, principalmente pliegues isoclinales. G. Millán; comun. escrita de mayo de 2012.

<sup>114</sup> Numerous antigorite bodies also occur in close proximity to the formation, suggesting that the suite may be part of an ophiolite association. (Somin et al., 1992).

<sup>115</sup> In the northeastern SSD (Fig. 4), a distinct series of garnet-bearing amphibolites with minor intercalation of serpentinites and metasediments were named the Yayabo suite by Somin and Millán (1976). To the east, metasediments and serpentinite bodies are tectonically intercalated with the garnet amphibolites. (Stanek et al., 2006).



Figura. 50. Afloramiento de las Anfibolitas Yayabo en el cauce del Río Yayabo. Cúpula de Sancti Spiritus en el estratotipo de la unidad. Se destacan sistemas de vetas paralelas, formando un denso stockwork. Las vetas son de tipo alpino de cuarzo y calcita y otras pegmatoides de plagioclasa-cuarzo-mica blanca (Foto cortesía de Luís R. Bernal Rodríguez. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana).

Es un hecho común de la geología del Escambray que serpentinitas se encuentran prácticamente en la proximidad de todos los cuerpos geológicos conocidos. Es una situación comentada por Stanik et al., 1981 (pag.81)<sup>116</sup>, al referirse a la existencia de esquistos verdes y serpentinitas "en todas las formaciones de la Zona Trinidad".

Serpentinitas emparedadas entre secciones rocosas en el Escambray, entre contactos aparentemente concordantes se pueden observar en la Fm. La Sabina, representadas allí por el Litodema Los Torres (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez et al., 1986) y en el Litodema Esquistos Algarrobo, donde cuerpos de antigoritas se ven incluidos dentro de los esquistos cristalinos (Millán y Somin, 1981); mediante contactos concordantes y sin bloques.

Esto es diferente a los cuerpos de serpentinitas que yacen intensamente trituradas y foliadas; ya como cuerpos métricos, aplastados entre superficies tectónicas a presión, o como grandes budinas hectométricas en la frontera entre dos nappes y que hospedan gran cantidad de bloques de rocas exóticas, como es un excelente ejemplo la matriz del mélangé tectónico Los Guapos (Álvarez-Sánchez, *ibid.*) e, incluso, como pequeños facoides flotando en secciones del metaflysch de la Fm. El Tambor (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*).

#### Metasilicitas.

Son las únicas rocas metasedimentarias que aparecen con cierta seguridad intercaladas en las anfibolitas. Son metasilicitas bandeadas granatíferas-moscovíticas albiticas, con magnetita y grafito. Según Millán y Somin, 1981; 1985 ab) y Millán, (corresp., mayo 2012) las metasilicitas parecen frecuentes pero de potencia de centímetros a pocos metros, aisladas y sin gran continuidad. Por lo visto poseen mayor potencia hacia la faja periférica del cuerpo

<sup>116</sup> Las serpentinitas de la Zona Trinidad se presentan en cuerpos más pequeños que las de la Zona Las Villas y probablemente sufrieron movimientos más intensos. Según Schovaneck (1979) tienen estructuras más ordenadas, no contienen, con excepción de las espinelas cromíferas, minerales primarios; los tipos crisotílicos se encuentran alterados a esquistos actinolíticos-cloríticos y talco-cloríticos. Estos últimos se encuentran en forma aislada en toda la Zona Trinidad. (Stanik et al. 1981).

mayor de Yayabo al oriente de la Cúpula de Sancti Spiritus. No obstante, las metasilicitas en la región pueden constituir cuerpos mayores, extendidas por varios centenares de metros, precisamente cerca del borde nororiental, (Millán y Somin, 1981), aparentemente desvinculadas de las anfibolitas. Estos cuerpos o corridas extensas se han descrito por Stanik *et al.*, (1981) como "cuarcitas bandeadas de grano fino" y nunca se aclaró su relación con Yayabo. Ya sea de orden métrico o mayor, las metasilicitas, derivadas, al parecer, de chert estratificado, de existir, no serían incoherentes con el presunto origen del protolito de las anfibolitas, derivadas de efusiones toleíticas de basaltos, externas al margen continental o resultado de su fragmentación (intercontinental rift). Sin embargo, el pozo estructural PE-3 (Figura 50) que atravesó 370 m de anfibolitas no cortó una sola capa de metasilicitas, ni tampoco de serpentinitas. Solo vetas pequeñas de cuarzo y plagioclasa y una sección superior, con los interrogantes que sugieren estas capas mixtas o mezcladas.

Este es el único pozo perforado en las Anfibolitas Yayabo que puede atestiguar sobre su corte vertical; pero sus intersecciones proyectadas no fueron bien estimadas y quedó "colgado" dentro de las anfibolitas.

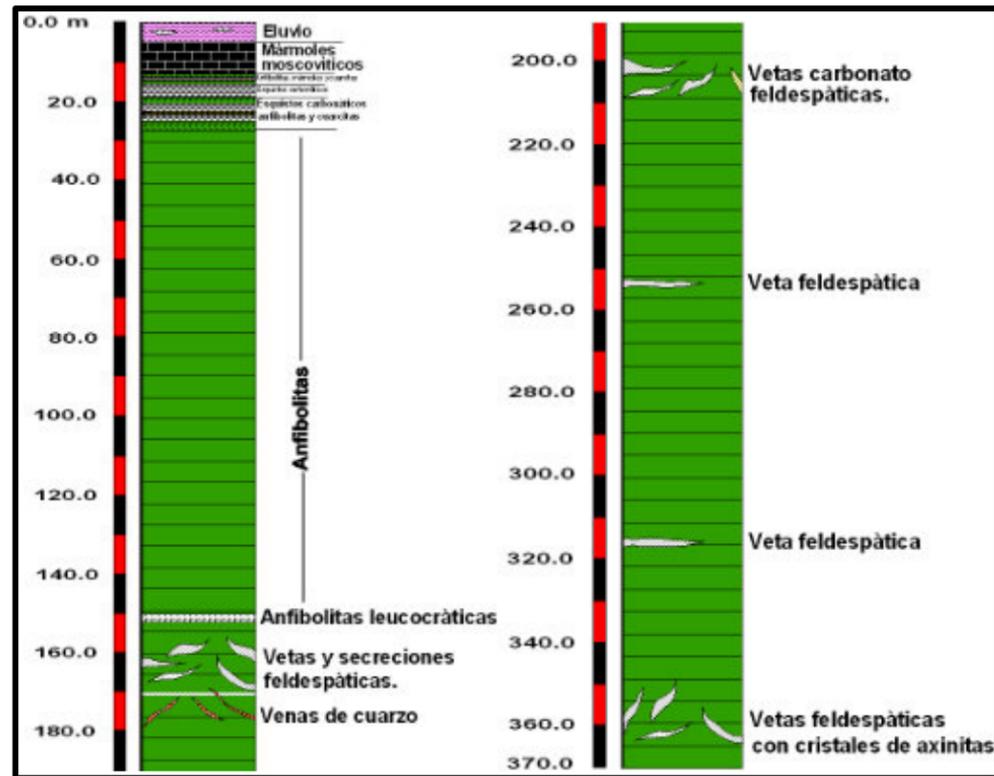


Figura.51. Esquema de la columna litológica del pozo estructural PE-3, con la documentación de B. Koverdinsky<sup>117</sup>, 1979. Anexo Gráfico No. 10, en Stanik *et al.*, 1981. (Coordenadas Lambert: Norte 240.75 y Este 643.00. Hoja Loma La Gloria 1:50,000. ICGC).

### Esquistos calcáreos, mármoles y metaterrígenos.

A pesar de las afirmaciones negativas e insistentes al respecto<sup>118</sup> se trata de un problema que permanece pendiente. En el pozo PE-3, desde la superficie bajo el eluvio<sup>119</sup>, se encontraron cerca de 9 m de mármoles moscovito-grafíticos y esquistos calcáreos granatíferos; seguidos por 3.25 m de anfibolitas granatíferas con capillas de esquistos carbonáticos y cuarcitas (¿metasilicitas?); continuados por 3 m de esquistos carbonatados y 7.45 m de esquistos

<sup>117</sup> Axinita: Es un boro-silicato hidroxilado con calcio, aluminio y un metal que varía de unos minerales a otros: hierro, magnesio, o manganeso, con estructura molecular de sorosilicato. (Nota del Autor).

<sup>118</sup> Jamás se destacó la presencia de intercalaciones de metaterrígenos y mármoles entre los cortes de Yayabo. Yayabo contiene en ocasiones capas (no frecuentes) intercaladas de rocas silíceas, o sea, metasilicitas, pero jamás ni metaterrígenos, ni tampoco carbonatos. Solo en algunos límites entre Yayabo y Loma la Gloria se ven intercalaciones aparentes (no estratigráficas) debido a las deformaciones conjuntas, principalmente pliegues isoclinales. (Millán. Comunic. escrita 7.05 2012).

<sup>119</sup> Stanik (en Stanik *et al.* 1981) llama a los sedimentos eluviales del pozo PE-3 como metaterrígenos de la Fm. Sopapo. Pero la descripción primaria de los núcleos de B. Koverdinsky no corresponde a esta descripción (Nota del autor).

anfibolíticos carbonatados, esquistos cuarcíticos y esquistos metavulcanógenos: En total 26.45 m de esquistos, mármoles, anfibolitas y esquistos anfibolíticos carbonatados, antes del corte esencial de Yayabo. Se trata de una sección problemática que suscita muchas incertidumbres. Las explicaciones disponibles son alternativas; sin agotar el tema:

1-La sección carbonatada, estaría aparentemente superpuesta sobre las anfibolitas por plegamiento isoclinal o fallas inversas (como supone Iturralde-Vinent, 1995).

2-Los esquistos carbonatados y capas de anfibolitas pueden representar un corte normal de la Fm. Cobrito, pero con transición hacia las Anfibolitas Yayabo o de "tipo Yayabo".

3-Por último; al suponer que la sección mixta realmente represente unas intercalaciones de rocas carbonatadas y metaterrígenas; Yayabo podría ser un equivalente del vulcanismo Felicidad, de edad jurásica, que contiene lechos de mármoles, esquistos carbonatados y esquistos metaterrígenos. Tal posibilidad se ha considerado; una vez negativamente<sup>120</sup> (Millán y Somin, 1981) y después como posibilidad<sup>121</sup> (Millán y Somin, 1985 a).

En conclusión: Hasta el momento no podemos refutar ni demostrar ninguna de las interpretaciones. Las razones son las siguientes:

a) Ningún otro pozo colocado sobre anfibolitas se ha perforado en la región, ni ningún estudio posterior diseñado para este fin se ha realizado.

b) La base cartográfica carece de elementos geólogo-geofísicos para resolver este problema. Las observaciones están limitadas por múltiples causas (v. Epígrafe 2.1) derivadas de las condiciones del terreno. Las opiniones interpretativas (Iturralde-Vinent, 1998; Grevel, *et al.*, 2006; Stanek, *et al.*, 2006; 2018; son solo conjeturas, en algunos casos sin respaldo de observaciones de terreno o simplemente citas de otros trabajos; no comprobaciones de hechos.

Las superficies de contacto de las anfibolitas aparecen muy modificadas y al presente se observan tanto contactos parietales con otras rocas (metaterrígenas; antigorititas; esquistos calcáreos, esquistos Algarrobo) estrechamente plegados o como fallas abruptas limitantes; situación que admite muchas interpretaciones. En el caso de los cuerpos más pequeños; completamente insertos en la Fm. Loma La Gloria, en todos los casos, yacen en concordancia estructural con su entorno deformado; esquistosidad principal, lineaciones, ejes de pliegues; algo que puede relacionarse con eventos tectónicos posteriores.

Algunos hechos observados en el pozo PE-3 son interesantes. Principalmente la monotonía: 343 m de anfibolitas en una sola sección con una corta interrupción menor a 2 m (220.00-221.40 m) de esquistos cloríticos anfibolitizados, regresivos. Las variaciones no son significativas y están dadas por los estados de mayor o menor deformación local (ángulos de la foliación, entre horizontales y a veces verticales) y sulfidación. Una capa descrita como "anfibolitas leucocráticas" se destaca a los 152 m.

### Identidad de la Anfibolitas Yayabo. Discusión.

Cuando las Anfibolitas "Yayabo" fueron descritas, se relacionaron indistintamente con la Fm. Loma La Gloria (Millán y Somin, 1981) o con la Fm. Sopapo (Stanik *et al.*, 1981); sin definir alguna restricción para su reconocimiento diferencial en el resto del territorio ni criterios discriminantes para su identificación. Sin embargo, más tarde, en Somin *et al.*, 1992, las Anfibolitas Yayabo son referidas exclusivamente al cuerpo más extenso, mientras que otras anfibolitas también incluidas en la Fm. Loma La Gloria en todos los mapas geológicos del Escambray, fueron

<sup>120</sup> Sus cuerpos solo están limitados al nivel más elevado de la estructura del macizo, o sea, a las partes más periféricas de las cúpulas y de mayor grado metamórfico de las rocas. Sus equivalentes de menor grado de metamorfismo no parecen tener lugar en áreas más internas. Esto último se infiere principalmente por las especificaciones de la propia Fm. Yayabo y por la inexistencia de rocas transicionales entre estas anfibolitas y los esquistos verdes del Miembro Felicidad, a pesar de que los cuerpos de ambos afloran en algunas ocasiones en localidades relativamente cercanas. sic. (Millán y Somin, 1981).

<sup>121</sup> También se podría pensar que las anfibolitas de la Formación Yayabo son un equivalente, con mayor grado de metamorfismo, de los esquistos verdes Felicidad o de la Fm. Yaguanabo. Sin embargo existen diferencias sustanciales en la composición litológica primaria que no favorecen esa suposición. Las dos unidades de esquistos verdes contienen intercalaciones de rocas carbonáticas que pueden llegar a ser numerosas y significativas. Dentro de la Fm. Yayabo no hemos encontrado aún una sola capa de mármol o de esquistos calcáreos. Tampoco existen dentro de esta última, intercalaciones de esquistos cuarcíferos metaterrígenos, las cuales pueden encontrarse dentro de los esquistos verdes Felicidad. sic. (Millán y Somin, 1985a).

calificadas como “análogos petrográficos de las Anfibolitas Yayabo”<sup>122</sup>; distingo nunca explicado ni fundamentado por los autores citados. En un reciente trabajo (Stanek *et al.*, 2018), los cuerpos de “Anfibolitas Yayabo”, en el entorno del cuerpo más extenso (v. **Figura 53**), son llamados “pequeños cuerpos”<sup>123</sup> y capas de anfibolita oscura similares a las rocas de la Unidad Yayabo”<sup>124</sup>. Mientras, el cuerpo de mayor extensión, referido erróneamente<sup>125</sup> como de 20 km<sup>2</sup>; fue considerado implícitamente como principal o, sencillamente, como la “Unidad Yayabo” (Stanek *et al.*, 2006; 2018). Transcurridos casi 40 años desde la definición de las Anfibolitas Yayabo, ningún estudio *ex profeso* se ha realizado en las dos cúpulas metamórficas en relación a este problema.

Las muestras colectadas no se han sometido a iguales tipos de análisis y entre colecciones han transcurrido decenios (MacDonald, 1977; Stanik *et al.*, 1981; Millán y Somin, 1981; Millán y Somin, 1985ab; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Dobrezov *et al.*, 1987; Somin, 1975; Somin *et al.*, 1992; Grevel, 2000; Stanek *et al.*, 2006; 2018). En una cantidad insignificante de casos se obtiene información topográfica de su localización; de modo que no es posible confeccionar un mapa del muestreo, amarrado con afloramientos específicos, con la excepción de una buena información local de Grevel (2000) en la Cúpula de Sancti Spiritus.

Al examinar la información disponible, se hace evidente que el cuerpo más extenso al oeste de la Cúpula de Sancti Spiritus, se considera el verdaderamente representativo de Yayabo sin razón alguna fundamentada en datos que lo justifique, más allá de la opinión. En consecuencia la mayoría de las muestras se han limitado a esta localización. A pesar de este hecho no falta el reconocimiento de una investigación insuficiente realizada<sup>126</sup> ya que no existen datos que refuten definitivamente que los restantes cuerpos limítrofes no son las mismas anfibolitas que el cuerpo mayor.

Por tales circunstancias; antes de apoyar cualquiera conclusión sobre el origen y la posición tectónica de las anfibolitas Yayabo, hay que enfatizar sobre las circunstancias perjudiciales que afectan la validez final de los resultados.

En la inmediata proximidad del cuerpo más extenso de Yayabo, se encuentran 11 cuerpos de rocas con características macroscópicas de las Anfibolitas Yayabo que suman 7 km<sup>2</sup> aflorados (**Figura 53**). No se trata de simples intercalaciones métricas de anfibolitas, como existen en secciones aisladas y poco potentes dentro de las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito; más relacionadas con metabasitas hornblendíticas que con verdaderas anfibolitas Yayabo. Los resultados del pozo estructural PE-3 (**Figura 51**) (avanzado sobre el cuerpo C11 en la Figura 53) probablemente con el propósito de atravesarlo, es un buen ejemplo de las incertidumbres sobre la estructura y carácter de estos cuerpos en relación al más extenso.

Si el cuerpo de anfibolitas interceptado por el pozo PE-3 se encuentra correctamente cartografiado; no se aprecia una correspondencia proporcional de su potencia aparente con la realmente cortada por el pozo, que en realidad debió interceptar el cuerpo completamente<sup>127</sup>. Aunque se trata de solo un caso, es una buena oportunidad para formular unas preguntas válidas, que me consta que nunca se formulan y que pueden enunciarse en los términos siguientes:

- El cuerpo mayor, en el borde externo de la cúpula oriental, ¿se conecta en la profundidad con los cuerpos limítrofes, por debajo de la unidad tectónica Loma La Gloria-Cobrito (Figura 52 A); o se trata de cuerpos separados (Figura 52 B)?
- Los cuerpos de anfibolitas en cortejo con el cuerpo mayor (Figura 53) ¿pertenecen a un magmatismo de estratigrafía coherente con la Fm. Loma La Gloria? O de otro modo; si parte de las anfibolitas son intercalaciones volcánicas coetáneas con Loma La Gloria; mientras otro cuerpo, **extraordinariamente similar**

<sup>122</sup> In northern and southern Escambray, intercalations of metabasites petrographically analogous to those of Yayabo occur among carbonate-metaclastic strata of the Loma la Gloria Formation (Somin *et al.*, 1992).

<sup>123</sup> Llamar pequeños cuerpos a estas voluminosas masas de roca hace difícil comprender la objetividad de tal calificación (Nota del Autor).

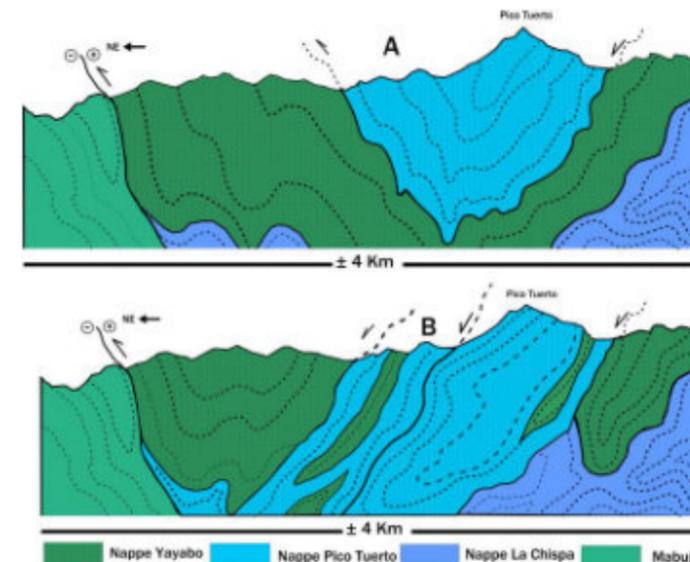
<sup>124</sup> Small bodies and layers of dark amphibolite similar to rocks of the Yayabo Unit are also found sheared into schists of the Gavilanes Unit along the eastern margin of the SSD and the northern and southern margins of the TD and SSD (Millán, 1978; Millán & Somin, 1981, 1985a, 1985b; Millán Trujillo, 1997). The tectonic style, together with the more or less parallel orientation of the dominant fabric in both amphibolites and carbonate-mica schists, suggests common ductile deformation. Thus these small bodies likely evolved within the Gavilanes Unit from a protolith similar to that of the Yayabo Unit. Millán (1978)..... (Stanek *et al.*, 2018).

<sup>125</sup> Esta disparatada cifra de 20 km<sup>2</sup> parece extraída por Stanek de un error en el texto de Escambray I (Stanik *et al.*, 1981). Iturralde-Vinent (1994, pag. 94) la rectifica a sus dimensiones correctas.

<sup>126</sup> Whether these small occurrences of Yayabo-like rocks within the Gavilanes Unit actually correlate with the 2 x 10 km<sup>2</sup> main block will require further detailed investigation. (Stanek *et al.*, 2018).

<sup>127</sup> Un tema de geometría descriptiva tratado en cualquier buen manual de geología de campo.

pertenece a un ambiente distante del paleoambiente terrígeno: ¿Cuál es la causa de su estrecha asociación con la Fm. Loma La Gloria, tanto de contacto, como de inserción?



**Figura.52.** Croquis conceptual con la variante de los cuerpos de las Anfibolitas Yayabo conectados (A) o separados (B) en la profundidad. Las unidades de nappe son hipotéticas con fines solo ilustrativos, pero aproximadamente equivalentes a, Mantos Monforte, Millán & Álvarez-Sánchez, 1992, *ined.*; Tercera Unidad Tectónica de Orden Principal; Millán, 1997a; Unidad Yayabo; Stanek *et al.*, 2006, 2018; Manto Loma La Gloria, Álvarez-Sánchez & Bernal, 2015.

Como las interrogaciones son geológicamente legítimas, es la primera cuestión que se tiene que resolver; de modo que su estratigrafía; edad e historia metamórfica común, su origen y, además, su verdadera posición estructural, no pueden considerarse resueltos definitivamente.

Respecto a la posición respectiva de las Formaciones Loma La Gloria y las Anfibolitas Yayabo, en términos precisos y rigurosos; aunque derivados exclusivamente de observaciones de superficie, mediciones a la brújula y geofísica demasiado general y un solo pozo fracasado; nadie puede decir ahora quien esta sobre quien en esa porción del territorio.

#### Titanio.

Un parámetro que podría contribuir a la aclaración de estos problemas es el titanio. En las anfibolitas inespecíficas (basitas interestratificadas) la presencia de rutilo y esfena es constante con escasas excepciones. Igual composición corresponde a los esquistos glaucofánicos con esfena y rutilo generalmente, aunque no siempre, accesorios. En las eclogitas son comunes las asociaciones de clinopiroxeno-granate-rutilo ± epidota-cuarzo-clorita, con glaucofana ± mica clara en el metamorfismo retrógrado, donde a menudo se observa el carácter primario del rutilo, encerrado en el granate (Soucek y Álvarez-Sánchez, en Escambray II). Todas las anfibolitas y metabasitas, esquistos glaucofánicos, eclogitas nativas y exóticas, esquistos calcíticos; las rocas metasomáticas talco-epidoto-cloríticas y los esquistos metasedimentarios, micacitas, metasilicitas; contienen esfena y rutilo de modo rutinario; incluso los mármoles. Todas estas rocas contienen globalmente consideradas, más del doble de titanio que las metavulcanitas del Complejo Anfibolítico de Mabujina y las vulcanitas del Arco Volcánico de Zaza (Tablas VII a IX); incluyendo las rocas ácidas de ambos complejos; una característica presente sin excepciones en todas las formaciones del macizo Escambray; cuya importancia no necesita exagerarse.

En las anfibolitas Yayabo en la Cúpula de Sancti Spiritus el óxido de titanio alcanza un promedio de 1.77 % y un promedio de 1.55 % en la Cúpula de Trinidad, para la anfibolita Yayabo específica.

**Tabla.VII. Contenidos de óxido de Titanio en las rocas del Escambray<sup>128</sup>.**

No.	Roca	TiO <sub>2</sub> %	Hoja 1:50,000 o Pozo
1	Esquisto albitico-epidotico (Fm. Yaguanabo).	2.19	Pozo Estructural 7. 115.80 m
2	Esquisto epidotico (Fm. Yaguanabo).	1.30	II. 172.0 m
3	Esquisto albitico-cloritico masivo	1.68	Pozo Estructural 12. 144.50 m
4	Anfibolita (Fm. Yaguanabo)	1.73	Pozo Estructural 1. 71.50 m
5	Anfibolita (III)	1.41	Pozo Estructural 4.157.5 m
6	Anfibolita (III)	1.99	II. 144.60 m
7	Anfibolita (III)	0.76	II. 127.00 m
8	Anfibolita (III)	1.86	II. 47 m
9	Anfibolita (III)	1.99	II. 129 m
10	Anfibolita Yayabo (M 442506)	2.52	Hoja Condado 1:50,000
11	Esquisto verde masivo (superficie)	0.83	Hoja Loma La Gloria 1:50,000
12	Esquisto glaucofanico (M 411309)	1.71	II
14	Anfibolita granatífera (M 3326192)	1.55	Hoja Cumanayagua 1:50,000
17	Metabasalto (Fm. Yaguanabo)	2.71	Hoja La Sierrita 1:50,000
18	Eclogita (M 4112061)	0.75	Hoja Loma La Gloria 1:50,000
19	Apoeclogita (M 410602)	1.44	II
20	Piroxenita (M 4107052)	0.83	II
21	Anfibolita granatífera Yayabo (M 4115074)	1.20	II
22	Anfibolita granatífera Yayabo (M 4103023)	1.59	II
	<b>Promedio</b>	<b>1.59</b>	

El titanio es considerado un elemento inmóvil (Nicolle & Adriambololona, 1980). Es inmóvil, en una serie variada de condiciones magmáticas, metamórficas y deformativas, incluso durante la alteración metasomática, hidrotermal (Petersen, 1983) y hasta en meteorización (Hallberg, 1984). La movilidad del titanio en condiciones controladas se ha llegado a estimar en  $\leq 10$  m (Van Baalen, 1993).

De acuerdo a Petersen (*ibid.*) las proporciones de Zr/Ti pueden reflejar la composición primaria premetamórfica de las vulcanitas y revelar la composición original de la fuente de rocas afines, pero alteradas de forma diferente. Según Van Baalen (1993) en las condiciones metamórficas de grado bajo a medio, la movilidad del titanio se limita por la baja solubilidad de sus óxidos, muy dependiente de la temperatura. En las condiciones eclogíticas las limitaciones serían establecidas por la baja permeabilidad.

En un estudio sobre eclogitas de los Alpes Ligures, enriquecidas en titanio y hierro (Ernst *et al.*, 1983) el metamorfismo progresivo no borró la firma de los elementos traza del fraccionamiento ígneo anterior ni las anomalías Ti+Fe. Muecke *et al.*, (1979) describen ejemplos de anfibolitas donde el metamorfismo y el metasomatismo no afectaron ni los patrones de REE, ni su contenido de Ti, P, Y, Zr, Hf, Nb o Ta.

**Tabla.VIII. Contenidos de óxido de Titanio en las Anfibolitas de Mabujina<sup>129</sup>.**

No.	Roca	TiO <sub>2</sub> %	Hoja 1:50,000
1	Anfibolita (M 4117011)	0.59	Hoja Loma La Gloria.
2	Anfibolita diorítica (M 4117012)	0.65	II
3	Anfibolita diorítica (M 4122071)	0.81	II
4	Anfibolita (Pozo 81. 39.3 m).	0.65	Hoja Loma La Gloria (Norte 240.050 Este 649.20).
5	Anfibolita (Pozo 83. 26.4 m).	0.78	Hoja Sancti Spiritus (Norte 234 85 Este 659.25).
6	Anfibolita (Pozo 83. 62.4 m).	0.82	Hoja Sancti Spiritus.
7	Esquisto-anfibol-biotítico (M 6402035)	0.71	Hoja Sancti Spiritus.
8	Anfibolita metaandesita (M 3222182)	0.71	Hoja Fomento.
9	Metaaglomerado (M 6403092-a)	0.42	Sancti Spiritus.

<sup>128</sup> Laboratorio de Análisis Químico. Instituto Central de Geología de Praha. Expedición Escambray I.

<sup>129</sup> Instituto Central de Geología de Praha. Expedición Escambray I.

10	Metaaglomerado (M 6403092-b)	0.50	II
	<b>Promedio</b>	<b>0.66</b>	

**Tabla.IX. Contenidos de óxido de Titanio en las vulcanitas del arco Zaza<sup>130</sup>.**

	Roca	TiO <sub>2</sub> %	Hoja 1:50,000
1	Pórfido andesítico	0.49	Sancti Spiritus
2	Pórfido andesítico	0.73	Fomento
3	Pórfido andesítico	0.63	Sancti Spiritus
4	Toba zeolitizada (Fm. Jarao).	0.43	II
	<b>Promedio</b>	<b>0.57</b>	

Según Rass *et al.*, 2014, el metamorfismo de gabros a eclogitas, acompañado de procesos no isoquímicos con eliminación e introducción de elementos incompatibles, no modificó las razones elementales de Ti/Y, Ti/Zr, Zr/Y, La/Sm, y Nb/Th, que permanecieron sin modificarse; equivalentes a los del gabro original durante el curso del metamorfismo.

Lamentablemente la ausencia de Zr en los análisis nos ha privado de un recurso para determinar la composición primaria de las rocas fuente, que fueron alteradas en diferentes condiciones metamórficas; ya que las concentraciones relativas de los elementos inmóviles Zr y Ti permiten correlaciones estratigráficas en terrenos de estructura compleja (Petersen, 1983) y la determinación de las condiciones de P-T cuando se utilizan los termobarómetros de Titanio-cuarzo y Zr-en-rutile (Şengün and Zack, 2016; Meinhold, 2010; Watson *et al.*, 2006).

No obstante, el alto contenido de titanio, constante en las rocas del Escambray, marcadamente llamativo en la totalidad de las metabasitas y contrastante con las estructuras vecinas Mabujina y Arco de Zaza; **no es posible eliminarlo de la ecuación**. Si los cuerpos de anfibolitas, cartografiados como Yayabo, según un conjunto de características macroscópicas, petrográficas y químicas, difieren por ejemplo en sus contenidos de REE, o a veces contienen glaucofana y otras no; será necesario explicar porque todas ellas sin excepciones, contienen estos elevados contenidos de titanio. La geología no suele hacer casualidades. Y de acuerdo a la conducta del titanio durante el metamorfismo no creo que alguien pueda suponer que las Anfibolitas Yayabo específicas se hayan uniformemente contaminado de titanio, emanado del medio circundante.

#### Petroquímica.

Un estudio de los metabasaltos del Litodema Yayabo mediante elementos mayores y cierta cantidad de análisis de microsonda fue realizado durante la primera Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981); revisado durante la Expedición Escambray II (Soucek y Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

A pesar del tiempo transcurrido y la falta de elementos REE, un repaso de estos resultados puede ser útil para sugerir algunas ideas con cierto fundamento. En la Figura 53 se marcaron los lugares de la toma de muestras de anfibolitas en la Cúpula de Sancti Spiritus (**Tabla X**). Las muestras seleccionadas para la confección de los gráficos son aquellas cuyos análisis fueron realizados en el Instituto Central de Geología de Praha.

Las muestras **9 D** (15074), **5 C** (17042) (**Tabla XI**) corresponden a dos cuerpos de anfibolitas separados del cuerpo de mayor extensión y provienen de Escambray I. A ellas se suman las muestras tomadas en el pozo PE-3. La única muestra de este grupo que pertenece al cuerpo mayor es la **18032b**. Las muestras 17073 (cuerpo C5) y 18032b (cuerpo mayor) fueron determinadas para anfíboles (**Tabla XIII**).

<sup>130</sup> Instituto Central de Geología de Praha. Expedición Escambray I.

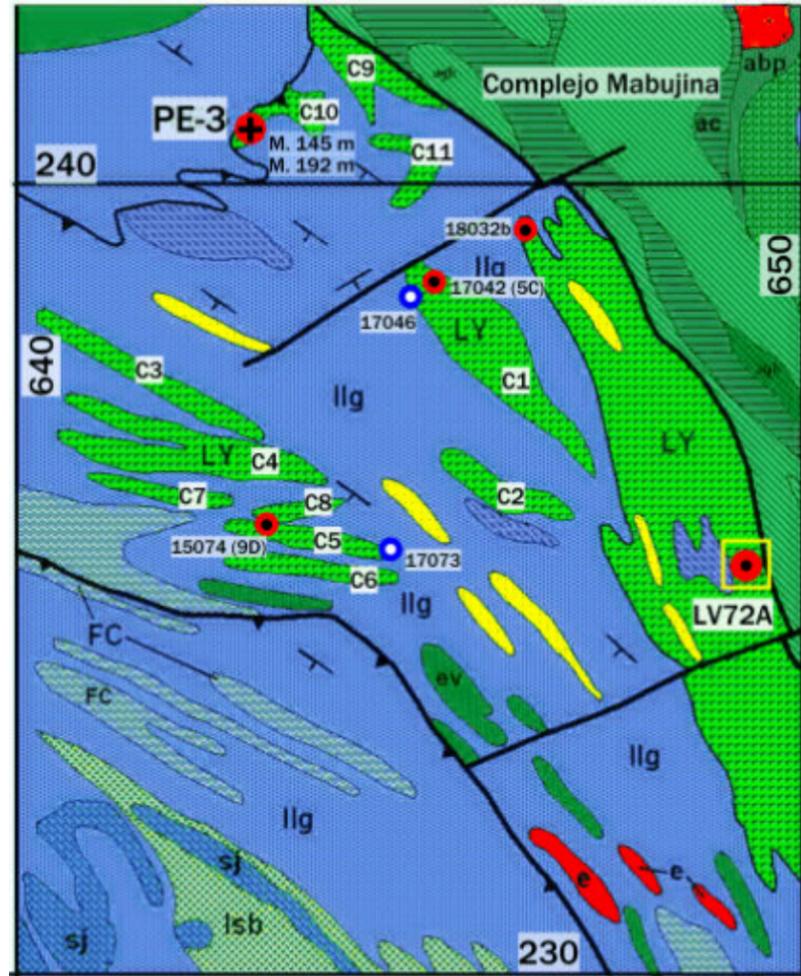


Figura.53. Muestras de análisis químico y de microsonda. Fragmento del Mapa Geológico 1:100,000. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Ilg: Fm. Loma La Gloria. FC: Fm. Cobrito. LY: Anfibolitas Yayabo. Sj: Mármoles San Juan. Lsb: Fm. La Sabina. ev: Esquistos verdes. e: Eclogitas. C 1-11: Cuerpos de anfibolitas. C1: 1.23 Km<sup>2</sup>. C2: 0.5 Km<sup>2</sup>. C3: 0.5 Km<sup>2</sup>. C4: 0.9 Km<sup>2</sup>. C5: 0.5 Km<sup>2</sup>. C6: 0.5 Km<sup>2</sup>. C7: 0.2 Km<sup>2</sup>. C8: 0.1 Km<sup>2</sup>. C9: 1.0 Km<sup>2</sup>. C10: 1.0 Km<sup>2</sup>. C11: 0.08 Km<sup>2</sup>. Total aproximado: 7 Km<sup>2</sup>.

Tabla. X. Muestras del Litodema Yayabo Cúpula de Sancti Spiritus (Figura 52). Hoja Loma La Gloria. (5B muestra para comparación).

Muestra	Roca	Observaciones	Coord. Lambert
5B Sierra de Los Órganos. Pinar del Río (Cruz, et. al., 1987)	Metabasita	Fm. Arroyo Cangre.	¿
5C (Stanik et. al., 1981). (4117042)	Anfibolita	Yayabo	N 238. 900- E 645. 500.
7A (Stanik, et. al., 1981). (4425061)	Anfibolita	Yayabo en L. la Gloria.	¿
7B (Stanik, et. al., 1981). (410302.3)	Anfibolita granatífera	Yayabo en L. La Gloria.	¿
9 D (Stanik et. al., 1981). (4115074)	Anfibolita granatífera	(Cuerpo C5).	N 235.55- E643.75.
LV72A (García-Casco, et al., 2003).	Anfibolita granatífera	Cuerpo mayor.	¿
18032b (Stanik et. al., 1981). (Tabla XI).	Anfibolita granatífera	(Cuerpo mayor).	N239. 850- E 646. 85
17073 (Stanik et. al., 1981). (Tabla XI).	Anfibolita Yayabo	(Cuerpo C5).	N 235.275- E645. 475.
17046 (Stanik et. al., 1981). (Tabla XI).	Anfibolita Yayabo	(Cuerpo C1).	N 238. 825- E 645. 05.

PE-3 (145 m). (Stanik et. al., 1981). (Tabla XI).	Esquisto anfib., albi., epid. Yayabo.	Pozo Estructural	N 240.75-E 643.00
PE-3 (192 m). (Stanik et. al., 1981). (Tabla XI).	Anfibolita Yayabo	Pozo Estructural	N 240.75-E 643.00

Tabla. XI. Análisis químico<sup>131</sup> de las anfibolitas 9D y 5C. Hoja Loma La Gloria 1:50.000. (Figura 53).

Óxidos	4115074 (9D)	4117042 (5C)
SiO <sub>2</sub>	49.14	48.57
TiO <sub>2</sub>	1.20	1.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.66	15.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.25	3.33
FeO	6.42	5.73
MnO	0.17	0.17
MgO	8.19	7.94
CaO	10.94	10.86
Li <sub>2</sub> O	0.005	0.0012
Na <sub>2</sub> O	2.90	2.84
K <sub>2</sub> O	0.17	0.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.16
CO <sub>2</sub>	0.02	0.01
C	0.00	0.0
H <sub>2</sub> O+	2.41	3.06
F	0.01	0.02
S	0.04	0.03
H <sub>2</sub> O-	0.22	0.4
<b>Total</b>	<b>99.85</b>	<b>100.19</b>

La Muestra LV2A (García-Casco et al., 2003, inéd.) cuenta con un estudio más completo y es la única de este grupo que realmente puede ofrecer ciertas condiciones restrictivas relacionadas con varios aspectos de la composición y metamorfismo de las anfibolitas.

En los gráficos de la Figura 54 hasta la Figura 58<sup>132</sup> se destaca coherentemente la correspondencia de las anfibolitas con ambientes típicos de las rocas máficas, basálticas toleíticas, relacionadas con apertura del fondo de cuencas oceánicas. La muestra 5C, en el gráfico de la Figura 56 es comparada en el gráfico de Mullen con el promedio de 3,917 muestras de MORB (Dorsal del Pacífico Este).

Tabla. XII. Óxidos en las anfibolitas Yayabo de la Cúpula de Sancti Spiritus.

Óxidos	17042 (5C)	2506	26192	15074 (9D)	03023
SiO <sub>2</sub>	48.57	41.57	46.21	49.14	54.48
TiO <sub>2</sub>	<b>1.46</b>	<b>2.52</b>	<b>1.55</b>	<b>1.20</b>	<b>1.59</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.49	16.14	15.89	15.66	13.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.33	1.67	3.83	2.25	1.46
FeO	5.73	10.54	6.36	6.42	7.54
MnO	0.17	0.20	0.19	0.17	0.14
MgO	7.94	8.13	5.25	8.19	8.54
CaO	10.86	12.80	13.93	10.94	4.56
Li <sub>2</sub> O	0.0012	0.0024	0.0048	0.005	0.011
Na <sub>2</sub> O	2.84	2.47	1.42	2.90	5.38

<sup>131</sup> Laboratorio de Análisis Químico. Instituto Central de Geología de Praha. Expedición Escambray I. 41 es el número de la Hoja Topográfica en la nomenclatura de situación de muestras de Escambray I.

<sup>132</sup> (Las Figuras 55 y 56 pertenecen a las anfibolitas de la Cúpula de Trinidad.

K <sub>2</sub> O	0.13	0.56	0.18	0.17	0.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.17	0.16	0.11	0.16
CO <sub>2</sub>	0.01	0.02	1.62	0.02	0.01
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.06	2.35	2.58	2.41	2.25
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.4	0.16	0.20	0.22	0.23
F	0.02	0.01	0.02	0.01	0.07
S	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02
SO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>100.19</b>	<b>99.33</b>	<b>99.41</b>	<b>99.85</b>	<b>99.61</b>

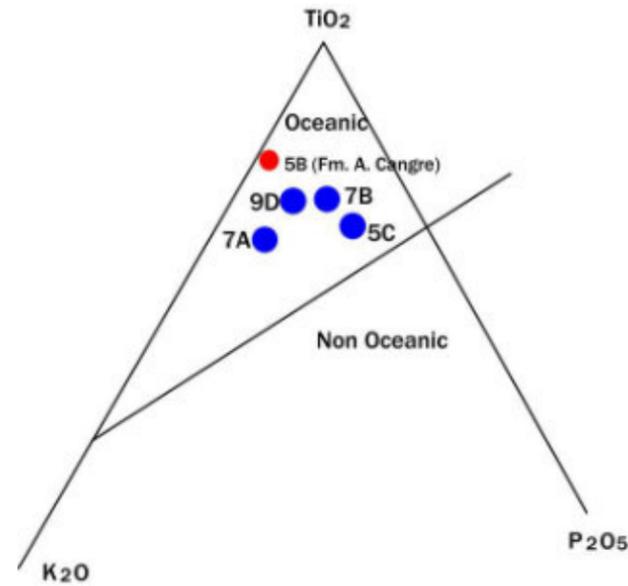


Figura.54. Anfibolitas Yayabo en el diagrama de Pearce *et al.*, 1974. 5C: Anfibolita (17042). 9D: Anfibolita granatífera (15074). 7A: Anfibolita (25061). 7B: Anfibolita granatífera (cuerpo entre metaterrígenos Fm. Loma La Gloria). Muestras de la Cúpula de Sancti Spiritus (Stanik *et al.*, 1981). 5B: Metabasita de la Fm. Arroyo Cangre. Sierra de Los Órganos (de Cruz *et al.*, 1987).

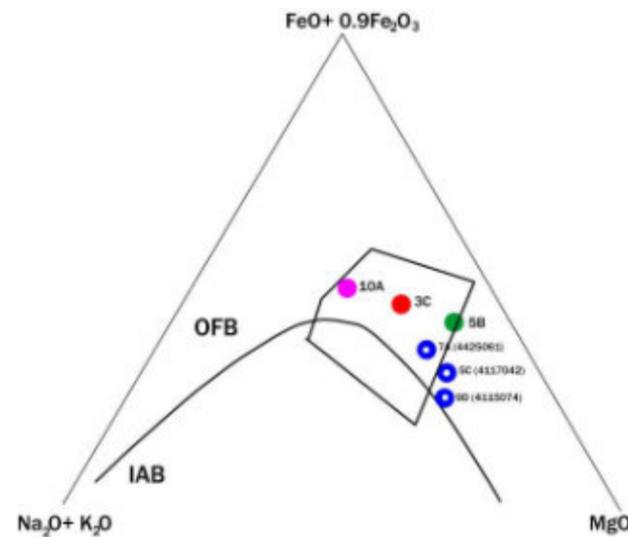


Figura.55. Diagrama de Miyashiro (1974). 5C y 9D: Anfibolitas Yayabo de la Cúpula de Sancti Spiritus (Stanik *et al.*, 1981). 7A: Anfibolita de tipo Yayabo como capas en la Fm. Loma La Gloria. Cúpula de Sancti Spiritus (Stanik *et al.*, 1981). Para comparación: 10A: Anfibolita de la Fm. Yaguanabo (Stanik *et al.*, 1981). 5B: Metabasita de la Fm. Arroyo Cangre (Cruz *et al.*, 1987). 3C: Eclogita del Miembro La Horqueta, Fm. Cobrito (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992). Polígono, campo de las metamorfitas de la región de Sanbagawa (según Ernst *et al.*, 1971).

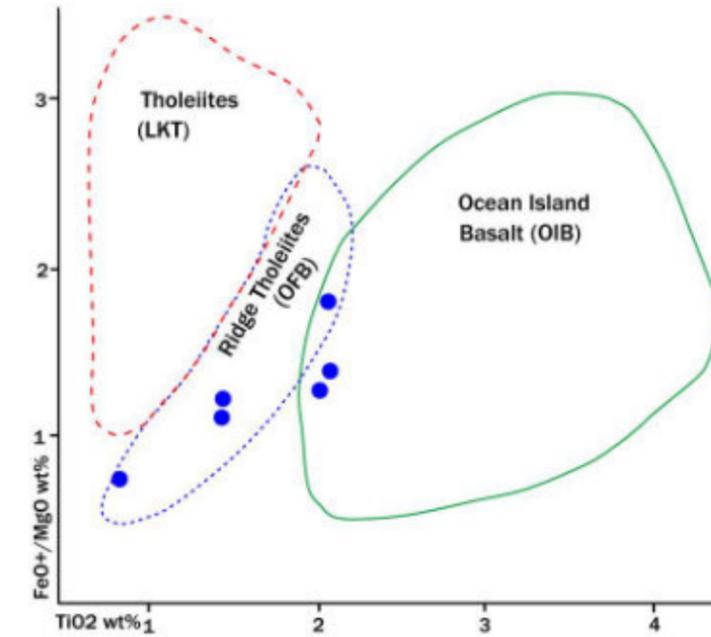


Figura.56. Gráfico de discriminación de las Anfibolitas Yayabo de la Cúpula de Trinidad Gráfico de Dublan, Escambray II; Anexo 32. (Muestras de mapeo). Fuera del campo de las toleitas de bajo potasio.

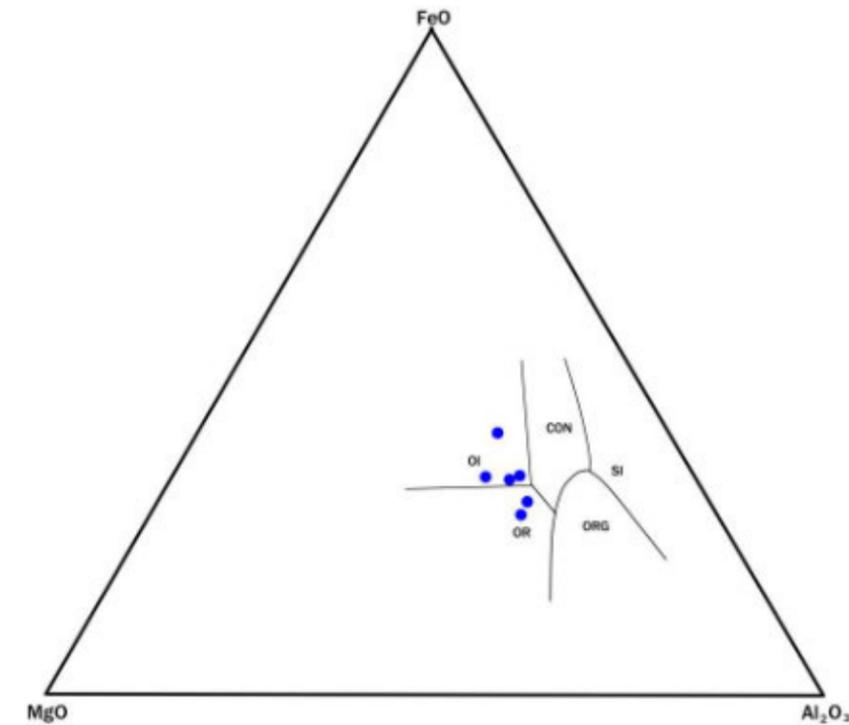


Figura.57. Diagrama según Pearce *et al.*, 1977 de las Anfibolitas Yayabo de la Cúpula de Trinidad. CON: Continental. ORG: Orogenic. OR: Ocean Ridge & Floor. SI: Spreading Centre Island. OI: Ocean Island. (Gráfico de Dublan, Escambray II; Anexo 34). (Muestras de mapeo).

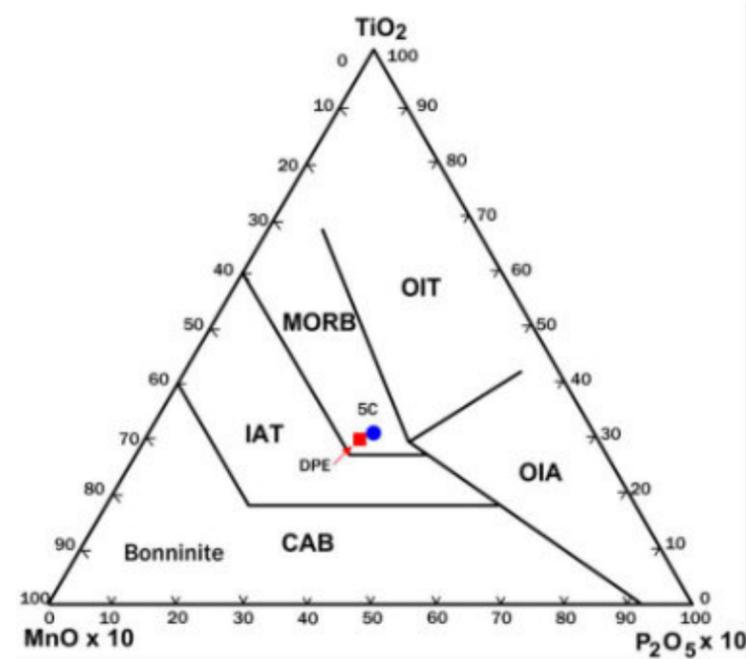


Figura.58. Gráfico de Mullen (1983) para discriminar rocas basálticas. 5C: Anfibolitas Yayabo. Cúpula de Sancti Spiritus:  $TiO_2$ : 1.46.  $MnO$ : 0.17.  $P_2O_5$ : 0.16<sup>133</sup>. Cuadro DPE: MORB de la Dorsal del Pacífico del Este calculada a partir de 3,917 análisis de basalto, en petdb.org) ( $TiO_2$ : 1.59.  $MnO$ : 0.20.  $P_2O_5$ : 0.18). (CAB: Basaltos calcoalcalinos. OIA: Basaltos alcalinos de islas oceánicas. OIT: Toleítas de islas oceánicas. MORB<sup>134</sup>: Basaltos de ridge medio oceánico. IAT: Toleítas de arcos de islas). (Elaboró Isabel Yáñez. IGP. La Habana).

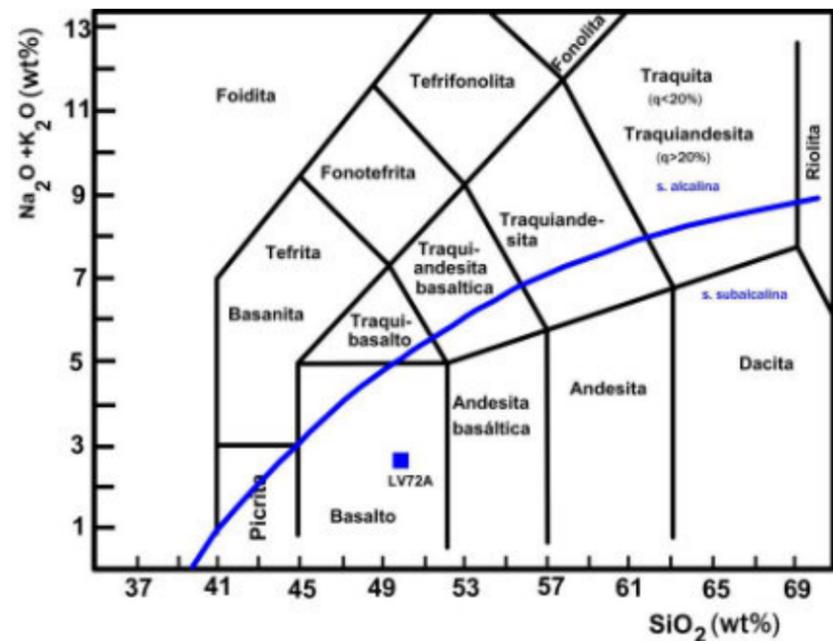


Figura.59. Posición de la Anfibolita Yayabo LV72A en el diagrama TAS (Le Maitre *et al.*, 1989) recalculada a la Norma CIPW. (García-Casco *et al.*, 2003, inédito). (Según García-Casco *et al.*, 2003, Figura 8).

<sup>133</sup> Muestra 4117042. Laboratorio de Análisis Químico. Instituto Central de Geología de Praha. 1986.

<sup>134</sup> The garnet amphibolites of the Yayabo Unit likely originated as an E-MORB protolith not related to any subduction process (Staneek *et al.*, 2018).

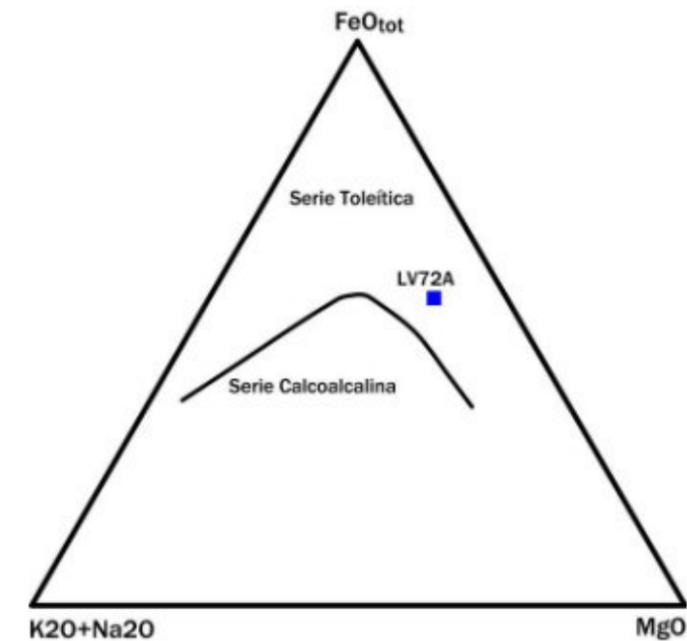


Figura.60. Muestra LV72A en el diagrama AFM (límite entre campo toleítico y calcoalcalino según Irvine y Baragar, 1971). (García-Casco *et al.*, 2003, Figura 8).

**Muestra LV72A.** (Según García-Casco *et al.*, 2003, inédito).

La muestra LV72A fue adquirida por García-Casco; Torres Roldan y Millán en el cuerpo de Yayabo de mayor extensión a poca distancia del borde tectónico oriental de la Cúpula de Sancti Spiritus, limítrofe con el Complejo Anfibolítico Mabujina (Figura 53).

El estudio realizado por García-Casco ha permanecido inédito y sus resultados se dan a conocer en este capítulo, como contribución autorizada de su autor al estudio de las Anfibolitas Yayabo.

La muestra califica como un basalto toleítico (Figuras 59 y 60). La asociación principal está compuesta por granate, anfíbol (de composición variada), epidota, paragonita, moscovita, cuarzo, rutilo y esfena (Figura 61). Esta asociación no es diagnóstica, si bien la ausencia de plagioclasa y presencia de paragonita y moscovita fengítica ( $Si=6.73$  átomos pfu) es compatible con facies de las eclogitas o de anfibolitas con epidota de relativamente alta presión. Anfíbol y epidota (+ moscovita + paragonita + cuarzo + rutilo) conforman la mayor parte de la matriz y el granate forma porfidoblastos de 1-2 mm de diámetro e incluye anfíbol, epidota y cuarzo y, más ocasionalmente, rutilo y esfena (Figura 61).

Las inclusiones se alinean conformando una foliación interna oblicua a la foliación externa. La asociación principal ( $Grt+Am^{135}$ ) está localmente reemplazada por una asociación retrógrada sin-a post-cinematográfica (respecto de la foliación de la matriz) constituida por cuarzo, albita, clorita, y sulfuros de Fe (pirita y pirrotina; Figura 61) que sugiere condiciones de las facies de los esquistos verdes.

**Granate.**

Su composición es almandínica, y presenta un zonado concéntrico típicamente de crecimiento progrado con núcleos más ricos en Mn, y bordes enriquecidos en Fe, Mg y Mg# (Figura 62). La zonación en Ca es sutilmente concéntrica (con bordes algo más pobres en Ca), si bien también se distribuye en parches que

<sup>135</sup> Am: Anfíbol.

hacen su distribución algo errática en los perfiles analíticos. La zonación se encuentra distorsionada (Figura 62): **a)**-Roturas resultantes de la deformación principal y **b)**-Zonas de reajuste (inter-)difusivo que se alinean, preferentemente, siguiendo los bordes no fracturados del granate, fracturas (anteriores a la rotura de los porfidoblastos), y alrededor de las inclusiones de anfíbol.

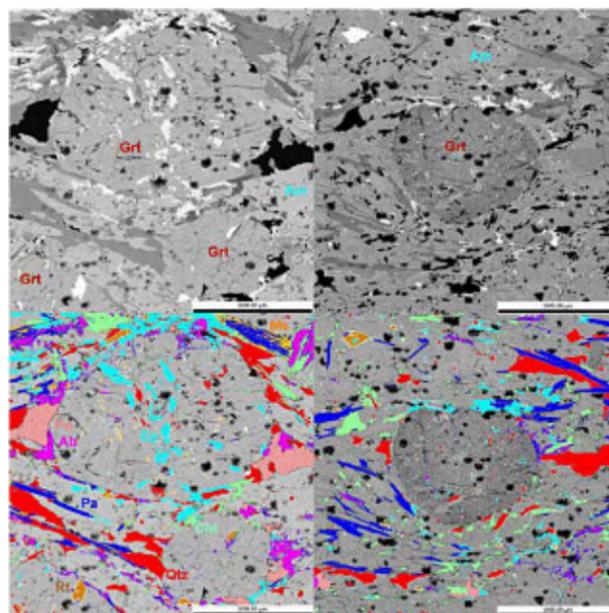


Figura.61. Imágenes sintéticas generadas con DWImager ( $Z^*$ , compuestas a partir de  $\Sigma$  (cuentas $\cdot$ PAi), donde  $i = \text{Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na}$ ; PA = peso atómico). En las imágenes sintéticas  $Z^*$  (escala de grises) inferiores se han montado con clave de color las áreas filtradas para todas las fases minerales excepto granate y anfíbol. (García-Casco *et al.*, 2003, Figura 20).

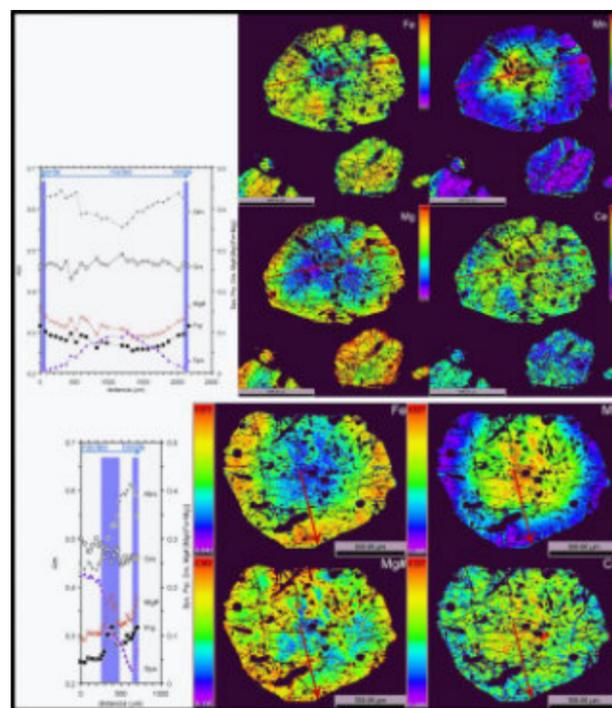


Figura.62. Perfiles composicionales e imágenes de RX sintéticas (Fe, Mn, Ca y Mg normalizados, y Mg#) generadas con DWImager de granate de la muestra LV72A. Las imágenes se obtuvieron tras el filtrado (eliminación) de las señales de todas las fases/huecos/defectos a excepción de las de granate. Las bandas azules en los perfiles de granate indican regiones modificadas por difusión volumétrica. (García-Casco *et al.*, 2003, Figura 21).

Las zonas modificadas por procesos de difusión volumétrica afectan esencialmente a la tripleta Fe-Mn-Mg, presentando el Ca una tasa de difusión distintivamente menor. La consideración del comportamiento del Mn en los bordes del granate, que sube al tiempo que sube Mg# (Figura 62), indica que la composición de los bordes no es representativa de la máxima temperatura alcanzada durante el crecimiento de granate, sino que es el resultado de modificaciones difusivas. Se considera que la composición de las zonas internas con mínimos en las cantidades de Mn (y Mg# intermedios) es la más aproximada a la de los bordes de crecimiento pre-difusión. Esto es, el proceso difusivo tuvo lugar con a mayor temperatura que y con posterioridad a, la terminación del crecimiento de granate. Esto se demuestra por el hecho de que el efecto del reajuste composicional en las zonas internas que rodean las inclusiones de anfíbol es aumentar Mg# y descender Mn, como cabría esperar, aunque los valores de Mg# en estas zonas internas son los mayores encontrados, similares a los de los bordes difusivos no fracturados. Argumentos adicionales para tal conclusión se comentarán más adelante, al hablar de los efectos que la interdifusión tiene en el anfíbol incluido en el granate.

La fracturación, por otro lado, es un proceso sinmetamórfico que tuvo lugar con posterioridad al pico térmico, lo cual se demuestra porque los bordes ricos en Mg# con modificaciones difusivas y representativos de la máxima temperatura alcanzada por la roca se encuentran fracturados y no se observan recrecimientos post-fracturación. Esto y el hecho de que se encuentre la asociación retrógrada Chl + Ab + Po en sombras de presión asociadas a la foliación principal de los granates, permite concluir que la fracturación de los mismos fue un proceso asociado a deformación dúctil de la matriz que, a su vez, tuvo lugar con posterioridad al pico térmico.

#### Anfíbol.

El anfíbol de la matriz es de composición cálcica, de tipo magnesiohornblenda en los núcleos (localmente barroisita) que pasa hasta **edenita** y, finalmente, **pargasita** hacia los mantos de recrecimiento y bordes más externos (Figuras 62 y 63) (ver Tabla XIII). Este patrón es claramente progrado, y no se observan composiciones en los bordes asignables a procesos retrógrados. Estos anfíboles no pueden caracterizarse como típicos de ambientes de alta P. La composición de los núcleos/mantos es comparable tanto con ambientes de alta como de P intermedia, pero la composición de los bordes pargasíticos es más comparable con ambientes de P intermedia (Figura 62).

Su heterogeneidad composicional es fuerte, distribuyéndose de forma concéntrica. Los núcleos son ricos en Si, Na (B), Mg y Mg# y bordes más ricos en Ti, Al, Fe, y Na+K(A), lo cual indica zonación por crecimiento progrado (Figura 62). No obstante, existe una fuerte discontinuidad entre núcleos y mantos, lo que indica estadios discretos de crecimiento. Los valores absolutos de los incrementos de los elementos implicados en el zonado indican que el mismo está controlado por los vectores tschermakita y edenita, y en menor medida glaucofana. Desde el punto de vista del equilibrio, este zonado puede relacionarse con crecimiento progrado del anfíbol, de forma que el descenso de Na (B) hacia los bordes no es necesariamente indicativo de descenso de presión.

Este es un aspecto relevante por comparación con las características del anfíbol de una muestra de eclogita (LV69A) del mélange serpentinitico.

Tabla.XIII. Anfíboles del Litodema Yayabo por microsonda<sup>136</sup>. Cúpula de Sancti Spiritus. Resultado de 100 análisis de la Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981).

Muestra	Composición	Nombre de la roca
PE-3 (145 m). (Norte 240.75 y Este 643.00)	Edenita (4). Hornblenda Mag (2). Hornblenda actinolítica (1). Al, Mg, Fe Clorita (2). Albita (An 0.7%) (2).	Esquisto anfibolítico, albítico, epidótico Yayabo.
PE-3 (192 m).	Hornblenda Mag. (3). Edenita (3). Paragonita (4). Mg, Al, Fe Clorita con contenido elevado de Ca y Na. (1).	Anfibolita Yayabo
4117046 (N 238. 825- E 645. 050).	Hornblenda edenítica.	Anfibolita Yayabo
4118032b (N 239. 850- E 646. 850).	Hornblenda Mag. (4), Hornblenda actinolítica (1). Edenita (3). Hornblenda silícica (1). Almandino+grosularia-piropo (2). Al, Fe,	Anfibolita Yayabo

<sup>136</sup> Microanalizador automático ARL-SEM-Q. Instituto Central de Geología. Praha. Expedición Escambray I. (Nota del Autor).

	Mg Clorita (2). Albita (An 1.5%).	
4117073 (N235.275-E645.475).	Hornblenda ferro-edenítica (1). Almandino+grosularia (4). Almandino+grosularia+espesartina (4). Epidota (2). Fengita (3). Albita An 0.6%, 0.3%.	Anfibolita Yayabo
4103014	Glaucófana (2), almandino+grosularia (6), fengita (4).	Esq. glaucofánico
4103023	Glaucófana (1), Almandino+grosularia+piropo (1).	Esq. Glaucófano-gr.
410702	Glaucófana (2), Almandino+grosularia+espesartina (3), Almandino+grosularia (3), fengita (2).	II
4108022	Glaucófana (4), Almandino+grosularia (2), paragonita (1).	Esq. glauc-cliz-epd.

Las inclusiones dentro del granate presentan un comportamiento distintivo. Su composición es magnesiohornblenda-edenita-pargasita, similar a la de los granos de la matriz, lo que indica coexistencia del anfíbol cálcico durante el crecimiento progrado del granate (Figura 63).

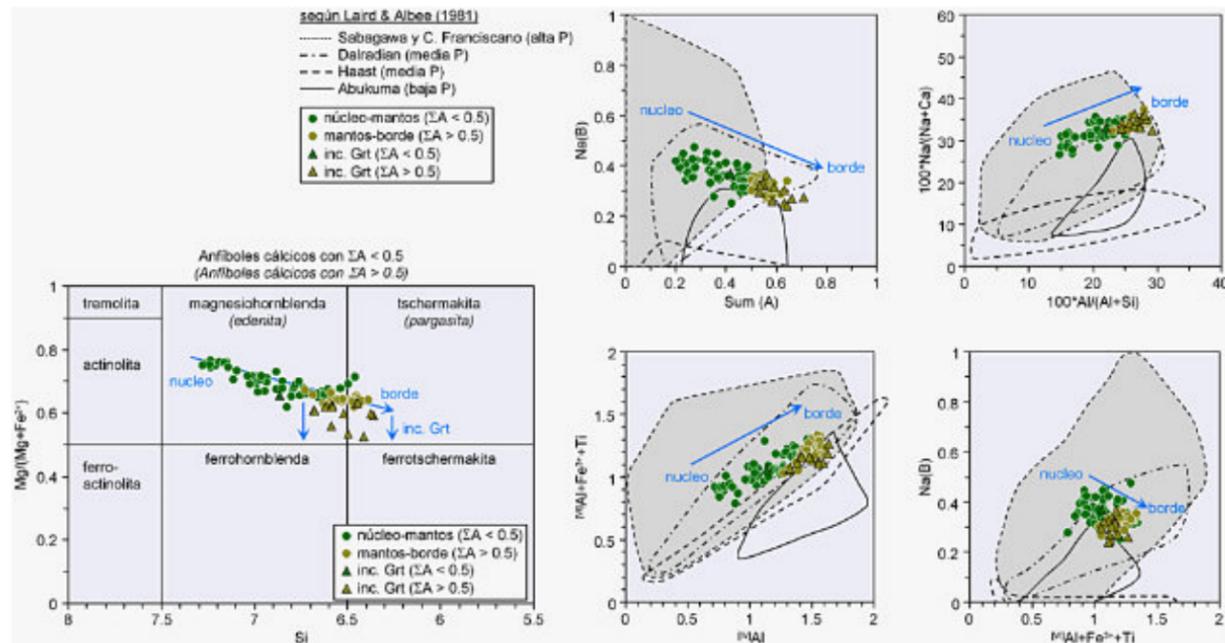


Figura 63.- Composición del anfíbol de la muestra LV72A en el esquema de clasificación de Leake *et al.* (1997) para anfíboles cálcicos con  $(K+Na)A < 0.5$  y  $(K+Na)A > 0.5$  átomos pfu, y proyección en los diagramas de Laird y Albee (1981).

De hecho, puede trazarse una tendencia composicional similar entre ambos tipos de granos, con composiciones de magnesiohornblenda en las inclusiones más próximas a los núcleos de los granates y de edenita-pargasita en las inclusiones próximas a los bordes. Sin embargo, las inclusiones presentan, sistemáticamente, valores de Mg# más bajos que las composiciones similares (en términos de Si) de los granos de la matriz (Figuras 63 y 64). Esta característica es el resultado de la interdifusión Fe-Mg entre granate-anfíbol, de forma que las composiciones de anfíbol asignables a la máxima temperatura alcanzada durante su crecimiento se ven modificadas.

Dado que Mg# en las inclusiones es menor que en la matriz, esto es un argumento adicional para la operatividad del proceso difusivo a mayor temperatura que y con posterioridad a la máxima temperatura alcanzada durante el crecimiento mineral. Esto, deduce un evento de calentamiento post-crecimiento mineral.

La explicación del porque el anfíbol de la matriz no se ha visto afectado por la difusión (i. e., descenso de Mg#), y incluido sí; reside en el efecto de la composición efectiva de los dominios de reacción. En la composición efectiva de la matriz domina el anfíbol, por lo que el efecto de la difusión sobre la fase será ínfimo, mientras que la composición efectiva del microsistema granate-inclusiones está dominada por el granate y, por tanto, el efecto será en este caso mayor. Por tanto, se deduce que las composiciones de pico son las de la matriz, ya que no están modificadas por el

intercambio Fe-Mg con granate; y no las de las inclusiones (con bajo Si y M#) y alto Al. Ti y Na+K(A), que representan las temperaturas bajo las cuales terminó de crecer el anfíbol.

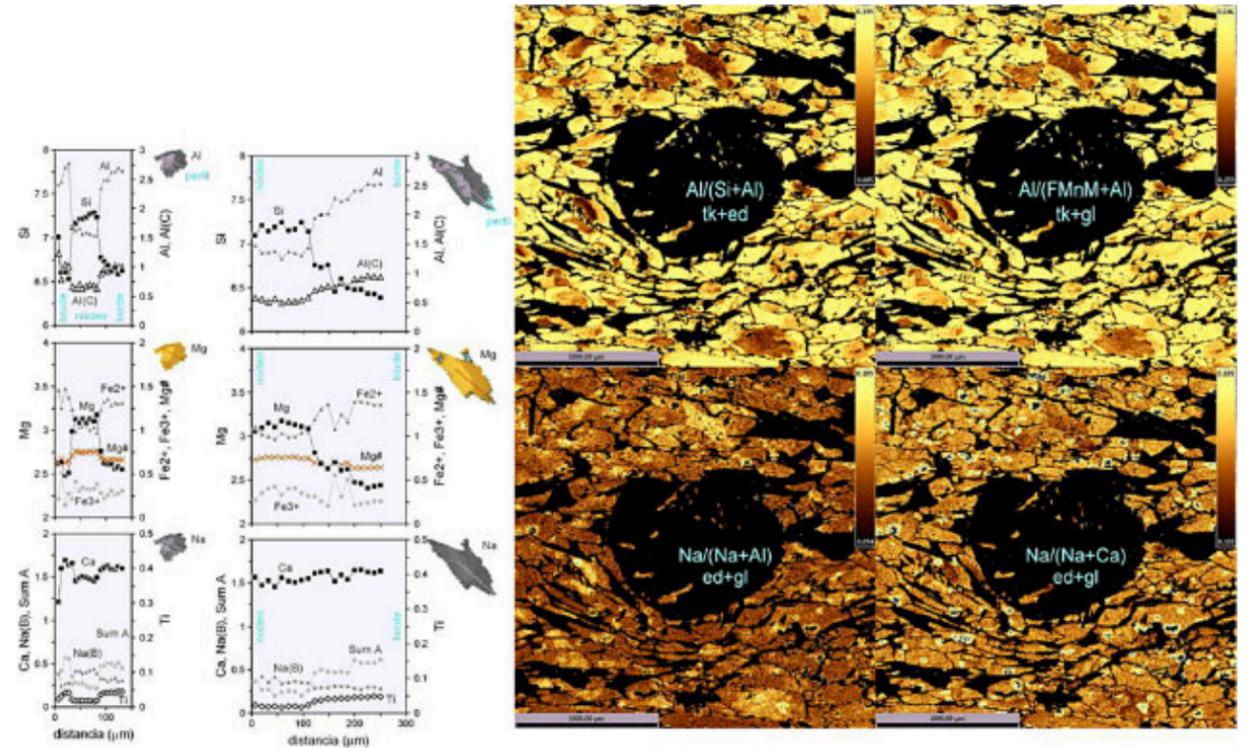


Figura 64.- Perfiles de composición e imágenes de RX sintéticas generadas con DWImager de anfíbol de la muestra LV72A. Las imágenes se obtuvieron tras el filtrado (eliminación) de las señales de todas las fases/huecos/defectos a excepción de las de anfíbol.

### Paragénesis y evolución P-T.

La interpretación de las texturas, composiciones y zonaciones de las fases presentes en la muestra LV72A permite establecer su evolución paragenética durante el metamorfismo progrado y retrógrado. La evolución se ilustra mediante proyecciones en diagramas de fases composicionales (Figura 65). El metamorfismo progrado viene definido por la asociación, Grt + Am + Ep + Pa + Ms + Rt + Spn + Qtz, que evoluciona sin perder/ganar fases (excepto, quizás, por la ausencia de esfena en el pico térmico) aunque sí implica importantes cambios en la composición de las fases coexistentes. Al finalizar el proceso de crecimiento mineral, que no coincide con el pico térmico, el granate alcanzó las composiciones pobres en espesartina y relativamente (aunque no las más) ricas en Mg#, y el anfíbol alcanzó las composiciones pargasíticas más ricas en los componentes tschermakita, edenita y pobres en glaucófana, y relativamente (aunque no las más) pobres en Mg#. Con posterioridad se alcanzó el pico térmico, que tiene como efecto la modificación difusiva de granate y anfíbol, alcanzándose las composiciones más ricas y pobres, respectivamente, en Mg#. Es posible que asociado a este calentamiento se produjese plagioclasa, que aparecería en la asociación mineral. Su composición es albítica, aunque a no estrictamente albita como la producida durante la retrogresión, sino Ab<sub>92</sub>.

Las condiciones de presión y temperatura para el metamorfismo progrado, calculadas con Thermocalc, son  $504 \pm 67$  °C y  $12.8 \pm 2.5$  kbar para la asociación asignable al término del crecimiento mineral (pre-pico metamórfico; Figura 66). Estas condiciones están dentro del campo de las facies de las eclogitas y, por tanto, se concluye que la roca (y el complejo de metabasitas Yayabo) sufrió un metamorfismo asociado a una zona de subducción. Las condiciones calculadas para el calentamiento post-crecimiento mineral son  $594 \pm 79$  °C y  $13.3 \pm 2.7$  kbar (Figura 66).

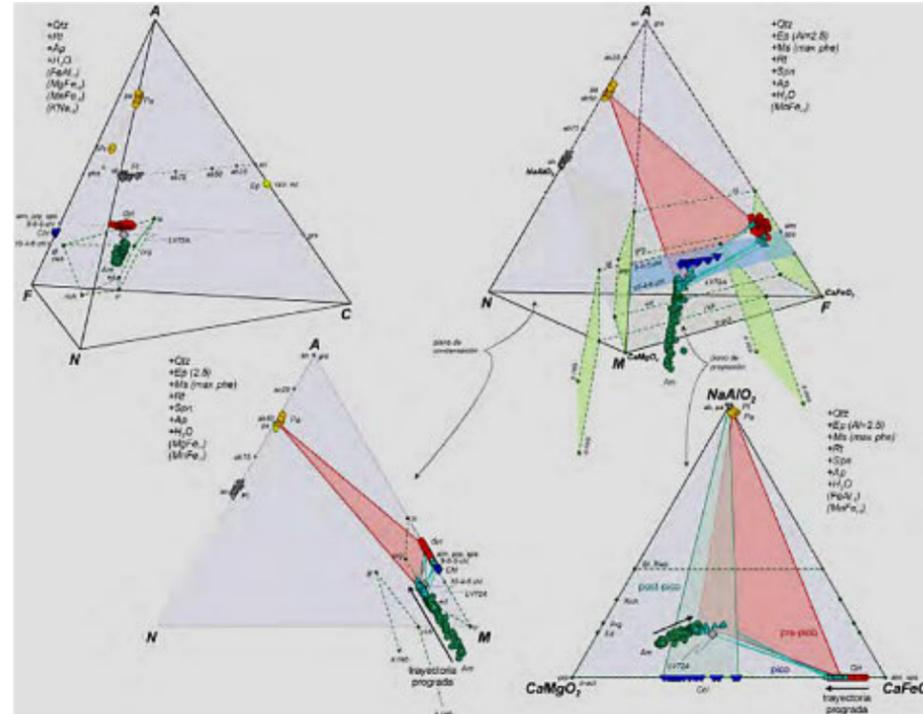


Figura.65. Diagramas de fases cuaternarios y ternarios generados con CSpace (Torres-Roldán *et al.*, 2000) para la muestra LV72A, con indicación de las asociaciones de pre-pico, pico, y post-pico metamórfico. Las composiciones de las fases y la roca total se han proyectado desde las especies moleculares y vectores de intercambio indicados en las listas adyacentes a cada diagrama. Se indican también la proyección (algunas en el infinito) de términos extremos de las soluciones sólidas implicadas, así como las regiones que delimitan.

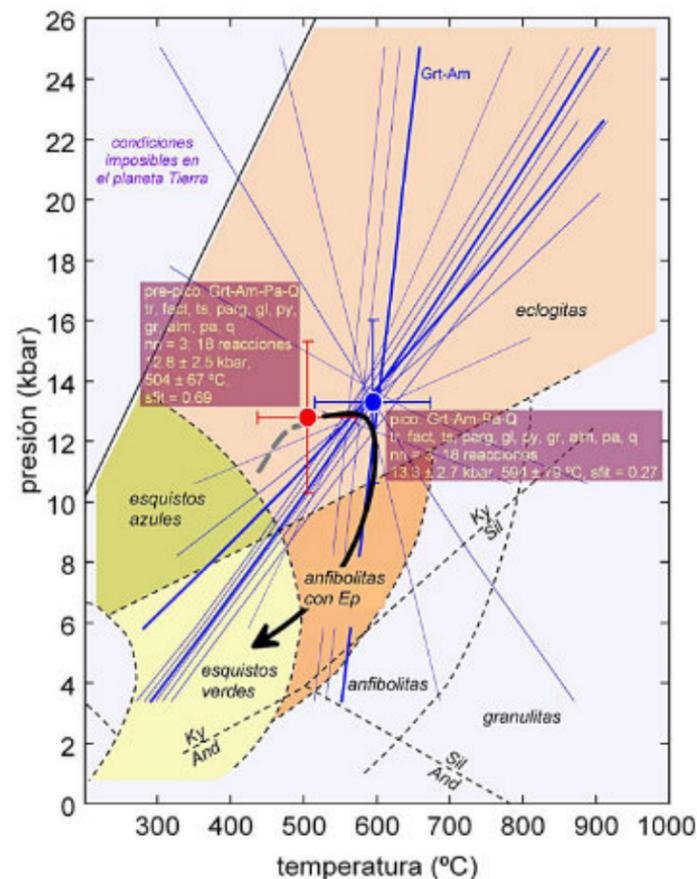


Figura 66.- Diagrama P-T que muestra los resultados termobarométricos con Thermocalc (Holland y Powell, 1998, base de datos y modelos de solución actualizados en 2002, Workshop de Barcelona) para las distintas asociaciones de fases identificadas en la muestra LV72A y la trayectoria P-T deducida. Por conveniencia, algunas reacciones significativas han sido nombradas. Por claridad, no se indican las reacciones asociadas al cálculo de las condiciones pre-pico. El esquema facial representado es de Spear (1993).

Estas condiciones también son propias del campo de las facies de las eclogitas, y pueden por tanto ser interpretadas como propias del gradiente térmico generado por la zona de subducción. Pero es igualmente posible que represente una complicación adicional. De hecho, por comparación con la evolución P-T del bloque de eclogita LV69A de la mélangé serpentinitica, cabría especular que la evolución de la muestra LV72A podría haber seguido una trayectoria similar de tipo franciscano. Sin embargo, no existen evidencias para ello. La retrogresión formó una asociación típica de facies de anfibolitas con epidota y/o esquistos verdes, y no de facies de esquistos azules (desafortunadamente, la falta de crecimiento de anfíbol durante la retrogresión ha impedido la estimación cuantitativa de P y T). Por ello, se supone una trayectoria retrogresiva diferente, que interceptara las facies de las anfibolitas con epidota (Figura 66). La divergencia, que presenta paralelismos con la discrepancia encontrada en las asociaciones minerales formadas durante las respectivas trayectorias progradas (i. e., ausencia de onfacita en LV72A), permite especular que los dos complejos estudiados corresponden a unidades geológicas pre-subducción distintas, amalgamadas en la zona de subducción. Mientras que los bloques de eclogitas se exhumaron siguiendo canales de alta flotabilidad localizados por encima de la zona de subducción, y por tanto conformaron una típica mélangé serpentinitica en el prisma de acreción, las metabasitas masivas de Yayabo conformaron una lámina que pudo escapar a los mencionados canales de alta flotabilidad. Quizás, estas metabasitas masivas se emplazaron tectónicamente en las cercanías de la base del arco volcánico fini-Cretácico, el complejo de Mabujina, con el que se encuentra en contacto. Yayabo, aun siendo parte de la Unidad Metamórfica 3, nada tiene que ver con los bloques de eclogita que se encuentran dentro de serpentinitas en la misma Unidad 3.

### Metamorfismo de las Anfibolitas Yayabo. Resumen.

La mayoría de los estudios para determinaciones de parámetros del metamorfismo en la parte Norte y Este de la Cúpula de Sancti Spiritus (Grafe, 2001; Grevel *et al.*, 2006; Schneider *et al.*, 2004) se concentran en las eclogitas. Las muestras de Yayabo son muy escasas y las conclusiones muy generales.

Las primeras estimaciones de parámetros del metamorfismo para las Anfibolitas Yayabo en la parte Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus se deben a Somin *et al.*, (1975), correspondientes a temperatura de 500°C y presión de 5.5 a 7 kbar. Este dato inicial discrepa sensiblemente respecto a determinaciones posteriores. Posteriormente, durante la década del 2000, se creó información significativa en el estudio del metamorfismo del Escambray, casi en su totalidad obtenida de la parte Norte y Este de la Cúpula de Sancti Spiritus (Grevel, 2000); citada por el grupo de publicaciones posteriores (Grafe *et al.* 2001; Schneider *et al.* 2004; Stanek *et al.* 2006; Maresch *et al.* 2012). Entre los datos importantes se encuentra el de una temperatura no mayor de 500°C para los esquistos metaterrígenos de cuarzo-mica y presiones no mayores de 7-8 kbar. Para los esquistos azules, los rangos de T-P máximas de 530°C a 610°C y presión de 16–25 kbar. Para las eclogitas, una temperatura de 580°C a 630°C que; según Schneider *et al.* 2004 sufrieron en común un pico eclogítico de sobre 600°C y 16 kbar.

De acuerdo a Grafe *et al.*, 2001, las anfibolitas de Yayabo fueron metamorizadas en un rango de T-P<sup>137</sup> de 580 a 675°C y 13 a 14.5 kbars (la presión máxima, según Grevel, 2000). Según Grafe (*ibid.*) los anfíboles sódicos de las anfibolitas de Yayabo indican un régimen de metamorfismo de medio a HP. Los parámetros del metamorfismo de las Anfibolitas Yayabo, como puede apreciarse sugieren una cierta tendencia a coincidir en el límite de las condiciones del metamorfismo de los esquistos metaterrígenos de la Fm. Loma La Gloria, que forman el marco regional de las anfibolitas Yayabo y contienen lentes y cuerpos métricos de metabasitas, que según Auzende *et al.*, 2002, presentan la paragénesis granate (mayor almandino) + onfacita ± glaucofana + fengita + paragonita + zoisita + cuarzo + rutilo que caracterizan unas condiciones de presión mínimas de 12 kbar y temperatura por encima de 450°C, pertenecientes a la facies eclogítica del metamorfismo. Sin embargo, de acuerdo a Grevel (2000) la onfacita al parecer no esta presente en las anfibolitas pero son comunes los anfíboles barroisíticos. Grevel (*op cit.*) indica una

<sup>137</sup> Una muestra de esquisto gráfítico de la Formación Cobrito (Zona 3 del metamorfismo en la Cúpula de Trinidad), representativa de los protolitos con materia orgánica primaria; analizada por DTA, roentgenografía (metaantracita) y SCAN, arrojó un pico exotérmico de 625°C (Soucek y Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

presión máxima de 13 a 15 kbar para la unidad. Estos parámetros contrastan con las condiciones del metamorfismo de baja presión-temperatura alta para las anfibolitas del complejo Mabujina en la facies de las anfibolitas en transición a las anfibolitas epidóticas<sup>138</sup> con granate, con unas condiciones de pico, según Grevel (2000) de 7 kbar y 620-700°C; aproximadamente coincidentes con Somin y Millán (1981), Millán y Somin (1981); Mlcoch y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

El estudio realizado por García-Casco (2003, inédito) de la muestra LV72A sugiere que los anfíboles determinados en la muestra no son característicos de las condiciones de alta presión. Las condiciones de presión y temperatura para el metamorfismo progrado serían **504 ± 67 °C y 12.8 ± 2.5 kbar** para la asociación asignable al término del crecimiento mineral (pre-pico metamórfico); mientras para el post-crecimiento mineral son **594 ± 79 °C y 13.3 ± 2.7 kbar**. Según García-Casco (*op cit.*) al comparar la muestra LV72A con la evolución P-T de la eclogita LV69A, también estudiada por el autor citado y proveniente del mélange serpentinitico aflorado en superficies entre nappes en la inmediata proximidad de la misma localidad de LV72A, pudiera esperarse que la anfibolita Yayabo siguiera un recorrido completo de tipo franciscano. Pero según el autor citado no se encontró evidencia para tal evolución y la retrogresión formó una asociación típica de facies de anfibolitas con epidota y/o esquistos verdes, y no de facies de esquistos azules. Por consiguiente y según las conclusiones del autor, las Anfibolitas Yayabo, aun siendo parte de la unidad 3 de mayor grado metamórfico, no tienen una relación coherente con los bloques de eclogita que se encuentran dentro de serpentinitas en la Unidad 3. Por tanto, a pesar de que ambas unidades coexisten en el núcleo metamórfico contienen evidencias de que fueron amalgamadas en la zona de subducción y yuxtapuestas tectónicamente **“en las cercanías de la base del arco volcánico fini-Cretácico, consistente en el complejo de Mabujina, con el que se encuentra en contacto”** (García-Casco *et al.*, 2003).

La conclusión de García-Casco, **adelanta algunos años** a la sostenida por Stanek *et al.*, 2006; 2018; basada en elementos similares de argumentación que los caracterizados en García-Casco *et al.*, 2003. No obstante, la independencia de Yayabo como unidad tectónica respecto a la Unidad 3 del metamorfismo, fue también argumentada por Stanek *et al.*, 2006<sup>139</sup> de forma independiente.

#### Alternativas para el origen de las Anfibolitas Yayabo. Anfibolitas Yayabo y Mabujina.

Las Anfibolitas Yayabo ¿pueden ser anfibolitas Mabujina, reelaboradas en el Escambray a las que se agregaron stockworks de vetas pegmatíticas causadas por el relleno de fluidos residuales del metamorfismo? La cuestión pertinente a la pregunta se inicia por Millán y Somin (1981)<sup>140</sup>. Ellos explicaron que el contacto tectónico de las anfibolitas Yayabo en el borde oriental externo de la Cúpula de Sancti Spiritus estaba formado por una faja de unos 300 m de potencia, cuyo relleno sufrió un metamorfismo de temperatura más alta que Yayabo y una presión más alta que Mabujina, con un posible origen común.

A pesar de que la idea inicial de un posible origen Yayabo a partir de Mabujina fue puesta en duda por Haydutov desde (1984)<sup>141</sup>; por Millán y Somin (1985b) (finalmente abandonada por Millán; correspondencia, 2012)<sup>142</sup>; el interés sobre este contacto fue retomado por otros autores.

<sup>138</sup> La presencia de epidota es un fenómeno discutible en esta facies metamórfica. Su forma es siempre alotriomórfica e irregular y parece un mineral tardío. Es posible que su origen esté relacionado con las fases finales del metamorfismo cuando su intensidad había disminuido. La epidota, por otra parte, también está relacionada con los procesos hidrotermales. Mlcoch (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986)

<sup>139</sup> En este trabajo se demuestra que la evolución metamórfica de Yayabo y del resto de la unidad 3 son diferentes, o sea, sus historias metamórficas difieren por su trayectoria Presión-Temperatura. Si bien sus temperaturas alcanzan picos similares, las condiciones de su presión son diferentes, ya que esta fue considerablemente mayor en los cortes de la unidad 3 que contienen eclogita. Las anfibolitas Yayabo no fueron afectadas por la facies eclogítica, mientras que las secuencias de la unidad 3 en la facies eclogítica fueron parcialmente reelaboradas por un metamorfismo similar al que generó las anfibolitas Yayabo. Tal es el caso. (Millán; correspondencia 7-05-2012)

<sup>140</sup> De acuerdo con los hechos se pueden considerar dos alternativas sobre la procedencia de los cuerpos de anfibolitas de esta formación: 1. que sean fragmentos de las anfibolitas Mabujina, o de alguna otra roca exótica metamorfozada de carácter simático, incorporados tectónicamente dentro del nivel estructural más elevado de las secuencias del Escambray y metamorfozados conjuntamente con estas últimas o 2. que junto con una porción de las secuencias de origen terrígeno hayan provenido de una subzona tectónica relativamente independiente del resto de las secuencias del Escambray, cabalgando sobre las últimas antes del metamorfismo regional. (Millán y Somin, 1981).

<sup>141</sup> The rocks of Yayabo formation are metamorphosed most intensely among the mafic complexes. They are disposed directly over de sialic metamorphites. A garnet-glaucophane paragenesis is recorded in then. The complex of Mabujina crops out farther away form the sialic rocks. Amphibolite facies is typical for it. In some parts transition between Yayabo and Mabujina is established (M y S., 1981). All this indicates that the rate of metamorphism decrease away from the surface dividing the mafic from the sialic rocks. (Haydutov, 1984).

Grafe *et al.* 2001; Schneider *et al.* 2004; Stanek *et al.* 2006; en el contexto de interpretaciones sobre el origen de las Anfibolitas Yayabo y las relaciones geotectónicas entre Escambray, Mabujina y el arco volcánico de Zaza; que persisten en la actualidad (Maresch *et al.*, 2012; Boschman *et al.*, 2014); Grafe *et al.*, (2001) describieron este lugar, como sitio donde las anfibolitas parietales sufrieron **alteraciones estáticas**<sup>143</sup>; por cuya causa los anfíboles Yayabo (barroisita, magnesiohornblenda y pargasita) de metamorfismo T-P medio y los anfíboles Mabujina (tschermakita y ferropargasita) de régimen de baja presión, convergen hacia condiciones intermedias entre las dominantes de presión media a alta de Yayabo y de baja presión de Mabujina; sin mayores discrepancias en la temperatura (Grafe, *op cit.*).

Pero es en Grevel (*et al.*, 2006) donde a partir de estas relaciones tectónicas (Figura 67); podemos encontrar la más clara formulación de que las Anfibolitas Yayabo resultan ser una parte de las Anfibolitas Mabujina, representando un remanente del arco de islas del Cretácico (Arco Volcánico Zaza)<sup>144</sup>.

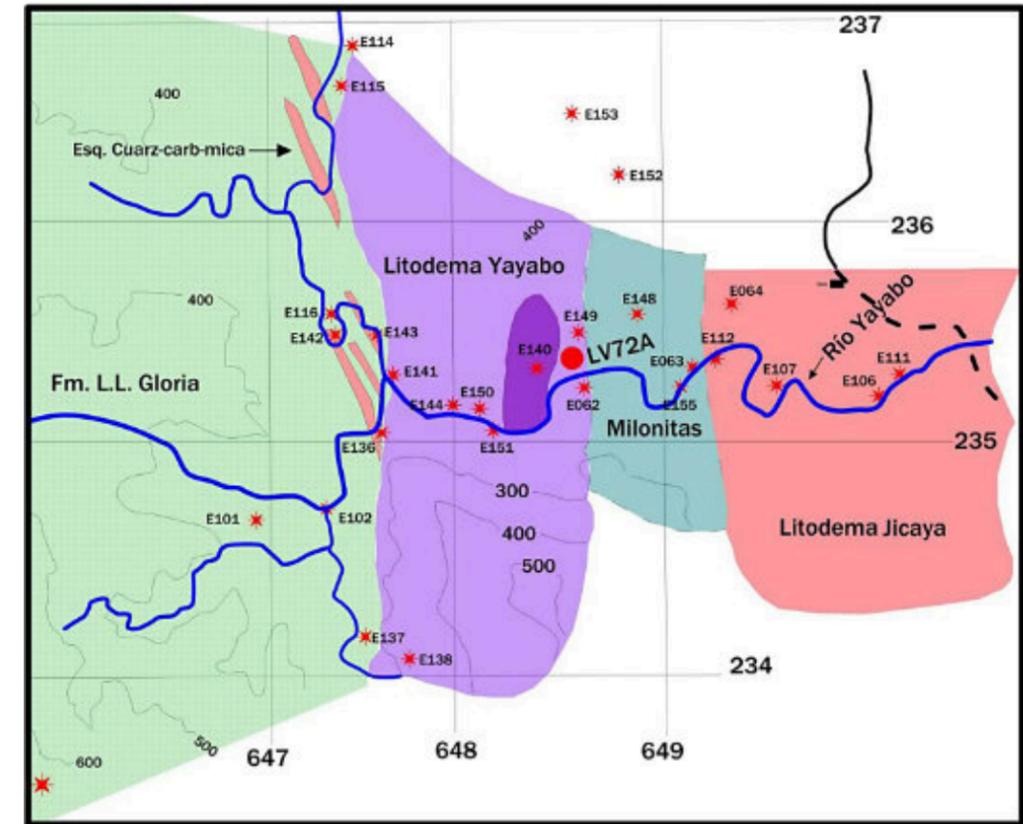


Figura.67. Esquema de las relaciones y posición del Litodema Yayabo en el extremo oriental de la Cúpula de Sancti Spiritus. Modificado del esquema de la Ilustración 4, Band 2, de Grevel *et al.*, 2006. (Nombres estratigráficos en este trabajo). (Situación de la Muestra LV72A).

En la Zona Metamórfica 1, de más alto grado del Complejo Mabujina; se encuentra el Litodema Gabroanfibolitas y Metadioritas Jicaya (Mlcoch y Álvarez-Sánchez, en Escambray II, 1986). El Litodema Jicaya aflora en la parte norte y oeste de la Cúpula de Trinidad y al este de la Cúpula de Sancti Spiritus (Figura 67); siempre ligado al límite tectónico del Escambray, donde las gabroanfibolitas ocupan la parte más profunda del litodema, mientras que las anfibolitas ocupan la parte más superficial.

<sup>142</sup> En primer lugar vamos a descartar la posibilidad de una correlación entre Mabujina y Yayabo, pues entre una y otra no existe afinidad alguna y corresponden a paleoambientes bien diferentes. El contacto entre ambas, que ocurre en el extremo oriental de S.Sp. esta reelaborado por una blastomilonita en la facies de esquistos verdes debido a una colisión entre Escambray y Mabujina después que los protolitos de ambos fueron metamorfozados y deformados en ambientes totalmente diferentes. (Millán, correspondencia; 25-04-2012).

<sup>143</sup> Deformation in the amphibolites of both the Yayabo and the Mabujina units was succeeded by **static tempering**, as indicated by partial intracrystalline strain recovery and growth of amphibole and plagioclase grains across the mylonitic foliation, indicating that juxtaposition of the two units occurred at depth. (Grafe *et al.*, 2001).

<sup>144</sup> We interpret the Mabujina unit as a remnant of the Cretaceous island arc and the Yayabo nappe as a highly deformed and dismembered part of the island arc separating arc sequences in the hanging wall from the footwall subduction-accretion complex of the Gavilanes and Pitajones units (Grevel *et al.*, 2006; also Stanek *et al.*, 2002, 2006).

metacuarcodioritas yacen en su parte superior. En estas rocas, es de notar la presencia de epidota y de finas escamas alotriomórficas de moscovita en los núcleos de plagioclasa básica, no causada por hidrotermalismo, que indica un metamorfismo complejo pero no polimetamorfismo (Boyanov, 1975; Kantchev *et al.*, 1978; Mlcoch, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986). La asociación común es hornblenda + plagioclasa básica + granate ± moscovita<sup>145</sup>. La temperatura según Perchuk (en Mlcoch y Álvarez-Sánchez, *ibid.*) es de 640°C (por Mg de anfíbol x granate) y de 700 a 750°C (por Ca de plagioclasa x anfíbol); facies anfibolítica típica para las gabroanfibolitas porfidoblásticas granatíferas, en el contacto con el Escambray.

Las relaciones originales inalteradas de las gabroanfibolitas Jicaya; se conocen en el Graben Seibabo; SSE de Güinía de Miranda y a dos kilómetros hacia dentro de la Cúpula de Trinidad; fuera del contacto perimetral del Escambray. Allí quedo demostrado por el pozo estructural vertical PE-5 de 330 m (Álvarez-Sánchez, en Escambray II; Anexo 24); que las gabroanfibolitas descansan directamente sobre las metamorfitas del Escambray, mediante un horizonte de milonitas de 90 m de potencia, sin intervalos coalescentes ni restos de alteración convergente. El corte del pozo debuta por 100 m de vulcanitas Zaza (probable Fm. Mataguá), descansando sobre unos 40 m de metagabrodioritas y metadioritas.

Otro ejemplo se encuentra al oeste de la Cúpula de Trinidad, en la Zona de Las Moscas, donde pozos inclinados para un total de 544 m (Bolotin *et al.*, 1970); realizados contra el contacto, muestran a las gabroanfibolitas buzando por debajo de la Fm. Loma La Gloria sin evidencia de reelaboración alguna. Por fin, al norte de la Cúpula de Trinidad, se destaca un cuerpo kilométrico de Anfibolitas Yayabo, bajo los metagabros en el contacto tectónico. Es decir, rocas internas del Escambray, nuevamente en contacto con las gabroanfibolitas.

En términos generales, vale la pena enfatizar:

-Las anfibolitas Yayabo, son lavas típicas en prácticamente todos sus afloramientos conocidos, no son rocas intrusivas.

-En ningún lugar del Escambray existe una localidad donde rocas del Arco Volcánico Zaza, yacen en contacto directo con el macizo metamórfico.

-No existe un solo lugar en el Complejo Mabujina donde alguna escama o resto de anfibolitas Yayabo se encuentren mezcladas con anfibolitas Mabujina.

-En los granitoides Manicaragua no fueron encontrados xenolitos del Escambray. Tampoco en el Escambray se encuentran rocas filonianas relacionadas con los granitoides Manicaragua. Los contactos de ambas unidades son solo tectónicos. Las evidencias muestran que durante la intrusión de los granitoides no se produjo contacto alguno con el Escambray (Stanik *et al.*, 1981), ni siquiera en términos de emisarios distales en forma de venas o diques pegmatíticos. Es decir una desconexión absoluta.

Estos hechos ilustran que el contacto al este de la Cúpula de Sancti Spiritus se trata de un caso excepcional y particular de la evolución de la Falla de Perímetro del Escambray. No es en absoluto una generalidad ni caracteriza las propiedades regionales de este contacto. De hecho, sin importar cualquiera corte que se tome y en cualquier dirección que se marque, las anfibolitas Yayabo yacen **dentro del macizo Escambray** y solo se relacionan con Loma La Gloria. De cuyo hecho indudablemente se derivan ciertas implicaciones.

Otras rocas de Mabujina que quizá se intentaría comparar con Yayabo, son las del Litodema Anfibolitas Hanabanilla, el más potente de la Suite Mabujina ((Mlcoch y Álvarez-Sánchez; *ibid.*). Se trata de anfibolitas bandeadas blastoporfídicas, biotíticas; derivadas de pórfidos basálticos; con intercalaciones de rocas piroxénicas plagioclásicas (labradorita-bitownita), granatíferas y gneis biotíticos con cristales relicticos de feldespato potásico, que faltan completamente en Yayabo.

Las rocas del Complejo Anfibolítico, comparadas con las del Escambray, tienen como característica la ausencia de moscovita, solo encontrada como accesorio en las plagioclasas (Mlcoch, en Stanik *et al.*, 1981). Asimismo, las Anfibolitas Hanabanilla se diferencian de las Anfibolitas Yayabo por la presencia de biotita en las primeras y por el desarrollo profuso de moscovita y buena foliación en las segundas (Mlcoch y Álvarez-Sánchez, *op cit.*, 1986). La

biotita es un mineral muy característico en las anfibolitas Hanabanilla, que son las rocas que por su estructura y bandeado más pudieran parecerse a las Anfibolitas Yayabo.

Souček y Álvarez-Sánchez (en Escambray II, 1986; Figura IV.38) demostraron que el contenido de sodio en todas las rocas básicas (metagabros, metabasitas, esquistos albiticos, glaucofano-granatíferos, anfibolitas, glaucofánicas y gabros promedio) del Escambray predomina sobre el potasio; al contrario que en el complejo Mabujina<sup>146</sup>. Solo en las micacitas (esquistos moscovíticos) la relación es 1:1 y en las filitas y algunas cuarcitas y esquistos cuarcíticos predomina el Potasio sobre el Sodio. Esto coincide bien con la composición mineral de dichas rocas, porque el potasio en los metasedimentos está contenido solo en las micas (moscovita), mientras que el sodio está contenido en la albita, la glaucofana y la paragonita. Por otra parte, las rocas en el Escambray se diferencian respecto a Mabujina y Zaza por una mayor y general alcalinidad y contienen casi dos veces más TiO<sub>2</sub> (exceptuando las cuarcitas) en comparación con rocas similares de Mabujina y del Arco Volcánico de Zaza.

En conclusión: Ni las gabroanfibolitas que ocupan la sección inferior del Complejo Anfibolítico ni las metaporfiritas Hanabanilla en su parte inferior-media, admiten comparaciones con las Anfibolitas Yayabo. Ni Mabujina ni Yayabo presentan alguna semejanza o característica en común. Ni química ni de ambiente de formación ni de grado metamórfico. Tales discrepancias sustanciales se encuentran bien explicadas en Millán y Somin (1985ab y Somin *et al.*, 1992). Incluso Stanik *et al.*, 1981, hubo de señalar que las Anfibolitas Yayabo, por su composición química, eran las rocas más afines a la Fm. Yaguanabo que existían en el Escambray. Y, al igual que en el caso de los esquistos cristalinos Algarrobo, no hay evidencia alguna de que la Fm. Yayabo se trate de fragmentos de un basamento cristalino antiguo reelaborado durante el metamorfismo del complejo Escambray (Millán y Somin, 1985b).

Por consiguiente; las evidencias parecen sostener que ambos complejos anfibolíticos fueron metamorfizados en ambientes geotectónicos diferentes. Yayabo en una zona de subducción como lo demuestran sus parámetros T-P y Mabujina, en las condiciones de suprasubducción; probablemente en la sección inferior de un arco volcánico, quizá como parte de su fundamento ofiolítico. Su concatenación tectónica ocurrió sin alguna modificación suficientemente importante de sus asociaciones metamórficas distintivas. Al parecer, solo después de que ambos complejos estuvieron metamorfizados y plegados se completó su concatenación tectónica, cuyo evento no determinó alguna modificación significativa de su composición química fundamental y sus parámetros metamórficos.

#### Otras variantes.

Otras alternativas para el origen de Yayabo se han discutido. Iturralde-Vinent (1995) siguiendo en parte la opinión de Somin y Millán (1981); Somin (1992) y Millán y Somin (1985ab) se refiere a las Anfibolitas Yayabo como representantes metamorfizados de la sección efusivo-sedimentaria de un complejo ofiolítico. Supone que las anfibolitas Yayabo representan los fragmentos de una unidad "protocaribeña" de corteza oceánica que se encuentra en el Escambray y que fragmentos, de esta misma corteza metamorfizada, formarían parte del Complejo Mabujina. Como es conocido, las ofiolitas del Complejo Mabujina, no se comparan de modo alguno con las Anfibolitas Yayabo y pertenecen a la sección inferior del arco volcánico de edad principal Cretácico Inferior.

Las ofiolitas del Complejo Mabujina, en la totalidad de los cortes conocidos, incluso en pozos estructurales dentro del Escambray, forman la base del sobrecorrimiento de los complejos de arco volcánico sobre esa megaestructura (Pozo Estructural Seibabo 1; en Dublan y Álvarez-Sánchez; 1986). Las anfibolitas, descansando bajo lavas no metamorfizadas o con un metamorfismo incipiente de la facies de los esquistos verdes de baja presión, yacen directamente en contacto con las metamorfitas del Escambray. Por esto, el contacto base de las Anfibolitas Mabujina con el Macizo Metamórfico Escambray es descrito, con toda razón, como la superficie que expresa las relaciones tectónicas principales entre el Complejo Mabujina y el Escambray (*e. g.* Stanek, *et al.*, 2006).

Las evidencias obtenidas durante los levantamientos a escala 1: 100,000 (Stanik, *et al.*, 1981) que abarca la totalidad del Complejo Mabujina y a escala 1.50, 000 (Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986) de la parte principal mejor expuesta y más potente del Complejo Anfibolítico Mabujina, al Norte del Escambray, han demostrado:

<sup>145</sup> Finas escamas de moscovita aparecen dentro de los núcleos y bordes de las plagioclasas como mineral tardío. La hornblenda forma la parte principal de las rocas.

<sup>146</sup> La Fm. Yayabo se diferencia sustancialmente del Complejo Mabujina, litológicamente, petroquímicamente (las anfibolitas Yayabo contienen mucho más TiO<sub>2</sub> y mucho menos K<sub>2</sub>O que las de Mabujina, así como por las rocas magmáticas cortantes asociadas (Millán y Somin, 1985b).

a-El corte del Complejo Mabujina que cabalga al Escambray, se encuentra en todas partes sin inversiones de su corte estratigráfico normal.

b-Que en el interior del Complejo Mabujina no existen mélanges tectónicos ni imbricaciones ni escamas de alguna roca, que pueda compararse de forma consistente con las Anfibolitas Yayabo.

No existen pruebas definitivas de que las Anfibolitas Yayabo sean representantes de la parte suprapéridotítica de un complejo ofiolítico, aunque es cierto que esta posibilidad no se puede excluir. A falta de restos de una columna ofiolítica típica, las metasilicitas no predominan en absoluto en los cortes de Yayabo como este autor cree y al parecer le hace suponer que las anfibolitas son un fragmento de la parte superior de la corteza oceánica.

El problema sobre la naturaleza y origen del complejo que se supone existió entre el Complejo Mabujina y el Macizo Metamórfico Escambray, durante la superposición tectónica de ambas geoestructuras; permanece tan desconocido como al principio.

Iturralde-Vinent (1998; página 20) sugiere que las Anfibolitas Yayabo podrían representar olistoplasmas análogas a las desarrolladas en las olistostromas de la Cordillera de Guaniguanico. A un lado de que en el Escambray no es correcto referirse a Yayabo, como "serpentinitas asociadas a grandes cuerpos de anfibolitas"; sino todo lo contrario; no deja de ser sorprendente acudir a este mecanismo caracterizado por los deslizamientos gravitacionales supracorticales, para referirse a la posibilidad de emplazamiento de cuerpos, sustraídos de tal esfera, hacia su inserción conjunta con su substrato en una zona de subducción.

### Edad de las Anfibolitas Yayabo.

Millán y Somin (1985 b) y Somin *et al.*, 1992), describen los resultados de una determinación K/ Ar de 85.4 Ma (aproximadamente Coniaciano-Santoniano), proveniente de una vena pegmatítica cuarzo-albita-moscovita que corta las anfibolitas. Somin *et al.* (op cit.), indican el alto contenido de potasio de la muestra que eleva sustancialmente la confiabilidad de este resultado y establece una edad límite superior para el metamorfismo de las anfibolitas. De aquí que la edad del protolito es considerada como mesozoica y que la unidad pertenece, ahora, a la secuencia estratigráfica del macizo Metamórfico Escambray (Millán y Somin, 1985b).

La Expedición Escambray I (Stanik *et al.*, 1981) considero importante del mismo modo la cuestión de la edad de las anfibolitas. Con este fin se tomaron 4 muestras para edad absoluta provenientes del cuerpo principal de las anfibolitas, en las cercanías del contacto con las anfibolitas del complejo Mabujina (Tabla XIV).

**Tabla XIV. Edades radiométricas por el método argón-potasio de las anfibolitas Yayabo.**

Localidad	Roca	Laboratorio	Mineral analizado	Edad en Ma.
411703 <sup>147</sup>	anfíbolita	GUSD-Bratislava	moscovita	64.09 ± 2.9
4118032	II	II	anfíbol	62.10 ± 2.3
417066	II	II	moscovita	69.30 ± 2.4
411704	II	II	anfíbol	78.50 ± 1.5

Según Stanik (op cit.) los resultados coinciden con los publicados por Somin y Millán (1977) (esquistos calcínicos 61 ± 4; esquistos cuarcíferos 66 ± 4; esquistos calcínicos 60 ± 3 y anfíbolita 43 ± 5). Según las edades paleontológicas que fechan a las secuencias del Escambray como Jurásico Inferior a Cretácico Inferior, las edades obtenidas datan los procesos metamórficos premaastrichtiano o del Maastrichtiano Inferior (Stanik, *ibid.*)

### Referencias.

Academia de la Lengua Española, 2005, Diccionario de la lengua española. *Espasa-Calpe. Madrid.*

Acevedo-González, M., 1968, La región de "La Cueva", Sierra de San Juan, zona cársica Cumanayagua-Trinidad, provincia de las Villas, Cuba. *Instituto Nacional de Recursos Hídricos, Publicación Especial No. 6, La Habana.*

Allende, Roque, 1928, Yacimientos piritosos de la Sierra de Trinidad (Mina Carlota). *Bol. de Minas, Habana, 12, pp. 50-58. 2 figs.*

Álvarez-Sánchez, H., 1972, Geología general y estructural de la Provincia de Pinar del Río, Cuba. *Instituto de Hidroeconomía. Pinar del Río, 341 Pág., 41 figs., 32 hojas 1:50,000. (Inédito).*

Álvarez-Sánchez, H., 1984, Estratigrafía de la Sierra de Los Órganos y la significación tectónica y paleogeográfica de las olistostromas del Valle de Pons. *XXVII, Int. Geol. Congress. Moscú (abstract). Serie Geol. Mimbás. 5 Pág. La Habana.*

Álvarez-Sánchez, H., Millán, G., Mainegra, V., Bernal, L., Andó, J., 1992, Significado geotectónico de las rocas eclogíticas de Cuba central. *Empresa Geólogo-Minera del Centro. Santa Clara. Cuba. Instituto de Geología y Paleontología del MINBAS. La Habana. Cuba. 32 pp. (Inédito). Resúmenes XIII Conf. Geol. del Caribe.*

Álvarez-Sánchez, H., Bernal Rodríguez, L., 2015, Dilemas en la litoestratigrafía y el metamorfismo en la tectónica de mantos del Macizo metamórfico Escambray. *Miramar Mining Corp. República de Panamá. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana, Cuba. (inédit.). 33 pp. 17 figs.*

Álvarez Sánchez, H. F., De Huelbes, J., Bernal Rodríguez L. R., 2015, Formaciones y Litodemas en la nomenclatura estratigráfica cubana. *Memorias de Geociencia. VI Convención de Ciencias de la Tierra. La Habana, Cuba. 31 págs. 15 figs.*

Auzende, A.L., Devouard, B., Guillot, S., Daniel, I., Baronnnet, A., Lardeaux J.M., 2002, Serpentinities from central Cuba; petrology and HRTEM study. *European Journal of Mineralogy, 14, 905-914.*

Bettelli, G., Panini, F., 1985, Il mélange sedimentario della Val Tiepido (Appennino modenese). *Atti Soc. Nat. Mat. Mod. 115, 91-106.*

Bibikova, E.A., Somin, M.L., Gracheva, T.V., Makarov V.A., Millán, G., Shukolykov, Yu. A., 1988, First results of U-Pb dating of metamorphic rocks of the Greater Antillean arc: age of the Mabujina Complex of Cuba. *Doklady Acad. Sc. V. 301, # 4, P.924-928. Moscow. (en Ruso).*

Brönnimann, P. y Pardo, G., 1954, Annotations to the correlation chart and catalogue of formations (Las Villas province), *Geol. Rept. 456. Oficina Nac. Recursos Min., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*

Brown, B., y O'Connell, M., 1922, Correlation of the Jurassic formations of western Cuba. *GSA Bull. 33: 639-664.*

Bolotin Y., Yidkov, A. Y., Maximov, A. A., Sosa, R., 1970, Yacimiento de minerales sulfurosos de la serie metamórfica Escambray en la parte noroeste del macizo montañoso del mismo nombre. *Revista Tecnológica. Vol.8 No.2. 35-48 p.*

Boyanov, I., Goranov, G., Cabrera, R., 1975, Algunos nuevos datos sobre la geología de los complejos de anfibolitas y granitoides en la parte Sur de Las Villas. *Serie Geológica No. 19. Acad. de Ciencias de Cuba. Inst. de Geol. y Paleont. P.1-14.*

Brovin, M. A., 1966, Informe sobre los minerales cupríferos en la zona del yacimiento Carlota, en los años 1964-1965. *Min. de Industrias/ICRM, Fondo Geológico Santa Clara (inédito).*

Butterlin, J., 1956, La constitution géologique et la structure des Antilles. *Centre Nat. Recherche Scient. Paris. 453 pp.*

Cobiella-Reguera, J. L., 2005, Emplacement of Cuban Ophiolites. *Geologica Acta, Vol.3, Nº3, 2005, 273-294.*

Chakraborty, S., Ganguly, J., 1992, Cation diffusion in aluminosilicate garnets: experimental determination in spessartine-almandine diffusion couples, evaluation of effective binary diffusion coefficients, and applications. *Contributions to Mineralogy and Petrology, 111, 74-86.*

Coleman, R.G., Lee, D.E., Beatty, L.B., and Brannock, K.W., 1965, Eclogites and eclogites: their differences and similarities; *Geol. Soc. Am., Bull., V.76, p.483-508.*

Coleman, R. G., Wang, X., (Editors), 1995, Ultrahigh Pressure Metamorphism. *Cambridge University Press.*

Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 2010, Código Estratigráfico Norteamericano. *Universidad Nacional Autónoma de México. Boletín 117.*

Cruz Orosa, I. y Blanco Moreno, J. A., 2007, Análisis estructural a escala regional de la zona de fallas La Trocha. *Minería y Geología /v.23 n.2 / 2007.*

Cruz Orosa, I., Sábat, F., Ramos, E., and Vázquez-Taset, Y. M., 2011, Synorogenic basins of central Cuba and collision between the Caribbean and North American plates. *International Geology Review, DOI: 10.1080/00206814.2011.585031.*

Deer, W. A., Andrew H. R., Zussman, J., 1997, Rock Forming minerals. Double chain silicates. Volumen 2B. *Second Edition. The Geol. Soc. of London.*

De Golyer, E. L., 1918, The geology of Cuban petroleum deposits. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., New York, 2:140-141.*

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.*

Despaigne Díaz, A. I., 2009, Estructura y metamorfismo del área La Sierrita, Macizo Escambray, Cuba Central. *Tesis de grado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca". 192 pag. Pinar del Río. Cuba.*

Díaz de Villalvilla, L., 1988, Caracterización Geológica y petrológica de las asociaciones vulcanógenas del Arco Insular Cretácico en Cuba Central. *Resumen de Tesis de grado. Cienc. De la Tierra y el Espacio.*

Díaz de Villalvilla, L., 1989, Características geoquímicas de las series volcánicas principales del Arco Insular Cretácico en Cuba central (provincias Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spiritus). *1er Congreso Cubano de Geología. (Resúmenes).*

Dickerson, R. E. and Butt, W. H., 1935, Cuban Jurassic. *AAPG Bull. vol.19. pags.116-118. Oklahoma.*

Dilek, Y., Festa, A., Ogawa, Y., and Pini, G. A., 2012, Chaos and geodynamics: Mélanges, mélange-forming processes and their significance in the geological record. *Tectonophysics 568-569, 1-6. Special Issue.*

Dimitrijevic, M. D. and Dimitrijevic, M. N., 1973, Olistostrome melange in the Yugoslavian Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. *Journal of Geol. V 81, 328-340 No 3, 8 figs.*

Draper, G. and Barros, J. A., 1994, Caribbean Geology: An Introduction. Cuba, Chapter 4. *U.W.I. Publishers' Association, Kingston.*

Draper, G., 2001, The southern metamorphic terranes of Cuba as metamorphic core complexes exhumed by low-angle extensional faulting? *Memorias GEOMIN 2001 (CD-ROM), LA Habana, 19-23 de Marzo. Reunión del Proyecto No. 433 del PICG/UNESCO "Tectónica de Placas en el Caribe".*

Dobrezov, N. L., Dobrezova, N. L., Millan, G., Somin, M. L., 1987, Eklogity Kuby: novye dannye (Eclogites of Cuba: New Data). *Doklady AN SSSR, Ser. Geol., 292, N 1, 179-184. (En Ruso).*

Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H.; Mlcoch, B.; Mañour, J.; Lledíaz, 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).*

Dublan, L., Snopkova, P., Álvarez Sánchez, H., 1988, Datos preliminares sobre la edad de las anfibolitas del Cinturón de Mabujina de Cuba Central, según el método paleobotánico. *Bol. de Geociencias. V. 3. Nº. 2. pag. 48-56. Centro Universitario de Pinar del Río. Cuba.*

Elter, P. y Trevisan, L., 1973, Olistostromes in the Tectonic Evolution of the Northern Apennines. *En K. A. De Jong y R. Sholten (edis.) Gravity and Tectonics. John Wiley & Sons. New York. Pags. 175-188.*

Ernst, W. G., 1971, Metamorphic zonation on presumably subducted lithospheric plates from Japan, California and Alps. *Contrib. Mineral. Petrol. 34, 45-59.*

<sup>147</sup> 41 es la Hoja Loma La Gloria 1:50,000 en la nomenclatura de localidades de Escambray I.

Ernst, W. E., Rambaldi, E., and Piccardo, G. B., 1983, Trace Element Geochemistry of Iron + Titanium-Rich Eclogitic Rocks, Gruppo Di Voltri, Western Liguria. *The Journal of Geology*. Vol. 91, No. 4 (Jul., 1983), pp. 413-425.

Fernández de Castro, M., 1881, Pruebas paleontológicas de que la isla de Cuba ha estado unida al continente americano y breve idea de su constitución geológica. *Discurso pronunciado en el cuarto Congreso Internacional de Americanistas*. Madrid.

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.

Festa, A., Ogata, K., Pini, G. A., Dilek, Y., & Codegone, G., 2014a, Late Oligocene–early Miocene olistostromes (sedimentary mélanges) as tectono-stratigraphic constraints to the geodynamic evolution of the exhumed Ligurian accretionary complex (Northern Apennines, NW Italy). *International Geology Review* · July 2014. Volume 57, 2015 - Issue 5-8: Convergent plate margin processes and their rock record.

Festa, A., Dilek, Y., Gawlick, H.-J., Misoni, S., 2014b, Mass-transport deposits, olistostromes and soft-sediment deformation in modern and ancient continental margins, and associated natural hazards. *Marine Geology* 356 (2014) 1-4.

Flores, G., 1955, Discussion in Beneo, E (1955): Les resultats des études pour la recherche pétrolifère en Sicily. *Proc. IV World Petroleum Cong. Rome Sec. 1/A& Boll. Soc. Geol. Ital.* (1956), 78: 1-26 (109-124).

Flores, G., 1959, Evidence of slump phenomena (olistostrome) in areas of hydrocarbon exploration in Sicily. *5th World Petroleum Congress, 30 May-5 June, New York, USA (WPC-8013)*. *Proc. Sec. 1., pags. 259-275*.

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-Quendo, J., Zuazo-Alonso, A., Pszczółkowski, A., Brezsyńszky, K., Slavov, I., y Myczyński, R., 1992, Léxico Estratigráfico de Cuba. *Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 p. (Primera versión)*. (Inédito).

Furrázola-Bermúdez, G., Khudoley, K., Mikhailoskaya, M., Miroliubov, Y., Novokhatsky, Y., Nuñez-Jimenez, A., Solsona, J., 1964, Geología de Cuba. Editorial Universitaria. La Habana. 239 pags.

García-Casco, A., Torres Roldán, R., Millán Trujillo, G., 2003, Ejemplos de Aplicación a Metabasitas del Terreno Escambray (Cuba). *Universidad de Granada (Manuscrito inédito)*.

García-Casco, A., Torres-Roldán, R. L., Iturralde-Vinent, M. A., Millán, G., Nuñez Cambra, K., Lazaro, C., 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 Caribea: 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.

García-Casco, A., Iturralde Vinent, M., Bernal, L., 2009, Post Conference Field Trip (March 21-25) Subduction and Arc Complexes of Central Cuba. *Geociencias 2009. La Habana*.

Godard, G., 2001, Eclogites and their geodynamic interpretation: a history. *Journal of Geodynamics* 32 (2001) 165–203.

Gorielov, V. E., Gorielova, V. G., Starova, M. M., 1964, Informe sobre el yacimiento Carlota. *Oficina del Fondo Geol. La Habana (inédito)*.

Grafe, F., Stanek, K. P., Baumann, A., Maresch, W. V., Hames, W. E., Grevel, C. and Millan, G., 2001, Rb-Sr and 40Ar/39Ar Mineral Ages of Granitoid Intrusives in the Mabujina Unit, Central Cuba: Thermal Exhumation History of the Escambray Massif. *The Journal of Geology*, Vol. 109, No. 5 (September 2001), pp. 615-631.

Greenly, E., 1919, The geology of Anglesey. *Jan Truscold and Son, Ltd. London. 444 pp*.

Grevel, C., 2000, Druck-und Temperaturentwicklung der metamorphen Deckeneinheiten des Escambray Massives, Kuba (Pressure and temperature history of the metamorphic nappes of the Escambray Massif, Cuba). *Unpublished Dr. rer. nat. Thesis, Ruhr-Universita't Bochum, Germany*.

Grevel, C., Maresch, W. V., Stanek, K. P., Grafe, F. and Hoernes, S., 2006, Petrology and geodynamic significance of deerite-bearing metaquartzites from the Escambray Massif, Cuba. *Mineralogical Magazine, October 2006, Vol. 70(5), pp. 545–564*.

Haczewski, G., 1976, Sedimentological Reconnaissance of the San Cayetano Formation. *Acta Geol. Pol. Vol. 26. No.2. Págs. 331-353. Warszawa*.

Haczewski, G., 1987, Reconocimiento sedimentológico de la Formación San Cayetano: un margen continental acumulativo en el Jurásico de Cuba occidental. (En: *Pszczółkowski, A., (Editor) 1987. Contribución a la Geología de la Provincia Pinar del Río. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de la Habana, p. 228-247*).

Hallberg, J. A., 1984, A geochemical aid to igneous rock type identification in deeply weathered terrain. *Journal of Geochemical Exploration Volume 20, Issue 1, February 1984, Pages 1-8*.

Haydutow, S., 1984, Model for the cretaceous geotectonic evolution of Central Cuba. *Contribution of Bulgarian Geology. (Khrishev, Kh.; Nachev, I.; Editors) Bulgary Geol. Soc. pag. 117-125*.

Haydutow, S., Boyanov, I., Millán, G., 1989, Nuevos aspectos acerca de la génesis del protolito del Complejo Anfibólico Mabujina, Sur de Cuba central. *1er Congreso Cubano de Geología (Resúmenes)*. 97-98.

Hayes, C.W., Vaughan, T.W., y Spencer, A. C., 1901, Report on a geological reconnaissance of Cuba. *Gov. Print. Off., Washington D.C., 1-123. (Traducido por Pablo Ortega Ros y publicado en el Boletín de Minas 2 de la Secretaría de Agricultura, en 1917)*.

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)*.

Hatten, Ch., W., 1967, Principal features of Cuban geology. Discussion. *The A.A.P.G., Bull. Vol. 51. No. 5, pp. 780-803*.

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*.

Hoedemaeker, Ph. J., 1973, Olistostromes and other delapsional deposits and their occurrence in the region of Moratalla (Province of Murcia, Spain). *Scripta Geol., No. 19, 207 págs. Leiden, Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie*.

Holland, T.J.B., Powell, R., 1998, An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. *Journal of Metamorphic Geology* 16, 309-343.

Hsü K. J., 1968, Principles of melanges and their bearing on the Franciscan Knoxville Paradox. *Geol. Sec. of Am. Bull. V. 79, pp 1063-1074, 2 figs, 2 pls*.

Hsü, K. J., 1974, Melanges And Their Distinction From Olistostromes. *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation (SP19) (SEPM)*.

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8, 523-548.

Iturralde-Vinent, M. A., Millán, G., Korpas, I., Nagy, E., Pajón, J., 1994, Geological interpretation of the Cuban K-Ar database. En M. A. Iturralde-Vinent, editor. *Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba. IUGS/UNESCO. Project 364. Special Contribution Nº.1: Págs. 48-69*.

Iturralde-Vinent, M. A., 1994, Geología de las ofiolitas de Cuba. En M. A. Iturralde-Vinent, editor. *Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba. IUGS/UNESCO. Project 364. Special Contribution Nº.1: Págs. 83-130*.

Iturralde-Vinent, M., 1998, Sinopsis de la Constitución Geológica de Cuba. *Acta Geológica Hispánica, v. 33 (1998), nº 1-4, p.9-56*.

Iturralde-Vinent, M. A., 1995, Eventos magmáticos y desarrollo de las cortezas oceánicas del Caribe en el ejemplo de Cuba. *Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Superior J. A. Echevarría. Univ. de La Habana. pp. 103*.

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*.

Jacobacci, A., 1965, Frane sottomarine nelle formazione geologiche. Interpretatione dei fenomeni olistostromici e degli olistolite nell Appennino e in Sicilia. *Boll. Serv. Geol. Italia, 86: 65-85, Roma 1965*.

Kantchev, Il., Boyanov, I., Goranov, A., Iolkichev, N., Cabrera, R., Kanazirski, M., Popov, N. y Stancheva, M., 1978, Geología de las provincias de Las Villas. Resultado de las investigaciones y levantamiento geológico a escala 1: 250,000 realizados entre 1969 y 1975. (Inédito). *Archivo ONRM, Archivo IGP. C. Habana*.

Khudoley, C. M., Furrázola-Bermúdez, G., 1968, Estratigrafía y fauna del Jurásico de Cuba. *Inst. Cub. de Recursos Minerales. Acad. de Cienc. de Cuba*.

Khudoley, K. M. and Meyerhoff, A. A., 1971, Paleogeography and geological history of Greater Antilles. *Geol. Soc. Am. Mem. 129, 1-199*.

Kretz, R., 1983, Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68, 277-279.

Kumpera, O., y Skvor, V., 1969, Contribution to the information on the geological development and structure of Cuba and the Caribbean region. *Vestnik Ostsredniho ustavu geologickeho, XLIV, pág. 39-51*.

Laird, J., Albee, A.L., 1981, High pressure metamorphism in mafic schists from northern Vermont. *American Journal of Science*, 281, 97-126.

Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, Ch. E., Birch, W. D., Gilbert, M. Ch., Grice, J. D., 1997, Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *The Canadian Mineralogist. Vol. 35, pp. 219-246*.

Le Maitre, R.W., Bateman, P., Didek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., Zanettin, B., 1989, A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: *Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Blackwell Scientific, Oxford*.

Lewis, J. W., 1932, Geology of Cuba (with discussion by R. J. Metcalf). *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 16:533-555*.

Linares, E.; Osadchy, P.; Dobjnia, A.; Gil, S.; García, D.; García, L.; Zuazo, A.; González, R.; Bella, V.; Brito, A.; Bush, W.; Cabrera, M.; Capote, C.; Cobiella, J. L.; Díaz de Villalvilla, L.; Eguipko, O.; Evdokimov, Y.; Fonseca, E.; Furrázola-Bermúdez, G.; Hernández, J.; Judoley, C. M.; Kondakov, L.; Markovskiy, A.; Norman, A.; Pérez, M.; Peñalver, L.; Tijomirov, I.; Trofimov, V.; Vtulochkin, A.; Vergara, F.; Zagoskin, A. y Zelepuguin, V., 1985, Mapa geológico de la República de Cuba, escala 1:500 000. *Centro de Investigaciones Geológicas, Minist. Indust. Bas., La Habana*.

Lisitsin, A., 1967, Particularidades en la distribución de los yacimientos sulfurados de Cuba. *Rev. Tecnol. No.1*.

Lobik, M., Dostal, D., Zimmerhakel, Kleinwachter, M., P., Rodríguez, R., Darías, J. L., Fernández, J., 1986, Informe Final del Levantamiento Geológico 1:100,000. Zona Este. *Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. (Inédito)*.

Loomis, T. P., Ganguly, J., Elphick, S. C., 1985, Experimental determination of cation diffusivities in aluminosilicate garnets. II. Multicomponent simulations and tracer diffusion in aluminosilicate garnets. *Contributions to Mineralogy and Petrology, 90, 45-51*.

Macdonald, G. C., 1977, A re-evaluation of the serpentinites and serpentized rocks of the Northwest Trinidad Mountains, Las Villas province, Cuba. *Carleton University. Thesis. Ottawa*.

Mainegra, V. A., 1990, Informe mineralógico al proyecto de búsqueda de granate La Belleza. *Arch. Geol. Empresa Geólogo-Minera del Centro. (inédito)*.

Maresch; W. V., Grevel, C., Stanek, K. P., Schertl, H. P. and Carpenter, M., 2012, Multiple growth mechanisms of jadeite in Cuban metabasite. *Eur. J. Mineral. 2012, 24, 217–235*.

Marshall, Daniel, 1996, Ternplot: An excel spreadsheet for ternary diagrams. *Computers and Geosciences, Volume 22, Issue 6, p. 697-699. Elsevier Science Ltd*.

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*.

Medley, E. W., 1994, The Engineering Characterization of Melanges and Similar Block-in-Matrix Rocks (Bimrocks). *Thesis. Doctor of Philosophy. University of California at Berkeley. 338 pp*.

Meinhold, G., 2010, Rutile and its applications in earth sciences. *Earth-Science Reviews Vo. 102, Issues 1–2, September 2010, Pages 1-28*.

Meyerhoff, A. A., Khudoley, K. M., Hatten, C. W., 1969, Geologic Significance of Radiometric Dates from Cuba. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin V. 53, No. 12 (December, 1969), P 2494-2500. 3 Figs., 1 Table*.

Millán, G., 1972, Presencia de grandes estructuras de cabalgamiento en la región metamórfica del Escambray. *Acad. Cienc. Cuba. Bol. Actas 2, pp 17-18*.

Millán, G., 1973, Los dos complejos litológicos existentes en las metamorfitas del Escambray, Prov. de Las Villas. *Boletín Actas No. 3, pp. 39-42, Instituto de Geología. Academia de Ciencias, La Habana*.

Millán, G.; Somin, M. L., 1976, Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas. *Serie geológica Nº 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 (en ruso ). *C. Sc. Tesis. Inst. Física de la Tierra. ANSSR, Moscu, 134 pp. (en ruso)*.

Millán, G. y Myczynski, R., 1978, 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., 1981, Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray. *Editorial Academia. La Habana. 104 páginas*.

Millán, G., Pszczółkowski, A., 1982, Sobre los depósitos más jóvenes de la secuencia metamorfozada del macizo Escambray. *IX Jornada Científica. Inst. de Geol. y Paleont. Academia de Ciencias de Cuba*.

Millán, G. y Somin, M. L., 1985 a, Contribución al conocimiento geológico de las metamorfitas del Escambray y del Purial. *Reporte de Investigación Nº 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, G.; Díaz-Machín, J., 1988, Estudio de factibilidad de la C.H.A. Centro. Variante San Blas (Capítulo sobre las características geológicas de la región): *Instituto de Hidroeconomía (inédito)*.

Millán, G., 1988, La asociación glaucofana-pumpellita en metagabroides de la faja metamórfica Cangre. *Bol. Geociencias. Vol. 3, No. 1, pp 35-36*.

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., 1992, Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas. *13 Conf. Geol. del Caribe; 1992. P. del Río. Cuba*.

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 (eds.): Estudios sobre geología de Cuba. Inst. de Geol. y Paleont. Centro Nacional de Información Geológica. La Habana. Pags. 271-289.*

Mossakovski, A., Nekrasov, G., Sokolov, S., 1986, Los complejos metamórficos y el problema del fundamento *de la estructura alpina de Cuba. Geotectonics* 3; 5-24. (ruso traducido al inglés).

Muecke, G. K., Pride, C., Sarkar, P., 1979, Rare-earth element geochemistry of regional metamorphic rocks. *Physics and Chemistry of the Earth Volume 11, 1979, Pages 449-464.*

Mullen, E. D., 1983, MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: A Minor Element Discriminant for Basaltic Rocks of Oceanic Environments and Its Implications for Petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters, 62, 53-62.*

Nicollet, C. & Andriambololona, D., 1980, Distribution of transition elements in crustal metabasic igneous rocks. *Chemical Geology, 28, 79-90.*

Palmer, R. H., 1945, Outline of the geology of Cuba. *The Journ. of Geology. Vol. 53. No. 1, pp. 1-34.*

Pardo, G., 1953, Geologic exploration. Cuban Gulf Oil Company. *CNFG. La Habana. (ined.)*

Pardo, G., 1954, Cuban Gulf Oil Co. exploration. April 1952 July 1954. *Oficina Nac. Fondo Geol. La Habana. pp. 1-79.*

Pardo, G., 1975, Geology of Cuba. In *The Ocean basins and margins, Alan E. M. Nairn Edit. Francis G. Stehli. Vol. 3: Caribbean and Gulf of Mexico, p. 553-613. Plenum Press. New York.*

Pardo, G., 2009, Overview, in G. Pardo, The geology of Cuba: *AAPG Studies in Geology Series, no. 58, p. 1-47*

Pavlov, I., 1970, Informe de los trabajos de búsqueda-levantamiento a escala 1:50,000 realizados en 1969-70 en el área comprendida entre las ciudades de Cumanayagua y Fomento (provincia de Las Villas). *Oficina del Fondo Geológico Nacional. La Habana.*

Pérez, M., Soto, T., Sukar, K., 1986, Particularidades petrológicas de los granitoides de las provincias villaclareñas. *Serie Geológica, (3): 3-14.*

Petersen, M. D., 1983, The use of the “immobile” elements Zr and Ti in lithochemical exploration for massive sulphide deposits in the Precambrian Pecos greenstone belt of northern New Mexico. *Journal of Geochemical Exploration Volume 19, Issues 1-3, December 1983, Pages 615-617.*

Piotrowska, K., 1972, La tectónica de la Sierra de Los Órganos en el área comprendida entre las localidades de El Cangre, Santo Tomás, Santa Lucía, Baja y San Juan y Martínez. *Actas No. 2, pag. 35-38.*

Piotrowska, K., 1978, Nappe Structure in the Sierra de Los Órganos, western Cuba. *Acta Geol. Polonica, vol. 28, No 1. p 97-170.*

Piotrowski, J., 1977, First manifestations of volcanism in the Cuban geosyncline. *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences, Serie de Sciences des la Terre, 24 (3-4): 227-234.*

Piotrowski, J., 1977, First manifestations of volcanism in the Cuban geosyncline. *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences, Serie de Sciences des la Terre, 24 (3-4): 227-234. Versión en Español: En: Piszczólkowski, A., (Editor) 1987. Contribución a la geología de la provincia Pinar del Río. Editorial Científico-Técnica, La Habana, p. 163-169.*

Piszczólkowski, 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).*

Piszczólkowski, A., 1978, Geosynclinal Sequences of the Cordillera de Guaniguanico in Western Cuba. Their lithostratigraphy facies development and paleogeography. *Acta Geologica Polonica. Vol. 28. Nº. 1. 96 pags. 32 figs. 6 pls. (.)*

Piszczólkowski, 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.*

Piszczólkowski, A., 1985, Sobre la edad del metamorfismo y la estructura tectónica de la faja Cangre. Provincia de Pinar del Río. Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio. No. 10. pags. 31-35.*

Rass, I. T., Aranovich, L. Ya., Korpechkov, D. I., and Kozlovski, V. M., 2014, Geochemistry of Metamorphic Processes in Mafic Rocks of the Krasnaya Guba Area, Belomorian Mobile Belt. *Geochemistry International, 2014, Vol. 52, No. 8, pp. 670-686. © Pleiades Publishing, Ltd., 2014.*

Reynard, B., Balleve, M., 1988, Coexisting amphiboles in an eclogites from the Western Alps: new constraints on the miscibility gap between sodic and calcic amphiboles. *Journal Met. Geol., 6, 333-50.*

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.*

Rojas-Agramonte, Y., Kröner, A., García-Casco, A., Iturralde-Vinent, M. A., Wingate, M. T. D., Liu, D. Y., 2006, Geodynamic implications of zircon ages from Cuba. *Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 04943, 2006.*

Rojas-Agramonte, Y.; García-Casco, A.; Kröner, A.; Herwartz, D.; Despaigne, A. I.; Wilde, S.; 2012, New geochronological ages (U-Pb/Lu-Hf) from high-pressure rocks of the Escambray terrane and Santa Clara serpentinite mélange, central Cuba. Regional correlations and geodynamic implications. *Geophysical Research Abstracts. Vol. 14, EGU2012-14375-1, 2012. EGU General Assembly 2012.*

Schneider, J., Bosch, D., Monie, P., Guillot, S., García-Casco, A., Lardeaux, J. M., Torres-Roldán, 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.*

Sengör, A. M. C., 2003, The repeated rediscovery of mélanges and its implications for the possibility and the role of objective evidence in the scientific enterprise. In *Dilek, Y. and Newcomb, S. (edit), 2003, Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought. Geol. Soc. Of Ame. Especial Paper 373. 504 pp.*

Sengün, F., Zack, T., 2016, Application of The Titanium-In-Quartz Thermobarometer to Eclogites from The Biga Peninsula, NW Turkey. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 44 (2016) 042001.*

Schwandt, C. S., Cygan, R. T., Henry, R. W., 1996, Ca self-diffusion in grossular garnet. *American Mineralogist, 81, 448-451.*

Shervakova, B.E., Bovenko, V.G., Lutsenko, T.N., y Miroshnichenko, I. P., 1974b, Informe sobre los resultados de observaciones de los aparatos ZEMLIA, MOCT, en el territorio de Cuba. *Empresa de Geofísica. (inédito).*

Soloviev, O. N., Skidan, S. A., Skidan I. K., Pankratov, A. P. y Khudoley, K, 1964, Comentarios sobre el Mapa gravimétrico de la Isla de Cuba. *Rev. Tecnológica. V. 2. no. 2. pp. 8-19.*

Somin, M. L. y Millán, G., 1969, Cuestiones principales de la geología de los complejos metamórficos de Cuba. *Bol. Soc. Moscovita Inv. Nat. Ser. Geol. No. 4. Moscú (en ruso).*

Somin, M. L. y Millán, G., 1972, Los complejos metamórficos de Pinos, Escambray y Oriente en Cuba y sus edades. (en idioma ruso). *Известия. СССР. 5. 48-57.*

Somin, M. L. y Millán, G., 1974, informe sobre los trabajos de campo del periodo 1973-1974. *Manuscrito Arch. Inst. de Geología y Paleontología. La Habana. (inédito).*

Somin, M. L., 1975, Apo-eclogite and glaucophanic rocks in southern of Central Cuba: *Doklady ANSSSR, Vol. 221, No. 2, pp. 454-457.*

Somin, M.L., Dobretsov, N.L., Lavrentiev, Y.G., y Millán-Trujillo, G., 1975, Las rocas glaucofánicas y apoeclógicas en Cuba Sur Central. *Dokladi Akad. Nauk. SSSR, 21 (2): 454-457. (en Ruso).*

Somin, M. L. y Millán, G., 1976, El complejo Anfibolítico de Cuba Sur Central y los problemas de la posición tectónica de la serie eugeosinclinal de la isla. *Bol. Sec. Moscovita de Amantes de la Naturaleza, Geol., 5, p. 73-93 (en ruso).*

Somin, M. L. y Millán, G., 1977, Sobre la edad de las rocas metamórficas cubanas. *Informe Científico-Técnico No. 2. Inst. de Geol. y Paleont. La Habana.*

Somin M. L., 1979, Tectónica de Cuba. Ideas basadas en el estudio de sus complejos metamórficos. *VIII Jornada Científica del Inst. de Geología de la Acad. de Ciencias de Cuba (resúmenes).*

Somin, M. L., Millán, G., 1981, Geología de los complejos metamórficos de Cuba (Geologia metamorfisches komplexov, Kuby). *Isdatelstvo 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.*

Somin, M. L., Mattinson, J. M., Rodionov, N. V., Berezhnaya, N.G., Kröner, A., Konilov, A. N., & Sergeev, S. A., 2005, The Arroyo Charcon, an unusual eclogite from the Escambray massif, Cuba: Petrology and zirconology. *Mitt. Österr. Miner. Ges. 150 (2005).*

Somin, M. L., Konilov, A. N., Kröner, A., Mattinson, J., Rodionov, N.V., Bereshnaya N.V., 2009, ZR eclogites of Eskambray complex (Cuba). *Isotopic systems and timing of geological processes. Abstracts of IV All-Russian meeting on isotopic geochronology.*

Spear, F.J. 1993, Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. *Mineralogical Society of America Monograph. Washington D.C. 799 p.*

Sommer, M., 2009, Late Cretaceous to Miocene tectonic reconstruction of the northwestern Caribbean- regional analysis of Cuban geology. *These rerum naturalium. Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. 125 p.*

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).*

Stanek, K. P., and Cabrera, R., 1992, Tectono-magmatic development of Central Cuba. *Zbl. Geol. Palaeont. Teil I, 1991 (6): 1571-1580; Stuttgart.*

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.*

Stanek, K.P., Maresch, W.V., Scherer, E., Krebs, M., Berndt, J., Sergeev, S.S., Rodionov, N., Pfänder, J., Hames, W.E., 2018, Born in the Pacific and raised in the Caribbean: construction of the Escambray nappe stack, central Cuba. A Review. *European Journal of Mineralogy · July 2018.*

Starova, M., y Gorielov, V., 1965, Mineralogía y problemas de génesis del yacimiento Carlota. *Tecnológica, 3 (5): 24-33.*

Swarbrick, R. E. & Naylor, M. A., 1980, The Kathikas mélange, SW Cyprus: late Cretaceous submarine debris flows. *Sedimentology, V.27, I 1, pags. 63-78.*

Zelepuguin, V., Fonseca, E., Díaz de Villalvilla, L., 1982, Asociaciones vulcanógenas de la Provincia de Pinar del Río. *Serie Geológica. Centro de Investigaciones Geológicas. Vol. 6. pags. 42-74.*

Tijomirov, I., Semionov, Y., Lisitsin, S., 1968, Magmatismo intrusivo y metalogenia de Cuba. (inédito) *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba.*

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.*

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.*

Torre y Huerta, C. de la, 1909, Excursión científica a Viñales, descubrimiento de ammonites del período Jurásico en Cuba. *Anales Acad. Ciencias Méd., Físicas y Naturales. La Habana, p. 187-191.*

Torre y Huerta, C. de la, 1910, Comprobation de l’existence d’un horizon Jurassique dans la région occidentale de Cuba. *Compte Rendu, Congrès géologique International, XL, pp.1021-1022.*

Torres-Roldán, R. L., García-Casco, A., García-Sánchez, P. A., 2000, CSpace: An integrated workplace for the graphical and algebraic analysis of phase assemblages on 32-bit Wintel platforms. *Computers and Geosciences, 26, 779-793.*

Truitt, P. and Brönnimann, P., 1955, Preliminary report on the geology of the Viñales area, Pinar del Río province. *Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*

Van Baalen, M.R., 1993, Titanium mobility in metamorphic systems: A review: *Chemical Geology, v. 110, p. 233-249. doi:10.1016/0009-2541(93)90256-I*

Vasilev, E. (redactor); Adyarska, S., Cheleviev, E., Dimitrova, E., Dundalov, T., Ganev, M., Guerdlykov, S., Kunov, A., Mateva, K., Mijailova, L., Nedialkova, S., Petkov, N., Petrova, A., Vasileva, V., Velichkov, D., Viktorov, A., Arcial, F., Borjas, A., Ching, R., Dárias, J. L., Díaz de T., F., Oña, R., Pavón, J., Pérez, A., Pérez, M., Pichardo, L.,

Van Baalen, M.R., 1993, Titanium mobility in metamorphic systems: A review: *Chemical Geology, v. 110, p. 233-249. doi:10.1016/0009-2541(93)90256-I*

Vázquez, C., 1989, Levantamiento geológico 1:50 000 y Búsqueda Norte Las Villas II Jíbaro Báez. *CNFG. La Habana, (inédito).*

Vermunt L. W. J., 1937, Geology of the Province of Pinar del Río, Cuba. *Geogr. Geol. Mededeel, Utrecht, Phys. Geol. Reeks No. 13 pp 1-60, 3 lam. 2 map.*

Wakabayashi, J., 2008, Franciscan Complex, California; Problems in recognition of mélanges, and the gap between research knowledge and professional practice. *ARMA 08-357.*

Wakabayashi, J. and Dilek, Y., 2011, Introduction: Characteristics and tectonic settings of mélanges, and their significance for societal and engineering problems. *Geological Society of America Special Papers 2011;480;v-x doi: 10.1130/2011.2480(00).*

Watson, E. B., Wark, D.A., Thomas, J. B., 2006, Crystallization thermometers for zircon and rutile. *Contrib Mineral Petrol (2006) 151: 413-433.*

Weyl, R., 1950, Die geologische Geschichte des Antillen-Bogens unter besonderer Berücksichtigung der Cordillera Central von Santo Domingo, N. Jahrb. *Geol. Pal. Abh. pp. 137-242. 13 figs. 7 tbls.*

Zelenka, P., Lobik, M., Parizek, A., Woller, F., Dublan, L., Elecko, M., Kudlik, O., Molak, B., Sueska, V., Lledías Díaz, J. P., Silverio Pérez, M., Darías Coca, J., Rodríguez Romero, M., 1990, Levantamiento Geológico Escambray II. 1: 100,000. Zona Oeste. *Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. (inédito).*

# 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/>



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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

Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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





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