

**ENERO**  
**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 deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comuníquese 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:** Metapelitas y vetas de cuarzo plegadas de la Formación Cosoltepec (?), del Complejo Acatlán, Puebla-Oaxaca, México. Fotografía de **Bernardo García Amador**.

**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)



El ingeniero cubano **Humberto Álvarez Sánchez** culmina 54 años como geólogo. Realizó estudios en la Cordillera de Guaniguanico y en su premontaña y en los macizos metamórficos, volcánicos y ofiolíticos de Cuba central. Autor de 18 formaciones y litodemas de la estratigrafía cubana. Descubridor del único depósito industrial de fosforitas marinas de Cuba. Miembro de la subcomisión Jurásico del primer Léxico Estratigráfico de Cuba. Como Country Manager y Senior Geologist de compañías canadienses, panameñas y de Estados Unidos, dirigió exploraciones en complejos del Paleozoico-Mesozoico en tres Estados de

Brasil, en los greenstone belts de Uruguay; Andes de Perú y complejos volcánicos de Honduras y Panamá y otros países. Miembro de la Comisión Ministerial "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue Consultor Senior del Banco Interamericano de Desarrollo para el proyecto geocientífico del país. Formely Miembro del Consejo Científico de Geology Without Limits. Formerly Representante para América Central del Servicio Geológico de la Gran Bretaña. Retirado en Panamá, se ocupa de redactar estudios sobre la geología de Cuba.

[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)



**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).

Sus principales áreas de interés son la geotecnia, geotermia, sistemas de información geográfica, gestión de cuencas hidrográficas y riesgos geológicos.

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)



**Marisol Polet Pinzón Sotelo** es Ingeniera Geóloga egresada de la Universidad Autónoma de Guerrero y Maestra en Ciencias Geológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León; ha colaborado en proyectos de investigación en el noroeste de México, siendo autora y coautora de publicaciones científicas; cuenta con 8 años

de experiencia en exploración de hidrocarburos en PEMEX Exploración y Producción. Se ha desarrollado en el modelado de sistemas petroleros en Proyectos de aguas profundas y someras en el norte del Golfo de México.

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



**José Antonio Rodríguez Arteaga** es un ingeniero geólogo con 31 años de experiencia en investigación de geología de terremotos y riesgo geológico, asociado o no a la sismicidad. Es especialista en sismología histórica e historia de los sismos en Venezuela, recibiendo entrenamiento profesional en Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos, Bogotá, Colombia. En sus inicios profesionales y por 5 años consecutivos, fue geólogo de campo, trabajando en prospección de yacimientos minerales no- metálicos en la región centro

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. 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.

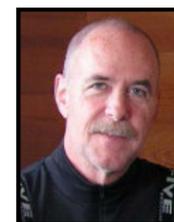
[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)



**Rafael Guardado** es graduado en la Universidad de Oriente en 1970 como Ingeniero Geólogo. Cursó estudios de especialización en la Universidad Minera de St Petersburgo en Rusia, antigua U.R.S.S., 1972-1974. Defendió el doctorado en Geología en 1983. Es Académico Titular de la Academia de Ciencias de Cuba, Profesor Titular, Profesor Consultante y Profesor Emerito de la Universidad De Moa. Orden

Carlos J. Finlay. Ha publicado más de 70 artículos, y es Tutor de tesis de Doctorado y maestrías. Ha recibido múltiples premios y distinciones, y es un profesor reconocido en Cuba y el exprenjero en la Ingeniería Geológica, la Reducción de los Riesgos Geológicos y el enfrentamiento al Cambio Climático.

[rafaelguardado2008@gmail.com](mailto:rafaelguardado2008@gmail.com)



**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)



**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)



**Uriel Franco Jaramillo**, es estudiante de noveno semestre en la carrera de Ingeniería Petrolera en la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, sus principales áreas de interés son la simulación matemática de yacimientos y la conducción, el manejo y el transporte de

hidrocarburos. Actualmente está prestando su servicio social como colaborador en la Revista Maya de Geociencias.

[urielfranco.unam@gmail.com](mailto:urielfranco.unam@gmail.com)



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

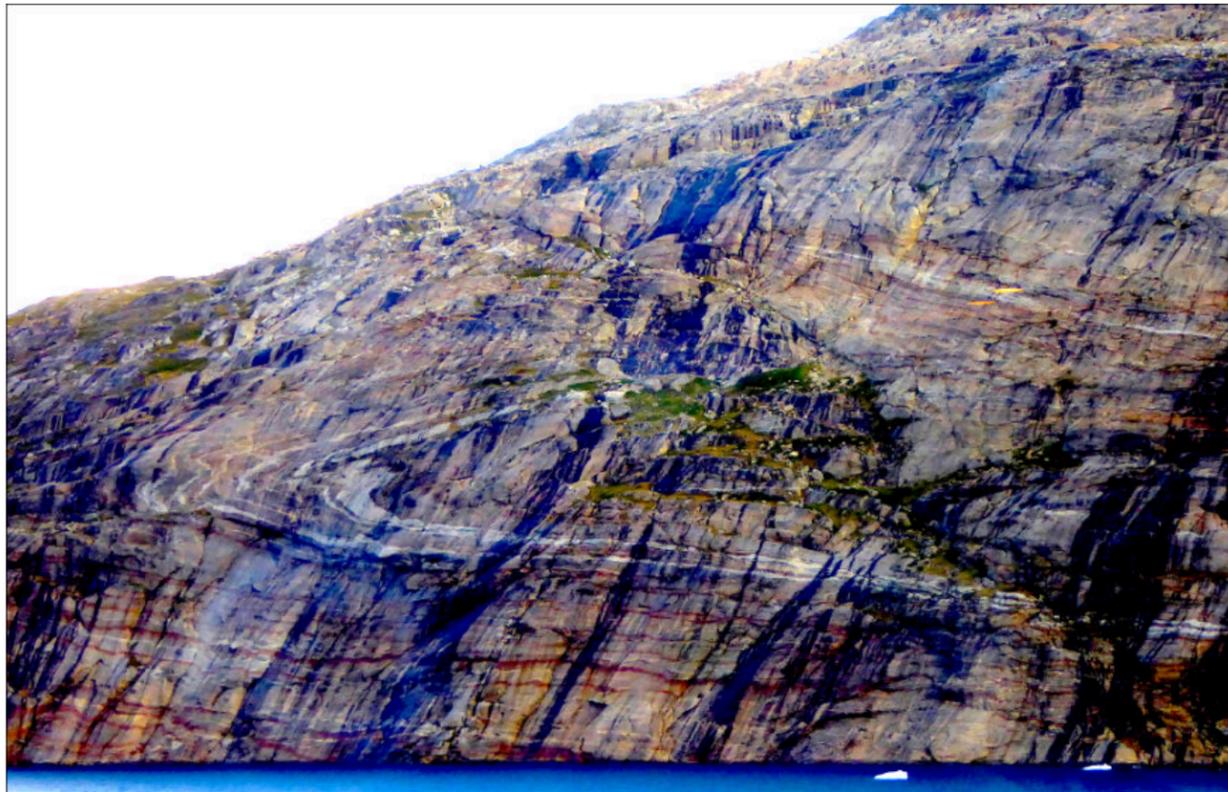
## Estimados Colegas

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/>

# Lazos de colaboración y amistad con la AAPG



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

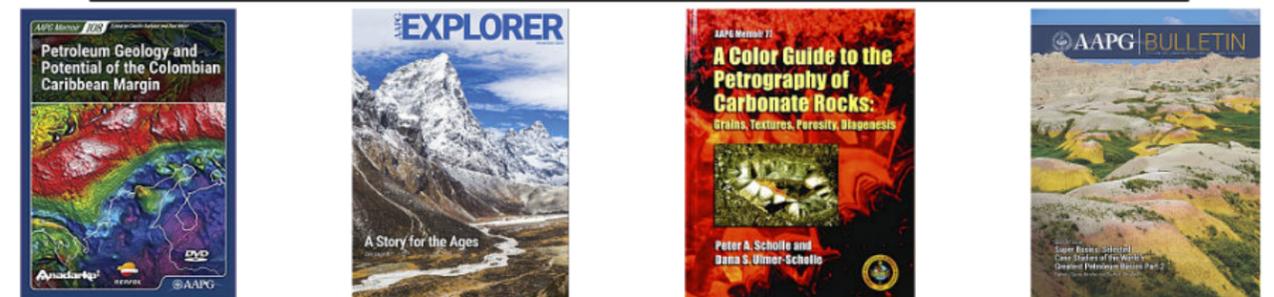
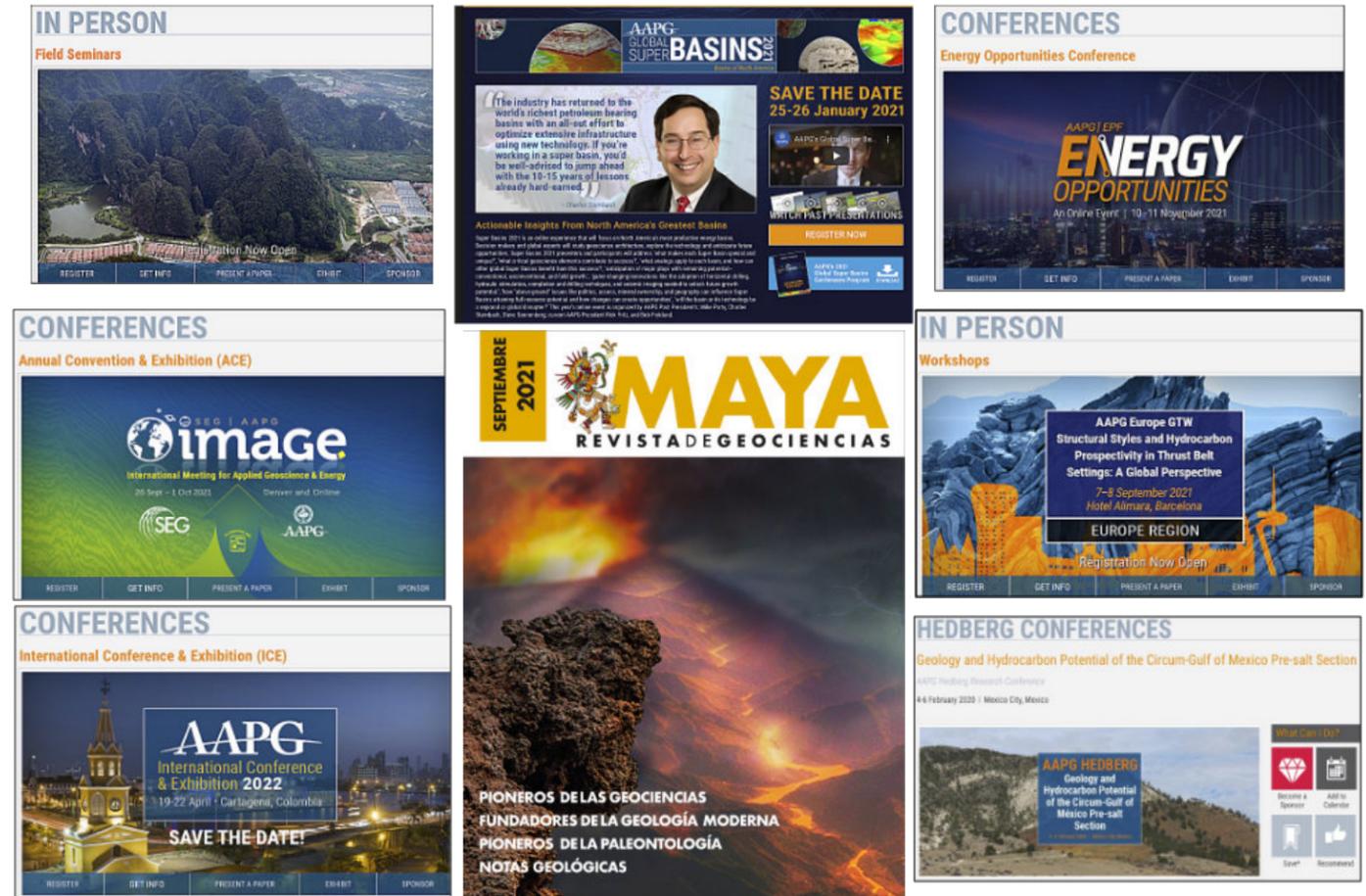
Authors submitting material to be published in the Revista Maya de Geociencias are asked to adhere to the following editorial guidelines when sending manuscripts to the editing team and/or its collaborators:

(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



**Estimados colegas,**

Es un gran placer informarles que ya tenemos una página web para 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/>



**Visitanos en Mexico Petroleum Geoscience**

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



# CONTENIDO **ENERO** SUPLEMENTO **2023**

## EDICIÓN ESPECIAL VIII



**Definition, Emendation, and Microfacies Analyses of Upper Cretaceous and Lower Paleogene Lithostratigraphic Units in Texas**

Emile A. Pessagno, Jr., Jose F. Longoria, Arafat A. AlShuaibi

**Las Formaciones del Paleógeno de la Faja Cangre de la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental y su significado tectónico.**

Humberto Álvarez-Sánchez

**Dinosaurios en el Paleoceno? Supervivientes al evento de extinción K-Pg. Caso Ojo Alamo Sandstone, San Juan Basin, USA.**

Jhonny E. Casas

***Sepi, el ammonites: Aventuras en el Mar Marginal***

Wilmer Pérez Gil

## Definition, Emendation, and Microfacies Analyses of Upper Cretaceous and Lower Paleogene Lithostratigraphic Units in Texas

**Emile A. Pessagno, Jr.**, Department of Geosciences, The University of Texas at Dallas, R.O.C 21 800 West Campbell Road, Richardson, TX 75080-3021. [pessagno@utdallas.edu](mailto:pessagno@utdallas.edu).

**Jose F. Longoria**, Florida International University, Earth and Environment Department, 8th Street and 12 Av, Meidique Campus, Miami, FL 33199. [longoria@fiu.edu](mailto:longoria@fiu.edu).

**Arafat A. AlShuaibi**, Earth and Environmental Sciences Department, Kuwait University, Kuwait. [alshuaibi.a@ku.edu.kw](mailto:alshuaibi.a@ku.edu.kw)

Jeanne W. Holloway, 45710 Rollingwood Drive, Richardson, Texas 75081.

### Abstract

In Texas Upper Cretaceous lithostratigraphic units have been incorrectly used in the geologic literature for a number of years and require formal stratigraphic definition to facilitate high resolution stratigraphic studies and accurate correlation in the Western Gulf Coastal Plain. Three formal lithostratigraphic units are introduced herein: (1) The Nueces River Member of the Austin Chalk; (2) the Waxahachie Member of the Austin Chalk; and (3) the Highbank Formation. The Neylandville Marl has been frequently misidentified by geologists in North Central Texas. In this report the Neylandville is accurately redefined and reinstated as the "Neylandville Siltstone". In this study planktonic foraminifera are utilized as the primary means of determining the chronostratigraphic assignment of all lithostratigraphic units. To meet this end, a new type of planktonic foraminiferal zone known as the "Composite Zone" is proposed herein. Composite Zones are marked by evolutionary events among Upper Cretaceous planktonic foraminifera such as the first occurrence of double-keeled Globigerinacea (e.g., *Dicarinella*) in the upper Cenomanian or the first occurrence of Globigerinacea with a calcite crust

(*Parasubbotina pseudobulloides*) in the lower Danian. These events are easily recognizable and are not immersed in the morass of taxonomic problems surrounding genera and species of Upper Cretaceous and Lower Paleogene planktonic foraminifera. The first and last occurrence primary marker taxa such as *Globotruncanita calcarata* are used herein as a second criterion for marking composite zonal boundaries.

Benthonic foraminifera such as Miliolids and megafossils such as rudistids are used for microfacies analyses of all lithostratigraphic units. As a result, it has been possible to determine whether the sedimentation occurred on the continental shelf in the neritic depth zone, the continental slope in the bathyal depth zone, or on the abyssal plain in the abyssal depth zone.

### INTRODUCTION

The Cretaceous strata of Texas crop out in the Coastal Plain Province of North America which encompasses Atlantic Coast Plain and the Gulf Coastal Plain. The Mississippi Embayment separates the Eastern Gulf Coastal Plain from the Western Gulf Coastal Plain. No Cretaceous lithostratigraphic units crop out on both sides of the Mississippi Embayment. The Western Gulf Coastal Plain extends in a southwestern direction from southwest Arkansas through Texas into northern Mexico. The Western Gulf Coastal Plain generally contain deeper water deposits than those of the Eastern Gulf Coastal Plain. The Cretaceous strata cropping out in the Western Gulf Coastal Plain are extremely fossiliferous and are replete with abundant ammonites, inoceramids, planktonic and benthonic foraminifera, calcareous nannofossils, and dinoflagellates and are some of the most fossiliferous Upper Cretaceous strata in the world.

The nomenclatural history of Upper Cretaceous lithostratigraphic units in the Western Gulf Coastal Plain can best be described as chaotic. Lithostratigraphic units have been incorrectly defined and miscorrelated

lithostratigraphically and chronostratigraphically both at the surface and in the subsurface. The purpose of this study is to rectify some of these problems. To meet this end, three new Upper Cretaceous lithostratigraphic units in the Western Gulf Coastal Plain are erected: (1) The Nueces River Member of the Austin Chalk; (2) the Waxahachie Member of the Austin Chalk, and (3) the Highbank Formation. The previous definition of the Neylandville Marl is inaccurate and is emended herein under the name of the "Neylandville Siltstone". Several recent publications have dealt with Albian to Maastrichtian strata in the Western Gulf Coastal Plain. Foremost among these are reports by Rose (2016), Lowery et al. (2014), Breyer et al. (2013), Adams and Carr (2010),

Condom and Dyman (2006), and Ewing (1987, 2003). The reader should examine these reports to have a better understanding of the geology of this region. The reports by Ewing (1987, 2003) and Rose (2016) are particularly important because they show the structures of the Western Gulf Coastal Plain. Foremost among these structures are the San Marcos Arch, the Balcones Fault Zone, and Frio River Hinge Line.

Figure 1A shows the localities sampled during this study. Figure 1B depicts the littoral, neritic, bathyal, and abyssal depth zones of the oceans as they occur today and in the Late Cretaceous and Early Paleogene. Figure 1C show the correlation of lithostratigraphic units in the area of study.



Figure 1A: Index map for sample localities in Texas. \*  
 1 = Nueces River samples NR14, NR15, NR17, NR18, NH3.  
 2 = Samples from Highbank Formation on Colorado River immediately downstream from Austin and 2.2 miles (3.5km) southwest of Webberville, TX185, TX186, TX188.  
 3 = Stratotype of Highbank Formation 0.5 miles (0.8km) downstream from FM 413 bridge over Brazos River. Brazos section 6.  
 4 = Stratotype of Waxahachie Member of the Austin Chalk.  
 5 = Neylandville Siltstone immediately southwest of Corsicana, Texas: Localities TX276, TX 277, TX278, TX279 of Pessagno (1969).  
 6 = Neylandville Siltstone at Kemp, Texas: Locality TX12 of Smith and Pessagno (1971).  
 7 = Neylandville Siltstone at its type locality 3.0 miles (4.8km) northwest of Greenville, Texas .

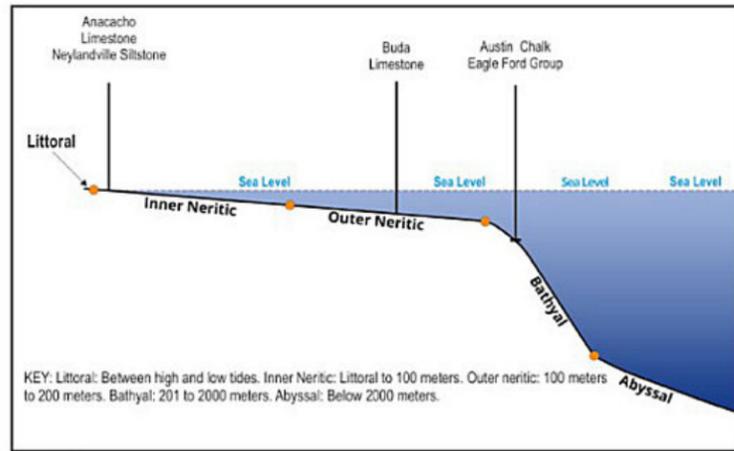


Figure 1B: Littoral, neritic, bathyal, and abyssal depth zones in present day seas and position of continental shelf and continental slope. \*

Figure 1B

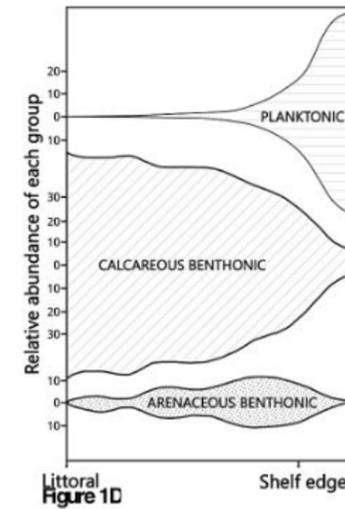


Figure 1D: Model showing the relative abundance of calcareous planktonic, calcareous benthonic, and arenaceous benthonic foraminifera at littoral depths, shelf (= neritic depths), and below the shelf (upper slope/ upper bathyal). Modified from Selznick (1993) \* .

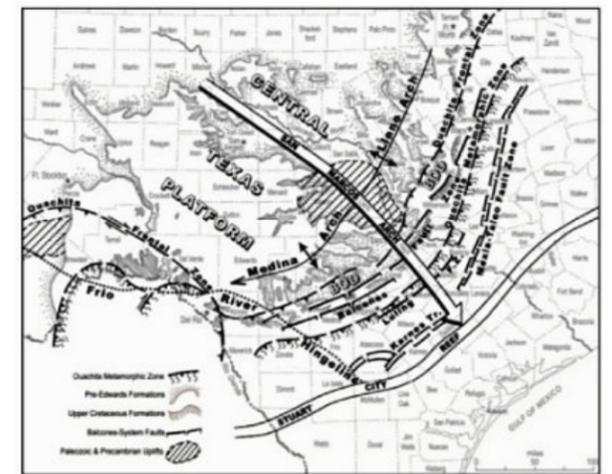


Figure 1E

Figure 1E: San Marcos Arch, Balcones Fault Zone, Frio River Hinge Line, Ouachita Frontal Zone, and other important structural features in the Western Gulf Coastal Plain. From Rose (2016). \*

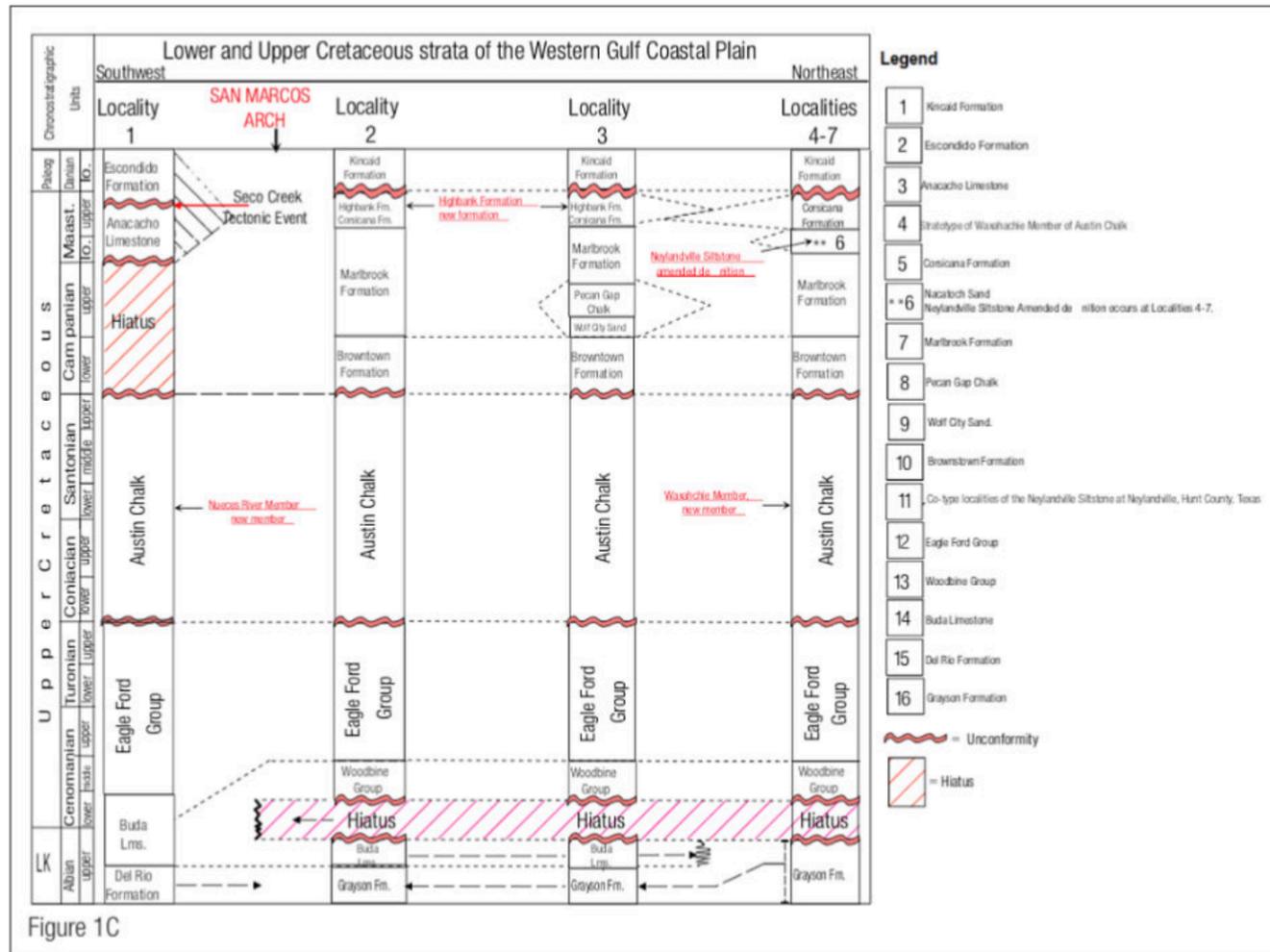


Figure 1C

Figure 1C: Numbered lithostratigraphic units shown in legend. 1. Kincaid Formation; 2. Escondido Formation; 3. Anacacho Limestone; 4. Highbank Formation; 5. Corsicana Formation; 6. \*Neylandville Siltstone and Nacatoch Sand; 7. Marlbrook Formation; 8. Pecan Gap Chalk; 9. Wolf City Sand; 10. Brownstown Formation; 11. Austin Chalk; 12. Eagle Ford Group; 13. Woodbine Group; 14. Buda Limestone; 15. Del Rio Formation; and 16. Grayson Formation. \*

**Escondido Formation.** At the Seco Creek locality at Fort Lincoln 2.1Mi(3.3kms) north of d'Hannis on FM 1796 in Medina County, the Escondido consists of interbedded yellowish-brown sandstone, and medium gray calcareous mudstone; sedimentation occurred at outer neritic depths. There is a distinctive 6f(1.8m) layer of grayish-white bentonite in the lower part of the Escondido Formation 2.4f(7m) above the unconformable contact with the Anacacho Limestone. Microfossils include abundant planktonic foraminifera and common benthonic foraminifera. The upper 8f(2.4m) consists of buff-colored calcareous siltstone. *Abathomphalus mayaroensis* occurs in an Upper Maastrichtian siltstone containing planktonic foraminifera assignable to Superzone 1, Zone 1, Subzone 1A<sub>1</sub> rest disconformably with a slight hiatus below a lower Danian siltstone containing the Danian planktonic foraminifera *Parasubbotina pseudobulloides* and *P. trilocolinooides*; this interval is assignable to Superzone DAN, Zone Dan1, Subzone Dan1A (See Figure 2C).

**Anacacho Limestone.** The Anacacho Limestone consists of medium gray, buff-weathering, often asphaltic calcarenite deposited at innermost neritic depths as a biostromal bank at depths of 25f(8m). At the Seco Creek locality Longoria identified *Abathomphalus mayaroensis* in the upper part

Figure 1D shows the distribution of planktonic, calcareous benthonic foraminifera, and arenaceous benthonic foraminifera in present day oceans. Figure 1E shows the San Marcos Arch, the Balcones Fault Zone, and the Frio River Hingeline, and other important structures in the western part of the Gulf Coastal Plain.

**Facies analysis of lithostratigraphic units**

Figure 1C indicates the chronostratigraphic assignment of all lithostratigraphic units, the depth of water in which the sediments were originally deposited as well as their spatial relationship. Lithostratigraphic units in the legend of Figure 1C are described below:

**Kincaid Formation.** This unit consists of light gray calcareous mudstone and interbedded sandstone with minor light gray micrite at the base. Sedimentation occurred at outer neritic depths. Abundant planktonic foraminifera and common benthonic foraminifera occur in the Kincaid Formation. In addition, abundant mollusks occur at some horizons. Given the shallow water habitat of the bivalves and gastropods, it is probable that these mollusks were transported downslope to deeper water by turbidity currents.

of the Anacacho Limestone. Microfossils include very abundant inner neritic miliolids as well as larger foraminifera such as *Pseudorbitoides israelskyi* and rare planktonic foraminifera. Megafossils include abundant *Exogyra* and common rudistids are indicative of depths of 25f(8m). A sharp disconformable contact with overlying Escondido Formation marks a sudden change of depth from innermost neritic to outermost neritic caused by a tectonic event that termed herein the "Seco Creek Event".

**Highbank Formation (n. fm.).** The Highbank Formation consists of dark greenish-gray calcareous highly glauconitic mudstone weathering to a very distinctive reddish-brown color. Highbank sedimentation occurred at outermost neritic depths or uppermost bathyal depths. Planktonic foraminifera are very abundant whereas benthonic foraminifera and megafossils are rare. *Exogyra costata* occurs in Highbank outcrops beneath east side of the FM 413 bridge over the Brazos River suggest transport from inner neritic depths by turbidity currents. The senior author's field notes indicate that *Exogyra costata* occurred in a buff-colored sandstone layer. The highly glauconitic nature of the mudstone indicates deposition at outermost neritic or upper bathyal depths. This is substantiated by a study by Chafetz and Reid (2000, p. 13-14) who stated that modern glauconitic sediments form in water depths greater than 164f(50m) and most commonly occur at shelf and slope environments 656f(200m)–984f(300m) deep. They also indicated that that these are low energy settings where deposition is relatively slow.

**Corsicana Formation.** The Corsicana Formation consists of medium to dark gray buff-weathering calcareous mudstone. Sedimentation occurred at mid-neritic depths and containing abundant planktonic and benthonic foraminifera. *Exogyra costata* is common at Onion Creek in Travis County south of Austin (Locality A23 of Powell et al., 1970, p. A71-A72).

**\*Neylandville Siltstone (emended definition) and Nacatoch Sand.** The Neylandville Siltstone consists of

reddish-brown calcareous to siliceous siltstone. Sedimentation occurred at inner neritic depths. The siltstone contains well-rounded quartz grains. Moreover, it contains common planktonic and benthonic foraminifera. The overlying Nacatoch Sand conformably overlies the Neylandville and consists of tan calcareous to siliceous sandstone with rare benthonic foraminifera and lacks megafossils. Asterisk denotes the inclusion of Nacatoch Siltstone and Nacatoch Sand together in the same space in correlation chart.

**Marlbrook Formation.** The Marlbrook Formation consists of light to medium gray buff-weathering mudstone. Sedimentation occurred at outer neritic depths (See Figure 1B) and contains abundant planktonic foraminifera assignable to the upper Campanian. It is important to note that Selznick (1991, p. 92, pl. 10, figs. 12, 16) figured the miliolid taxon *Triloculina circularis* from the Marlbrook at his locality MS57B. Miliolids are most abundant at the inner-most neritic depths. Megafossils are rare.

**Pecan Gap Chalk.** The Pecan Gap Chalk consists of medium gray chalk and interbedded chalky mudstone weathering light buff to white. Sedimentation occurred at outer neritic depths with abundant planktonic foraminifera and common benthonic foraminifera. Megafossils are rare.

**Wolf City Sand.** The Wolf City Sand consists of medium gray ferruginous-weathering sandstone. Sedimentation occurred at inner neritic depths. Common planktonic foraminifera, abundant benthonic foraminifera, and megafossils such as *Exogyra* and *Baculites*.

**Brownstown Formation.** The Brownstown Formation is comprised of medium gray mudstone weathering buff. Sedimentation occurred at outer neritic depths; it contains abundant planktonic foraminifera, calcareous nannofossils as well as common benthonic foraminifera, inoceramids, *Exogyra* and ammonites (e.g., *Baculites*). In addition, common radiolaria have been observed by the senior

author in the Brownstown on the western side of the Barron Brick Pit in Palmer, Ellis County, Texas.

**Austin Chalk.** The Austin Chalk consists of thin-bedded to massive bluish gray buff-weathering chalk and chalky mudstone. Sedimentation occurred at outermost neritic to upper bathyal depths with abundant planktonic foraminifera, radiolaria, siliceous sponge spicules, calcareous nannofossils together with common ammonites and inoceramids. Microfacies analyses of the Austin Chalk undertaken by Graham (1995, p. 60-63) show photomicrographs providing additional data to support the depth at which Austin sediments were formed. Common specimens of the radiolitic rudistid *Durania* have been observed by the senior author in the Bruceville Member of the Austin Chalk at the juncture of Fall Creek with Prairie Creek in Richardson, Dallas County, Texas. Moreover, *Durania* was also noted in the Austin Chalk by Reaser (2002). Hook and Cobban (2013, p. 18) noted that *Durania* preferred to live in warm, clear, shallow water of normal salinity. It is therefore apparent that the Bruceville specimens were displaced downslope from inner-most neritic depths to outer-most outer neritic depths approaching 656f(200m). This report adds two new members to the Austin Chalk: The Nueces River Member and the Waxahachie Member.

**Woodbine Group.** The Woodbine Group consists of continental to innermost neritic reddish-brown sandstone and light to medium gray shale which frequently contains plant fossils. The Woodbine Sandstone occurs in the Dallas area. However, it wedges out laterally to the southwest. At Waco and Austin, the Woodbine Sandstone is replaced by the Pepper Shale.

**Eagle Ford Group.** Northeast of the San Marcos Arch (See Figure 1E) the Eagle Ford Group consists of medium to dark gray calcareous to siliceous thin to medium-bedded mudstone and shale together with medium to dark gray micrite; abundant dark gray micrite nodules are often abundant in the upper part Arcadia Park Formation near

Cedar Hill in Dallas County; many of these nodules are septarian nodules. Eagle Ford sediments were formed at upper bathyal depths on the continental slope. Turbidites with abundant benthonic foraminifera transported from shallower depths occur at intervals in cores provided by Mobil Oil Research Lab in Dallas and were examined by the senior author. Abundant planktonic foraminifera, ammonites, and inoceramids, as well as common Radiolaria, occur throughout the unit. The contact with the overlying Austin Chalk is disconformable. It is often deeply channeled both in Dallas behind the main post office building and parking lot and near Waco at the Atco Cement Quarry (See Pessagno, 1969 for latter). Southwest of the San Marcos Arch, Eagle Ford Group strata are assignable to the Boquillas Formation and consist of medium gray siltstone, mudstone, and micritic limestone flags overlain by thin-bedded medium gray chalk and chalky mudstone which wedge out laterally. The contact with the overlying Austin Chalk is gradational at Lozier Canyon in Terrell County, at Sycamore Creek along the border between Kinney County and Val Verde County, and at Pinto Creek in Val Verde County. These strata contain abundant keeled planktonic foraminifera and common benthonic foraminifera together with abundant calcareous nannofossils (See Pessagno, 1969; Powell et al., 1970; Smith, 1981, and Lowrey et al., 2014). The abundance of keeled planktonic foraminifera suggests an open sea connection.

Further west, at Chispa Summit in Jeff Davis County, the Eagle Ford Group includes the Chispa Summit Formation (See Pessagno, 1969, p. 60-61). The Chispa Summit Formation is Cenomanian to Coniacian in age and consists of 2000f(600m) of strata that contain very abundant keeled planktonic foraminifera. The Chispa Summit Formation can be divided into a lower unit which consists of 500f(152m) of thin-bedded buff to gray micrite, silty micrite, chalky mudstone, and chalk, and an upper unit which is 1500f(456m) and comprised of dark gray calcareous mudstone with dark gray micrite nodules which are often septarian nodules. The hyper abundance of

1932, p. 396-397; Pessagno, 1969, p. 58-59). At its type locality at Shoal Creek, Travis County, Texas, the Buda consists of a dense white micritic limestone breaking with conchoidal fracture that contains glauconite weathering to a burnt orange color as well as common stylolites. According to Pessagno (1969, p. 58) the Buda Limestone varies in thickness of from 50f(15m) in Val Verde County to 60f(18m) in Medina County, to 42-47f(13-14m) in Travis County, and to 2.5f(0.7m) at Bosqueville in McLennan County near Waco. Figure 1C shows the Buda Limestone in the western part of the area. The senior author recovered *Thalmaninella greenhornensis* and *T. appeninica* at the top of Buda at Lozier Canyon, Terrell County, Texas just below its contact with the overlying Boquillas Formation. Both of these taxa first appear in the lower Cenomanian. The lower Cenomanian assignment of the upper part of the Buda is likewise confirmed by studies by Lowrey et al. (2014).

**Del Rio Formation.** Del Rio sediments were deposited at inner neritic depths at approximately 50f(15m). At Del Rio, Val Verde County, Texas, the lower one third consists of dark gray mudstone with abundant benthonic foraminifera, common planktonic foraminifera, and abundant *Exogyra arietina* (See Pessagno, 1969, p. 56 and Powell et al. 1970, p. A26) whereas its upper two thirds consist of light gray sandstone flags and interbedded siltstone weathering reddish-brown. This upper interval includes abundant benthonic and common planktonic foraminifera as well as abundant *Exogyra arietina*.

**Grayson Formation.** This unit formed at inner neritic depths at approximately 164f(50m). It consists of light gray mudstone weathering buff with abundant benthonic foraminifera and common planktonic foraminifera and abundant *Exogyra arietina* (See Pessagno, 1969, p. 56 and Powell et al. 1970, p. A26).

Figure 2A

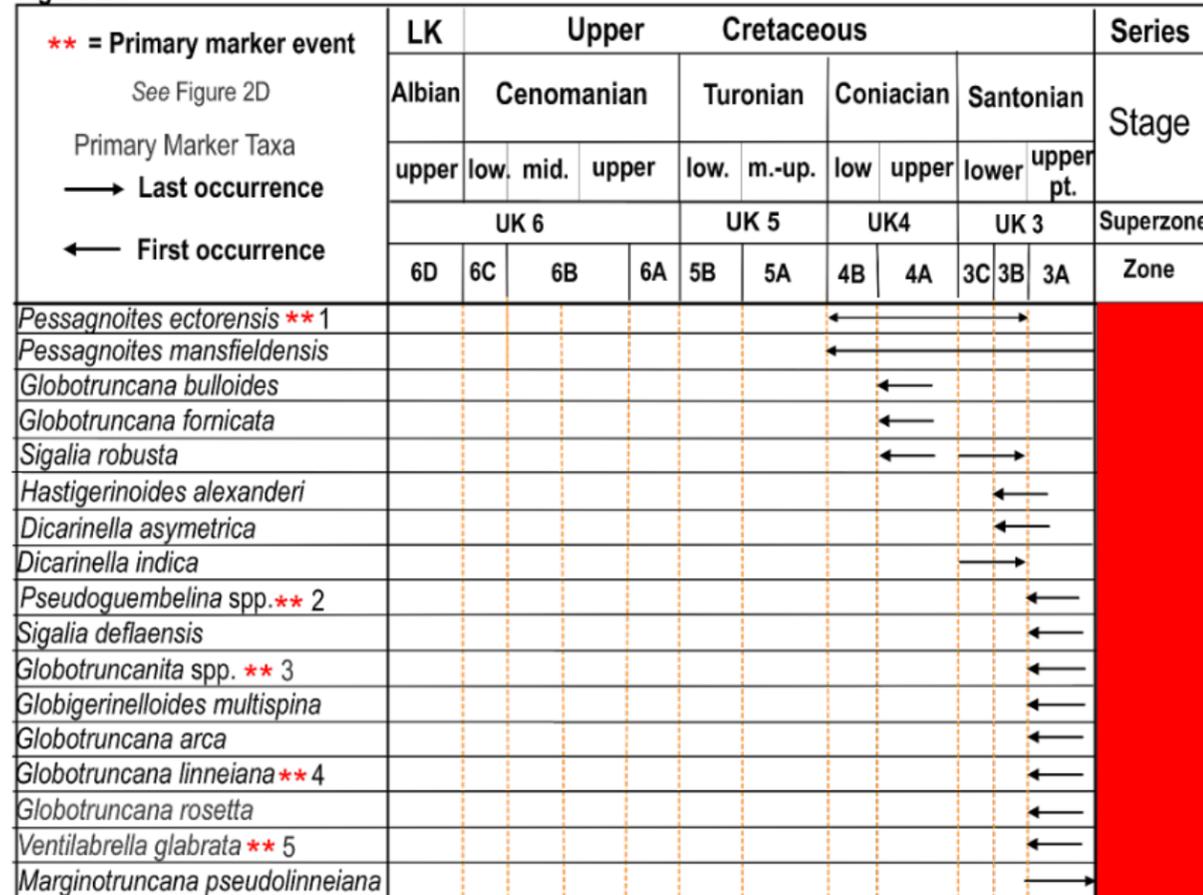


Figure 2A: Composite zones for lower Coniacian to uppermost Santonian. Superzone UK4, Zones UK4B, UK4A, Superzone UK3, Zones UK3C, UK3B, and UK3A. Numbered primary marker events and primary marker taxa marking zonal boundaries shown in figure. \*

Figure 2B

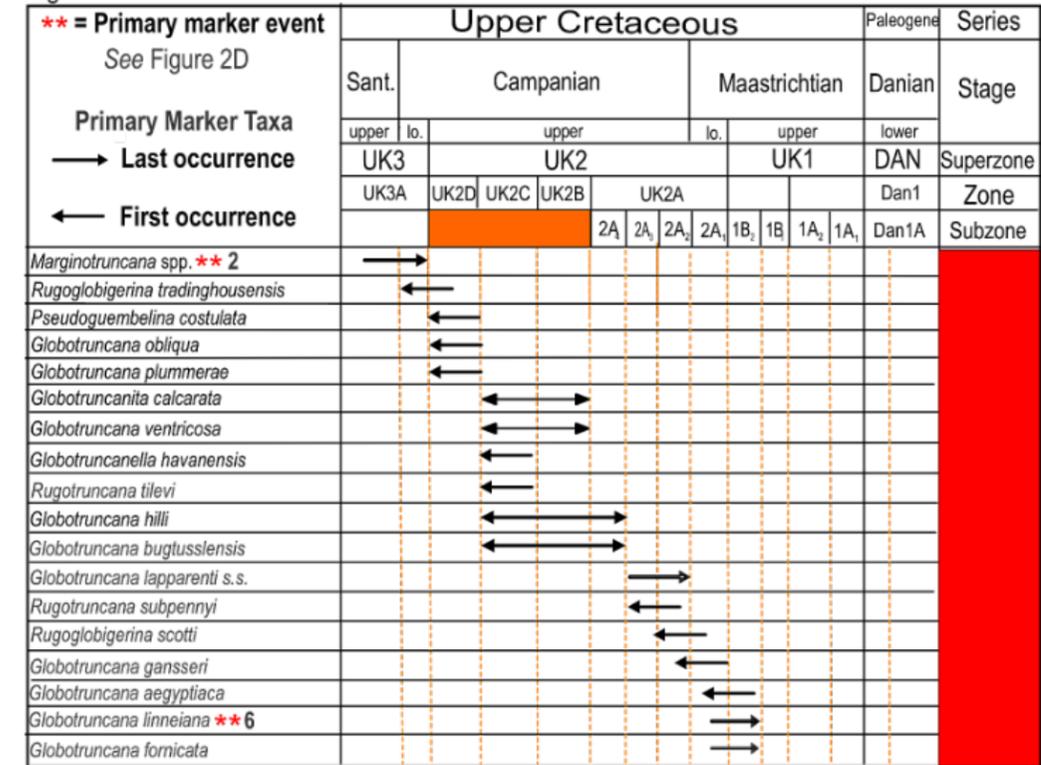


Figure 2B: Composite zones for the upper-most Santonian to the top of lower Maastrichtian. Superzone UK3, Zone 3A to Superzone 2, Zone 2A, Subzone 2A<sub>1</sub>. Numbered primary marker events and primary marker taxa marking zonal boundaries shown in figure. \*

Figure 2C

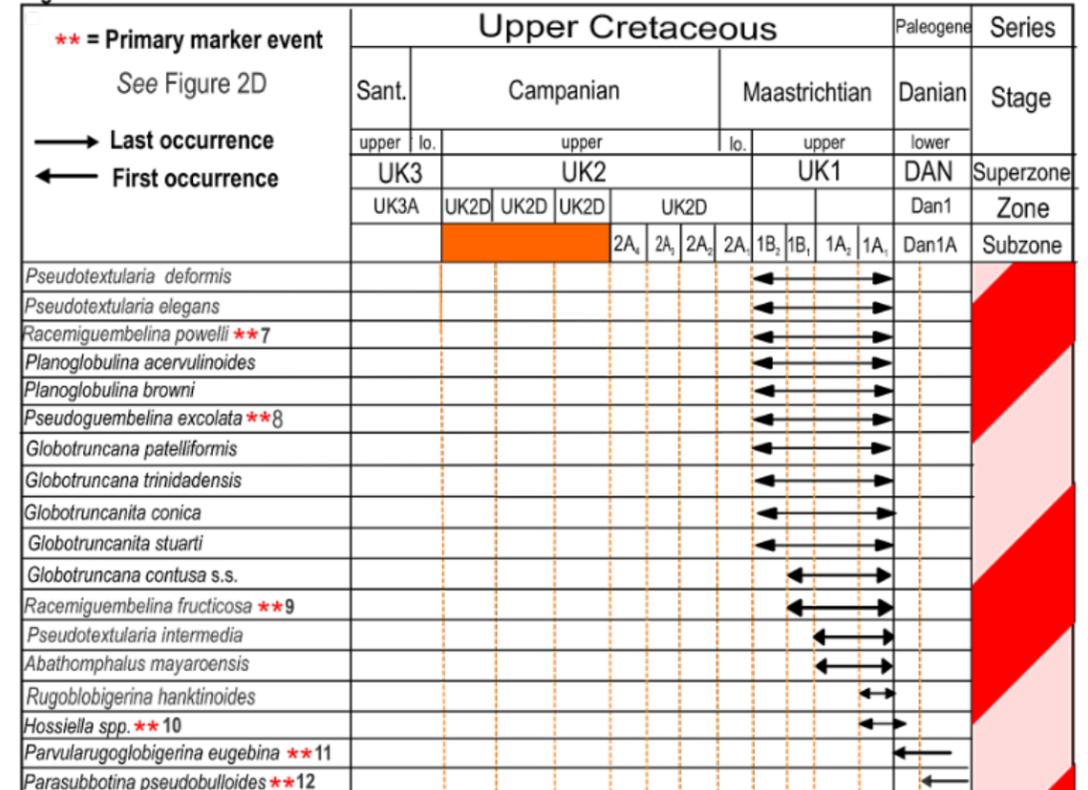


Figure 2C: Composite zones for the upper Maastrichtian and lower Danian. Superzone UK1, Zone UK1B, Subzone UK1B<sub>2</sub> to Superzone DAN, Zone Dan1, Subzone Dan1A. Numbered primary marker events and primary marker taxa marking zonal boundaries shown in figure. \*

Figure 2D

<b>IMPORTANT PRIMARY MARKER EVENTS--ALBIAN TO DANIAN</b>
PME1: FO of Marginotruncanids with sutural supplementary apertures on spiral and umbilical sides of test. <i>Pessagnoites</i>
PME2: FO of biserial Heterohelicids with flaps over sutural supplementary apertures. <i>Pseudoguembelina</i>
PME3: FO of single-keeled Globotruncanids. <i>Globotruncanita</i> .
PME4: FO of <i>Globotruncana</i> with type 3 keels (e.g., <i>Globotruncana linneiana</i> ).
PME5: FO of Heterohelicids with biserial early stage followed by numerous multiseriate chambers arranged in a single plane <i>Ventilabrella glabrata</i> .
PME6: LO of Globigerinacea with an extraumbilical non-umbilical aperture. <i>Pessagnoites mansfieldensis</i> and <i>Whiteinella</i> spp.
PME7: LO of Globotruncids with type 3 double keel. <i>Globotruncana linneiana</i> .
PME8: FO of Heterohelicids with <i>Pseudotextularia</i> stage comprising one half of test followed by multiseriate stage consisting of 2 to 3 rows large subspherical chambers arranged around central cavity. Both stages with massive costae.
PME9: FO of costate Heterohelicids with large crenulate spatulate apertural flaps over sutural supplementary apertures. <i>Pseudoguembelina excolata</i> .
PME10: FO of Heterohelicids with a suppressed <i>Pseudotextularia</i> stage which comprises one fifth of test followed by a multiseriate stage consisting of small costate chambers arranged in as many as 25 rows around central cavity.
PME11: FO of small Globigerinids with random right to left coiling, tegilla, extraumbilical-umbilical to umbilical primary apertures. <i>Parvuloglobigerina</i> spp.
PME12: LO of small Globigerinids with random right to left coiling, extraumbilical to umbilical primary apertures and overlapping imperforate porici <i>Hossiella</i> .
PME13: FO of cancellate ornamentation and the development of a calcite crust. <i>Parasubbotina pseudobulloides</i> .

Figure 2D: Primary marker events for Coniacian to lower Danian shown in Figures 2A, 2B, 2C. \*

### Definition of Composite Zones

Planktonic foraminifera like the Radiolaria, calcareous nannoplankton, dinoflagellates, and other planktonic microfossil groups offer a precise tool for establishing detailed zonal schemes for the Mesozoic and Cenozoic. They are distinctive in appearance, abundant, cosmopolitan, and display an explosive evolution during the Cretaceous and Tertiary. It is worth noting that the first definitive geologic data to support the sea floor spreading hypothesis and elevate it to a theory was supplied by planktonic microfossils (largely planktonic foraminifera and calcareous nannofossils) encountered during Legs 1, 2, and 3 of the Deep-Sea Drilling Project (See O'Connell, 2019).

The system of zonation proposed by Pessagno (1967, 1969) utilized the assemblage zone, interval zone, and concurrent range zone concepts of modern stratigraphic nomenclature. Zonal boundaries were defined by marker taxa and the assemblage zone embraced by the marker taxa. For example, the "*Globotruncana fornicata*-

*stuartiformis* Assemblage Zone" of Pessagno (1969) was delimited by the first appearance of *Globotruncanita stuartiformis* and the final appearance of *Globotruncana fornicata*. Moreover, this zonal unit included the planktonic foraminiferal assemblage bounded by these two bioevents.

The history of the development of the composite zone formally began in a report by Pessagno, Blome, and Longoria (1984), which dealt with evolutionary events known as "primary marker events". Primary marker events are the primary means of defining composite zonal boundaries. They represent an evolutionary event among Upper Cretaceous planktonic foraminifera (See Figures 2A-2D herein). Primary marker events such as the first occurrence of double-keeled Globigerinacea or the first occurrence of Globigerinacea with a calcite crust are easily recognizable. They are not immersed in the morass of taxonomic problems surrounding genera and species of Upper Cretaceous and Lower Paleogene planktonic foraminifera. As the second order of definition, "primary

marker taxa" are utilized herein to mark the composite zonal boundaries. Primary marker taxa are selected because they are distinctive in appearance, cosmopolitan in occurrence and because they occur in a variety of rock types.

Chronostratigraphic calibration of composite zonal units is undertaken utilizing biostratigraphic and chronostratigraphic data from ammonites, inoceramids, and other groups belonging to the pelagic realm as well as geochronometric data correlated where possible to composite zonal units (Cobban et al., 2006, 2008; Gradstein et al., 2012). Figure 2A shows the position of primary marker events (PME) and primary marker taxa for the lower Coniacian to the uppermost Santonian; figure 2B shows the position of primary marker events and primary marker taxa shows for the lower Campanian to the top of the lower Maastrichtian; and Figure 2C indicates the position of primary marker events and primary marker taxa for the upper Maastrichtian to the lower Danian. Figure 2D gives a describes all primary marker events for the lower Coniacian to lower Danian. The base Superzone DAN is correlative with geochronometric date of 60ma generated by Gradstein et al. (2012) for the Cretaceous-Tertiary boundary.

### DEFINITION AND EMENDED DEFINITION OF LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS IN THE UPPER CRETACEOUS OF TEXAS Definition of the Highbank Formation

The Highbank Formation consists of greenish dark gray glauconitic calcareous mudstone that breaks with conchoidal fracture and weathers reddish-brown. It can be traced via satellite photos from its type locality downstream from the FM413 bridge over the Brazos River in Falls County, Texas to localities immediately downstream from Austin, Travis County, Texas along the Colorado River (See Figure 1A herein). Recently, the senior discovered that the Highbank extends farther to the

southwest to McQueeney, Guadalupe County, Texas (See Figure 7).

The Highbank Formation overlies the upper Maastrichtian Corsicana Formation and underlies the lower Danian Kincaid Formation. The Corsicana Formation is assignable to upper Maastrichtian Composite Superzone 1, Zone 1B, Subzone 1B<sub>2</sub>; the upper part of the Highbank Formation is assignable to Superzone 1, Zone 1B, Subzone 1B<sub>1</sub> (See Figures 2A-2C herein). The overlying Kincaid Formation is assignable to the lowermost Paleogene and to the lowermost part of the Danian stage. This interval contains a planktonic foraminiferal assemblage assignable to Superzone DAN, Zone DAN1, and to Subzone DAN1A. As noted in Figure 2C, primary marker event PME1 (first occurrence of globigeriniform planktonic foraminifera with a cancellate ornamentation and a calcite crust marks the top of Superzone DAN. This is one of the most important events in the evolutionary history of the Globigerinacea.

The basal part of the Kincaid Formation consists of light gray micritic limestone that it is several centimeters thick and rests disconformably on the greenish-gray glauconitic mudstone of the underlying Highbank Formation (See Figures 3, 4A, 4B herein). Pieces of the limestone bed were ripped up by current action and incorporated into the overlying shell hash layer. The shell hash layer is 0.98f(30cm) thick. As noted by Montgomery et al. (1992), this sequence of events is repeated three times in exposures in the middle of the Brazos River 0.5Mi(0.3km) downstream from FM 413 bridge over the river (See Figures 5-6 herein). Pessagno (1967,1969) was the first to study planktonic foraminifera from the Highbank Formation on the west side of the Brazos River. In the past, the exposure on the west bank of the Brazos River was considered by Alvarez and other workers (e.g., Ganapathy, R. S., Gartner, S., and Jiang, M. J., 1981; Gartner and Jiang, 1985; Keller 1989) to be evidence for a tsunami generated by the impact of a bolide that struck Yucatan. It is suggested herein that these events represent turbidites

that were generated by tectonic events along the Balcones Fault Zone.

The Highbank Formation is named for the town of Highbank, Falls County, Texas, a small unincorporated community situated on FM 413 near the east bank of the Brazos River (See Figures 3, 4A, 4B, 4C). Figure 4A is an index map showing localities downstream from FM 413 bridge over Brazos River, Falls County, Texas (Note the position of Brazos section 6 on the map). Figure 4B describes event beds at the contact between Highbank Formation and Kincaid Formation downstream from the FM 413 bridge over the Brazos River, Falls County, Texas. Figure 4C is a photograph of the outcrop at Brazos River section 6 showing the basal Danian micritic limestone, lag ("shell hash"), and hummocky sandstone beds. The arrow in this figure points to the Danian micritic limestone which disconformably overlies the Highbank Formation. As noted by Montgomery et al. (1992), the wackestone micrite clasts contain Danian coccoliths *Biantholithus sparus* as well as the Danian planktonic foraminifera *Parvularugoglobigerina fringa*, *P. eugebina*, *Globoconusa daubjergensis*, and *Parasubbotina pseudobulloides*. Figure 4D shows the magnitude of the hiatus at the disconformity between Highbank Formation and overlying Kincaid

Formation relative to Maastrichtian and lower Danian composite zones. Note that Zone 1A<sub>1</sub> is missing. Figure 5 is a regional satellite view showing the Highbank Formation south of Waco on the Brazos River. Again, the reader should note the distinctive reddish-brown color of the Highbank Formation. The yellow circle with an asterisk indicates the approximate position of FM413 bridge over Brazos River, Falls County, Texas (See Figure 1A).

The Highbank Formation also occurs along the Colorado River downstream from Austin, Texas at an exposure on a bluff on the south side of the Colorado River 2.2Mi(1.48 km) southwest of Webberville 47f(14.3m) (See Figure 1A and Figure 6B herein). At this locality, greenish-gray glauconitic calcareous mudstone contains an upper Maastrichtian planktonic foraminiferal assemblage assignable to Composite Superzone 1, Zone 1B, Subzone 1B<sub>2</sub> (See Pessagno, 1969, p. 95; = his Kemp Clay; pl. 53, localities TX 185, 186, 188). In this area, the Highbank overlies the Corsicana Formation which is also assignable to Subzone 1B<sub>2</sub>. The contact between the Highbank Formation and the underlying Corsicana Formation can be seen at the Texas Materials Garfield Pit (See Figure 6B). Quarrying has stripped away the Highbank to reveal the Corsicana beneath in a man-made window.

**FIGURE 3**

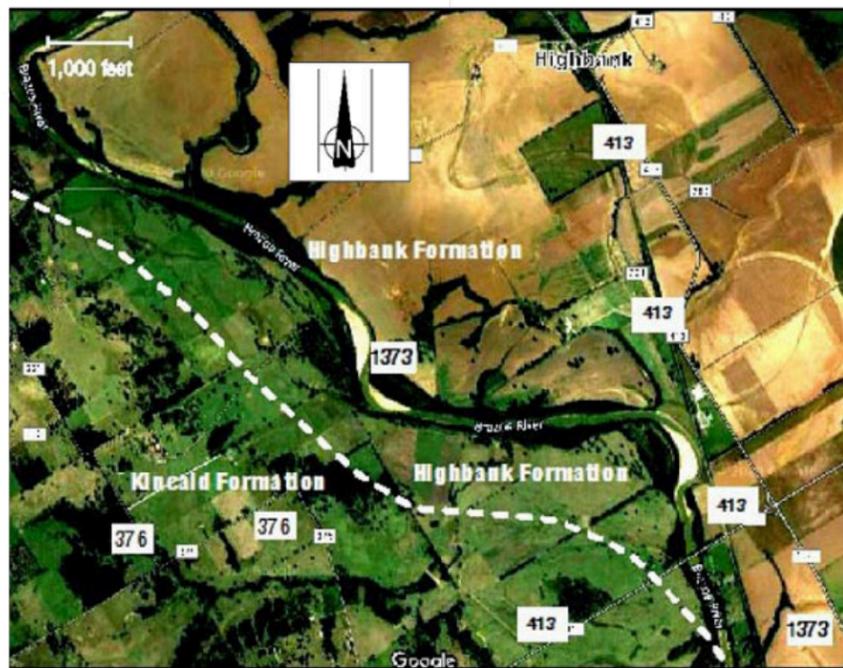


Figure 3: Contact between Highbank Formation and Kincaid Formation downstream from FM 413 bridge over the Brazos River, Falls County, Texas. Note distinctive reddish-brown color of Highbank due to weathering of calcareous dark greenish-gray glauconitic mudstone. \*

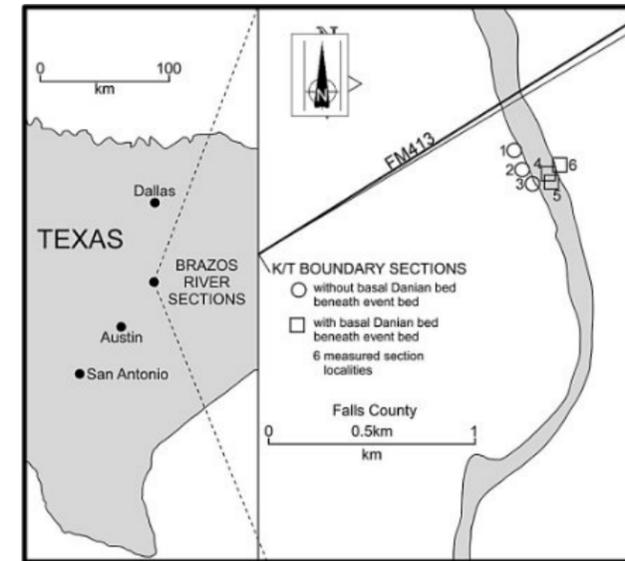


Figure 4A: Index map showing localities downstream from FM 413 bridge over Brazos River, Falls County, Texas. \*

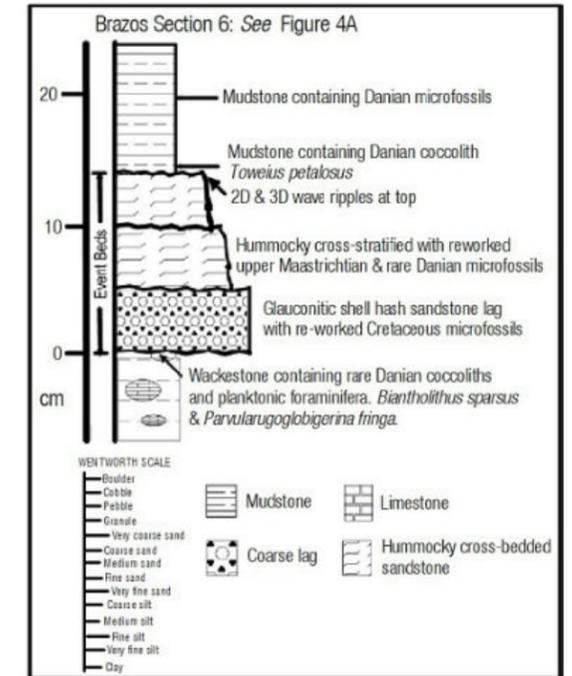


Figure 4B: Drawing giving description of event beds at contact between Highbank Formation and Kincaid Formation downstream from the FM 413 bridges over the Brazos River, Falls County, Texas. \*

**Figure 4C**



Figure 4C: Photograph of outcrop at Brazos River section 6 showing basal Danian micritic limestone, lag ("shell hash"), and hummocky sandstone beds. Arrow points to Danian micritic limestone disconformably overlying Highbank Formation in overlying Kincaid Formation. Wackestone micrite clasts containing Danian coccoliths *Biantholithus sparus* and Danian planktonic foraminifera *Parvularugoglobigerina fringa*, *P. eugebina*, *Globoconusa daubjergensis*, and *Parasubbotina pseudobulloides*. From Montgomery et al., 1992. \*

**Figure 4D**

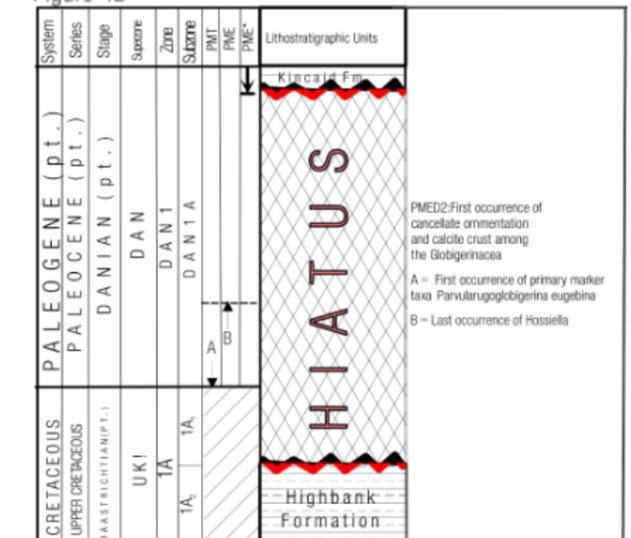


Figure 4D: Hiatus at disconformity between Highbank Formation and overlying Kincaid Formation relative to Maastrichtian and lower Danian composite zones. \*

Figure 5

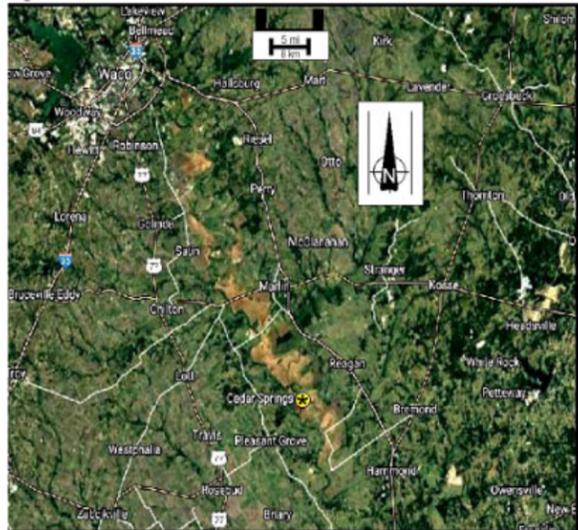


Figure 5: Regional satellite view showing Highbank Formation south of Waco on Brazos River. Highbank Formation consists of dark gray glauconitic mudstone which weathers to a distinctive reddish-brown color. \* Indicates the approximate position of FM413 bridge over Brazos River, Falls County, Texas. See Figure 1A.

Figure 6A

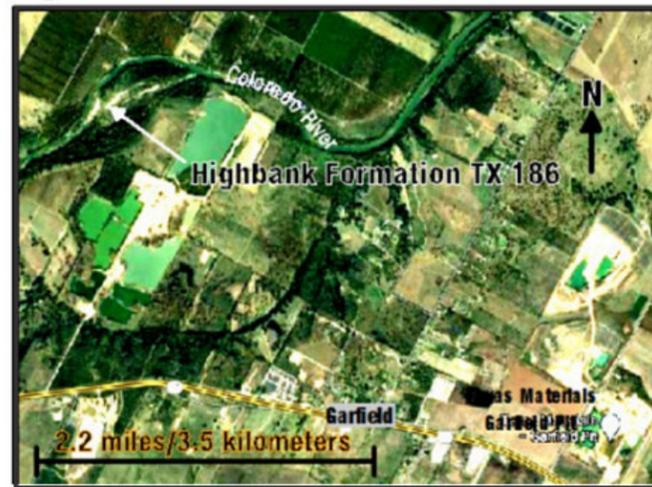


Figure 6A: Highbank Formation on Colorado River, Travis County Texas at Pessagno (1969, p. 95, pl. 53) localities TX 185, TX 186, TX 188.

Figure 6B



Figure 6B: Contact between Highbank and Corsicana formations at Texas Materials Clay Pit south of Austin along Colorado River. Excavation at clay pit created a man-made window revealing Corsicana Formation below Highbank Formation.

Figure 7

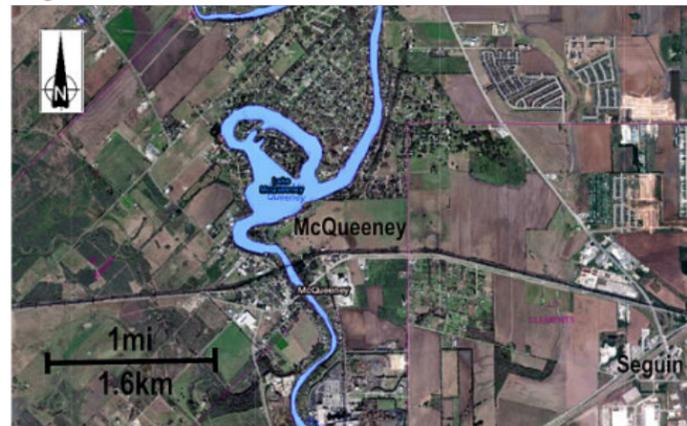


Figure 7: Satellite photo showing the Highbank Formation at McQueeney, Guadalupe County, Texas. Note reddish-brown color of soil.

**Definition of Nueces River Member of the Austin Chalk.**

The type locality for the Nueces River Member of the Austin Chalk is situated in Uvalde County immediately west of the U.S. 90 bridge over the Nueces River on the north side of the road (See Figures 8A, 8B herein). This succession was first sampled by T. Wayland Vaughan in 1895. Vaughan started his measured section immediately

west of the “triangular station” (Vaughan’s Field Notes, p. 23; U.S.N.M.). The location of the triangular station is shown on the 1/250,000 U.S.G.S. Uvalde Quadrangle (1898). His field notes indicate that the Austin Chalk consists of soft white chalky limestone interbedded with brown ferruginous calcareous mudstone. The Anacacho Limestone overlies the Austin Chalk at this locality with

marked angular uniformity and considerable hiatus (uppermost Santonian to the upper part of the lower Maastrichtian). This angular unconformity can best be seen at the type locality of the Anacacho Formation in the Anacacho Mountains, at Buzzard Canyon in Kinney County (See Figure 8C).

The Nueces River Member of the Austin Chalk consists of bluish-gray buff-weathering medium to massively bedded silty chalk whose beds are as much as 6f(1.8m) thick. The chalk is rhythmically interbedded with reddish-brown chalky mudstone layers which range in thickness from 6ln(2.54cm) to 3f(0.9m). Marcasite nodules occur at some horizons in the massive silty chalk. According to Holloway (1999, p. 44, the mudstone marking the base of the Nueces River Chalk is highly burrowed and is 2.5f(0.76m)

thick (See Figure 9B herein). She also indicated that the mudstone layers thicken toward the top of the section and contain limestone nodules.

Pessagno and Longoria recovered planktonic foraminifera from the basal mudstone layer in sample NH3 (See Figure 9B): *Globotruncanita elevata*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncana fornicata*, *G. lapparenti*, *Marginotruncana marginata*, *M. angusticarinata*, *M. renzi*, *Dicarinella* sp., and *Whiteinella spatha*’s assemblage is assignable to Superzone 3, the lower part of Zone 3A, and to the lower part of the uppermost Santonian (See Figures 2B, 9D). Samples NR14, NR15, NR16, NR17, NR18, and NR22 of Holloway (1999) contain a less diversified poorly preserved assemblage assignable to the same subzone.



Figure 8A

Figure 8A: Map showing type locality of Nueces River Member of the Austin Chalk 4.4 miles (7.0km) west of Uvalde, Uvalde County, Texas along US Highway 90. Red asterisk shows position of locality.

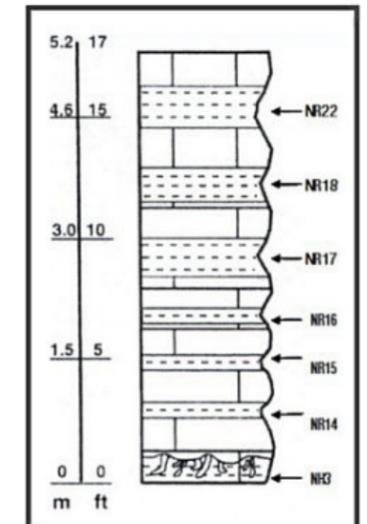


Figure 8B

Figure 8B: Measured section of type Nueces River Member of the Austin Chalk. Localities NH3 of Pessagno and Longoria and localities NR14, NR15, NR16, NR17, NR18, and NR22 of Holloway (1999). Immediately west and north of U.S. 90 bridge over the Nueces River and 4.4 miles (7km) west of Uvalde, Uvalde County, Texas.

Figure 8C

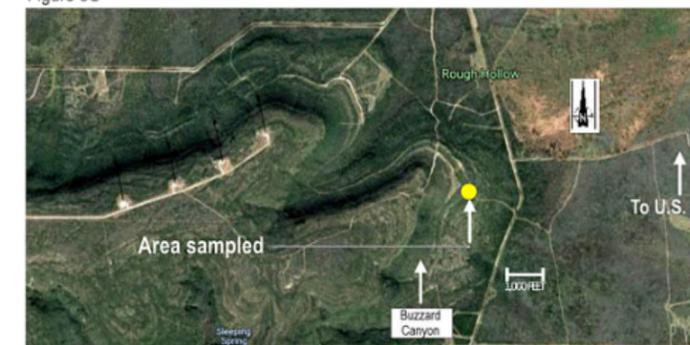


Figure 8C: Type locality of Anacacho Formation at Buzzard Canyon in the eastern part of the Anacacho Mountains, Kinney County, Texas. 8C.

Figure 9A



Figure 9A: Map showing position of unit stratotype of the Waxahachie Member of the Austin Chalk exposed at its type locality at the spillway to Lake Waxahachie from AlShuaibi (2006). Locality D11 of Powell et al. (1970, p. A47).

Figure 9B

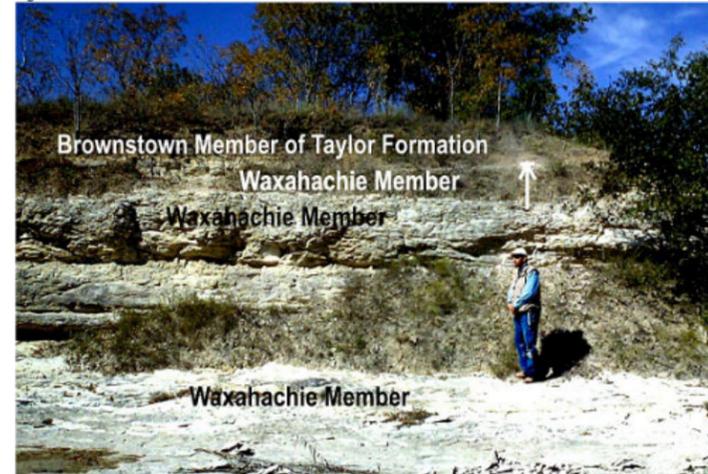


Figure 9B: Contact between Waxahachie Member of the Austin Chalk and the overlying Brownstown Member of the Taylor Formation. Arrow points to contact.

Holloway (1999) also noted the presence of the Nueces River Member along the Rio Grande River in Kinney County, Texas below the Lonesome Dove film set on the Moody Ranch. At the Alamo Quarry in San Antonio, Bexar County, the Nueces River Member consists of 24f(7.3m) of massive, silty chinks which rhythmically alternate with 2f(0.6m) to 3f(0.9m) layers of buff weathering chalky mudstone. The top of the last massive chalk layer is taken as the top of the Austin Chalk. In 1985 the senior author collected 4 samples in the 24f(7.3m) interval above the contact of the Burditt Member of the Austin Chalk and below the angular unconformable contact with the overlying formation which is questionably assignable to the Taylor Formation. A composite list of the planktonic foraminifera occurring in this sample interval is as follows: *Globotruncana fornicata*; *G. lapparenti*, *G. bulloides*, *G. rosetta*, *G. stephensoni*, *Marginotruncana angusticarinata*, *M. coronata*, *M. renzi*, *M. marginata*, *Archaeoglobigerina blowi*, *Globotruncanita elevata*, *G. stuartiformis*, *Dicarinella* sp., and *Whiteinella* spatha's interval is assignable to Composite Zone 3, lower part of Zone 3A and to the uppermost Santonian (See Figures 2A, 9D).

#### Definition of the Waxahachie Member of the Austin Chalk

The unit stratotype of the Waxahachie Member of the Austin Chalk occurs at the spillway to Lake Waxahachie. According to AlShuaibi (2006) this locality is situated 1.5Mi(2.49km) northeast of the intersection of Pigg Road and Howard Road (FM RD 877) and about 6.92Mi(6.92km) southeast of Waxahachie, Ellis County, Texas (G.P.S. coordinates' 32°20'18.33" and W 096°48'7.56"; See Figures 10A-10B). It should be noted that this locality is equivalent to locality D11 of Powell et al. (1970).

The Waxahachie Member replaces the informally named "Hutchins Chalk" of Durham (1957) and the "upper chalk member" of Powell et al. (1970). The thickness at the spillway depends on where one starts measuring the section; the base of the section abuts against a normal fault at a waterfall downstream. The Waxahachie Member at its type locality consists of 59f(18m) of indurated medium-bedded chalk (2.9f/0.9m) to (4.9f/1.5m) interbedded with medium to thin-bedded (1f/0.3m to 1.9f/0.5m) chalky mudstone that crop out in the creek downstream from the spillway. The strata here are white to buff when weathered and bluish-gray when fresh.

Planktonic foraminifera occurring in the unit stratotype include *Dicarinella concavata*, *Globotruncana bulloides*, *G. fornicata*, *G. lapparenti*, *Globotruncanita elevata*, *Marginotruncana marginata*, *Ventilabrella eggeri*, *V. glabrata*, and *Whiteinella* spp. assemblage is assignable to Composite Superzone 3, the lower part of Subzone 3A to the uppermost Santonian (See Figures 2A, 2B). Inoceramids occurring throughout this interval include *Platyceramus cycloides* and *P. cycloides ashenensis* (See AlShuaibi, 2006). Some of the inoceramids in the uppermost part of the Waxahachie are extremely large and approach 3.2f(0.98m) in length. It is noteworthy that the microcrinoid *Marsupites testudinarius* also occurs in the uppermost part of this interval. Reaser (2002) reported *Exogyra* sp., *Texigryphaea* sp., rare *Pecten (Neitha)* sp., *Spondylus* sp., and the rudistid *Durania* as well as several ammonite taxa including the large cartwheel ammonite *Parapazusia americana* from this horizon. Given the innermost neritic nature of *Durania*, it is probable that the other bivalves-- *Exogyra*, *Texigryphaea* and *Spondylus* were carried down slope to outer neritic depths at the outer edge of the continental shelf (See Figure 1B). The base of the overlying Brownstown Member of the Taylor Formation is marked by a hard ground and a paraconformity (See Figures 10A, 10B herein). These strata are assignable to lower Campanian Subzone 2D<sub>2</sub> and contain *Globotruncana bulloides*, *G. fornicata*, *G. linneiana*, *Globotruncanita elevata*, *Rugoglobigerina*

*tradinghausensis*, *Ventilabrella glabrata*, and *Pseudotextularia elongata* (Senior author's observations and those of co-author Longoria; see Figure 10C). The upper part of the Waxahachie Member of the Austin Chalk is also exposed along Cottonwood Creek at Wilmer, Dallas County, Texas about 0.07Mi(0.11 km) north the intersection of Lloyd Street and Cottonwood Drive and 2198f(0.67km) west of the intersection of Cottonwood Creek and Interstate Highway 45, Wilmer, Dallas County, Texas (G.P.S. coordinates' 32°35'43.85" and W 096°41'21.3" (See Figures 1A and 11 herein). Here, the Waxahachie Member includes indurated white to buff-weathering medium-bedded chalk (1.96f/0.6m to 3.9f/1.2m) interbedded with chalky mudstone layers (0.98f/0.3m to 1.6f/0.5m). In contrast to the contact at the unit stratotype, the contact between the Waxahachie Member and the Brownstown at Wilmer, Dallas County, Texas is gradational. Two types of gradational contacts occur upstream and downstream from a small normal fault. Upstream from the fault the Waxahachie Member consists of thin beds of chalk interbedded with thin beds of chalky mudstone that grade upward into the Brownstown Member of the Taylor Formation. Exposures downstream from the fault contain buff-colored chalky mudstone grading upward into the dark gray mudstone of the Brownstown. The lower part of the Waxahachie Member is assigned to lower part of Composite Zone 3A and to the uppermost Santonian (See Figures 2A, 10C herein).

Figure 10A



Figure 10A: Waxahachie Member of the Austin Chalk at Wilmer, Dallas County, Texas. Locality WM02 of AlShuaibi (2006) and Locality D7 of Powell et al, (1970, p, A39). = marks locality.

Figure 10B



Figure 10B: Gradational contact between Waxahachie Member of the Austin Chalk and overlying Brownstown Member of Taylor Formation upstream from a small normal fault. Dashed line marks the contact between these two lithostratigraphic units. Note that right end of dashed line abuts against a pocket of rock chips that slumped down from the Brownstown above. Photo from co-author AlShuaibi.

**Emended definition of Neylandville Marl**

The name “Neylandville Marl” has had a chaotic history for over 90 years. It was first introduced informally in a personal communication between L. W. Stephenson and W. S. Adkins. Subsequently, it was formally introduced by Adkins and Stephenson (1932, p. 488, 516) in Sellards et al. (1932, p. 1-1007). These workers included the beds overlying the Taylor Formation and underlying the Nacatoch Sand in the Neylandville Marl. Moreover, they selected co-type localities in Neylandville, Hunt County, Texas: (1) Along the then Texas and Midland Railway at the first cut west of Neylandville Station (See Figure 11A) and (2) at exposures along the then Bankhead Highway between Liberty School and Neylandville 3 to 6 miles (4.8 to 8 kms) northwest of Greenville, Texas. At both of these localities the Neylandville consists of reddish-brown siltstone.

In this report, we refer to the Neylandville Marl as the “Neylandville Siltstone”. In addition to its type area, the Neylandville Siltstone can also be seen Kaufman County near Kemp, Texas (See Smith and Pessagno, 1971, figures 10-15 and figures 1, 11A-11D herein). At locality TX 12, Smith and Pessagno recorded the presence of *Guembelitra cretacea*, *Heterohelix striata*, *Planoglobulina acervulinoides*, and *Rugoglobigerina rugosa* (See Figure 1A). This assemblage is clearly assignable to Composite Superzone 1 and to the upper Maastrichtian (See Figures 2B, 12B). In Navarro County, Neylandville Siltstone samples TX 276-TX279 of Pessagno (1969, p. 97) were collected at the following localities (See Figure 11C herein). Sample 276 occurs immediately downstream from the crossing of

Highway 31 over Briar Creek; sample 277 occurs at the crossing of Highway 31 over Cedar Creek; sample 278 is situated on the north side of Highway 31 0.3 miles (0.19kms.) from Cedar Creek crossing; sample 279 occurs on Farm Road 2452 0.8Mi(0.5kms.) southwest of the railroad crossing at Corbet. Corbet is located on Farm Road 2452, six miles southwest of Corsicana between Briar and Cedar creeks. It is bisected by the Saint Louis Southwestern Railway. Planktonic foraminifera recovered by Pessagno (1969) at these localities are assignable to the upper part of Composite Subzone 2A<sub>1</sub> (= his *Globotruncana lapparenti* Zonule) and to the upper part of the lower Maastrichtian.

The contact of the Neylandville Siltstone with overlying Nacatoch Sand can be observed at the juncture of highway 148 and Fm1390 near Scurry, Kaufman County, Texas. It also can be observed near the northeast corner of the graveyard at Saint Ann’s Catholic Church in Kaufman (See Smith and Pessagno, 1971, figures 10-15). At the First Baptist Church of Warsaw, Kaufman County, Texas, the Neylandville Siltstone consists of calcareous to siliceous reddish-brown weathering muddy siltstone that contains dark gray silty micrite nodules (See Figure 11C). The siltstone contains well-rounded quartz grains which are visible after being immersed in hydrogen peroxide. This characteristic is of extreme importance in recognizing the Neylandville.

Dane and Stephenson (1933, p. 1358) noted that a zone of phosphate nodules and molluscan molds occurs at the

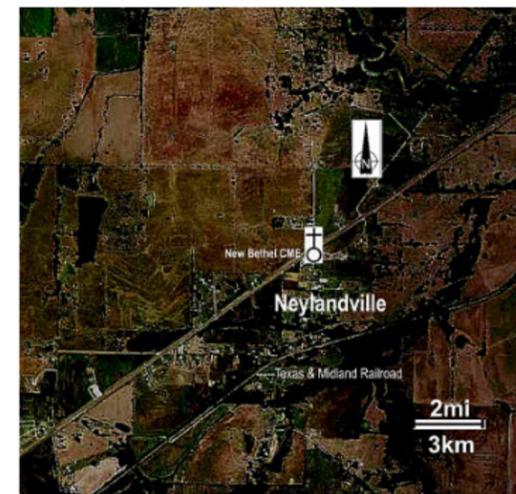


Figure 11A: Co-type localities of Neylandville Siltstone at Neylandville, Hunt County, Texas: (1) Along the then Texas and Midland Railway at the first cut west of Neylandville Station and (2) along the then Texas and Midland Railway at the first cut west of Neylandville Station. Note the reddish-brown color of the soil and the position of the old Texas and Midland Railroad.



Figure 11B: Neylandville Siltstone showing position of locality TX12 of Smith and Pessagno (1971) along road 148 west of Kemp, Kaufman County, Texas. Yellow circle with asterisk shows location of locality. Note reddish-brown character of soil. Fauna at this locality contains *Guembelitra cretacea*, *Heterohelix striata*, *Planoglobulina acervulinoides*, and *Rugoglobigerina rugosa* (Composite Superzone 1 indifferntiated).

Figure 11C



Figure 11C: Neylandville Siltstone at locality TXS-4 at Warsaw first Baptist Church at Warsaw, Kaufman County, Texas. Note the reddish-brown color of the siltstone. Siltstone may be either calcareous or siliceous. It is important to note that the rock when immersed in hydrogen peroxide displays an abundance of well-rounded quartz grains. This is an extremely important characteristic in identifying the Neylandville Siltstone.

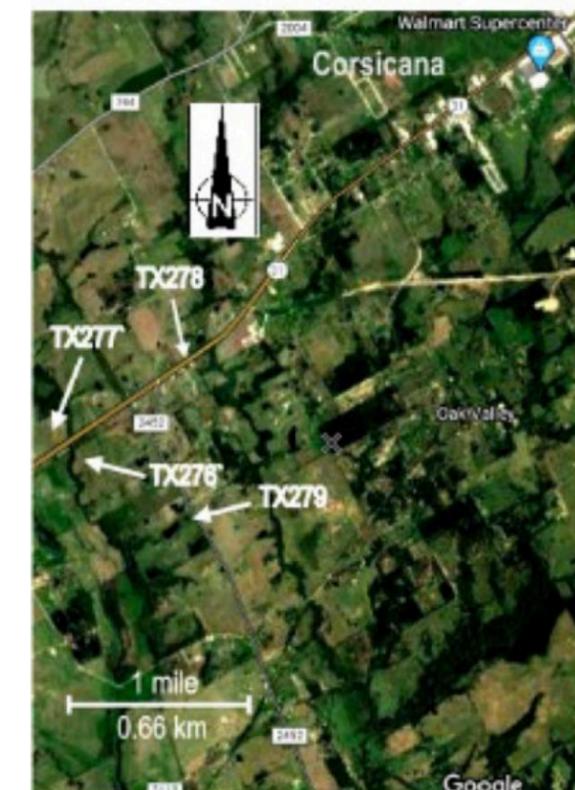


Figure 11D: Neylandville Siltstone. Localities TX276, TX277, TX278, and TX279 of Pessagno (1969) immediately southwest of Corsicana, Navarro County, Texas. The planktonic foraminifera occurring in these samples are assignable to Composite Subzone 2A<sub>1</sub> herein and to the upper part of the lower Maastrichtian.

base of the Neylandville. However, to date, this horizon has not been observed.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. The need for naming the Highbank Formation is based on the fact that this lithostratigraphic unit has been assigned to the Corsicana Formation by previous workers including the senior author in 1969 and by Powell et al. in 1970. However, the Highbank Formation as defined herein differs strongly from the Corsicana Formation at its type locality at the Acme Brick pit in Corsicana, Navarro County, Texas. At its type locality the Corsicana Formation consists of medium gray mudstone which weathers buff (See Pessagno, 1969; Smith and Pessagno, 1973; Powell et al., 1970). In contrast, at its type locality at the FM 413 bridge over the Brazos River in Falls County, Texas, the Highbank Formation consists of dark greenish-gray glauconitic mudstone that weathers to a very distinctive reddish-brown color. The reddish-brown color can be easily recognized in satellite photos. The presence of abundant glauconite in Highbank strata indicates deposition at outer neritic to upper bathyal depths. Chafetz and Reid (2000, p. 13-14) stated that modern glauconitic sediments form in water depths greater than 164f(50m) and most commonly at shelf and slope environments 656f(200m)–984f(300m). These studies reinforce the microfacies assignment of outermost neritic to upper bathyal given in this report. The Highbank conformably overlies the upper Maastrichtian Corsicana Formation and disconformably underlies the Danian Kincaid Formation. The Corsicana Formation is assignable to upper Maastrichtian Composite Superzone 1, Zone 1B, Subzone 1B<sub>2</sub>; the upper part of the Highbank Formation is assignable to Superzone 1, Zone 1B, Subzone 1B<sub>1</sub> (See Figure 2C herein).

2. The **Waxahachie Member** of the Austin Chalk consists of medium-bedded light gray-weathering chalk alternating with ferruginous mudstone which contains micritic limestone nodules at the top near its angular unconformable contact with the overlying upper Maastrichtian Anacacho Limestone. Microfacies analysis

indicates that the Nueces River Member sedimentation occurred at outer neritic to upper bathyal depths (See Figure 1B). At the type locality of the Anacacho Formation at Buzzard Canyon, Kinney County Texas, the Anacacho Limestone overlies the Nueces River Member with marked angular unconformity (42°) and considerable hiatus (uppermost Santonian to upper part of lower Maastrichtian). See Figures 4C and 4D). This unit is assigned to the lower part of Composite Superzone 3, Zone 3A, and to the uppermost Santonian (See Figure 2B herein).

3. The Waxahachie Member replaces the informally named “Hutchins Chalk” of Durham (1957) and the “upper chalk member” of Powell et al. (1970). The Waxahachie Member at its unit stratotype at the spillway to Lake Waxahachie in Ellis County, Texas consists of 59f(18m) of indurated medium-bedded chalk (2.9f/0.9m) to (4.9f/1.5m) interbedded with medium to thin-bedded (1f/0.3m to 1.9f/0.5m) chalky mudstone that crop out in the creek downstream from the spillway. These strata are white to buff when weathered and bluish-gray when fresh. Planktonic foraminifera occurring in the stratotype are assignable to the lower part of Composite Zone 3A and to the uppermost Santonian (See Figure 2B). Microfacies analysis indicates that the Nueces River Member sedimentation occurred outer neritic to upper bathyal depths (See Figure 1B). Inoceramids included throughout this interval include *Platyceramus cycloides* and *P. cycloides ashenensis* (See AlShuaibi, 2006). A hard ground and paraconformity exists at the top of the unit stratotype (See Figures 9A-9B herein). The basal strata of Brownstown Member of the Taylor Formation are assignable to Composite Subzone 2D<sub>2</sub> and to the lower Campanian (See Figure 2B). At Wilmer in Dallas County the contact between the Waxahachie Member and the overlying Brownstown Member of the Taylor Formation is completely gradational (See Figure 10B).

4. The “Neylandville Marl” has had a chaotic nomenclatural history. It was informally first introduced in

a personal communication between L. W. Stephenson and W. S. Adkins. Subsequently, it was formally introduced by Adkins and Stephenson (1932, p. 488, 516) in Sellards et al. (1932, p. 1-1007. *Geology of Texas*). These workers included the beds overlying the Taylor Formation and underlying the Nacatoch Sand in the Neylandville Marl. Moreover, they selected co-type localities in Neylandville, Hunt County, Texas:(1) Along the then Texas and Midland Railway at the first cut west of Neylandville Station (See Figure 11A) and (2) at exposures along the then Bankhead Highway between Liberty School and Neylandville 3 to 6 miles (4.8 to 8 kms) northwest of Greenville, Hunt County, Texas (See Figure 1A). In satellite photos the reddish-brown color of the Neylandville can be clearly seen both in its type area and in other areas to the east near Kemp, Kaufman County, Texas (See Figures 11A-11D). The base of the Neylandville Siltstone occurs in the upper part of the lower Maastrichtian Superzone UK2, Zone 2A, Subzone 2A<sub>1</sub> whereas the top occurs in the upper Maastrichtian in Superzone UK1 (undifferentiated). Microfacies analysis indicates that the Neylandville sedimentation occurred at inner neritic depths (See Figure 1B).

5. The presence of shallow water mollusks such as the rudistid *Durania*, *Exogyra*, *Aucella* in the outer neritic to upper bathyal deposits of the Austin Chalk and Highbank Formation indicates downslope movement. It is probable that earthquakes generated submarine landslides which in turn triggered turbidity currents in submarine canyons (For *Durania*; see Hook and Cobban, 2013, p. 18). Since inner-most neritic megafossils were displaced downslope, it is apparent that inner-most neritic calcareous benthonic foraminifera would also be displaced. This is substantiated by Selznick (1991, p. 92, pl. 10, figs. 12, 16) who figured the miliolid taxon *Triloculina circularis* from the outer-most neritic Marlbrook Formation at his locality MS57B. Miliolids are most abundant at inner-most neritic depths. It should be noted that deep submarine channels exist in the basal Austin Chalk behind the Main Post Office in Dallas and at the Atco Cement Quarry near Waco (See Pessagno, 1969 and Powell et al., 1970). According to Pessagno (1969, p. 65, pl. 60), the channels at the base of

the Atco Member of the Austin Chalk were 10f(3m) wide. The presence of submarine canyons and channels at other horizons in the Austin Chalk should be readily determined by seismic reflection profiles.

6. Geochemical analyses based on calcareous benthonic foraminifera should be carefully re-examined to determine whether the results are still valid.

## References cited.

- Adams, R. L., and J. P. Carr, 2010. Regional depositional systems of the Woodbine, Eagle Ford, and Tuscaloosa of the U.S. Gulf Coast:Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions. 60: p. 3-27.
- Al Shuaibi, A. A., 2006. Coniacian to lowermost Campanian stratigraphy of the Austin Chalk, Northeast Texas:Unpublished Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Dallas. p. 1-220, pls. 1-6; Figures 1-58.
- Breyer, J. A., Denne, R., Funk, J., Kosanke, T., and Spaw, 2013. Stratigraphy and Sedimentary Facies of the Eagle Ford Shale (Cretaceous) between the Maverick Basin and the San Marcos Arch, Texas: U.S.A. Search and Discovery Article 50899, p. 1-23.
- Chafetz, H. S., and Reid, A. 2000. Syndepositional shallow water precipitation of glauconitic minerals:Sedimentary Geology 126, p. 29-42.
- Condom, S. M. and Dyman, T. S., 2006. Chapter 2 of 2003 geological assessment of undiscovered conventional oil and gas resources in the Upper Cretaceous Navarro and Taylor Groups Western Gulf Coast Province, Texas:U. S. Geological Survey Digital Data Series DDS-69-H: p. 1-41.
- Durham, C. O., 1957. The Austin Group in Central Texas. Ph.D. Dissertation, Columbia University, p. 1-54.
- Ewing, T. E., 1987. The Frio River Hinge Line in South Texas-Transition from Cordilleran Northern Gulf Regimes:Gulf Coast Transactions. Gulf Coast Association of Geological Sciences, p. 3787-3794.
- Ewing, T. E., 2003. Review of the tectonic history of the Lower Rio Grande Border Region, South Texas and Mexico, and implications for hydrocarbon exploration; in Structure and stratigraphy of South Texas and northeast Mexico applications to exploration:GCSSEPM Foundation and

South Texas Geological Society, p. 7-21.

Ganapathy, R. S., Gartner, S., and Jiagn, M. J., 1981. Iridium anomaly at the Cretaceous-Tertiary Boundary in Texas. *Earth and Planetary Science Letters*: 54, p. 393.

Gartner, S. and Jiang, M. J., 1985. The Cretaceous/Tertiary boundary in east-central Texas: *Transactions of Gulf Coast Association Geological Society*: p. 35.

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., and Hilgen, F. J., 2012. On the geologic time scale. *Newsletters on Stratigraphy*: 45, 21, p. 71-178.

Graham, J. M., 1995. Lithostratigraphy, microfacies and foraminiferal biostratigraphy of the Santonian-lower Campanian strata in the Trans-Pecos Region, West Texas: Unpublished Ph. D. Dissertation: The University of Texas at Dallas's. 1-432, pls. 1-21, Figures 1-106.

Hook, S.C. and Cobban, 2013. Middle Turonian (Late Cretaceous) rudistids from the lower tongue of the Mancos Shale, Lincoln County, New Mexico: *New Mexico Geology*: 51. p. 13-20.

Holloway, J. W 1999. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Austin Chalk from San Antonio west to the Anacacho Mountains: Unpublished Ph.D. Dissertation: The University of Texas at Dallas: p. 1-266, pls. 1-9, Figure 1-61.

Keller, G., 1989. Extended Cretaceous-Tertiary boundary extinctions and delayed population change in planktonic foraminifera from Brazos River, Texas: *Paleoceanography* 4, p. 287.

Lowrey, C. M., Matthew, J., Corbett, R., Leckie, R. M., Watkins, D., Romero, A. M., And Pramdito, A., 2014. Foraminiferal and nannofossil paleoecology and paleoceanography of the Cenomanian-Turonian Eagle Ford Shale of southern Texas: *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*: 413. p. 49-65.

Montgomery, H., Pessagno, E. A., Jr., Soegaard, C., Smith, C., Muñoz, I., and Pessagno, J. 1992. Misconceptions concerning the Cretaceous/Tertiary boundary at the

Brazos River, Falls Country, Texas. *Earth and Planetary Sciences Letters*: 109.593-600.

O'Connell, S., 2019. Holes in the bottom of the Sea. *History, Revolutions, and Future Opportunities: GSA Today*: 29, 2-4: p. 1-4.

Pessagno, E. A., Jr., 1967. Upper Cretaceous Planktonic Foraminifera from the Western Coastal Plain. *Paleontographica Americana*: 5(37): p. 234-445; pls. 48-181.

Pessagno, E. A., Jr., 1969. Upper Cretaceous stratigraphy of the western Gulf Coast area of Mexico, Texas, and Arkansas: *Geol. Soc. Amer. Memoir* 111: p. 1-139.

Powell, J. D., Pessagno, E. A., Jr., McNulty, C. L., Rothwell, W. T., Schell, W. W. and Williams, T. E. 1970. Field trip guidebook for the First Interamerican Micropaleontological Colloquium: p. 1-36.

Reaser, D. F., 2002. *Geology of the Dallas-Fort Worth Metroplex and Local Geologic/Meteorologic Hazards*: Pearson Custom Publishing, USA: p. 84-117.

Rose, P. R., 2016. Late Cretaceous and Tertiary Burial History, Central Texas. *GCAGS Journal*, *GCAGS Journal*, 5: p. 141-179.

Sellards, E. R., Adkins, W.S., and Plummer, F. B., 1932. *The Geology of Texas*. The University of Texas. Bulletin No. 3232, 1, *Stratigraphy*: p. 1-1007.

Selznick, M. R., 1991. Campanian foraminiferal paleoecology of northeast Texas. *Micropaleontology Special Publication Number 5*: p. 77-116, pls. 9-18.

Smith, C. C., 1981. Coniacian and early Santonian portions of the Eagle Ford and Austin groups of Texas. *U. S. Geological Survey Professional Paper* 1075: p. 1-98, 14 figs., 16 pls.

Smith, C. C. and Pessagno, E. A., Jr., 1973. Planktonic foraminifera and stratigraphy of the Corsicana Formation (Maastrichtian) North-Central Texas: *Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication Number 12*: p. 1-67, pls. 1-27, Figure 1-24.

# 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.**

## Las Formaciones del Paleógeno de la Faja Cangre de la Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental y su significado tectónico.

**Humberto Álvarez-Sánchez**  
Colaborador de la Revista

### Introducción.

La Cordillera de Guaniguanico del occidente de Cuba contiene un perfil litoestratigráfico Jurásico Inferior a Eoceno y tiene sus análogos en los macizos metamórficos de Cuba central. El Macizo Metamórfico Escambray muestra las mayores coincidencias estratigráficas con Guaniguanico, inclusive en su magmatismo jurásico-oxfordiano destacado en las Fms. Loma La Gloria y La Chispa (Millán y Somin, 1981; 1985a) correlacionados con la Sierra del Rosario en las Fms. El Sábalo y Francisco (Pszczółkowski, 1978) y con la Fm. Arroyo Cangre (Piotrowski, 1977) del Jurásico-Oxfordiano de la Faja Cangre de Cuba occidental.

En la Sierra de Los Órganos S.s no se conocen rocas magmáticas, mientras, en el Escambray, no hay pruebas de rocas paleogénicas (Álvarez-Sánchez, 2015); pero en Guaniguanico, existen las Fms. Ancón (Truitt y Brönnimann, 1955, 1956) y Manacas (Hatten, 1956, 57) del Paleoceno temprano al Eoceno. Ancón incluye calizas micríticas, chert radiolarítico, areniscas y brechas, muy similar a la Fm. Loma Quivacán del Escambray. Manacas, en lo básico, es un flysch de grauvacas, brechas y olistostromas mono y policomponentes. Formaciones que poseen una importancia singular en la geotectónica de Guaniguanico, ya que sirvieron de superficie pasiva durante el desplazamiento de los nappes de la columna terrígeno-calcárea del Jurásico-Cretácico Inferior, al final del ciclo orogénico.

El Escambray, con metamorfismo HP-LT, alcanzó hasta la facies eclogítica (Stanik *et al.*, 1981; Millán y Somin, 1985b). Pero en la Sierra de Los Órganos no existen rocas con algún grado metamórfico considerable. Al sur de la

Sierra de Los Órganos, en contacto tectónico con sus unidades meridionales, se despliega un cinturón metamórfico denominado Faja Cangre (Millán, 1972, 76, 88) de características contrastantes. Su perfil estratigráfico coincide con el perfil esencial de la Sierra de Los Órganos, excepto que la Formación Arroyo Cangre equivalente de la Formación San Cayetano y la Formación Jagua (Palmer, 1945) contienen productos magmáticos. En el cinturón Cangre el metamorfismo de muy bajo grado, no fue suficiente para causar modificaciones sustanciales de la composición de su columna estratigráfica representante del corte de la Sierra de Los Órganos, pero afectó a las secuencias paleogénicas de las Fms. Ancón y Manacas, en la culminación de su corte estratigráfico.

Tales acontecimientos en macizos de estratigrafía equivalente, la edad en la que ocurren sucesos comunes, el contraste de lo ocurrido o su falta para ciertos eventos y, al contrario, la simultaneidad de lo sucedido para algunos; poseen una significación fundamental en la historia geológica de estos complejos. En este trabajo se examinan tales condiciones con el fin de continuar profundizando en la geología de Guaniguanico y su desarrollo tectónico.

### La Faja Cangre. Su composición y metamorfismo.

La Faja Cangre (Figura 1) llamada primero Complejo Metamórfico Carbonato-Terrígeno (Millán y Somin, 1976), buza al Sur y SW y se extiende en una dirección SW, con su eje paralelo a las estructuras de la Sierra de Los Órganos entre El Sábalo hasta la altura del meridiano del Valle de San Andrés. A partir de allí las unidades Sierra de Los Órganos tuercen al SE y la Faja Cangre sigue recta hasta San Diego de Los Baños con una importante mengua de su potencia. En ese segmento final la Faja Cangre, contacta con los sedimentos del Cretácico-Paleoceno a Eoceno Inferior de la Depresión de San Diego, En esta última extensión La Faja Cangre, cortada por la Falla Pinar del Río que es un rasgo tectónico tardío, se sumerge hacia la Sierra del Rosario a la altura del nudo de San Diego de Los Baños, comportamiento que sugiere la posibilidad de que la faja metamórfica se extienda hasta una distancia y profundidad desconocidas, desplazada por la Falla Pinar,

tal como se representa en el perfil de la Figura 2 de Álvarez-Sánchez (2021).

Las referencias al cinturón metamórfico Cangre y la descripción de su composición estratigráfica se encuentran mal historiadas en la literatura reciente. Su equivalencia con la estratigrafía "Sierra de Los Órganos" se conoce desde los años 50; reflejada en mapas regionales, nunca citados en la literatura; documentos prácticamente ya perdidos (Dickerson, 1933; Law y Meyerhoff; Morgan y otros). Los documentos de Truitt y Brönnimann (1955, 1956); Hatten y Meyerhoff (1956), Hatten (1957); Krömmelbein, 1962 (fecha de publicación; no la del trabajo de campo) se conservan pero poco se examinan o citan. Krömmelbein, en compañía de Truitt, calificaron la faja metamórfica como secuencias de San Cayetano y Jagua +

Viñales metamorfizadas y no como cierto "Complejo Basal" como se pensó previamente (Lewis, 1932; Schuchert, 1935). Los primeros reportes sobre las Fms. Ancón y Manacas, en la Faja Cangre se encuentran en Truitt (1955) y Truitt; Brönnimann (1956), quienes describieron "calizas del Cretácico Superior a Eoceno Inferior de la Formación Ancón y flysch, descansando sobre las Formaciones Viñales y Jagua, bajo un cabalgamiento de secciones metamorfizadas de la Formación San Cayetano"(sic.). Hatten (1957) describió en el cinturón Cangre las Fms. Jagua, Viñales y Manacas, pero sin observaciones específicas sobre el metamorfismo, al contrario de lo que parece creerse (Cruz *et al.*, 2003; 2007). Otras descripciones sobre las rocas paleogénicas de la Faja Cangre se encuentran en Krömmelbein (1962) llamados como Fm. Habana y por Álvarez-Sánchez (1972),

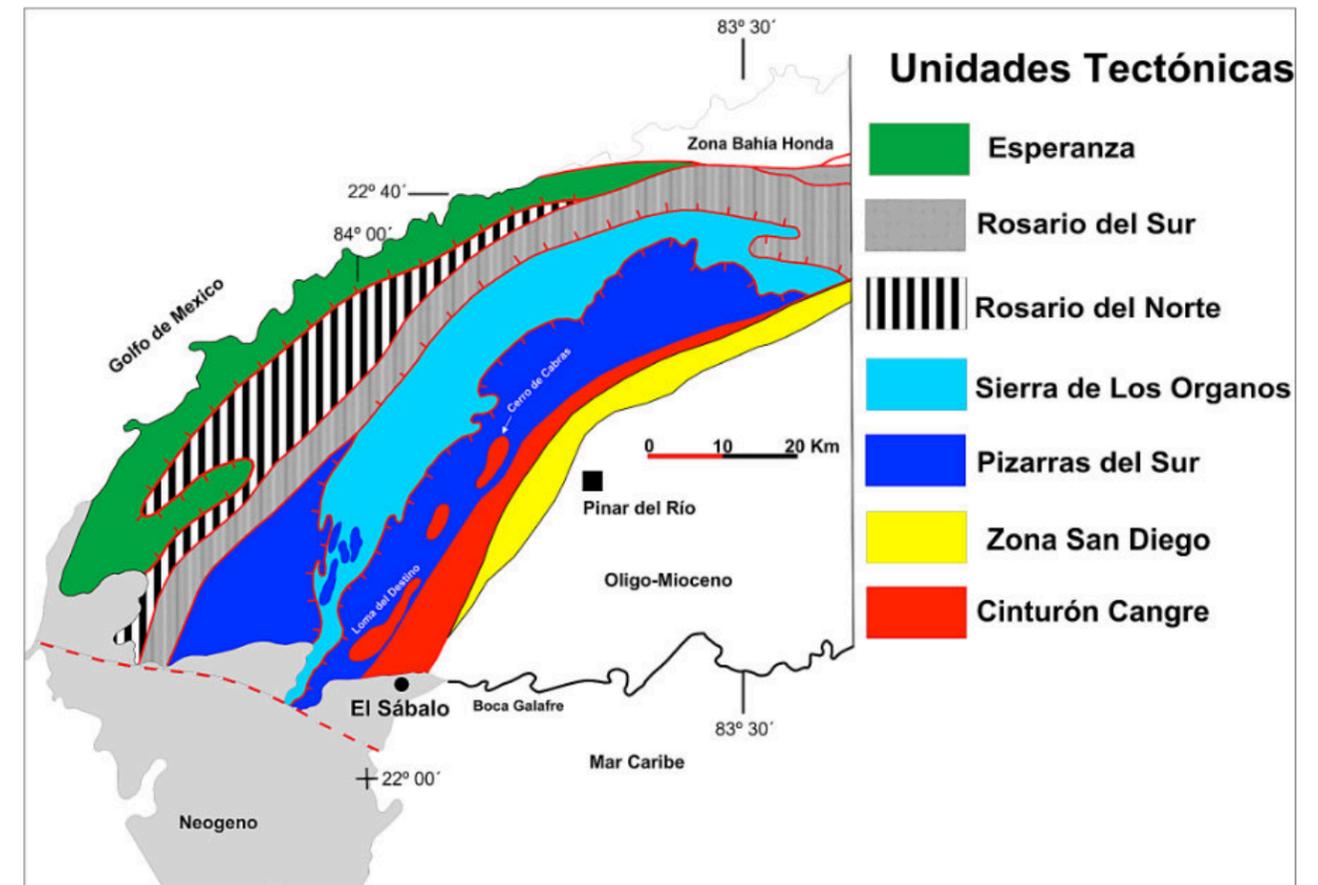


Figura.1. Emplazamiento de la Faja Cangre en las unidades tectónicas principales del centro y occidente de la Provincia de Pinar del Río. Cuba occidental. En el extremo aflorado al norte del poblado de El Sábalo la Faja Cangre se expone por más de 5 km. Hacia el extremo oriental, poco antes de San Diego de Los Baños se reduce a menos de 1 km de exposición. (Modificada de Millán, 2003).

llamados flysch del Paleoceno-Eoceno Inferior, ambos en referencia a las rocas paleogénicas de la faja metamórfica.

Durante el levantamiento del mapa 1:250,000 de la Provincia de Pinar del Río por la expedición de la Academia de Ciencias de Polonia; Piotrowska (en Pszczółkowski, *et al.*, 1975 y 1978, 1987) separó tres unidades en la Faja Cangre nombradas Pino Solo, Mestanza y Cerro de Cabras. Pino Solo, la más meridional, integrada por la Fm. Arroyo Cangre (Piotrowski, *op cit.*) de esquistos metaterrígenos, calizas recristalizadas y metabasitas con buzamiento al sur; cabalga en varios perfiles a la Unidad Mestanza y en otros exhibe con ella sus relaciones estratigráficas normales originales. Mestanza en posición media, se integra por las Fms. Jagua (Palmer, *op cit.*); Guasasa (Herrera, 1961); San Cayetano (De Golyer, 1918) y por las Fms. Ancón (Truitt y Brönnimann, 1956) y Manacas (Hatten, 1956, 57) y no aflora en el total de la faja al

cubrirse por la Unidad Pino Solo por largas distancias. La Unidad Cerro de Cabras, la más septentrional, desplazada hacia el NW sobre las Alturas de Pizarras del Sur de la Fm. San Cayetano, forma un extenso klippe integrado solo por las cuarcitas Cerro de Cabras Piotrowski (en Pszczółkowski, *et al.*, 1975) Piotrowski, 1977 y Álvarez-Sánchez, 1972, 1981). (Figuras 1-4). La totalidad de las unidades, a su vez, yacen en posición de cabalgamiento sobre la unidad de San Cayetano del Sur no metamórfica o solo en parte incipientemente metamorfozada.

**Posición de las formaciones del Paleógeno en la Faja Cangre.**

Calizas y brechas de la Fm. Ancón y flysch de la Fm. Manacas metamorfozados, se estudiaron con mayor detalle en la Faja Cangre por Pszczółkowski (1985). La sección de la Figura 5 contiene brechas del Mbro. La Güira, calizas del Mbro. Micrítico y Margoso de la Fm. Ancón y

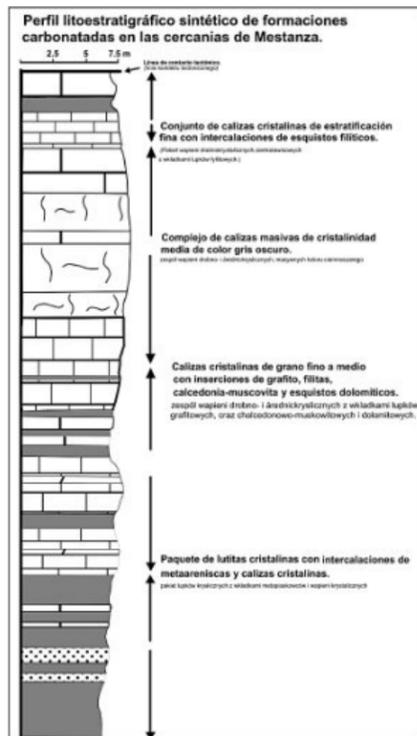


Figura.2. Columna estratigráfica de la secuencia de los depósitos carbonatados de la Unidad Mestanza en las cercanías de la localidad Mestanza. Faja metamórfica Cangre. (Redibujada de la Figura 12 de Pszczółkowski, 1985).

metaareniscas de la Fm. Manacas; bajo cubierta tectónica de la Unidad Pino Solo. Según Pszczółkowski (*op cit.*) en la sección del Río San José la Fm. Guasasa se cubre por una brecha de potencia métrica formada por clastos de pedernal crema rosáceo a gris oscuro y negro y calizas,

cementada por carbonato parcialmente silicificado. Sobre las brechas yacen calizas rosáceas esparíticas totalmente recristalizadas y sobre ellas metaareniscas de la Fm. Manacas. Los cortes de otras secciones observadas por Pszczółkowski se componen de las Fms. Jagua y Guasasa

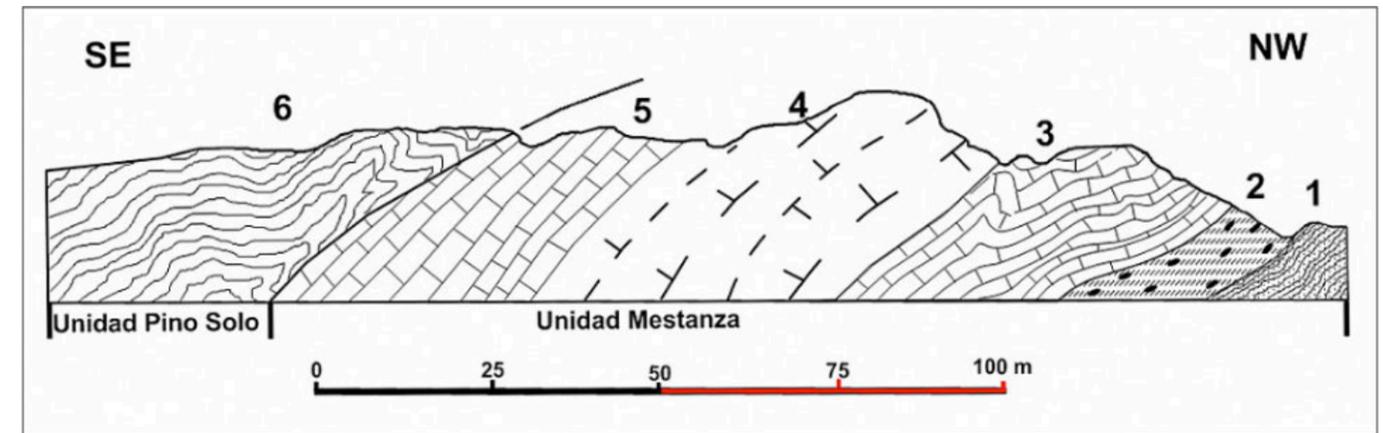


Figura.3. Perfil por la Faja Cangre. 1 Fm. San Cayetano. 2. Fm. Jagua. Mbro. Jagua Vieja con concreciones calcáreas. 3. Fm. Jagua. Mbro. Jagua Vieja. Calizas cristalinas. 4. Fm. Guasasa. Mbro. San Vicente. Calizas cristalinas masivas. 5. Fm. ¿Guasasa?, parte superior. Calizas cristalinas estratificadas. 6. Fm. Arroyo Cangre. Esquistos metaterrígenos. (Redibujada de la Figura 2 de Pszczółkowski, 1985).

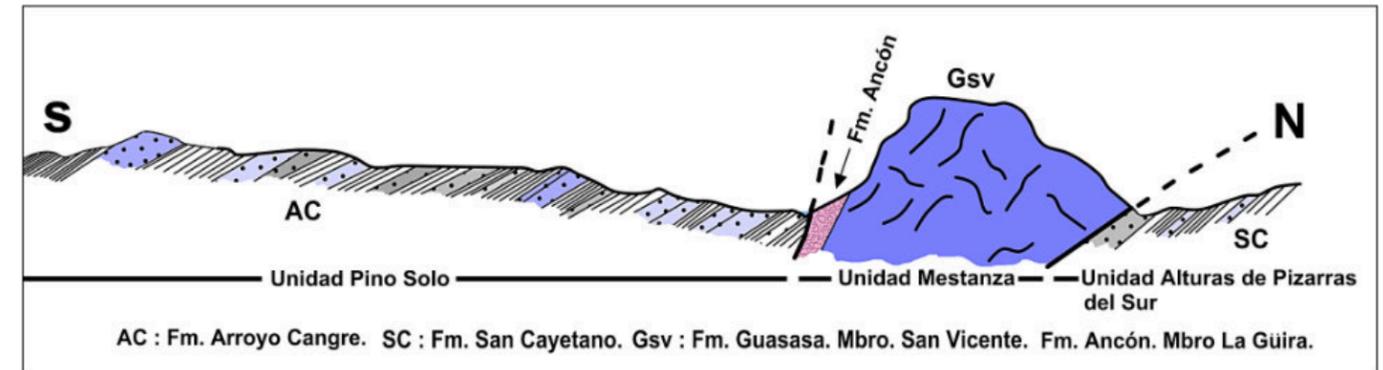


Figura.4. Perfil geológico esquemático por las unidades Pino Solo y Mestanza en la localidad Pedro José. Cinturón Metamórfico Cangre. Sur de la Sierra de Los Órganos (simplificado de la Figura 14 de Pszczółkowski *et al.* 1975). (Schematyczny przekrój przez jednostkę Pino Solo i jednostkę Mestanza w miejscowości Pedro José).

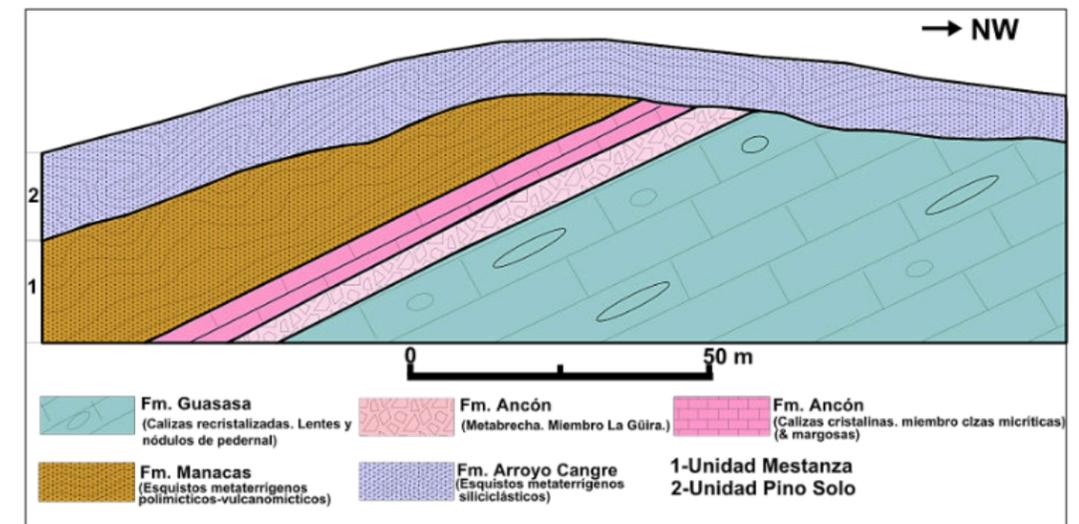


Figura.5. Sección geológica en el Río San José, en la Faja Cangre. La sección metamorfozada contiene brechas del Miembro La Güira y calizas del miembro micrítico-margoso, de la Formación Ancón y metaareniscas de la Formación Manacas (redibujado de la Figura 1 de Pszczółkowski, 1985).

en confirmación de las observaciones previas, arriba citadas, sobre la composición del corte de la Unidad Mestanza. La sección de la Figura 5 descrita por Pszczółkowski (*op cit.*) es una de las escasas localidades accesibles, donde aflora la sección metamorfizada de una columna de tipo Guaniguano con las formaciones Ancón y Manacas en el techo. Se encuentra en las márgenes del Río Paso Viejo, en el sitio conocido como Pedro José (predios de una antigua finca llamada Realengo de los Pedrosos) (Figura 6).

Las coordenadas Lambert Norte 301.175 y E 221.150. Hoja Consolación del Sur 1: 50,000. 3483-I. ICGC; son aproximadas: Hacia el oeste del poblado Pedro José la Unidad Mestanza se cubre bajo la Unidad Pino Solo hasta el poblado de El Sábalo, en el extremo SW de la Faja Cangre.

Las secciones de las Fms. Ancón y Manacas en la Faja Cangre, requieren para su localización y estudio, una atención cuidadosa. La compresión operada sobre el cinturón metamórfico, originó una fragmentación de las corridas en grandes budinas mediante fuertes reducciones de potencia (Álvarez-Sánchez, 1972); Piotrowski, 1977); Álvarez-Sánchez, 1981); causadas por fallas que cortan la transversal de la faja metamórfica. Esta es la causa de que no se destaquen en todos los cortes y de las dificultades

para encontrar secciones donde se presenta la misma secuencia de formaciones a lo largo de la Unidad Mestanza.

**Ventana Tectónica El Sábalo.**

La descripción de la ventana de El Sábalo (Figura 7) fue realizada por J. Grodzicki (en Pszczółkowski *et al.*, 1975) y es otra de las localidades donde se puede observar la posición de las rocas paleogénicas en la Faja Cangre. Se encuentra en el extremo SW de la Faja Cangre donde el cinturón metamórfico alcanza una transversal mayor de 5 km de ancho (v. Figura 1). En el perfil, la Unidad Pino Solo y la Fm. San Cayetano hacen contacto y la ventana se hace visible bajo la cubierta erosionada abierta entre ambas unidades.

En el afloramiento más profundo de la ventana se encuentran calizas rosáceas, violeta, negro y verde; esparíticas, finamente estratificadas, con esquistos cristalinos en intercapas centimétricas. Las calizas coloreadas verticales aparecen reducidas a una fábrica lenticular-laminar por un intenso cizallamiento y recristalización. Entre los lentes se encuentran bandas de moscovita, clorita y biotita alterada. La laminación se destaca por capillas de calcita, cuarzo granoblástico y moscovita. Según Grodzicki derivadas de láminas arcillosas o margosas. Las metacalizas esparíticas estratificadas son

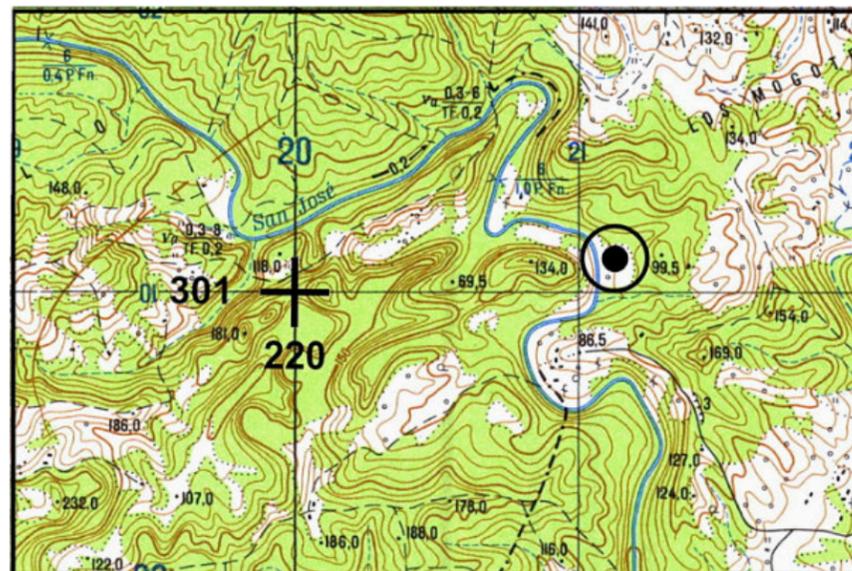


Figura.6. Localidad de referencia del Miembro de las calizas micríticas & margosas de la Formación Ancón (según Pszczółkowski; 1985) al NNO de la Ciudad de Pinar del Río. Cinturón Metamórfico Cangre. Unidad Tectónica Mestanza (Piotrowska, 1978). Hoja Presa El Jíbaro. 3483-1-c. 1:25,000. Ccoordenadas Lambert aproximadas: Norte 301.175 y E 221.150 (según L. Bernal. IGP. La Habana).

calcirudíticas compuestas de grandes fragmentos de calizas intrasparíticas y bioesparíticas y raros romboedros de dolomita. El cemento consiste de caliza esparítica granolepidoblastica de grano fino, probablemente de protolito muy arcilloso de cuyo material se derivaron bandas de moscovita, clorita y hematita que tiñe de rojo el cemento y guijarros. Sobre el afloramiento de las calizas y brechas rosáceas, yacen en contacto tectónico calizas recristalizadas de la Fm. Guasasa (Mbro. San Vicente) y de la Fm. Jagua con sus características concreciones calcáreas fosilíferas. De tal modo la sección de calizas coloreadas se encuentra en posición de ventana tectónica de acuerdo con Grodzicki. A su vez *la zona calcárea de la Unidad Mestanza de El Sábalo, está cortada por el sobrecoimiento de los depósitos terrígenos metamorfizados de la Unidad Pino Solo (sic.)*. Según Grodzicki se trata de un caso definido como una doble ventana tectónica.

Al atender la descripción de Grodzicki; aquellos suficientemente familiarizados con la estratigrafía de la Sierra de Los Órganos, no tendrán dificultades en reconocer los elementos de la estratigrafía clásica de la Sierra de Los Órganos; con la Fm. Ancón, más probablemente el Mbro. de las Calizas Micríticas y Margosas y alguna de sus secciones de brecha presentes en el corte.

**Metamorfismo de la Faja Cangre.**

Millán (1988), fue el primer autor en reportar asociaciones con actinolita + clorita + albita + pumpellyíta + epidota + glaucofana ± mica blanca en los gabros y diabasas de la Fm. Arroyo Cangre de la Unidad Pino Solo. La glaucofana alrededor del clinopiroxeno magmático, en asociación con pumpellyíta, es un índice consistente con alta presión y de muy bajo grado, apenas en los límites de la facies de los esquistos verdes (Smulikowski *et al.*, 2003).

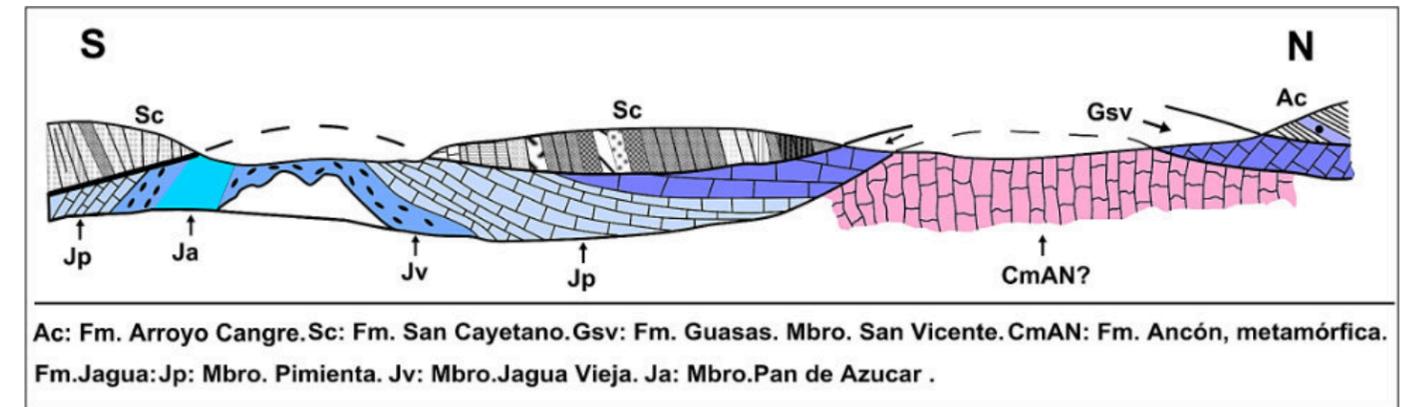


Figura.7. Perfil geológico esquemático por las unidades del Cinturón Metamórfico Cangre al norte de la Localidad El Sábalo; SW de la Sierra de Los Órganos (J. Grodzicki, Figura 13, en Pszczółkowski *et al.* 1975). (*Przekrój przez podwójne okno tektoniczne Sábalo. Skala 1:10,000*).

En un trabajo presentado por Cruz *et al.* 2003 reportan una distribución de facies metamórficas en la Faja Cangre: cuarzo-albita-moscovita-clorita-fengita en metapelitas de la Fm. San Cayetano. Cuarzo-albita-fengita-clorita en las metabasitas de la Fm. Jagua. Cuarzo-fengita-clorita-actinolita en las metapelitas de la Fm. Arroyo Cangre y, finalmente; glaucofana-hornblenda-albita-cuarzo-epidota-clorita-actinolita-zoicita en los metagabros de la Fm. Arroyo Cangre. Las relaciones de T-P para estas facies se

señalan como 550-600°C y una presión menor a 5 Kb durante una transición de esquistos verdes a anfibolitas; 450 (100)°C para una presión de 6 Kb para la facies de esquistos glaucofánicos y una diafóresis de 450 (100)°C para una presión menor a 5 Kb.

Según Cruz *et al.*, 2007 para los metagabros de Arroyo Cangre son típicos la hornblenda, actinolita, glaucofana, epidota, albita, cuarzo, mica blanca, clorita, zoisita, calcita,

titanita. Para la formación de magnesiohornblenda; que representa una mayor temperatura durante el metamorfismo; ocurre lo contrario para las aureolas de glaucófana que la rodean. De acuerdo con Cruz (*op cit.*) la cristalización de actinolita tuvo lugar bajo presiones semejantes a las de la magnesiohornblenda, y temperaturas similares a las de la glaucófana. De acuerdo con Cruz (*op cit.*) los cambios registrados en las facies metamórficas que evidencian cambios en las condiciones de T y P, destacadas por una facies de los esquistos verdes de mayor temperatura hasta la facies de los esquistos azules, hablan de procesos complicados. De hecho, no se puede estar más de acuerdo con esta conclusión.

Que los minerales de las Unidades Mestanza y Cerro de Cabra señalen un metamorfismo de más bajo grado dentro de la Faja Cangre y no se han encontrado asociaciones de presión alta, puede ser causado por la composición inapropiada; calizas en Mestanza (Figura 8) y cuarcitas en Cerro de Cabras (Figura 9), además de la escasez de datos por las condiciones muy limitadas del estudio realizado (Cruz *et al.*, 2007), basado en un único recorrido por el Río Cangre. La posible realidad de que el metamorfismo de las unidades mencionadas, en efecto, no presente pruebas de alta presión (*v. et. García-Casco et al.* 2008), simplemente no será esta la manera de rechazarlo.

La evolución del metamorfismo en la Faja Cangre en sus episodios progresivos y regresivos encuentra grandes dificultades ya que se basan en la interpretación de los datos petrográficos y las exclusivas conclusiones que de ellos se extraen; más que en la naturaleza misma de las relaciones que existen entre las unidades litoestratigráficas que participan en su composición, no tomadas en cuenta por su propio peso.

Cruz *et al.*, 2007, indican que las relaciones estratigráficas de la Fm. Arroyo Cangre no están bien definidas ya que en algunas regiones contacta tectónicamente con calizas de las formaciones Guasasa y Jagua que la subyacen. Tal circunstancia es cierta, pero omiten de forma constante e insistente las localidades donde el contacto entre Arroyo

Cangre y la Fm. Jagua de la Unidad Mestanza conservan una sucesión estratigráfica sin interrupciones. La unidad Mestanza se describe integrada por las formaciones San Cayetano, Jagua y Guasasa, y se reserva a Puszczólkowski (1985) el compromiso de ser quien reporta las Formaciones Ancón y Manacas en la Faja Cangre, "a las que se atribuye una edad del Paleoceno Superior a Eoceno Inferior"; según los autores citados. Una redacción que parece sugerir que existe algún argumento que lo excluya.

El contacto Pino Solo-Mestanza es tectónico en los segmentos occidental y oriental. Pero en la parte central se encuentran transiciones sedimentarias entre las rocas de ambas unidades (Puszczólkowski *et al.*, 1975; Piotrowska 1987; Millán, 1997). En el segmento central se presentan las características significativas que ilustra las relaciones primarias es el paso gradual de la Fm. Arroyo Cangre a los metasedimentos de la Fm. Jagua de la Unidad Mestanza. El contacto tectónico es real en lugares donde la faja fue comprimida hasta el punto de provocar la desconexión tectónica. Pero no es real en los lugares de conservación de las relaciones originales de la sucesión estratigráfica.

Este es el caso, por ejemplo, en la Localidad Tipo de la Fm. Arroyo Cangre donde la parte superior de metareniscas se manifiestan intercalaciones calcáreas y finalmente ocurre el paso hacia los depósitos de la Unidad Mestanza en el techo de la Fm. Arroyo Cangre (Puszczólkowski *et al.*, 1975. pp. 52).

En la parte superior de la Fm. Arroyo Cangre los metasedimentos terrígenos, cerca del contacto con la Unidad Mestanza, en el perfil del Río Guamá, contienen intercalaciones de calizas detríticas de grano grueso en cuyo cemento de los fragmentos de calizas se encuentran oides, oncoides, fabreinas y fragmentos de pelecípodos. Estos son rasgos muy típicos presentes en el techo de la Fm. San Cayetano en su transición con la Fm. Jagua en la Sierra de Los Órganos.

De acuerdo a las investigaciones del levantamiento 1:50,000 del occidente de la Provincia de Pinar del Río

(Burov *et al.*, 1988) las calizas de la Fm. Jagua yacen concordantes sobre la Fm. Arroyo Cangre, hacia el extremo SW de la faja; cortado por pozos a la profundidad entre 451.5 a 462.9 m, con un espesor total de 550 m del corte. Según Burov *et al.* (*op cit.*) la edad de la Fm. Arroyo Cangre se determina por los fragmentos de *Aptychus* y de cámaras embrionarias de ammonites en calizas en el Pozo 65. A partir del contacto concordante entre la Unidad Pino Solo y Mestanza y la edad de la Fm. Jagua con ammonites del Oxfordiano Medio se puede considerar la edad de Arroyo Cangre como Calloviano al Oxfordiano temprano, (Burov, *op cit.*). Equivalente a la edad de la Fm. El Sábalo de la Sierra del Rosario.

Otra condición que sugiere ser definitiva en esta cuestión de las relaciones Pino Solo-Mestanza se ilustra es la coherencia de la actividad volcánica desarrollada en

ambas unidades. En la parte superior de la Fm. Arroyo Cangre existen manifestaciones de rocas volcánicas en horizontes de tufitas, diabasas y diques de lamprófidos que se corresponden con intercalaciones de lavas traquíticas y tufitas en la sección baja de Mestanza, situados sobre el horizonte de concreciones con ammonites del Oxfordiano de la Fm. Jagua; hecho que demuestra la transición gradual entre Arroyo Cangre de Pino Solo y Jagua de la Unidad Mestanza; una sucesión que, por otra parte, sugiere un agotamiento de la actividad magmática.

Visto en perspectiva; en la parte baja de la unidad se destacan metatufitas, anfíbolitas y metagabros (métricos). A continuación secciones (170-180m) de metaterígenos y esquistos cristalinos y, en el techo, entre metacalizas y metaterígenos, se encuentran metadiabasas (métricas)



Figura.8. Calizas recrystalizadas de la Unidad Mestanza (Fm. Jagua) en una cantera abandonada del Kilómetro 13 de la Carretera de Viñales. (Foto cortesía de Manuel Vázquez del Servicio Geológico de Cuba occidental).

en metaterrígenos y lamprófidos (cm) entre metacalizas. Una particularidad interesante es que entre las metaareniscas son conocidas metagrauvas en cuya masa se reconocen abundantes fragmentos de rocas volcánicas; inclusive fragmentos de lavas amigdalares, vitrofíricas y calcedonitas. ¿Cual podría ser el origen de estos clastos posiblemente de rocas más antiguos que la propia Fm. Arroyo Cangre?

Este es un perfil que puede considerarse representativo de Arroyo Cangre y como puede apreciarse:

- a) En 300 m de potencia existen menos de 50 m de rocas netamente intrusivas y secciones aisladas piroclásticas.
- b) La actividad volcánica se interrumpe mientras se depositan cientos de metros de sedimentos; por tanto una actividad esporádica, episódica. Un magmatismo de tipo fisural sin centros volcánicos localizados.



Figura.9. Casquete de cuarcitas en la cima del Cerro de Cabras (405 m.s.n.m), 15 km WSW de la ciudad de Pinar del Río. Unidad Cerro de Cabras (Piotrowska; 1978). Klippe monoclinale sobre el nappe de San Cayetano del sur mediante una truncadura basal sinuosa buzante. Las cuarcitas, compuestas por cuarzo detrítico y granos de plagioclasa y escamas de mica blanca no contienen rocas volcánicas. Vetas alpinas de cuarzo a veces muestran cierto contenido de barita. Vertiente NE de la cima del Cerro. Foto Google Earth.

En Pszczółkowski *et al.* 1975, se aclara el hecho de que no en toda la Faja Cangre se ha manifestado una actividad magmática. Esta se encuentra limitada a la parte central y oriental de la Unidad Pino Solo. Según los resultados del informe la parte occidental se compone exclusivamente de metaareniscas y esquistos cristalinos (Figura 10), Además la diferencia se extiende a la potencia de los depósitos. Mientras en la parte central alcanzan entre 500-700 m, en la parte occidental llegan a 1300-1600 m.

Sin suficiente criterio como para determinar si se trata de dos unidades diferentes, tectónicas o representativas de cambios faciales primarios conservados: los autores citados suponen que se trata de la misma unidad, sobre la base de la concordancia de la estructura de estratificación, de la litología del corte metaterrígeno, el coincidente grado metamórfico en ambos complejos, el no



Figura.10. Esquistos metaterrígenos cuarcífero-micáceos de la sección occidental de la Fm. Arroyo Cangre al occidente de la región del Río Cangre. (Foto de L. Bernal del Inst. de Geología y Paleont.)

reconocimiento de contactos tectónicos entre los complejos y las mismas características de las transiciones hacia la Unidad Mestanza. Este desarrollo, en mi opinión, refuerza la equivalencia de las Formaciones Arroyo Cangre y San Cayetano y apenas justifica llamar a Arroyo Cangre como una Formación vulcanógeno sedimentaria, sino más bien como una "Fm. Castellanos" (Astajov *et al.*, 1982; Burov *et al.*, 1988) o con un "San Cayetano" metamórficas, con intercalaciones volcánicas en la segunda.

**Extensiones del metamorfismo.**

La extensión de la Faja Cangre hacia el interior del cinturón central de mantos calcáreos no se considera en la actualidad. Al inicio de la década del 70, Álvarez-Sánchez

(1972) describió un corte de calizas recristalizadas de la Formación Ancón, relacionada con grauvas de la Formación Manacas en el substrato de Valle de San Carlos, en el cauce del Río Cuyaguaje; parte occidental de la Sierra de Los Órganos; al norte de la máxima potencia expuesta de la Faja Cangre.

La sección descrita contiene calizas esquistosas foliadas margosas rojo violáceas, con intercalaciones de metapelitas y metalimolitas polimícticas con una asociación similar a los esquistos verdes de muy bajo grado, compuesta por clorita + epidota-actinolita + cuarzo + estilpnomelana. Las calizas muestran una foliación intensa con el desarrollo de esquistosidad (crucero

pizarroso). Las grauvacas y limolitas asociadas de la Formación Manacas, del mismo modo muestran un cierto grado de recristalización con desarrollo de foliación marcada por clorita, agujillas de actinolita y biotita alterada.

Otra sospechosa localidad es la ventana tectónica del Hoyo de San Felipe, adentrada al SE, dentro de la unidad San Cayetano del Sur y aflorada bajo este nappe, a 5 km al sur del contacto tectónico con la ventana estrecha extendida desde El Moncada hasta Viñales. En bancos cortados en escalones, las calizas de la Fm. Guasasa se explotaron en el pasados como mármol. En efecto. Un examen de estos bloques revela la completa recristalización y conversión de las calizas en un mármol de grano fino de color azulado (Figura 11).

En las superficies pulidas se destacan las estructuras que demuestran la recristalización de las calizas bajo presión

considerable. Llama la atención la finura del grano y el borrado de la estructura sedimentaria. Hasta el punto en que las rocas se identifican como Fm. Guasasa más por la morfología de mogotes que por algún otro rasgo característico.

Los afloramientos de rocas metamorizadas aunque en un muy bajo grado en el interior de la faja de nappes calcáreos, y la recristalización de las calizas de la Fm. Guasasa, en una intensidad incluso mayor que las calizas equivalentes de la Unidad Mestanza ¿representan afloramientos de restos de la Faja Cangre apenas descubierta por el corte de erosión bajo los nappes calcáreos y restos de la Unidad Mestanza, bajo la Unidad del nappe de San Cayetano del Sur? ¿O se trata de los efectos metamórficos de presión provocados por la fricción dinámica y carga litostática de algunos cientos de metros de las secciones rocosas de los nappes?



Figura.11. Cantera abandonada en la ventana tectónica del Hoyo de San Felipe al ESE del poblado de Viñales. En los bloques cortados 1x1 se aprecia una gran frescura y numerosas estructuras de fluencia que pliegan las grietas rellenas de calcita en formas variadas así como claras huellas de una lineación tectónica. (Foto cortesía del Dr. Ramón Pérez Vázquez, de la Universidad de La Habana.

#### Comparaciones y correlaciones.

La correlación del magmatismo, estratigrafía y metamorfismo de la Faja Cangre es viable con sus equivalentes en los macizos metamórficos cubanos. Millán y Somin (1985a) señalan que la Fm. Arroyo Cangre es equivalente a las formaciones metaterrígenas en el Macizo metamórfico Escambray de Cuba central, tanto por su litología como por su posición estratigráfica y edad aceptada del Jurásico Inferior al Oxfordiano Medio; interpretación que comparto enteramente (Álvarez-Sánchez, 2015).

La Formación La Chispa (Millán y Somin, 1981; 1985a: Álvarez-Sánchez, *op cit.*) es una de las formaciones metaterrígenas calificadas para satisfacer la equivalencia con la Formación Arroyo Cangre (Figuras 12 y 13). Expuesta en amplias extensiones en el macizo Escambray, en la Cúpula de Trinidad, ocupa decenas de kilómetros en una estrecha relación con mármoles jurásicos del Grupo

San Juan, en un relieve muy similar al paisaje de la Sierra de los Órganos.

En la litología de La Chispa predominan las metaareniscas cuarcíferas y metapelitas sericito-cloríticas, cuarcíferas y moscovíticas, a menudo grafiticas y a veces con granate. La fábrica de los esquistos es típica, plano paralela muy expresiva. En los afloramientos se aprecian los ritmos de metaareniscas con finas intercalaciones de metapelitas sericito-cuarcíferas, con una foliación destacada por las micas; ritmos que se cambian a esquistos metapelíticos sericito-cuarcíferos lustrosos grafiticos con metaareniscas supeditadas. Los bancos de metapsamitas contienen cristales de Ab y a veces pequeños cristales de Grt, Mag, Zrn y Rt. El cuarzo detrítico relíctico puede superar el 70% de la roca. Mármoles grises a negros se destacan como intercalaciones en lechos de centímetros a metros y abundan en los afloramientos de La Chispa de la parte central de la Cúpula de Trinidad.



Figura.12. Afloramiento de la Formación La Chispa. Extremo Norte de la Cúpula de Trinidad. Esquistos metaterrígenos cuarcíferomicáceos y metapelitas micáceas con vetas de cuarzo de secreción. Unidad Tectónica. Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal, según Millán, 1997a). Foto cortesía de A. García Casco



Figura.13. Afloramiento de la Formación Arroyo Cangre. Esquistos metaterrígenos cuarcíferomicáceos con vetas de cuarzo de secreción. Faja Cangre (Foto cortesía de Manuel Vázquez del Servicio Geológico de Cuba occidental).

En estrecha asociación con la Formación La Chispa, se encuentran las secciones de esquistos verdes derivados de una actividad vulcánica de composición básica primaria, que yacen como delgadas intercalaciones hasta secciones de potencia decamétrica (Millán y Somin 1981; Álvarez-Sánchez, 2015). Los esquistos metabásicos, nombrados Esquistos Verdes Felicidad (Figura 14) se han demostrado como intercalaciones estratigráficas en el interior de la Chispa. Contienen lawsonita, clorita y albita (Millán y Somin, 1985a; Soucek y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez, 1986). Otros cuerpos metavulcánicos que podrían asociarse a los esquistos Felicidad, también se han descrito muy próximos a contactos de la Formación La Chispa en mármoles del Grupo San Juan, incluso en el interior de las partes bajas de secciones de mármoles jurásicos.

De acuerdo con Millán y Somin (1981) la asociación metamórfica característica consiste de albita + actinolita-epidota-clorita + clinozoisita-mica blanca (fengita) y esfena y muy a menudo lawsonita; a veces granate y escasas 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 esquistos verdes La Chispa presentan asociaciones de albita + actinolita + clorita ± clinozoisita y epidota + titanita ± lawsonita. Esquistos albiticos hasta 50% de albita se acompañan con anfíbol actinolítico, clorita, epidota y mica clara, con lawsonita o sin ella.

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). Esquistos verdes del tipo Felicidad se encuentran

en el interior de las secciones bajas de mármoles del Grupo San Juan y cuerpos de mármoles muy semejantes yacen intercalados en los esquistos verdes en paquetes de más de 20 metros de espesor en la localidad de La Felicidad (Millán y Somin, 1985a).

El Miembro La Llagueta (Álvarez-Sánchez, 2015) de la Fm. La Chispa (Figura 15) aflora en el interior de la Cúpula de Trinidad en las zonas de bajo grado metamórfico donde las rocas metaterrígenas conservan gran parte de su estructura sedimentaria original. Se compone de una

secuencia de esquistos cuarcífero-micáceos (protolitos de metaareniscas) con estratificación rítmica por intercalaciones de metapelitas sericíticas lustrosas con ocasionales restos de materia carbonosa, probablemente restos vegetales irreconocibles. Esta facies de la Fm. Chispa carece de las intercalaciones de esquistos verdes y capas de mármoles presentes en sus cortes típicos. Según Millán (1990) el metamorfismo en las áreas de sus afloramientos es de grado particularmente bajo, propio de la Zona 1 del metamorfismo; sin excluir la alta presión que es característica del macizo Escambray.

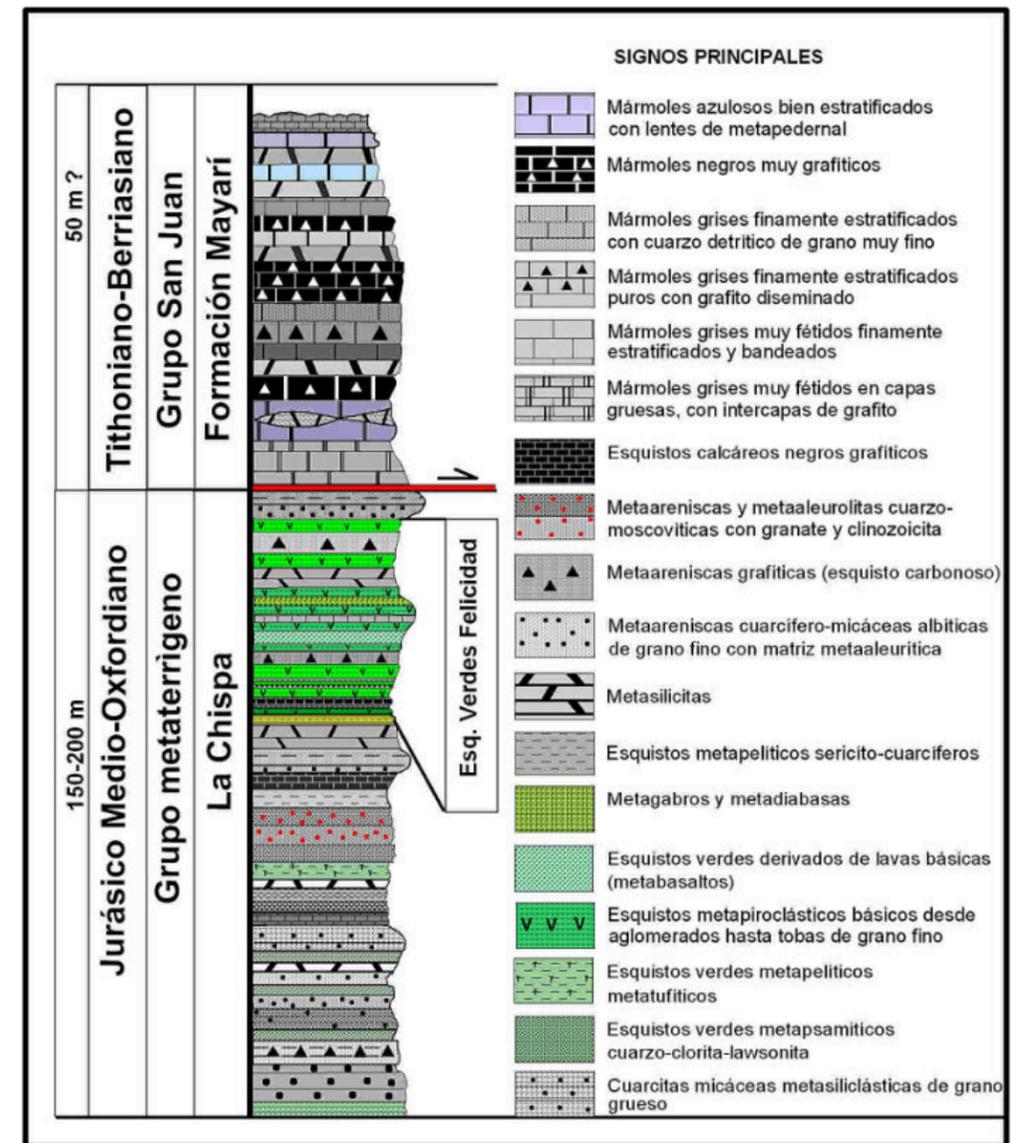


Figura.14. Columna estratigráfica de la Formación La Chispa en la región central de la Cúpula de Trinidad, dentro de la Zona metamórfica 1 de Millán y Somin (1981). Región de La Chispa-Topes de Collantes. (Según Álvarez-Sánchez, en Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, inédito).

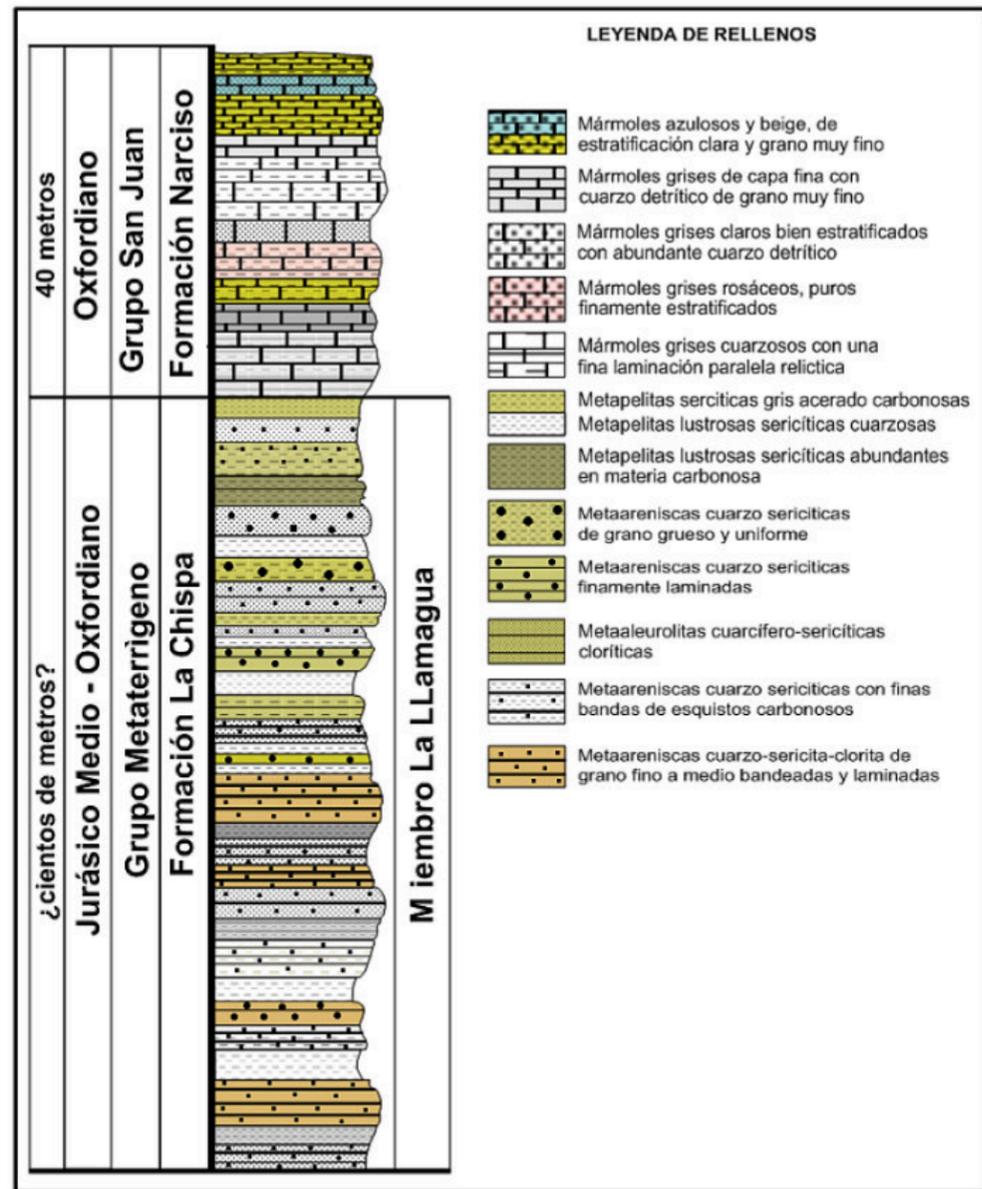


Figura.15. Columna estratigráfica del Miembro La Llamagua de la Formación La Chispa en la región Sur-occidental de la Cúpula de Trinidad. Región de Yaguanabo-La Sierrita. (Sobre un dibujo de campo de Álvarez-Sánchez, 1992).

La Llamagua es casi idéntica a la Fm. San Cayetano y se compara bien con las facies D y G (de Haczewski, 1976, 1987) en la Cordillera de Guaniguanico Millán (1990). Agregaré a esta observación que también es muy parecida a la facies de la Fm. Arroyo Cangre carente de manifestaciones magmáticas, acentuando, muy significativamente, las identidades Escambray-Sierra de Los Órganos.

El Mbro. La Llamagua yace bajo la Fm. Narciso del Grupo San Juan, fechada como Oxfordiano Medio por ammonites (Millán y Myczynski, 1978). Las únicas evidencias disponibles indican que la Formación La Chispa y sus facies diferenciadas infrayacen a los mármoles del Grupo San Juan estratigráficamente. El Miembro La Llamagua 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).

Como es posible apreciar la Fm. La Chispa es un buen equivalente de la Fm. Arroyo Cangre, en todos los aspectos a contemplar. Las analogías en el comportamiento facial entre ambos complejos se extienden al Mbro. La Llamagua de la Fm. La Chispa, que se corresponde con la facies de Arroyo Cangre sin rocas volcánicas, desarrollada en la parte occidental de la Faja Cangre.

**¿Unidades Tectono-Estratigráficas o Terrenos?. Discusión.**  
En Iturralde-Vinent y Lidiak (2006) hay una frase que deseo utilizar en esta discusión: "recomendamos encarecidamente que se evite el término terreno a menos que se defina adecuadamente". En efecto; los términos aplicados a objetos geológicos que son mal conocidos o, peor; que se creen imprudentemente bien conocidos, traen al escenario más problemas que resultados. Llamar terreno a "algo" sin satisfacer los requisitos de su empleo es algo por lo menos bastante aventurado

A partir de la prudente frase que parece entre un consejo y una advertencia ya que se acompaña por la palabra "encarecidamente"; comenzaré expresando mi alarma y cierto desasosiego por la prontitud y ligereza en la que el archipiélago cubano se convierte en un amontonamiento de "terrenos".

Este concepto de los terrenos que se presenta a título de revolución científica, postulada a sí misma como un instrumento objetivo que viene a completar la teoría de las placas; se apodera de la mente de muchos geólogos cubanos, fascinados por su terminología simplificada y su sistemática que aparenta hacerles sentir que les facilita su entendimiento de la complicada geología de nuestro archipiélago; cuando no se trata de poco menos que seguir, sin mucho pensar, a los guías criollos del asunto. *Magister dixi.*

Según palabras de Şengör *et al.*, 1993: *El concepto de terrenos y la metodología de la terrenología no son intrínsecamente ideas y métodos que hayan hecho avanzar la comprensión de los procesos orogénicos y de los límites de placas. Son, más bien, una nueva formulación de ideas*

*inherentes a conceptos anteriores de partición del desplazamiento en zonas de límites de placas y a ideas mucho más antiguas sobre elementos y zonas orogénicas.* Una idea que parece condenada a la esterilidad (Şengör, 1990).

Entonces ¿cual es la definición de terreno? De acuerdo con los numerosos autores que alojaron el término en la literatura, un "terreno" es un fragmento de litosfera de una placa, desalojado de su posición original por fallas, o por quedar retenido en un sistema de subducción que lo separa de su posición original, para finalmente quedar adosado (acrecionado) a otra placa, generalmente en la parte superior de la misma. Al entenderse que dicho fragmento tenía una historia geológica común y compartida con el resto de la placa origen, al quedar acrecionado a la placa anfitriona difiere de ella en un conjunto de parámetros relativamente críticos que sirven para determinar su carácter ajeno. Entre ellos, pero sin agotarlos, su discrepancia en la paleolatitud con las estructuras circundantes, en la historia termotectónica, en las firmas geoquímicas del zócalo y las proporciones isotópicas, en los conjuntos de fauna diferenciada de otros fragmentos de la placa y otras condiciones que parecen irse agregando según diversos autores. Luego, un terreno se encuentra separado del sitio de acreción por fallas que contornean el total de su perímetro y posee una historia geológica diferenciada e independiente de los conjuntos vecinos; junto a ellos o sobre ellos después de la acreción. Se trata de unidades alóctonas "con una *historia geológica distinta de las historias geológicas de las regiones, bloques o placas vecinas sin que estas diferencias se pueda explicar por simples cambios laterales de facies*" (Berg *et al.*, 1978; Coney *et al.*, 1980; Howell, 1985; Jones *et al.*, 1983; Howell *et al.*, 1985; Monger y Berg, 1987 y muchos otros).

En los últimos tiempos aparecieron en la literatura sobre Cuba y en Cuba, una serie de "terrenos", ataviados con llamativos apellidos: "Terrenos Sud-occidentales", Terreno Pinos, Terreno Escambray, Terreno Guaniguanico y Terreno Cangre. La Faja Cangre, también quedó incluida en la clasificación de los denominados terrenos cubanos. Según

García-Casco *et al.*, 2008 nos explican que, en general, "el término terreno se aplica para describir fragmentos de Caribeana porque los fragmentos representan elementos tectono-estratigráficos distintos delimitados por fallas y caracterizados por una historia geológica que difiere de las rocas vecinas". Y como autores del bautismo de la Faja Cangre como terreno añaden que se persigue "enfaticar su historia geológica distinta en relación con sus cinturones vecinos no metamórficos del terreno Guaniguanico"

García-Casco *et al.*, 2008 comentan desconocerse la edad de la Fm. Arroyo Cangre, sin omitir reconocer que analogías estratigráficas "sugieren" una correlación con la Fm. San Cayetano. Sin embargo, la edad de la Formación, de hecho, no se basa en analogías con la Fm. San Cayetano. Sino en datos estratigráficos y paleontológicos que demuestran el contacto normal y transicional conservado en algunos cortes, de la Fm. Arroyo Cangre con la Fm. Jagua de la Unidad Mestanza. El contacto normal con características graduales, aunado con la conservación de fauna diagnóstica con ammonites del Oxfordiano Medio en la Fm. Jagua; establece, más allá de una simple correlación, la comparación entre Arroyo Cangre y San Cayetano.

Según Burov *et al.*, 1988, la edad de Arroyo Cangre se determina por los fragmentos de *Aptychus* y de cámaras embrionarias de ammonites en calizas en el Pozo 65. Al tener en cuenta el contacto también normal entre Arroyo Cangre y la Formación Jagua en el segmento SW (occidente de la Faja Cangre), se puede establecer la edad de Arroyo Cangre como Calloviano al Oxfordiano temprano, (Burov, *op cit.*). Estas son las relaciones estratigráficas y cronológicas conocidas en la vecina Sierra de Los Órganos entre la Fm. San Cayetano y la Fm. Jagua.

En párrafos anteriores he destacado que de acuerdo a los resultados del levantamiento de los geólogos polacos (Pszczółkowski *et al.*, 1975) la Faja Cangre contiene rocas magmáticas solo en el segmento oriental de la faja. La Fm. Arroyo Cangre, que ocupa la mayoría del volumen de la

Unidad Pino Solo; desde la altura del meridiano de El Guayabo, al NW de Pinar del Río, hasta la Loma del Destino, al extremo SW de la Faja Cangre; Arroyo Cangre no contiene rocas magmáticas. Tal hecho hace a Arroyo Cangre, particularmente parecida a la Facies La Llagueta (Álvarez-Sánchez, 2015) (Fm. La Llagueta para Millán y Somin, 1985a) de la Fm. La Chispa del Escambray, que sí posee claras evidencias de actividad magmática en cuerpos individualizados, como ocurre con Arroyo Cangre. Por otra parte, cierta cantidad de rocas magmáticas en la Fm. Arroyo Cangre no es suficiente base para excluirla del dominio paleogeográfico de la Fm. San Cayetano. La Fm. El Sábalo, de diabasas, basaltos, calizas, areniscas y otros sedimentos; se considera cronoequivalente de las formaciones Francisco y San Cayetano, en la secuencia meridional de la Sierra del Rosario. Guaniguanico contiene claras evidencias de un magmatismo propio, por lo visto de tipo fisural que fundamenta la interpretación de segmentos de Guaniguanico situado en áreas probablemente marginales con mayor actividad tectónica, favorables para el emplazamiento de magmas.

Las calizas en la base de la Fm. Arroyo Cangre no representan fundamento que impida correlaciones con la Fm. San Cayetano ni que tales rocas sirvan para sugerir una posición paleogeográfica más distal de Arroyo Cangre. La Fm. San Cayetano contiene calizas, hecho conocido por mucho tiempo y comentado en la literatura antigua (De Golyer; 1918; Palmer, 1945; Bermúdez, 1961; Pszczółkowski, 1994). En la región NW de propagación de la Fm. San Cayetano se encuentran cortes de la Fm. San Cayetano con capas de calizas masivas pelitomórficas, calizas organógeno-detriticas y calcarenitas en paquetes de hasta 50 m de espesor (Burov, *op cit.*).

Otro aspecto crítico se centra en las condiciones de los límites de la Faja Cangre por el sur y por el norte. La Falla Pinar corta a la Faja Cangre por el sur, de modo que tal accidente no puede ser el verdadero límite de la Faja Cangre por su edad posterior al complejo sesgado por ella. El completo acuífamiento de la Faja Cangre a la altura del

nudo de San Diego de Los Baños, demuestra un corte oblicuo de la Falla Pinar, por cuya razón es admisible admitir que una parte desconocida de la Faja Cangre ha quedado hundida en la profundidad, como se refleja en la Figura 2 de Álvarez-Sánchez (2021). Es decir, la Falla Pinar no es límite sur de la Faja por la razón adicional de que los movimientos de traslación horizontal de la Falla Pinar no tienen relación alguna con el emplazamiento de la Faja Cangre.

Si atendemos al contacto tectónico norte, límite septentrional de la Faja Cangre, se ha establecido con seguridad su carácter de cabalgamiento sobre la unidad de San Cayetano del sur, sin evidencias de traslación horizontal. Esta falla representa los rasgos de una fuerte compresión ejercida sobre la Faja Cangre por efecto de esfuerzos ejercidos de norte a sur, con la más alta probabilidad de que la Faja Cangre ha ocupado la misma posición relativa que ahora. Al tener en cuenta todos estos elementos expuestos, cabe preguntar ¿cuales son las premisas determinantes que se cumplen en este caso para clasificar a la Faja Cangre como un terreno? Ninguna de las condiciones exigidas por el modelo se cumple aquí.

Estoy de acuerdo con García-Casco *et al.* (*op cit.*) en que las características del metamorfismo demuestran que la Faja Cangre sufrió un proceso de subducción. Al aceptar que ocurrió ante las evidencias, resulta difícil creer que tal desarrollo afectó exclusivamente a la Fm. Arroyo Cangre, a partir de las relaciones estratigráficas que demuestran que la Unidad Pino Solo no se despegó de la Unidad Mestanza, por cuya razón no veo justificación alguna para suponer que Guaniguanico propiamente dicha y la Faja Cangre ocuparan distintas posiciones; ni paleogeográficas ni tectónicas. Como tampoco creo que exista justificación alguna para llamar "terreno" a la Cordillera de Guaniguanico.

En estas cuestiones, colmadas de incertidumbres, de afirmaciones especulativas carentes de datos suficientes de soporte, donde las conclusiones se emiten más a partir de presunciones que de hechos comprobados, me adhiero

a lo expresado por Somin *et al.* 1992 cuando afirman: *Se sabe que el complejo ensiálico miogeosinclinal Jurásico-Cretácico de gran parte de la zona de Guaniguanico (Sierra de los Órganos, sur de la Sierra del Rosario), incluyendo la faja metamórfica de Cangre, muestra signos de haber formado una única paleoestructura con complejos similares de Juventud. y Escambray. (Somin et al., 1992).*

#### Agradecimientos.

Sincero agradecimiento a los estimados colegas Luís Bernal del Instituto de Geología y Paleontología de La Habana y Manuel Vázquez del Servicio Geológico de Cuba occidental, por suministrarme fotografías de sus colecciones para ilustrar secciones del presente trabajo.

#### Referencias.

- 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., 1981, Síntesis de la Evolución Geotectónica de la Sierra de los Órganos apoyada en el estudio de la Geología del Valle de Pons. 272 págs. 108 figs. (Inédito). *CUPR. Tesis de la Universidad de Pinar del Río. Cuba.*
- Álvarez-Sánchez, H., 2015, Litoestratigrafía del Macizo metamórfico Escambray. Tomo Uno. En Academia edu. 161 pp; 67 figs.; 3 tpls.; 4 Láminas.
- Álvarez-Sánchez, H., 2021, El perfil geológico de Cuba occidental entre el Macizo Metamórfico Pinos y el Golfo de México. *Revista Maya de Geociencias. No. Sep. 2021. 79-88.*
- Astajov, K. Solianik, V., Vasilev, V., Martínez, D., Fernández de Lara, R., Oubiña, J., Demidov, S., Santamaría, Z., 1982, Informe sobre los trabajos de levantamiento geológico a escala 1: 50 000 en parte noroeste de Pinar del Río. (Hojas 3484-III - 3483-III - 3483-IIIa). *O.T.R.M. de Pinar del Río. 497 pp.*
- Bermúdez, P. J., 1961, Las formaciones geológicas de Cuba. *Inst. Cubano Rec. Miner., Minist. Indust., Serie Geología cubana, No. 1. 177 Págs. La Habana.*

Berg, H.C., Jones, D.L., and Coney, P.J., 1978, Pre-Cenozoic tectonostratigraphic terranes of southeastern Alaska and adjacent areas: *U.S. Geological Survey Open-file Report 78-1085, 2 sheets, scale 1:1,000,000*.

Burov, V., Martínez, D., Jusainov, Y., Fernández, R., Derbenev, V., Uspensky, A., et al., 1988, Informe sobre los trabajos de levantamiento geológico a escala 1:50,000 realizados en la parte occidental de la Provincia de Pinar del Río, en los años 1981-86. *O.T.R.M. Pinar del Río. 689 pp., (inédito)*.

Coney, P.J., Jones, D.L., and Monger, J.W.H., 1980, Cordilleran suspect terranes: *Nature*, v. 288, p. 329-333.

Cruz Gámez, E. M., Maresch, W., Cáceres Govea, D., Balcázar, N., Martín, K., 2003, La Faja Cangre y sus rasgos metamórficos. Pinar del Río. Cuba. *Memorias Geomin 2003, La Habana, 24-28 de Marzo ISBN 959-7117-11-8*.

Cruz-Gámez, E. M., Maresch, W. V., Cáceres-Govea, D., y Balcázar, N., 2007, Significado de las paragénesis de anfíboles en metagrabos relacionados con secuencias de margen continental en el NW de Cuba. *Revista mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 24, núm. 3, 2007, p.318-327.

DeGolyer, E., 1918, The geology of Cuban petroleum deposits. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, v. 2, p. 133-167.

Dickerson, R. E., 1933, The relationship between the San Cayetano & Viñales Formation in the Organos Mountains. *Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de Energía y Minas, La Habana (Inédito)*.

Dublan, L., and Alvarez, H. (eds.), 1986, Informe final del levantamiento geológico y evaluación de minerales útiles, en escala 1:50.000, del polígono CAME I, zona Centro: *Fondo Geológico Nacional, Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de Industria Básica, La Habana, Cuba, (unpublished)*.

García-Casco, A., Iturralde-Vinent, M. A., and Pindell, J., 2008, Latest Cretaceous collision/accretion between the Caribbean Plate and Caribean: Origin of metamorphic terranes in the Greater Antilles. *International Geology Review*, Vol. 50, 2008, p. 781-809.

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*).

Hatten Ch. W., and Meyerhoff, A. A., 1956, Reconnaissance traverse: Bahía Honda. San Cristóbal, Sierra del Rosario, Pinar del Río. Fotocop. 5 págs. 1 map. *Fondo Geológico Nacional de La Habana. (Inedito)*.

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*.

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*.

Howell, D. G., 1985, Terranes: *Scientific American*, v 253, p. 116-125.

Howell, D.G., Jones, D.L., and Schermer, E.R., 1985, Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region: Principles of terrane analysis, in *Howell, D.G., ed., Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, v. 1, p. 3-31*.

Iturralde-Vinent, M. A., and E. G. Lidiak, 2006, Caribbean Tectonic, Magmatic, Metamorphic and Stratigraphic Events. Implications for Plate Tectonics (UNESCO/IUGS IGCP Project 433 "Caribbean Plate Tectonics"). *Geologica Acta, Vol.4, Nº1-2, 2006, 1-5*.

Jones, D.L., Howell, D.G., Coney, P.J., and Monger, J.W.H., 1983, Recognition, character, and analysis of tectonostratigraphic terranes in western North America, in *Hashimoto, M., and Uyeda, S., eds., Accretion tectonics in the circum-Pacific region: Proceedings of the Oji International Seminar on Accretion Tectonics, Japan, 1981: Advances in Earth and Planetary Sciences, Tokyo, Terra Scientific Publishing Co., p. 21-35*.

Krömmelbein, K. von, 1962, Beiträge Zur Geologischen Kenntnis der Sierra de los Órganos (Cuba). *Sonderd aus der "Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft". Band. 114, S. 92-120*.

Lewis, J. W., 1932, Geology of Cuba (with discussion by R. J. Metcalf). *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 16:533-555.

Millán, G., 1972, El metamorfismo y mesodeformaciones de la unidad tectónica regional más suroriental de la Sierra de Los Órganos. *Actas. Acad. de Cienc. de Cuba. Inst. de Geol., No. 2, pp, 33-35. La Habana*.

Millán, G.; Somin, M. L., 1976, Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas. *Serie geológica N° 27. pag. 1-21. Acad. de Cienc. de Cuba. La Habana*.

Millán, G. 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. 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., 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. y Álvarez Sánchez, 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, Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas. En *Furrazola Bermúdez, G. F., and Núñez Cambra, K. E. Eds., Estudios sobre Geología de Cuba: La Habana, Cuba, Centro Nacional de Información Geológica, p. 251-258*.

Millán, G., 2003, Algunas consideraciones sobre la tectónica de Cuba occidental (Provincia Pinar del Río). *Memorias GEOMIN 2003, La Habana, 24-28 DE MARZO. ISBN 959-7117-11-8*.

Monger, J.W.H., and Berg, H.C., 1987, Lithotectonic terrane map of western Canada and southeastern Alaska: *U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1874-B, 1 sheet, scale 1:2,500,000, 12 p.*

Palmer, R. H., 1945, Outline of the geology of Cuba. *The Journ. of Geology. Vol. 53. No. 1, pp. 1-34*.

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*.

Piotrowska, K., 1978, Nappe Structure in the Sierra de Los Órganos, western Cuba. *Acta Geol. Polonica, vol. 28, No 1. p 97-170*.

Piotrowska, K., 1987, La estructura de nappes en la Sierra de Los Órganos. En *Pszczółkowski, A., Piotrowska, K., Piotrowski, J., Torre y Callejas, A., Myczyński, R., Haczewski, G., 1987, Contribución a la geología de la provincia Pinar del Río. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 255 p.*

Pszczółkowski, A.; Piotrowska, K.; Mycznski, R.; Piotrowski, J.; Skupinski, A.; Grodzicki, J.; Danilewski, D. y Haczewski, G., 1975, Texto explicativo al mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar del Río. *Brigada Cubano- Polaca, Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito)*.

Pszczółkowski, A., 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.).Warszawa*.

Pszczółkowski, 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*.

Pszczółkowski, A., 1994, Lithostratigraphy of Mesozoic and Palaeogene rocks of Sierra del Rosario, western Cuba. *Studia Geologica Polonica, in A. Pszczółkowski (edit) Geology of Western Cuba. v 105, Krakov. pp 39-66*.

Şengör, A. M. C., 1990, Lithotectonic terranes and the plate tectonic theory of orogeny: A critique of the principles of terrane analysis. *Wiley, T. J., Howell, D. G., and Wong, F. L., editors, 1990, Terrane analysis of China and the Pacific rim: Houston, Texas, Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Science Series, v. 13.*

Şengör, A. M. C., Dewey, J. F., and Robertson, A. H. F., 1993, Terranology: Vice or Virtue? [and Discussion], *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences. Vol. 331, No. 1620, Allochthonous Terranes, pp. 457-477.*

Schuchert, Ch., 1935, Historical geology of the Antillean region. *N. Y. Wiley & Sons. 811 p.*

Smulikowski, W., Desmons, J., Fettes, D. J., Harte, B., Sassi, F. P., Schmid, R., 2003, Types, grade and facies of metamorphism. *Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01.02.07.*

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.*

Stanik, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Sehovanik, 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).*

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).*

Truitt, P. y P. Brönnimann, P., 1956, Geologic Memorandum PT-48. Geology of Pinar del Río and Isla de Pinos, Cuba. *Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*



El ingeniero cubano **Humberto Álvarez Sánchez** culmina 54 años como geólogo. Realizó estudios en la Cordillera de Guaniguanico y en su premontaña y en los macizos metamórficos, volcánicos y ofiolíticos de Cuba central. Autor de 18 formaciones y litodemas de la estratigrafía cubana. Descubridor del único depósito industrial de fosforitas marinas de Cuba. Miembro de la subcomisión Jurásico del primer Léxico Estratigráfico de Cuba. Como Country Manager y Senior Geologist de compañías canadienses, panameñas y de Estados Unidos, dirigió exploraciones en complejos del Paleozoico-Mesozoico en tres Estados de

Brasil, en los greenstone belts de Uruguay; Andes de Perú y complejos volcánicos de Honduras y Panamá y otros países. Miembro de la Comisión Ministerial "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue Consultor Senior del Banco Interamericano de Desarrollo para el proyecto geocientífico del país. Formely Miembro del Consejo Científico de Geology Without Limits. Formerly Representante para América Central del Servicio Geológico de la Gran Bretaña. Retirado en Panamá, se ocupa de redactar estudios sobre la geología de Cuba.

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

## DINOSAURIOS EN EL PALEOCENO ? SUPERVIVIENTES AL EVENTO DE EXTINCION K-Pg CASO OJO ALAMO SANDSTONE, SAN JUAN BASIN, USA

**JHONNY E. CASAS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



### OJO ALAMO SANDSTONE

Ojo Alamo Sandstone ha sido por décadas una unidad rocosa muy controversial desde los tiempos en que fue denominada como Capas de Ojo de Alamo por Brown en 1910 (en Fassett, 2008). Esta seccion sedimentaria siempre ha sido muy famosa por su contenido en fosiles de dinosaurios y se halla ubicada en la Cuenca San Juan, ocupando una vasta area entre Colorado y Nuevo Mexico (Figura 1). Ojo Álamo Sandstone es una unidad estratigráfica compuesta, que contiene abundantes capas intercaladas de areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas, lutitas y raramente lutitas carbonosas. Las areniscas son pobremente escogidas, varían de grano fino a muy grueso y son principalmente arcósicas. Los conglomerados varían ampliamente en cuanto a tamaño de grano y disminuyen en tamaño promedio de grano de norte a sur y de oeste a este a través de la Cuenca. Los clastos están generalmente compuestos de cuarzo, chert, fragmentos de andesitas y fragmentos de rocas volcánicas (Powell, 1972). La variabilidad en la composición litológica de Ojo Álamo refleja su origen de depósitos entrelazados de alta energía, donde los canales migraron rápidamente en forma lateral a través de la cuenca, durante el

Paleoceno temprano (Fassett *et al.*, 2002). En el área, la columna tipo (Figura 2) muestra que las areniscas de la parte media de Ojo Álamo son blancas y friables, mucho más que las areniscas de la parte superior y basal, que son de color marrón oxidado, cementadas y forman relieves tipo cuesta.

En 1983 un gran hueso de dinosaurio fue descubierto en Ojo Alamo sandstone en el area Bluff South del Rio San Juan (Nuevo Mexico). El hueso fue identificado por Fassett *et al.*, (2002) como el fémur derecho de un hadrosaurio (Figura 3), sin mayor precisión ya que la identificación de género y especie está basada en las características del cráneo, según Weishampel & Horner, (1990).

### PRESENCIA DE POLEN PALEOCENO POR DEBAJO DE UN HUESO DE DINOSAURIO

En 1985, se descubrió una capa de lutita carbonosa dentro de Ojo Alamo Sandstone (Figura 4), a unos 160 metros este de la localidad donde fue excavado el hueso antes mencionado. Esta lutita carbonosa se encuentra a 3 metros por debajo (estratigraficamente hablando) del nivel donde fue encontrado el femur de

dinosaurio (Figura 3). De la lutita se extrajeron 3 muestras para ser analizadas en su contenido de polen y esporas por Douglas J. Nichols (1994, comunicación personal con Fassett), el cual reportó un conjunto de palinomorfos que incluyeron *Brevicolerites colpella* y *Momipites tenuipolis* indicando una edad Paleoceno para estas rocas.

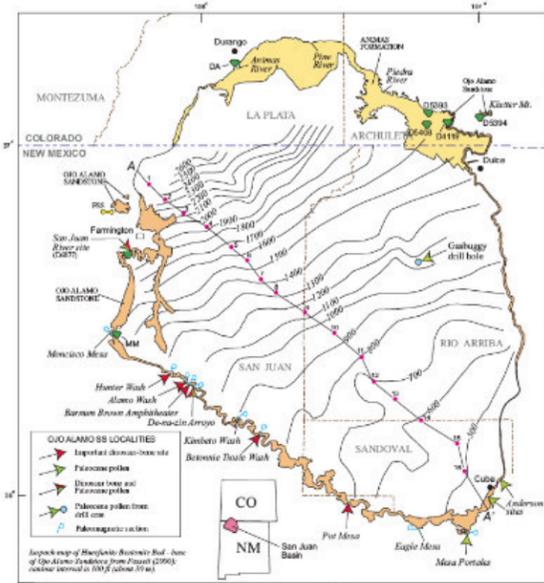


Figura 1 – Mapa de ubicación de la Cuenca San Juan, mostrando en color marrón la localización de los afloramientos K-T. Las curvas isópacas representan el espesor desde la capa marcadora de bentonita en Lewis Shale (K) hasta la base de Ojo Álamo. Tomado de Fassett *et al.*, (2002).

Ya en 1973, Tschudy había reportado la presencia de *M. tenuipolis* en Ojo Alamo Sandstone, tanto en el núcleo Gasbuggy, de Mesa Portales, como en un área cercana a Barrel Spring. Tschudy (en Fassett *et al.*, 1987, p. 27) lista y discute palinomorfos recobrados de un lente de lutita carbonosa en la parte superior de Ojo Alamo, 500 metros al este de Barrel Spring, concluyendo que el conjunto era claramente de edad Paleoceno. Tschudy (también en Fassett *et al.*, 1987, p. 27) continúa diciendo que el conjunto de palinomorfos de otra capa de lutita carbonosa, unos pocos metros por debajo de la base de Ojo Alamo, muestra un grupo de palinomorfos de edad Cretácica (Formación Kirtland). Muestras adicionales analizadas por Nichols, (comunicación personal con Fassett, 2000) en la misma capa (también unos pocos metros por debajo de la base de Ojo Álamo), pero ubicada pocos cientos de metros más al

noroeste, arrojaron un conjunto de palinomorfos de edad campaniense a Maestrichtiense inferior.

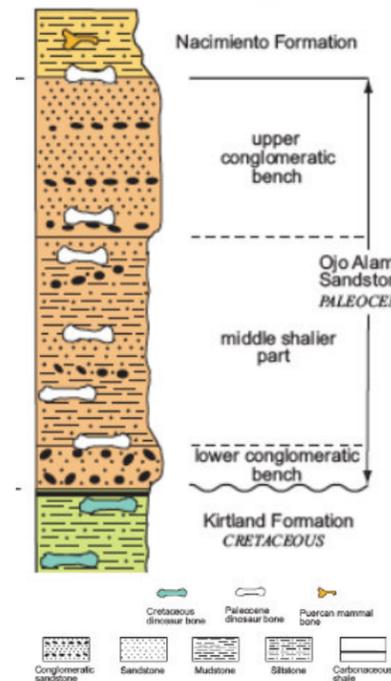


Figura 2. Columna estratigráfica generalizada mostrando la litología de Ojo Alamo Sandstone y las formaciones suprayacente e infrayacente, según Fassett (2009).

**OJO ALAMO SANDSTONE, EN LA LOCALIDAD DE SAN JUAN RIVER**

La Figura 4 representa la columna estratigráfica compuesta donde se puede detallar la estratigrafía de la parte inferior de Ojo Álamo Sandstone, en la localidad de San Juan River y muestra la posición relativa de la capa conteniendo el fémur de dinosaurio (Fassett *et al.*, 2002). Los datos de la localidad de San Juan River demuestran según estos últimos autores, que el largo hueso de hadrosaurio encontrado, estaba preservado en rocas de edad Paleoceno. Debido a que este es un solo hueso hallado, el chance de que sea retrabajado desde la infrayacente Formación Kirtland del Cretácico, es una posibilidad que Fassett *et al.*, (2002), analizan de la siguiente manera: (1) La base de Ojo Álamo Sandstone es una superficie planar en el área y no existen altos topográficos en los estratos Cretácicos infrayacentes. (2) Debido a que el gradiente de la erosión pre-Ojo Álamo buza al sur, los estratos superiores de la Formación Kirtland debieron haber estado aproximadamente al mismo nivel topográfico de donde se encontró el fémur. El tamaño y el peso del

mismo debido a la silicificación (más de 130 kilogramos), hacen prácticamente imposible su transporte intacto por una cierta distancia de pocos metros, menos aún desde varias decenas de kilómetros hasta su posición actual. (3) El fémur tiene una condición externa impecable, sin signos de abrasión o marcas de arrastre y todas sus delicadas estructuras están intactas.

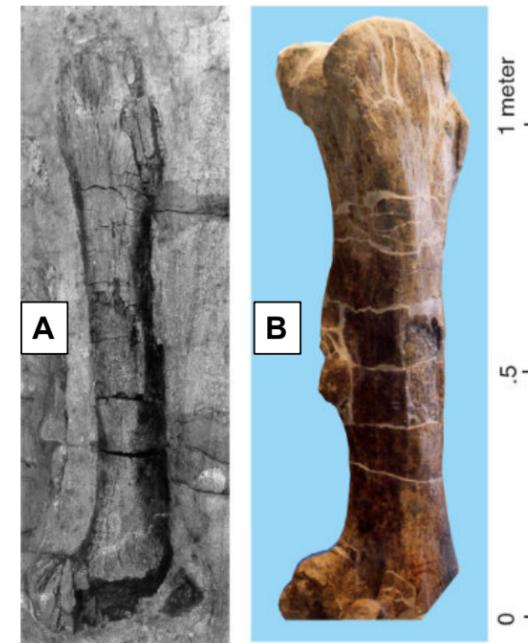


Figura 3. Fémur derecho de dinosaurio excavado en la localidad de San Juan. A. Fémur aun dentro de la roca antes de extraerlo. B. Mismo fémur una vez excavado, preparado y montado (rotado 180 grados con respecto a la vista anterior). Tomado de Fassett *et al.*, (2000).

**ASOCIACION DE DINOSAURIOS EN OJO ALAMO SANDSTONE**

El trabajo original de Hunt & Lucas (1992), fue actualizado por Lucas *et al.* (2000) y por Williamson (2000). La siguiente lista con la asociación de dinosaurios reportada hasta el 2000, con adiciones de Fassett (2009) es considerada la más exacta e incluye solo ejemplares incuestionablemente encontrados en Ojo Álamo Sandstone: *Alamosaurus sanjuanensis*; *?Albertosaurus sp.*, *cf Tyrannosaurus sp.*; ankylosaurid, indeterminate; dromaeosaurid, indeterminate; *Glyptodontopelta mimus*; hadrosaurids, indeterminate; nodosaurids, indeterminate; ornithomimid, indeterminate; *Richardoestesia sp.*; *cf titanosaurids*, indeterminate; *Torosaurus cf T. utahensis*; *Troodon sp.*; *Tyrannosaurus rex*; and tyrannosaurid, indeterminate.

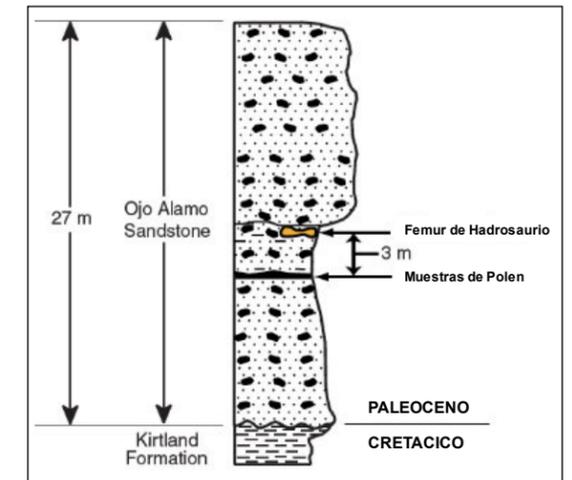


Figura 4. A: Columna estratigráfica compuesta de Ojo Álamo Sandstone en la localidad de San Juan River, mostrando la posición relativa del hueso de dinosaurio y la posición de las muestras de polen asignadas al Paleoceno. Modificado de Fassett *et al.*, (2000).

**SON LOS HUESOS DE DINOSAURIO ENCONTRADOS EN OJO ALAMO RETRAJADOS ?**

Trabajos previos en el área efectuados por Clemens (1973) sugirieron que estos fósiles de dinosaurios eran retrabajados de rocas más viejas, ya que además hallaron también algunos fósiles índices del Cretácico, pero todos embebidos en rocas Paleocenas. La cuestión de si los huesos de Ojo Álamo eran todos retrabajados podría haber sido resuelta por Hunt & Lucas (1991), quienes describieron un conjunto de huesos de dinosaurio encontrados en la parte inferior Ojo Álamo Sandstone, específicamente en la localidad de Álamo Wash. Una fotografía de estos huesos en su lugar de origen, se muestra en la Figura 5. Hunt & Lucas (1991, p. 28–30) reportaron lo siguiente: El esqueleto parcial hallado de un hadrosaurio (codificado como NMMNH P-19147) consiste de 34 elementos, incluyendo 22 costillas o partes de costillas, 2 vertebras dorsales, 5 espinas neurales, 1 tendón osificado, 1 hueso sacro, 1 escapula, 2 huesos púbicos y 1 húmero (Figura 6).

Importante acotar que según los autores, no existe duplicación de partes del cuerpo, ni otra evidencia como tamaños diferentes, que pudiera sugerir la mezcla de varios esqueletos, por lo que se asume con mucha confianza que se trata de un solo ejemplar de hadrosaurio. La superficie de los huesos está muy bien preservada y cubierta de fracturas elongadas indicativas de una alteración por exposición a la intemperie. Muchas de las costillas presentan roturas pre-

fosilización, pero los huesos más grandes como escapula y pubis, solo presentan daño debido a intemperismo reciente. Los huesos cubren un área aproximada de 13 m<sup>2</sup>. Este esqueleto parcial carece de gran parte de la columna vertebral, los elementos lumbales y la cabeza.



Figura 5. Fotografía del ensamblaje de huesos de dinosaurio antes de ser excavados de Ojo Álamo Sandstone en la localidad de Álamo Wash por Hunt & Lucas (1991). Martillo de escala es 25 cm.

Esta concentración de partes esqueléticas de un solo individuo de hadrosaurio en la parte inferior de Ojo Álamo Sandstone, se interpreta, basado en todo lo anterior, como evidencia inequívoca de que estos animales llegaron a vivir durante las primeras etapas del Paleoceno. Es por ello que también se asume que los otros huesos grandes encontrados en Ojo Álamo Sandstone, en la Cuenca San Juan, también representan animales que vivieron en el Paleoceno, y no son huesos re TRABAJADOS del Cretácico. Hunt y Lucas (1991) concluyeron que el espécimen se trata de un lambeosaurio. Posteriormente, Williamson (2000), reinterpreta NMMNH P-19147 como un hadrosaurio en lugar de un lambeosaurio. Finalmente, Sullivan *et al.*, (2011) reinterpretan el esqueleto NMMNH P-19147, como el lambeosaurio *Corythosaurus*, basados principalmente en la morfología de los huesos púbicos y húmeros (Figura 6).

**EVIDENCIA GEOQUÍMICA**

Fassett *et al.*, (2002) efectuaron análisis geoquímicos en 30 muestras de los huesos mineralizados de dinosaurios (15 provenientes de Ojo Álamo y 15 provenientes de Kirtland), como parte de la investigación, a fin de proveer mayor soporte y evidencia de que los huesos encontrados en Ojo Álamo Sandstone, no han sido re TRABAJADOS desde los estratos infrayacentes del

Cretácico. Se analizó el contenido y composición de las tierras raras y el contenido de uranio en los huesos de dinosaurio. Las concentraciones de Uranio (U) en las muestras de Ojo Álamo son típicamente un orden de magnitud más grandes que las encontradas en las muestras de la Formación Kirtland (K). En contraste, la abundancia total de Tierras Raras (REE), tiende a ser más grande en las muestras de Kirtland, principalmente debido a la abundancia de Tierras Raras ligeras como La, Ce y Nd. El contraste en los patrones del contenido de U y REE en los huesos de dinosaurio encontrados en Ojo Álamo y Kirtland, refleja las diferencias durante la mineralización en ambas formaciones.

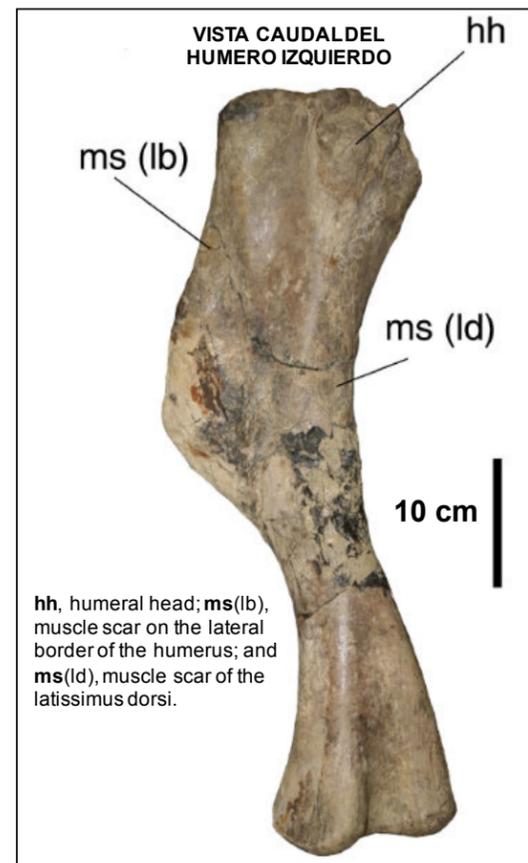


Figure 6. Lambeosauro (SMP VP-2263), vista del humero izquierdo casi completo (Formación Ojo Álamo), Cuenca San Juan. Modificada de Sullivan *et al.*, (2011).

El resultado muestra claramente (Figura 7) que los huesos provenientes de Ojo Álamo, difieren de los huesos colectados solo unos metros por debajo, (dentro de la Formación Kirtland), lo cual apoya las conclusiones anteriores de que los huesos de Ojo Álamo no han sido

re TRABAJADOS de la infrayacente formación Cretácica Kirtland (Fassett, 2009).

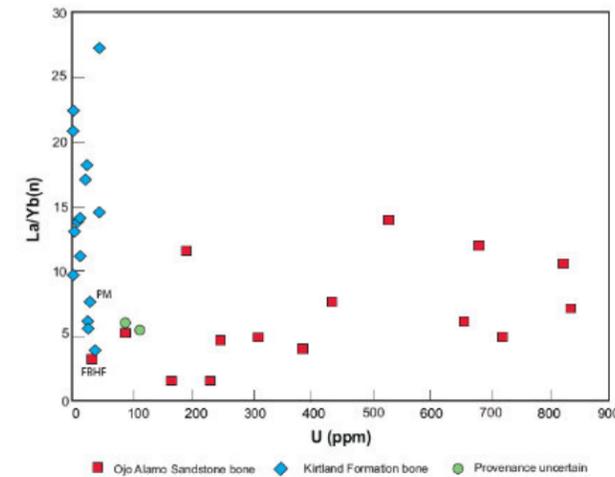


Figura 7. Grafico normalizado de los radios lanthanum/ytterbium [La/Yb(n)] vs. Abundancia de Uranio (U ppm) para las muestras de huesos fósiles de dinosaurios tanto de la Ojo Álamo Sandstone (rojos) como de la Formación Kirtland (azul). Fassett *et al.*, (2002)

**POLARIDAD MAGNETICA**

La Figura 8 muestra la columna de polaridad magnética publicada por Fassett & Steiner (1997) y Fassett *et al.* (2002), basada en la localidad de Hunter Wash. Esta figura muestra que el nivel C29r es de solo 2 metros de espesor y C29n es de 9 metros. La tasa de sedimentación decompactada para la polaridad cronoestratigráfica C29n es entonces 9 metros dividido entre 0.769 Ma, lo cual significa 11.8 m/Ma, y cada metro de roca representaría 0.085 Ma. Así la base de Ojo Álamo Sandstone en la localidad Hunter Wash tendría una edad de 65.25 Ma, mas 0.170 Ma, o 65.42 Ma. La cantidad de Paleoceno erosionado en la interfase K-Pg en la Cuenca San Juan sería entonces 65.50–65.42 Ma (0.08 Ma). La duración entonces del tiempo de supervivencia de los dinosaurios en el Paleoceno para esta área sería de aproximadamente 1 Ma (el tope del cron C29n), lo cual implica que se extinguieron hace 64.5 Ma. Sin embargo, Lucas *et al.*, (2009) en un análisis del extenso y detallado trabajo de magnetoestratigrafía publicado por Fassett (2009) concluyen que las evidencias de polaridad magnética no son una prueba definitiva de dinosaurios fósiles en el Paleoceno. Fassett *et al.* (2002) estimaron que los dinosaurios persistieron alrededor de 1 millón de años en el

Paleoceno temprano, basando esta estimación en que los 11 metros del intervalo paleo magnético-normal representaban el magnetocron C29n completo. Pero Fassett (2009) con muchas más muestras analizadas en diferentes puntos de la cuenca, extiende el tope del magnetocron C29n más arriba del tope de Ojo Álamo Sandstone, entrando en la parte inferior de la Formación Nacimiento. Este incremento en C29n requeriría una revisión del estimado de cuanto vivieron los dinosaurios en el Paleoceno de la Cuenca San Juan, pero seguramente un poco más allá del millón de años antes calculado.

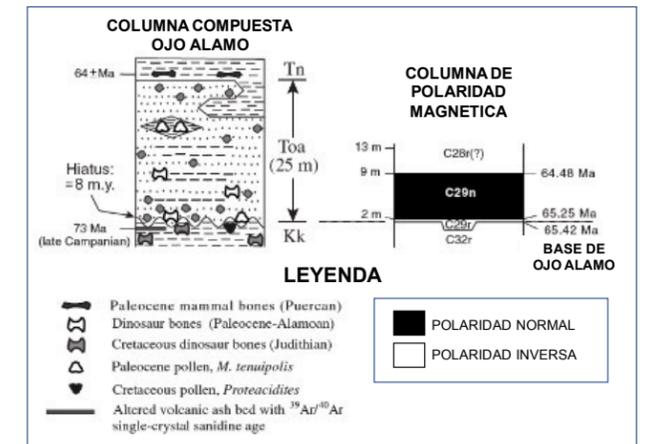


Figura 8. Columna estratigráfica compuesta de Ojo Álamo Sandstone en el área tipo. La polaridad magnética fue determinada por Fassett & Steiner (1997) en el área de Hunter Wash. La edad de la polaridad magnética mostrada para C29r-C29n y C29n-C28r fue modificada de Cande & Kent (1995). Kk: Formación Kirtland, Toa: Ojo Álamo Sandstone, Tn: Formación Nacimiento.

**CONCLUSIONES**

En el estudio de Fassett *et al.*, (2002) y Fassett (2008, 2009), se discute la presencia de un hueso muy grande (fémur), posiblemente *in situ* y en excelente estado de preservación, perteneciente a un hadrosaurio, el cual fue excavado de capas pertenecientes a Ojo Álamo Sandstone, en la localidad San Juan River. La capa contentiva del fémur suprayace a otra capa que contiene palinomorfos del Paleoceno.

Si bien muchos autores descartaron la posición estratigráfica de estos huesos argumentando que son material re TRABAJADO, el principal argumento en contra de esta idea es pensar que huesos de gran tamaño (en este caso de dinosaurio), hayan sufrido un proceso de

meteorización en la roca Cretácica que los contenía, y que luego de cientos de miles o millones de años, hayan sido removidos y transportados para ser encontrados ahora en rocas Paleocenas, intactos y sin evidencias de retrabajo o transporte.

Adicionalmente se encontró un ensamblaje de huesos pertenecientes a un solo ejemplar de lambeosaurio, preservado en Ojo Álamo Sandstone, pero esta vez en la localidad de Barrel Spring. Aquí también, el nivel con fósiles de dinosaurio, suprayace a una capa con palinomorfos del Paleoceno (Fassett, *et al.*, 2002). Sullivan, *et al.*, (2011) reinterpreto este esqueleto, como el lambeosaurio *Corythosaurus*, basados principalmente en la morfología de los huesos púbicos. Esta concentración de partes esqueléticas de un solo individuo en la parte inferior de Ojo Álamo Sandstone, permitió interpretar como evidencia inequívoca, que este ejemplar no sufrió transporte por retrabajo (Fassett *et al.*, 1987; 2002; Fassett, 2008; 2009).

Los datos geoquímicos muestran que todas las muestras analizadas de fragmentos de huesos de dinosaurios, hallados dentro de Ojo Álamo Sandstone, tienen una firma química distintiva y diferente a la de todos los especímenes analizados que provenían de las capas cretácicas de la infrayacente Formación Kirtland. Estas evidencias geoquímicas basadas en la concentración de Uranio en la abundancia relativa de Tierras Raras, añaden información y corroboran según Fassett, (2008, 2009). que los huesos de dinosaurio de Ojo Álamo no son retrabajados de rocas cretácicas en la región.

#### BIBLIOGRAFIA

Clemens, W.A., 1973, The roles of fossil vertebrates in interpretation of Late Cretaceous stratigraphy of the San Juan Basin, New Mexico, in Fassett, J.E., ed., Cretaceous and Tertiary rocks of the Colorado Plateau: Four Corners Geological Society Memoir, 1973, p. 154–167

Fassett, J.E., Lucas, S.G., and O'Neill, F.M., 1987, Dinosaurs, pollen and spores, and the age of the Ojo Alamo Sandstone, San Juan Basin, New Mexico: Geological Society of America Special Paper 209, p. 17–34

Fassett, J.E., Zielinski, R.A., and Budahn, J.R., 2002, Dinosaurs that did not die: Evidence for Paleocene dinosaurs in the Ojo Alamo Sandstone, San Juan Basin, New Mexico, in Koeberl, C., and MacLeod, K.G., eds., Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 356, p. 307–336.

Fassett, J. E. 2008. New Geochronologic and Stratigraphic Evidence Confirms the Paleocene Age of the Dinosaur-Bearing Ojo Alamo Sandstone and Animas Formation in the San Juan Basin, New Mexico and Colorado. *Palaeontologia Electronica* Vol. 12, Issue 1; 3A: 146p

Fassett, J.E. 2009. New geochronologic and stratigraphic evidence confirms the Paleocene age of the dinosaur-bearing Ojo Alamo Sandstone and Animas Formation in the San Juan Basin, New Mexico and Colorado. *Palaeontologia Electronica*, 12:1-155

Hunt, A.P., and Lucas, S.G., 1991, An associated Maastrichtian hadrosaur and a Turonian ammonite from the Naashoibito Member, Kirtland Formation (Late Cretaceous: Maastrichtian), northwestern New Mexico: *New Mexico Journal of Science*, v. 31, no. 1, p. 27–35

Basados en la cronología de la polaridad magnética, Fassett *et al.*, (2002), y Fassett (2009) correlacionan los principales afloramientos de Ojo Álamo Sandstone, así como los niveles con fósiles de dinosaurios; pudiendo estimar la duración de la supervivencia de los mismos en la Cuenca San Juan, durante el tiempo Paleoceno inferior. Esta se calculó originalmente en 1 Ma (Fassett *et al.*, 2002), aunque Fassett en el 2009, con muchas más muestras analizadas, extiende un poco más esa duración sin mayor precisión.

El único argumento que puede empañar las conclusiones previas de que los dinosaurios de Ojo Álamo Sandstone representan supervivientes del evento de extinción K-Pg, sería que los palinomorfos encontrados en estratos de Ojo Álamo Sandstone, y en numerosas localidades de la Cuenca de San Juan, sean realmente formas Cretácicas que han sido incorrectamente asignadas al Paleoceno.

Al no existir datos que refuten al día de hoy la edad de Ojo Álamo Sandstone y su contenido fosilífero, incluyendo los restos de dinosaurios, Fassett *et al.*, (2002) y Fassett (2008, 2009), concluyen que no todos los dinosaurios se extinguieron al final del periodo Cretácico, asociado al impacto Chicxulub (datado alrededor del 64,5 Ma) como comúnmente se ha creído, sino que, en la Cuenca San Juan (USA), algunos ejemplares lograron sobrevivir al menos 1 millón de años más.

Lucas, S.G., Heckert, A.B., and Sullivan, R.M., 2000, Cretaceous dinosaurs in New Mexico, in Lucas, S.G., and Heckert, A.B., eds., *Dinosaurs of New Mexico: Albuquerque, New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 17, p. 83–90

Lucas, Spencer G., Sullivan, Robert M., Cather, Steven M., Jasinski, Steven E., Fowler, Denver W., Heckert, Andrew B., Spielmann, Justin A., Hunt, Adrian P., 2009. No Evidence of Paleocene Dinosaurs in the San Juan Basin. *Palaeontologia Electronica* Vol. 12, Issue 2; 8A: 10p

Sullivan, R.M., Lucas, S.G., and Braman, D. 2005. Dinosaurs, pollen, and the Cretaceous-Tertiary boundary in the San Juan Basin, New Mexico. *New Mexico Geological Society, Guidebook* 56:395-407.

Sullivan, R., Jasinsky, S., Guenther, M. & Lucas, S. (2011), The First Lambeosaurin (Dinosauria, Hadrosauridae, Lambeosaurinae) From the Upper Cretaceous Ojo Alamo Formation (Naashoibito Member), San Juan Basin, New Mexico Sullivan *et al.*, eds., 2011, *Fossil Record* 3. New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 53.

Weishampel, D.B., and Horner, J.R., 1990, Hadrosauridae, in Weishampel, D.B., Dodson, P., and Osmólska, H., eds., *The Dinosauria: Berkeley, University of California Press*, p. 534–561.



**Jhonny E. Casas** es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá.

Tiene 36 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador and Perú.

Autor/Co-autor en 39 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Geos, Journal of Petroleum Geology, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela y Caribbean Journal of Earth Sciences*; incluyendo presentaciones en eventos técnicos como: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración petrolera en la revista *Explorer*.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad del Zulia (1991-1992) y Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2023), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 11 tesis de maestría.

Actualmente es Director de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023), y Representante Regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026).

[jcasas@geologist.com](mailto:jcasas@geologist.com)

# Caverna del arte

## ***Sepi, el ammonites*** **Aventuras en el Mar Marginal**

Wilmer Pérez Gil



2020

*A todos los paleontólogos, cuyos saberes han desenterrado múltiples historias, engavetadas por millones de años.*

### Prólogo

A finales de 1999, tuve la suerte de visitar por primera vez la localidad de los Hoyos de San Antonio, ubicada al este de la región pinareña de Viñales, Cuba. No más puse mis plantas en este paraje de la Sierra de los Órganos, me percaté de que aquella visita sería todo un acontecimiento tanto para mí como para los dos exploradores que me acompañaban. Por ese entonces, formábamos parte del grupo espeleológico Guaniguanico, con sede en la capital provincial.

La singular belleza de la zona se manifiesta en la existencia de elevaciones bajas y onduladas denominadas “cuchillas” por los lugareños, en tanto este sitio se encuentra al abrigo de un pequeño abrigo cársico. Sin embargo, lo más interesante y a la vez atrayente de dicho lugar son los antiquísimos “tesoros” líticos que ocultan sus peculiares rocas. Aquel episodio dejó una impronta perenne en mí que todavía conservo como si fuera ayer, teniendo en cuenta que han pasado más de 20 años. Por esos días, siendo un adolescente sediento de aventuras, y específicamente de la paleontología, ciencia que estudia los seres antiguos preservados en las rocas, es decir los fósiles, supe que precisamente por estos lares, Juan Gallardo, el legendario cazador de fósiles de Viñales, llevaba años desenterrando gran cantidad de restos petrificados de antiguas criaturas marinas. De manera que, este sería el detonante que marcó mi derrotero por los caminos intrincados de uno de los parajes más prolijos de la Sierra de los Órganos, en cuanto a la existencia de fósiles se refiere. Recuerdo que Hilario, uno de los miembros fundadores del referido grupo Guaniguanico, me comentaba con frecuencia acerca de este sitio, donde a menudo con un poco de suerte y tesón, podían desenterrarse fragmentos o incluso restos bien conservados de seres que vivieron bajo las aguas del Mar Caribe hace millones de años atrás.

Más de 20 años después de aquellos errabundeos exploratorios, quien esto escribe, ofrece un relato sui géneris, inspirado en tales sucesos, que recrea de alguna manera el entorno faunístico existente cuando las aguas del Mar Caribe primitivo cubrían la zona, a través de la relación paleoecológica de aquella remota fauna, hoy extinta, que por doquier hoy aflora fosilizada en las serranías calcáreas que se erigen en los Hoyos de San Antonio.

Este breve cuento de ficción es protagonizado por Sepi, el ammonites, e incluye a gran parte del elenco que debió acompañarle a finales del período Jurásico, época donde transcurre el argumento. En ese sentido, el autor trae de vuelta este mundo distante en el tiempo, bajo un sutil enfoque personificado, con una narración amena, libre de tecnicismos excesivos.

“*Sepi, el ammonites. Aventuras en el Mar Marginal*” es por tanto un relato de ficción en el cual su autor desea recrear el entorno natural del archipiélago cubano en sus inicios, desde una óptica que combina lo real y científico con lo fantástico y fabuloso, dirigido a personas de todas las edades, sobre todo hacia aquellas que conservan inquietudes por el pasado geológico de Cuba.

El autor



## I. EL VIEJO VALVAS

Sepi, un sifonita (ammonite) de concha enrollada despertó de su sueño con los primeros rayos del Gran Círculo de Fuego (Sol), que, aunque no podía ver ni tocar, sí podía sentir su tibio abrazo, al calentar las aguas poco profundas de los blancos bajos, una estrecha planicie submarina que albergaba a gran cantidad de criaturas a finales del Jurásico.

Pocas veces había sentido tanta hambre, desde que sus tentáculos capturaron aquel distraído lepis (*Leptolepis*), separado de su cardumen. Por eso recordó que nadando hacia aguas dóciles podía volver a saciar su creciente apetito. Casi siempre le acompañaban dos amigos de la horda: Sifo Testatorpe y Quilla Conchacruda, otros dos ammonites que, como él, se mecían al vaivén de las corrientes libres, en busca de pequeñas presas, fáciles de atrapar.

Sin embargo, y para bien de ellos, Sepi recordó que los fondos cristalinos de Someria, en la dirección del canalizo, rebosaban de buena cantidad de ricos bocadillos.

Decididos y sin mucho consenso, se dirigieron hacia este pasaje, que además de suficiente comida ofrecía cobijo. Aun así, debían ser cuidadosos, el canalizo también atraía con frecuencia a visitantes inesperados y peligrosos, entre ellos los desagradables peces Gyro (*Gyrodus*) los

“crujiconchas”, verdaderos verdugos de la horda de testa en espiral. Raudos, se propulsaron, tomando la corriente de la media mañana.

A medida que descendían, empleaban la vicera de sus *aptychus* (suerte de gorra o sombrero), para contemplar el escenario, que allí, en el amplio arrecife, se dibujaba. Extrañas siluetas aparecieron entonces: *picapúas* (erizos), *lamelimos* (ostras y mejillones), *grumogusanos*, *crujicangrejos* y *roerocas* (peces *dotu*), en fin, toda una congregación de singulares bentonitas, conocidos como el “Clan de los Fondos Bajos”, ya que siempre permanecían en él, no solo por el sustento que ofrecía, nada escaso, sino, además, por el resguardo del peligro, que generalmente suele venir de aguas más abiertas. Los moradores del Clan... responden a un ciclo vital, una ley ancestral, establecida desde el comienzo mismo de los tiempos. Nadie trasgredía este principio elemental, ni devoraba más de lo permitido. Numerosas tribus y familias han sobrevivido aquí por generaciones respetando dicha armonía.

Fue entonces que cerca de Gorgoniagrande, no muy alejado de la entrada del canalizo, Sepi y sus amigos, identificaron a un viejo amigo, uno de muchos años y acanalada testa bivalva. Era Valvavieja (*Trigonia*), un conchacerrada de marcados surcos, quien con su avanzada edad vivía sus últimos días.

Oculto en su comprimido domicilio, el viejo Valvas se sorprendió, no más encontró a los tres ammonites flotando a su alrededor, que le saludaban con un movimiento sinuoso de sus tentáculos. Emocionado, el vetusto trigonio les devolvió el gesto con un animoso reflujos de burbujas.

Requirió curioso qué buenas nuevas traían de las corrientes libres, donde se ahondan las aguas. Por el gesto de los visitantes, nada fuera de lo normal, aseveraron, parece romper la rutina en los blancos bajos: las medusas siguen igual de gelatinosas, los molestos peces Gyro en ocasiones irrumpen llevándose consigo a algún desprevenido vecino de la horda. Por cierto, últimamente los lepis, antes más abundantes, ahora resultan raros. A veces, solo krill diminuto hay para apaciguar la panza. Sin poder atrapar mucho, la vida en las corrientes libres es incierta. Los tentáculos pierden habilidad y con el tiempo el estómago empieza a “rugir”. Para un ammonite, el estar famélico no solo representa pasar hambre, sino la capacidad de llevar el peso de su “casa” a cuestas, su cobija protectora, que se torna más pesada en estas circunstancias. Al no disponer de fuerzas para cargar la testa, se pierde el equilibrio y la flotabilidad, todo un problema que resultaría de vivir errantes por el fondo, donde no durarían mucho. Y qué decir de sus ornamentos, Sifo y Quilla exhiben orgullosos sus refinados diseños, en tanto los tabiques y suturas de Sepi le hacen todo un galán en su gremio. Era crucial probar suerte en otro sitio, uno con mejores y mayores garantías.

Abrumado por estas involutas cavilaciones, el viejo Valvas, emitió un reflujos de burbujas en señal de pesar, más, rememorando, de lo profundo de su blanco cuerpo, emergió una idea que podía ser la solución al problema. Entonces, reveló a sus desdichados amigos que un nuevo comienzo les espera en los fondos tibios del Mar Marginal, de donde se dice, concentra tantas posibilidades que muchos han decidido mudarse allá. Al parecer les ha ido bien pues, jamás se les ha visto por estos lares. Cierto o no, el viaje, refiere Valvas, para nada es fácil y está plagado de peligros. Puede que no pocos embarcados en esta aventura hayan terminado por perderse y por tanto nada más se ha vuelto a saber de ellos.

Se debe tener una concha corajuda y tentáculos más que seguros pues no se trata de vadear

simples fondos arenosos, donde apenas se percibe el flujo rutinario de tímidas corrientes. Desafortunadamente, es más que probable que nada de esto vean durante un viaje así de difícil. Ahora bien ¿de qué peligros previene el bivalvo anciano?

Cuentan los viajeros de mucho mar, que en los límites donde termina el canalizo, se abren los dominios del Mar Salvaje, las llamadas Aguasagrias, bajando la cuesta pedregosa. En esos predios, solo vagan eremitas y espectros, confundidos por la desolación y el ambiente denso y cargado de aguas más oscuras, el llamado Páramo Profundo, un lugar casi siempre silencioso y hostil. Más, no por ello tranquilo, pues estas son aguas engañosas, que esconden a criaturas sigilosas y voraces, por tanto, es prudente evitar el contacto con ciertas e indeseables alimañas.

Dicho esto, Valvas mostró los inconfundibles surcos hincados profundamente en su gastada concha, que uno de estos carniceros le dejó de recuerdo al intentar tragárselo. De lograr rebasar estas poco amigables comarcas, las aguas ascienden vertiginosamente formando parte de lo que llaman “el mundo de más allá del mar” del que poco o nada se conoce, tan solo leyendas y extrañas historias que cuentan los viejos nadadores. Tras ello, se dice, reaparece el azul intenso del Mar Marginal.

Los sifonitas escucharon atentos cada palmo relatado por Valvieja. El alimento que tanto necesitaban está allá, esperándolos. Sus tentáculos más que extasiados, sugerían tomar la decisión correcta. En caso de emprender viaje irían solos, pues, aunque quisiera, el viejo trigonio ya no se encontraba en condiciones para semejantes errabundeos, quien les aconsejó ser osados y nada distraídos. Deben ser valientes y arrojados, por pequeños que estos fueran para enfrentar los peligros de estos mares.

La idea de abandonar los blancos bajos e incluso las cálidas aguas del canalizo, en verdad no les resultaba muy agradable. Sus vidas, por cortas que éstas fueran, habían transcurrido en estos apacibles fondos. Pero...siendo moluscos de vida libre en suspensión, la posibilidad de reencontrar el alimento por distante que este se encontrara, era un pretexto más suficiente para emprender viaje. Otros ammonites tal vez se hubieran contentado con tan solo seguir buscando de aquí para allá, degustando limo insípido sin siquiera arriesgar el caparazón, quedándose resguardo en el canalizo. En cambio, nuestros vivarachos amigos, nada tímidos, prefiriendo el entusiasmo al tedio, les hacía desear más que todo algo de aventura para variar.

La decisión estaba tomada sin mucho consenso. Los tres amigos irían al Mar Marginal. De pasivos espectadores a temerarios exploradores, condición que aún debían probar, en caso de tener suerte, no cualquiera tiene calibre para empresas tan arriesgadas.

Esa noche, con la subida de la marea y ánimos encontrados, se retiraron a descansar junto al viejo Valvas, cómodos, en la seguridad de las testas.

## II. UN ENCUENTRO INESPERADO

Tras el encuentro con el sabiosobrio Valvas, los intrépidos sifonitas tomaron el sendero de rocas, donde termina el canalizo. Las aguas aquí se tornan más profundas y solitarias. Los tenues haces de luz del Gran Círculo de Fuego, se dispersan hasta casi desvanecerse. El paisaje se encuentra plagado de arenas grises, algo oscuras en las que sobresalen rocas cubiertas de un limo de color verde pálido y aspecto viscoso, así como disímiles restos de corales muertos. Mientras se avanza, se hace difícil respirar y la visibilidad se ve opacada por una ligera niebla que obstruye el trayecto.

Los habitantes de estos mustios suburbios deben estar bien acostumbrados para nadar en estos ambientes tristes. Además, se perciben indiferentes a la presencia de los tres desconocidos, que poco a poco van bajando la cuesta.

La pendiente se vuelve más escabrosa. El borde del acantilado está colmado de gigantescos peñascos amontonados de forma desordenada. Al parecer se sucedió un gran desprendimiento, ocurrido hace mucho, cuando la pared del desfiladero colapsó, enturbiando las aguas por buen tiempo.

Nada de esto podían imaginar Sepi y sus amigos que contemplaban asombrados estos parajes colosales, siempre manteniéndose atentos. En lo adelante las Aguasagrias se extienden para dar paso al páramo profundo.

El acantilado va cediendo hasta finalizar en un fondo ennegrecido y grumoso. Las aguas aparentemente calmas obligan a los tres ammonites a mantenerse cerca del fondo, aunque no tanto, quien sabe lo que puede esconder este cieno desconocido y pestilente. Ojos y tentáculos bien alertas. El páramo les tomaría algún tiempo cruzarlo...si es que llegaran a hacerlo.

A estos lodos fétidos y pegajosos, los nadadores de mucho mar les conocen como los fondos fangosos. Casi irrespirables, donde casi nada parece vivir, es el lugar idóneo para que decenas de grumogusanos (*icnitas*), una excepción en verdad, prefieran sentirse a gusto removiendo esta pasta insípida de barro sucio.

Por momentos, denotan la presencia de algunos pocos picapúas, que confiados en su armamento se pasean despreocupados. A menudo, restos aislados pertenecientes a variadas criaturas, afloran medio masticadas entre el cieno oscuro. Sucede que los rapaces comecarne, han hecho de este lugar todo un comedero al que acuden con frecuencia cuando se sienten hambrientos. El horror se apoderó de Sepi, Sifo y Quilla, no acostumbrados a parajes tan macabros y sugerentes, de manera que se apresuraron en salir de allí cuanto antes.

En eso, notan una presencia. Algo se mueve entre las enturbiadas aguas. Sin perder tiempo se apresuran y logran ponerse a resguardo bajo un desvencijado y solitario coral. Una vez allí, intentaron calmar sus temblorosos tentáculos. Curiosamente, una rendija abierta les permitió, sin delatar su presencia, escudriñar hasta donde llegaba la vista. No se percibe nada. Los instantes parecen interminables. Hasta el Testatorpe de Sifo “se hizo encima” del susto.

De repente, divisan a poca distancia la silueta fusiforme de un pez Turo Aletágil (*Caturus*) un

carnívoro mediano. Está removiendo el fondo con su hocico buscando algo. Puede que los restos de su más reciente presa. Aunque pequeño, es unas diez veces más grande que nuestros amigos, de sorprenderlos, éste no vacilaría en echar cuenta de ellos, dada la escasa y disponibilidad de comida y ciertamente aprovecharía un aperitivo bien fresco.

En silencio se mantuvieron, sin mover una sola ventosa, esperando, a que Turo se fuera pronto, mas éste continuaba olfateando el cieno decidido a encontrar por lo menos algún ligero bocadillo, quizás un crujicangrejo, pues la verdad, los grumogrusanos no saben nada rico, dado que solo comen fango, huelen a fango y se retuercen en su propio estiércol hecho también de fango.

De repente, una tercera presencia irrumpió desapercibida. Era una sombra aún mayor que Turo, que inmediatamente se dirigió en la dirección del desprevenido pez.

Sepi y los otros dos ammonites miraron nuevamente, alcanzando a ver un torbellino de lodo removido, mientras el cuerpo del infortunado Turo desaparecía entre los afilados dientes de un pez Hypso Furiáfugaz (*Hypsocormus*), un predador de espacios abiertos, rápido y letal, aunque poco frecuente en estos dominios. Hypso cayó como un rayo sobre Turo que nada pudo hacer pues Furiáfugaz era mucho más grande y fiero. Su dieta incluía medianos y hasta presas mayores que capturaba por sorpresa hasta zampárselos enteros. Poseía unas mandíbulas bien aterradoras y un cuerpo más que hecho para la velocidad. Los ammonites enmudecieron ante este fulminante enemigo que les tomaría de postre en caso de que Turo no fuera suficiente, eso seguro.

Esperaron entonces a que el siniestro pez se marchara definitivamente. No más Hypso sació su voraz apetito, satisfecho, que agitó los fondos a su alrededor con un giro repentino de sus aletas y cola, para desaparecer entre el agua perturbada.

Aquel episodio sobrecogedor en verdad removió cada tentáculo de nuestros asustados amigos que reanudaron su viaje una vez cesado el peligro. Sin embargo, los pocos amistosos fondos de cieno del páramo continuaron por buen trecho, aunque sin mayores contratiempos. Más que todo, les inquietaba el temor a lo desconocido. De escuchar y percibir sonidos y olores nada familiares. Por eso se mantuvieron vigilantes, oteando en todas direcciones, arriba o abajo, desde donde suelen venir los sucesos menos esperados.

La cautela les hacía detenerse por momentos ante la menor vibración. Fue el instante en que recordaron nostálgicos, las cálidas corrientes de las aguas libres, en los blancos bajos de Someria, nada que ver con estos lúgubres parajes medio turbios y fríos.

Más adelante, los limos terminan en una pequeña caída, en tanto el paisaje adopta el aspecto de grandes bloques amurallados, como pasadizos, donde la luz se hace tenue y reina una penumbra amenazadora, que por lo general, nada bueno trae. De penetrar en estos andurriales inseguros, hubieran cometido el peor de los errores, cuando una voz de súbito les previno de semejante locura. Era Beli Conoconcha (*belemnites*), una sifonita bocabrazos, medio emparentada con los forasteros. Sólo un detalle marcaba la diferencia. Sucede que los Conoconchas presentaban la testa evoluta, alargada, incluso más blanda, para nada enrollada en espiral como sus parientes.

De todos modos, el parentesco es obvio, pues Beli, disponía también de tentáculos sinuosos

dotados de gran cantidad de ventosas para atrapar el alimento y que como Sepi, Sifo y Quilla se propulsaba a merced de las corrientes. Tal vez esto le ofreció confianza a los ammonites ante la extraña.

Al abrigo de un saliente rocoso, Beli comentó a los forasteros que, de recorrer el engañoso sitio, sea cual fuera su destino, terminarían por perderse y eso no es nada bueno. Además, estos resquicios intrincados son el hogar de toda suerte de criaturas verdaderamente desagradables. Esperpentos, ocultos en sus madrigueras, acechando entre las sombras. Afortunadamente, la suerte los acompaña, Beli se conoce muy bien estos apartados rincones y decide servirles de guía. De ahora en adelante, no más viaje a tientas. Para entonces la oscuridad ya comenzaba a cubrir el páramo y de noche, todos saben que el peligro se torna aún peor.

Sin muchos espacios acogedores para descansar, se acurrucaron dentro de una acampanada y vieja esponja, después de un trayecto definitivamente agobiante. Claro montarían guardia en turnos y darían la alarma de escape, en caso de que cualquier intruso poco amistoso decidiera curiosear por allí. Quilla tomó el primer turno, en tanto sus amigos y la nueva integrante, que aún no conocían del todo se retraían para reponer fuerzas.

### III. EN AGUAS TENEBROSAS

Descansar en éstas lúgubres aguas puede ser tan molesto como desagradable. Por momentos se percibe un olor inmundado traído por las corrientes bajas. Es el efluvio maligno procedente de los cuerpos descompuestos y dispersos en el cieno viscoso del páramo, todo un ajiaco mugriento y denso.

Allí, en el comedero de las Aguasagrias, terminan los desventurados, aquellos que se extraviaron y nunca regresaron. Ahora, son parte de la cloaca más detestable de estos mares. Con el tiempo, cuando ya la carne se ha ido, el propio limo suele preservar los restos más resistentes, curiosamente los menos preferidos: valvas, huesos y espinas son la evidencia del infortunio de los que una vez fueron. En circunstancias tan poco favorables, solo los más tercos sobreviven aquí. Otros, por el contrario, en todo caso, han preferido la inmovilidad y el mimetismo.

Tomaron un atajo, uno que solo Beli conocía, un sendero que les permitiría evitar adentrarse en el temible pasadizo. En el trayecto les sorprendió la mirada indiferente de pasivos peces Furo Caracaída (*Furo*), agrupados en pequeños cardúmenes. Es más que probable que sean patrullados desde la distancia por algún que otro Turo Aletágil hambriento o tal vez peor, los implacables Hypsos Furiáfugaz. Seguro que los fieros cazadores pelágicos, no andan muy lejos, siempre a la caza de éstas jugosas aglomeraciones, prestos para darse un festín.

Ocasionalmente, los molestos peces Gyro, recorren la zona en busca de corazas y caparazones aislados e indefensos. Sepi sabía bien lo que estos rufianes podían hacer con sus poderosos picos. Cuenta Sifo que solo por pura suerte lograron escapar de sus embestidas, allá en las aguas libres de Someria. Sin embargo, la horda en espiral se ha visto seriamente amenazada. Muchos ammonites, sus amigos y hasta parientes no han tenido tanta suerte, terminando en el menú de

estos peces rapaces. Quilla recuerda como sus vecinos, la tribu de los Tintaturbia, sucumbieron por un ataque sorpresa de los Gyro. Estas involutas cavilaciones retumbaban entre malos recuerdos del pasado. Afortunadamente, ni rastros de los sagaces matones, por ahora.

Las celenteradas medusas son bastante frecuentes, refiere Beli, nunca faltan algunas para adornar el paisaje. Estos seres antiquísimos se mueven mediante gráciles movimientos y no han cambiado desde que se tiene memoria. Todas tienen una aureola mística que muchos no comprenden, quizás por ello se las evita, aunque es más probable que sea por sus finísimos tentáculos que tiene el poder de paralizar todo aquello que se mueva o al menos a casi todo. Claro, que cuando esto sucede, el desafortunado queda tan maltrecho que no vive para contarlo. Curiosamente, algunos osados se dan un banquete con ellas, aunque la verdad, deben saber horribles o ni tan siquiera tener gusto, pues, a fin de cuentas, son seres hechos de agua de mar y la misma solo sabe a sal. De que serviría averiguarlo entonces, es preferible solo dejarlas tranquilas y seguir el viaje.

De súbito, un enorme cuerpo irrumpe a poca distancia y el pánico se apodera de cada testa. Esta vez, no se trataba de un simple pez, sino de algo mucho más peligroso. El extraño no era otro que Croc Colmillocurvo (*Geosaurus*), el hocicudo surcasaurio, un merodeador pavoroso. Movía su grueso cuerpo cubierto de escamas, ayudado por unas potentes y musculosas patapaletas membranosas. Ni siquiera el temido Hypso podía presentar batalla a este singular campeón de pesos pesados. Pero Croc, el cocodrilo marino, no estaba interesado en los cefalópodos, su olfato agudo le llevaba en otra dirección, aquella donde se agitaban bocadillos más sustanciosos, que tan pronto notaron su presencia huyeron despavoridos, lejos de las erizadas hileras de puntiagudos dientes de la formidable bestia. Por suerte el saurio se desvaneció en la profundidad de las aguas, siguiendo el rastro dejado por potenciales presas.

El episodio hizo que Beli relatar a sus emparentados amigos como en cierta ocasión, ella misma estuvo a punto de terminar en la panza de Croc, si no fuera por un movimiento audaz que les hizo evitar este final atroz, casi no vive para contarlo. Pero Croc, sigue contando la sifonita, no es el más atemorizante ni el mayor de los carniceros, no, monstruos aún peores se esconden en la oscuridad del Mar Salvaje.

Las tensiones provocadas por este y otros episodios anteriores, incrementaron el apetito de todos. La última vez que pudieron atrapar algo apenas si hubo tiempo para ponerse a salvo. Entonces, a Beli, la belemnites se le ocurrió una idea genial y que claramente podía satisfacer tal reclamo. La nueva integrante de aventuras condujo al resto de los sifonitas hasta cierto lugar, no muy lejos de allí y que, curiosamente, servía de peaje para muchos viajeros interoceánicos.

El arribo al bosque de algas fue todo un acontecimiento, un suceso del que nada menciona el viejo Valvas, tal vez porque ignorara su existencia o quizás porque sencillamente este lugar apenas se encontraba en su infancia, cuando solo era una reducida llanura cubierta de pastos que comenzaba a retoñar, acá en los fondos más elevados del páramo. De eso hace mucho ya, pues ahora no se divisa una simple aglomeración de tímidas algas, medidas al vaivén de las corrientes bajas. Este es el Bosque Gigante de Algasaltas, todo un oasis en los límites de Aguasagrias, muy cerca de las aguas libres de Hidronia, donde las corrientes son más veloces.

Las formaciones vegetales que aquí emergen se elevan verticales al encuentro de los infiltrados

rayos del Gran Círculo de Fuego. Dichas algas presentan anchas hojas y tallos gruesos y firmes, bien enraizados, lo cual les brinda fuerza para crecer de manera rápida y espigada. Ambos elementos combinados, han hecho crecer y dar forma a este frondoso vergel submarino.

Al penetrar en él, los ammonites, guiados por su nueva amiga, descubrieron algo que les resultaba un tanto familiar. En mucho se asemejaba al canalizo, donde la vida prospera en singular equilibrio. Acá también se percibe ese orden natural, aun teniendo en cuenta que este santuario subacuático, se alza en los límites de parajes poco seguros. Dado que estaban hambrientos, pues, no les tomó mucho esfuerzo atrapar algunos pececillos, los suficientemente nutritivos como para recobrar nuevas energías.

Entre estos menesteres, se toparon con la testaruda Bema Tercotortuga (*Caribemys*), una residente habitual en Algasaltas, quien también buscaba su almuerzo. Una cicatriz se delataba en su caparazón, un triste recuerdo de un encuentro brutal con un sauriosombra. Pero Bema, tuvo suerte tras el incidente, su endurecida casaca le salvó la vida. Ella, enterada de la empresa en la que se habían enrolado los forasteros y estando de buenas, accedió a indicarles el camino hasta donde las altas algas terminan y se abren las aguas hacia el Mar Marginal.

Siguiendo el fondo pardo de pastos, avanzaron hasta que ya no se divisaban más algas. los fondos un tanto elevados despuntaban en un saliente y caían en una cuenca de aguas profundas: las aguas abiertas de Hidronia. A diferencia del páramo y el bosque de algas, aquí no hay fondo, al menos visible y mucho menos refugio para cobijarse, solo el azul intenso de aguas inciertas. El ambiente ya no es tan rancio y se puede respirar con decencia. No parece que estos lugares sean tan transitados, refiere Sepi, al no ver mucho movimiento.

Nada más lejos de la verdad, insiste Beli, este es el paso de grandes cardúmenes y además el hogar de temibles cazadores pelágicos, que por lo general, suelen venir desde las profundidades, sin mucho tiempo para escapar. Estas criaturas tienen un pacto con las aguas, éstas les favorecen, les ocultan, son traicioneras en verdad. El menú siempre está servido en ellas, por eso, a partir de ahora, deberán estar más que atentos.

Mientras agitan sus tentáculos, Quilla cuenta de ciertas incursiones en los blancos bajos. Esta vez no ya de los molestos peces Gyro, sino de amenazas mucho mayores. Aunque raros, los pecesaurios (*ictiosaurios*), ágiles y certeros, dan cuenta de muchos de la horda. Son peores, más voraces y peligrosos que una chusma de Gyros pendencieros. Varias familias de cefalópodos de abolengo, como los Suturasobria y los Tabiquetenué, han sido diezmadadas en número, puede que ya no sobreviva ninguno de ellos o los que lograron escapar se hayan mudado a otras aguas, quien sabe. La villanía de estos patanes “cara de pez” nos ha azotado por generaciones.

Una opción, quizás más sensata comparte Beli, hubiera sido quedarse en el bosque de algas. Es más seguro, los escondrijos sobran y hay alimentos para todos. Además, en caso de peligro no seríamos las únicas presas disponibles. Los matones de grandes dientes tendrían para escoger, casi siempre prefieren los bocados más regordetes y jugosos, no un grupillo de famélicos ammonites con más concha que carne para ofrecer. Podría ser la diferencia entre vivir o morir. Sin embargo, no estaban del todo convencidos, pues en Algasaltas la competencia es perenne. Los lepis u otros aperitivos podrían no ser suficientes después de todo.

Estas confusas e involutas cavilaciones carcomían cada testa y tentáculo. En un final, serían los nuevos forasteros, llegado los últimos y eso tiene un precio. En todo caso, una rancia jerarquía trófica los llevaría a vivir al límite, más para nadadores de espacios abiertos poco habituados a estos niveles de convivencia.

Finalmente, pudo más la costumbre que el impulso. Ahora, remontando aguas desconocidas, donde no parece haber refugio posible dependerá de la suerte. Una vez más, el peligro los acompañará y estar atentos marcará la diferencia.

#### IV. EL MAR MARGINAL

Para surcar los espacios abiertos de Hidronia lo más conveniente es penetrar en las corrientes rápidas del medio día, una vía que los nadadores de mucho mar usan para trasladarse con ligereza. El propósito es evitar a toda costa incursionar en el Gran Vacío Azul, de donde se espera el peligro emerja.

Conociendo esto, aceleraron los tentáculos, para tomar la próxima corriente, que estaba por pasar. Tan pronto sobrevino, la misma les hizo viajar más a prisa. En este expreso submarino conocieron al incombustible Aspi Cabezadespada (*Aspidorhynchus*), un recordista de largas distancias, de cuerpo delgado y veloz, quien les reveló que la Gran Corriente de las aguas abiertas los llevaría, con suerte, hasta los mismos fondos del Mar Marginal.

Es fácil perder el sentido de la orientación nadando fuera del torrente, sobre todo cuando todo a tu alrededor es simplemente lo mismo y podría tomar buen tiempo encontrarla de vuelta, aseveró Aspi. Por suerte para nuestros amigos, el larguirucho nadador iba en esa dirección y los acompañaría durante un tramo.

Poco después, divisaron una gruesa mancha de peces Furo Caracaída, que nadaban a poca distancia. No más el sagaz Cabezadespada les echó el ojo, se despidió de los sifonitas y confiado en su ligereza, enfiló raudo su aguijón hacia aquella suculenta congregación.

Sepi y sus amigos continuaron el trayecto a resguardo en la veloz masa de agua galopante, que como un inmenso río surca los mares del mundo.

Muchas criaturas vieron en ellas, algunas bien familiares, otras jamás vistas, lo cual les llenó la testa de asombro y curiosidad.

En eso, algo gigantesco emergió de las profundidades abismales, que espantó a muchos. “Aquello” era realmente descomunal y, como era de esperarse, temible. Le llamaban Fauceferoz, el tramatragas (*pliosaurio*), el peor de los sauriosombra conocido, una bestia terrible y mortífera, la mayor calamidad de los mares. Poseía una bocaza enorme, plagada de grandes y afilados dientes, que causaban el terror en el Mar Salvaje, donde era amo y señor. Su mirada inspiraba puro pavor e irradiaba una vileza atroz. Se conducía majestuosamente por medio de colosales patapaletas. Su cuerpo estaba perfectamente camuflado, oscuro en el dorso y más caro en el vientre. Un

superdepredador que prefería atacar desde abajo sin ser visto. Por su gran tamaño, no tenía rivales, era rey en su elemento. Nadie que se conozca osaba desafiar al despiadado Fauceferoz.

Los ammonites y su fiel amiga quedaron paralizados, dado que el enorme carnívoro pasó demasiado cerca como para no sentir un miedo escalofriante. El pánico experimentado hizo que todos “se hicieran encima” sin excepción, por suerte para Sifo. Sin embargo, todo quedó en pura contemplación pues el monstruo apenas les echó una vaga mirada que hubiera hecho huir espantado hasta el mismísimo Croc, el cocodrilo marino. Aun así, todo cobraba sentido pues a fin de cuentas ¿qué podría querer de unos canijos cefalópodos que apenas si daban para empezar? Sin más, el gran cazador pelágico siguió su rumbo, tal vez para volver a internarse en el azul intenso del océano.

Era como si recién acabara de despertar de un profundo letargo, siendo para entonces la hora de cenar. A su paso, su pesada silueta generó ondas que removieron las aguas haciéndolas temblar. Pronto encontraría alguna pesada y desprevenida presa digna de acaparar su atención.

Finalizado tamaño susto, pudieron sacar tranquilos los retraídos tentáculos de su cobija protectora, que en realidad no ofrecía mucha resistencia ante la ferocidad y poder de semejantes mandíbulas, acostumbradas a roer cráneos y huesos. A Fauceferoz o cualquier otro siniestro predador no le tomaría mucho esfuerzo reducir sus espirales y atractivas casacas a papilla.

Aguas más iluminadas y menos profundas aparecieron en lo adelante. Eran los bancos bajos de Hidronia, muy cerca ya de “más allá del mar”. Las crónicas no son muy precisas y solo pueden ofrecer una vaga descripción acerca de este misterioso mundo, que no viene muy a tono, dado que Sepi y sus amigos por razones obvias nunca se adentrarían en estos perdidos confines...

*...tierras dispersas (islas), sobre el mar construyen el mundo de arriba. Los fondos secos y arenosos trasgreden los límites donde terminan las aguas y se extienden hasta el horizonte, en los que se alzan esbeltos seres de aspecto extraño (árboles). Se mantienen siempre quietos, sobre el mismo lugar, sin moverse ni un palmo siquiera, solo su verde pelambre es mecido por una especie de corriente (brisa) que también acaricia la cabellera del mar (olas). Nadie bajo las aguas sabe que son. Lo cierto es que estos fondos secos están cubiertos por ellos. Hay tantos que crean una alfombra o velo, algo semejante a lo visto en Algasaltas, aunque mayores (bosques), suspendido por rígidos tallos, algunos bien gruesos, rugosos y ramificados.*

*Está aquel que desanda el mundo de arriba, no menos extravagante. Algunos son tan enormes que compiten en tamaño con aquellos otros muy quietos y se alimentan de estos arrebatándoles su tupida melena. Entre ellos está al que llaman “Pataspesadas” (camarasaurio), cuyo cuello y cola son tan gruesos como los tallos de los seres inmóviles. Este coloso parece estar muy a gusto devorando la alfombra verde que los cubre. Más arriba, se abre el Gran Vacío Infinito (cielo), ciertas criaturas “nadan” de extrañas maneras. Poseen unas membranas, unas raras aletas que les permiten pasar raudos como lo hacen todos bajolas aguas. Se ignora porque les llaman “cubre cielos” (pterosaurios) aunque de vez en cuando se aproximan a las aguas para cazar y sorprender a no pocos distraídos pececillos.*

*Hacia el límite distante de las aguas, donde la vista se desvanece, emergen terrenos en forma de embudos (volcanes), cuyas cimas con frecuencia se hayan coronadas por extrañas y*

*gigantescas motas (nubes), de color gris oscuro sucio, como si salieran de ellas, elevándose hacia el Gran Vacío Infinito. A veces, un misterioso estruendo acompaña estas cumbres humeantes...*

La presencia de los cefalópodos no pasó inadvertida. Una jauría de Gyro les había estado siguiendo desde la distancia. En tanto un grupillo de lepis acaparaba la atención de Sepi y los sifonitas.

Los crujiconchas esperaron a que los ammonites estuvieran satisfechos y rechonchos, pues así rellenitos eran más apetitosos. Los sifonitas tras atrapar varios lepis, se recogieron para echar una merecida siestecita, pues en verdad ya comenzaban a sentir el peso del viaje en sus tentáculos y caparazones, descuidando la vigilia. Al notar esto, los rapaces peces, se lanzaron a atacar.

Súbitamente se acercaron nadando muy despacio. El final para nuestros infortunados amigos parecía inminente, el cansancio terminó por hacerlos ceder de su vigilia hasta entonces perenne. Parecía que el sosiego duraría bien poco. Muy cerca estaban ya de sorprender a los extenuados sifonitas, que para nada imaginaban semejante y silenciosa arremetida.

Entonces, ocurrió algo imprevisto que los atacantes jamás vieron venir dado que toda su atención se concentraba en los pequeños cefalópodos que continuaban en su descanso. De repente, cierta sombra salda quien sabe de dónde, oscureció el fondo para caer como un bólido sobre los peces. Todo sucedió muy rápido. Una gran hilera de dientes se abrió ante ellos y estos desaparecieron. Las ondas generadas en el agua despertaron inmediatamente a los soñolientos moluscos, no muy lejos de allí, preguntándose que podría estar pasando.

Cuando, finalmente pudieron fijar la vista para descubrir al sigiloso vigilante y causante de tamaño revolico, menuda sorpresa se llevaron en la distancia al reconocer a Vientrevoraz (*plesiosaurio*), un sauriosombra de emboscadas, hábil y funesto, un pariente de Fauceferoz, aunque menor que éste por mucho. Con su largo cuello, dientes como navajas y cuerpo aerodinámico, este fiero cazador prefiere los fondos más claros e iluminados, a diferencia de su primo mayor que pervive en la penumbra del mar, donde las aguas son más oscuras y frías. Sin proponérselo, el nuevo surcasaurio había salvado de una muerte inmediata a los sifonitas, quienes hubieran perecido bajo los fuertes picos de los Gyro. Estos últimos terminaron en la panza de Vientrevoraz, que no satisfecho aún, continuó deambulando por algún tiempo tras los peces que lograron escapar de sus temidas fauces.

Por supuesto, este no sería sino uno de los muchos episodios en los que Sepi y sus amigos se verían involucrados, y de los que afortunada y curiosamente lograron salir ilesos.

Así fue como arribaron al Mar Marginal, donde un nuevo comienzo les esperaba, a fin de cuentas, los lepis eran más abundantes y los fondos más acogedores.

De vez en vez, Sepi recordaba los sobrios reflujos (consejos) de Valvavieja, cuya longeva vida terminaron por hacerlo más sabio y sus relatos llevados por las corrientes hasta los confines de los mares.

Beli, la Conoconchas, decidió mudarse con sus nuevos amigos, pues al parecer ya era hora de un

necesario cambio de ambiente. Por su parte, el Testatorpe de Sifo y la Conchacruda Quilla, aprendieron a mecerse en las nuevas corrientes.

En cuanto a Sepi, muy cierto es que tuvo muchas aventuras hasta que...agotado por los errabundeos y viajes temerarios, con la concha ya roída y desgastada, sin mucha movilidad en sus otrora animosos tentáculos, y apenas fuerzas para propulsarse, buscó un sosegado sitio donde finalmente descansar. Sus ánimos no habían menguado, pero su cuerpo sí y ya no le respondía como antes para emprender una nueva aventura. Aun así, le quedaba la satisfacción de haber visto una vez más el canalizo y los blancos bajos de Someria, su último gran viaje, donde todo comenzó. Para entonces, allí ya una nueva generación de sifonitas con muchos bríos comenzaba a propulsarse y eso, lejos de involutas y apesadumbradas cavilaciones, le llenó de alegría, el relevo de la horda en espiral no moriría, al menos por buen tiempo.

Junto al cuerpo ya sin vida de un inofensivo pez dotu, logró acurrucarse en paz, para decididamente, tomar un último aliento antes de caer en el Gran Sueño Eterno.

FIN

## Epílogo

**Diciembre de 1999, Hoyos de San Antonio, Viñales, Sierra de los Órganos, provincia Pinar del Río**

Tres exploradores del grupo espeleológico "Guaniguanico" de Pinar del Río, en la región más occidental de Cuba, equipados con sus piquetas e ilusiones, se encuentran en el interior de un tupido trillo de las cuchillas de San Antonio, en el fondo de un valle cársico. Este apartado paraje de la geografía de la Sierra de los Órganos, se había convertido desde hace tiempo en un reconocido yacimiento fosilífero, siendo por tanto visitado con frecuencia por sedientos "cazadores de fósiles". Uno de aquellos tres exploradores, Hilario, curiosamente el más longevo, está sentado al borde del sendero que se abre paso en la serranía. Su mirada está buscando algo entre las rocas que afloran en el lugar. No son simples rocas, sino unas particularmente interesantes. Se trata de lutitas negras, calcáreas, de aspecto ovoide, bien compactas y macizas, conocidas popularmente como "quesos" o "jicoteas" por los campesinos viñaleros. De repente, algocapta la atención del curtido caminante de montes, que le hace escudriñar más entre aquellas concreciones pétreas, semiocultas entre la maleza. Los otros dos exploradores a su lado le apremian:

- ¡Hilario! ¿qué viste, qué encontraste? -preguntó uno de ellos-

- Creo que hallé un gran queso enterrado en el suelo ¿lo ven?, alcánzame la piqueta, hay que desenterrarlo, puede que contenga lo que estamos buscando, -sentenció Hilario-

- Pero es demasiado grande y pesado, mejor partir éstos otros mucho más pequeños -exclamó Nivaldo, el flaco-

- Ésas, la mayoría están vacíos, no contienen nada adentro. En cambio, éstas tienen una comisura en el borde, ¿la ven?, que hace qué, al golpear en seco sobre ella, la misma abra en dos tapas, dejando ver su interior -respondió Hilario seguro-

- ¡Nivaldo, ayúdame! -requirió el más joven de todos- ¡coje tú por este lado, agarra el "queso" bien, para sacarlo, solo falta quitar un poco de tierra y...

- ¡Voy a sacarlo, cuidado con las manos! -ufff ya está- dijo Hilario con determinación férrea. Ahora, sostenlo así para partirlo, ¡1...2...3, caray!

- ¡Oye, hay un pez enorme aquí y...miren también un ammonites casi completo, que suerte! -exclamó el más joven de los tres-

- Bueno...dame acá la piqueta para rebajar los bordes de esta concreción y llevárnoslo, es pesado sí, pero aún más frustrante es dejarlo aquí -requirió Hilario-

- Lo mejor será llevarlo a la Escuela de Espeleología de El Moncada (área de Viñales), allí lo guardaremos-sentenció Nivaldo-

- ¡Está bien! Creo que es lo mejor y después que un experto lo examine, lo más importante es descifrar como llegaron ambos hasta aquí. Muchos millones de años han llovido desde que estos amigos dejaron de moverse para caer finalmente en su gran sueño eterno -sentenció el más joven-



**M.Sc. Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983).

Ingeniero Geólogo. Es egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Departamento de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Posee 12 años de experiencia profesional, de ellos 10 como docente en la enseñanza de la ciencia geológica.

Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas.

Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río, donde reside.

En 2018 culminó sus estudios de Maestría en Geología. Su línea de trabajo se encuentra centrada en el área de la geodinámica. Actualmente se encuentra trabajando en su proyecto de doctorado.

Además de su labor como docente, le apasiona dibujar y escribir, combinando éstos hobbies con su profesión.

A inicios de 2021 crea el proyecto personal "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor gráfico y la reflexión. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), Tierra y Tecnología (España) y la Revista Maya de Geociencias (México) y el Igepitosaurio (Cuba). Posee un blog personal o página oficial donde comparte éstos contenidos.

Desde finales del propio 2021 es miembro de la red de geoducadores de LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable y promotor del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe".

Ha participado en eventos internacionales de su país como ponente, fundamentalmente en las convenciones cubanas de geociencias, así como en programas radiales y televisivos para la promoción de la ciencia geológica y ramas afines. A su vez, ha colaborado como jurado invitado en ediciones de concursos de dibujo infantil para la promoción de las geociencias en edades tempranas, en eventos de México y Perú.

Posee varios geopoemas y geocuentos ilustrados dedicados a la geología, algunos publicados y otros inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación, siempre con un enfoque didáctico y educativo.



**Fernando Karel Fonseca Chirino**

Manzanillo, Granma, Cuba

Ilustrador digital autodidacta con una carrera en ascenso

Se autodefine como alguien que disfruta lo que hace. Fernando se considera a sí mismo creativo, versátil y serio con el trabajo. Sin importar el cliente, aboga por el trato profesional y mantiene comunicación directa y permanente con el empleador para obtener un mejor resultado. Puede realizar cualquier encargo según sus habilidades se lo permitan. Estudia y practica a la par que se mantiene trabajando y mejorando su arte.

Entre sus objetivos futuros se encuentran cursar estudios universitarios y terminar su preparación como diseñador gráfico profesional en España.

Pese a su corta edad y trayectoria como ilustrador digital, también se desarrolla como freelancer. Ha colaborado con su trabajo para diversos objetivos: portada de libros, álbumes de música, tatuajes, fan art, ect. Además, posee experiencia trabajando como diseñador de logos y arte conceptual para el desarrollo de videojuegos junto a otros artistas gráficos, freelancer, grupos musicales y pequeñas empresas.

Actualmente colabora como ilustrador para una agencia de diseño cubana: Obsidian Edge.

**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/>

**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/>



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

**Universidad Tecnológica  
del Cibao Oriental,  
República Dominicana**

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





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