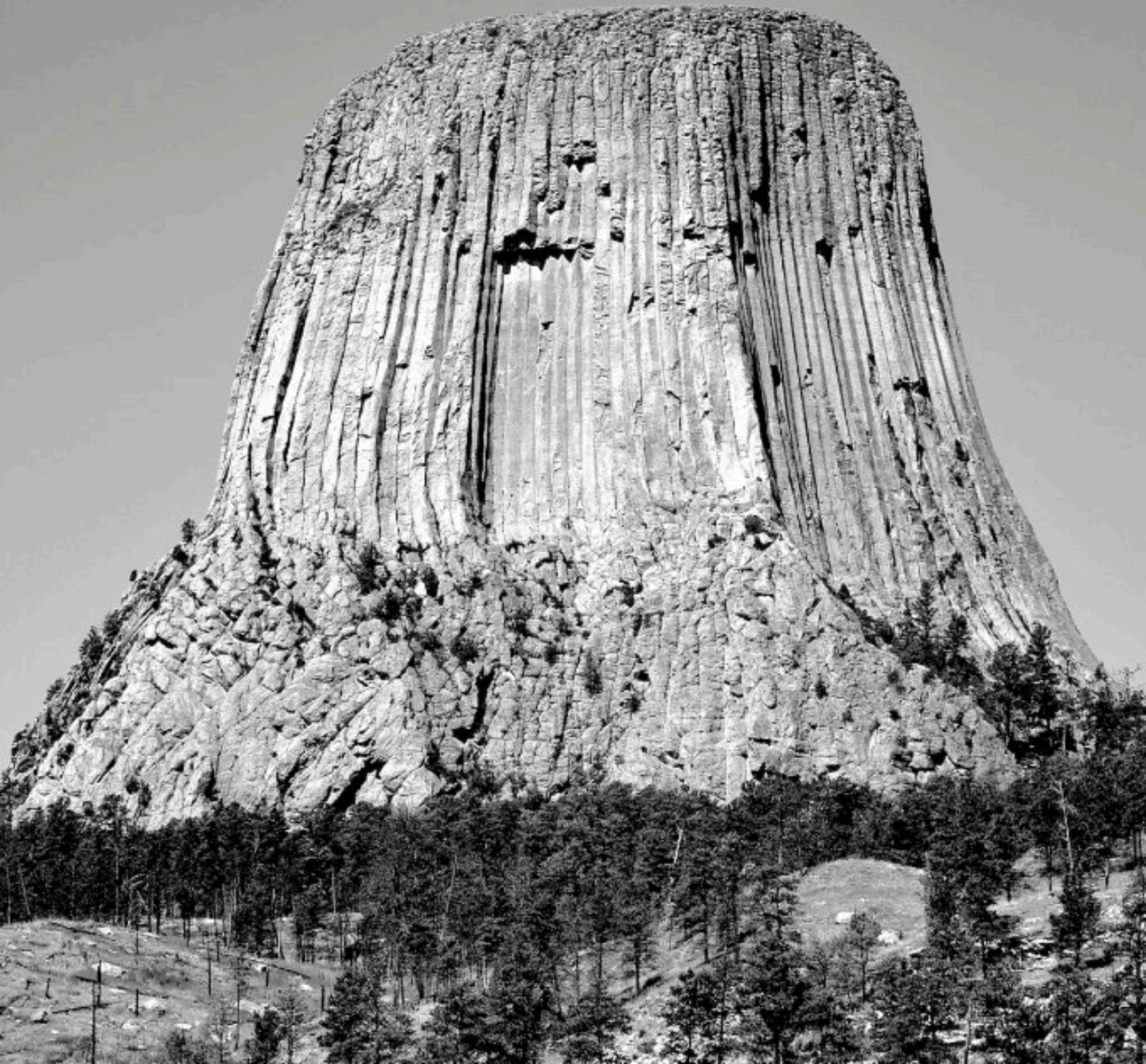


**MAYO
2025**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



MAYO
2025



MAYAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor 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: Devils Tower, Wyoming State, USA. Geology details (<https://www.usgs.gov/publications/geology-devils-tower-national-monument-wyoming>). Photo by **Claudio Bartolini**.

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 difusión y 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



Bernardo García-Amador obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra por la UNAM en 2024. Su geo-pasión es entender la evolución tectónica de Centroamérica, así como del sur y este de México antes, durante y posterior a la fragmentación de Pangea. Además imparte el curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería

de la UNAM. 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



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



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 was 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

COLABORADORES



Ing. Humberto Álvarez Sánchez. Más de 5 décadas dedicadas a la geología de Cuba occidental y central. Cartógrafo en los macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central y editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II. Autor/coautor de 23 unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico. Es el descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de Operaciones de Geotec, S.A.; dirigió exploraciones de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá y Perú para Juniors canadienses. Country Manager de Big Pony Gold de Utah y Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró prospectos de oro en el basamento cristalino de Uruguay y en los Estados de Santa Catarina y Mato



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



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

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

Grosso del Norte. El Ministro de Comercio e Industrias lo nombró Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá. El Banco Interamericano de Desarrollo le encargó de redactar el Proyecto de Geología y Minería y parte de su Misión Especial para su entrega al Gobierno panameño. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del BGS en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia edu, se encuentran 22 artículos suyos.

geodoxo@gmail.com

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

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

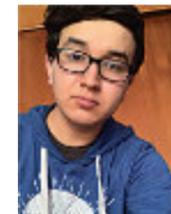
rodriguez.arteaga@gmail.com



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.

ensilvacruz@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



Rafael Tenreyro Pérez, se gradúa de ingeniero en geofísica de exploración de petróleo en 1974 en la Academia Estatal de Petróleo de Azerbaiyán, Master en Ciencias en Geología del Petróleo en la Universidad Politécnica CUJAE de la Habana en 1981 y Doctor en ciencias en Geofísica de Exploración la Universidad de Petróleo Gubkin de Moscú, Rusia, en 1987.

Tiene cuarenta y ocho años de experiencia en la Industria petrolera en Cuba y en otros países fundamentalmente en la especialidad de exploración de yacimientos de petróleo y gas. Durante este tiempo transitó desde ingeniero geofísico de adquisición hasta

Jefe de Exploración de la empresa petrolera nacional de Cuba - Cupet, cargo que ocupó por 16 años hasta su retiro en 2016. Investigador científico también recorre desde Aspirante a Investigador a Investigador Titular. Fue Jefe técnico del programa de exploración en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México. Director Técnico del Comisión para la Plataforma Extendida de Cuba. Tiene más de doscientas publicaciones que incluyen artículos científicos, presentaciones en eventos, conferencias, mapas, monografías y libros de texto. Premio de Geología Antonio Calvache Dorado de la Sociedad Cubana de Geología en 1992. En estos momentos trabaja en la empresa australiana Melbana Energy Limited.

tenreyro2015@gmail.com



Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

Profesionista inclinada a la Geología aplicada a obras de ingeniería civil y a riesgos geológicos desencadenados por fenómenos antrópicos y naturales. Experiencia en

levantamientos geológico-estructurales, logeo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

gleon.laura@gmail.com



Rodolfo Rafael Avalos Alejandre Es ingeniero geólogo por la Facultad de Ingeniería (2022), actualmente estudiante de la maestría en ciencias de la Tierra por el Instituto de Geociencias. Realizó su estancia profesional en la unidad minera Fresnillo (2019), yacimiento correspondiente con su trabajo de tesis. Su principal interés es el entender procesos geológicos de escala regional enfocados en la exploración de yacimientos minerales a partir

de análisis de Mineralogía Avanzada, estudiando variaciones en especies minerales, texturas, asociaciones, grados de cristalinidad, emulsiones por exsolución y elementos menores en solución sólida. Es divulgador científico centrado en la astronomía, historia de la ciencia y cultura desde 2015 en la plataforma Astro Camp MX, montañista entusiasta desde 2021 y fotógrafo de paisaje desde 2021.

r.avalos@astrocamp.mx



Dr. Alejandro Carrillo-Chávez. Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inició su trabajo en el Instituto Mexicano del Petroleo y después inició vida académica en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En 1998 ingresó al a Unidad Investigación en Ciencias de la Tierra (UNICIT) UNAM, Campus Juriquilla (actual Centro de Geociencias). Su trabajo inicial fue sobre petrografía ígnea y metamórfica. En academia inició dando clases de petrología ígnea y metamórfica.

Actualmente es Tutor del Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM. Su maestría fue sobre yacimientos minerales metálicos y su doctorado sobre geoquímica ambiental. Actualmente sus líneas de investigación son: Metales Pesados en Medio Ambiente, Hidrogeoquímica, Geoquímica Isotópica de Metales Pesados e Hidrogeoquímica de Salmueras Petroleras. A la fecha es responsable de un Proyecto UNAM y CONAHcyT sobre Concentraciones de metales e isotopía estable de Zn y Hg en agua de lluvia, nieve y núcleos de hielo en glaciares mexicanos. ambiente@geociencias.unam.mx



La **Dra. Norma E. Olvera Fuentes**, estudió la carrera de Física en la Facultad de Ciencias, su Maestría en el Instituto de Física y su Doctorado en Ciencias de la Tierra, en el ICAYCC, UNAM. Sus líneas de investigación tanto en licenciatura como en maestría versaron sobre el problema cuántico de difracción espacio-temporal de Moshinsky para diversas geometrías.

Bajo la dirección del Dr. Carlos Gay, su investigación doctoral analizó por medio del uso de mapas cognitivos difusos los posibles impactos que el cambio climático puede tener sobre la vulnerabilidad hídrica de la ZMVM. Su tesis doctoral fue galardonada con el Primer Lugar del Primer Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC-UNAM, 2023.

Con casi 20 años de labor docente, ha impartido clases en la Facultad de Ciencias y en la Facultad

de Ingeniería de la UNAM, así como en la División de Ingeniería del Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe. Institución que le otorgó la Presea por Excelencia Académica como profesora de Cátedra. Como escritora tiene publicados tres libros como única autora y 5 como coautora. El número de Impluvium Gestión Integral de Sequías, en el que el Dr. Gay y la Dra. Olvera son coautores de artículo, es referencia de consulta que el CENAPRED presento para su curso "Sequías: un reto en la reducción del riesgo", marzo del 2024.

Actualmente la Dra. Olvera es Investigadora Posdoctoral del Instituto de Ingeniería de la UNAM, miembro del Sistema Nacional de Investigadores e invitada como líder de opinión del periódico Excelsior.

norma.olvera@atmosfera.unam.mx

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

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

Estimados colegas,

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

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



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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

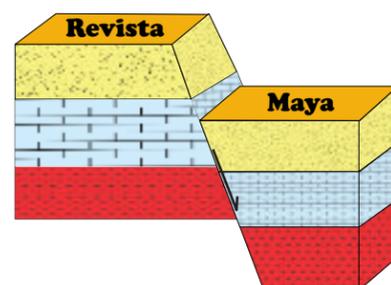


Consortios de Investigación

En varias universidades de Estados Unidos se han establecido numerosos consorcios para atender la demanda de especialidades geológicas de la industria del petróleo. Esto ha permitido que los grupos de investigación y académicos en dichas universidades, perciban ingresos económicos que utilizan para el desarrollo de proyectos de investigación, y la financiación de equipos y materiales.

A continuación listamos algunos de esos consorcios, para que tengamos una noción de cómo se se organizan sus capacidades en relación con la industria petrolera.

- Consortio Interdisciplinario de Carbonatos de Kansas: <https://carbonates.ku.edu/>
- Consortio de Cuencas Conjugadas, Tectónica, e Hidrocarburos: <http://cbth.uh.edu/>
- Programa de Bases de Datos de Análogos Sedimentarios: <https://geology.mines.edu/research/sand/>
- Consortio para Modelado Electromagnético e Inversión: <http://www.cemi.utah.edu/>
- Consortio de Investigación de Interacción Sal-Sedimento: <https://www.utep.edu/science/its/>
- Consortio de Laboratorio de Geodinámica Aplicada: <https://www.beg.utexas.edu/agl>
- Proyecto de Síntesis Depositional: Golfo de México: <https://ig.utexas.edu/energy/gbds/>
- Consortio de Investigación de Fracturas y su Aplicación: <https://www.beg.utexas.edu/frac>
- Consortio para la Energía Avanzada: <https://www.beg.utexas.edu/aec>
- Laboratorio de Sedimentología Cuantitativa: <http://www.qsc.uh.edu/>
- Consortio: Análisis Tectónico: <https://www.tectonicanalysis.com/#top-bar>
- Investigación por Hidrocarburos (EGI): <https://egi.utah.edu/research/hydrocarbon/>
- Procesado Sísmico e Interpretación Atributos: <http://mcee.ou.edu/aaspi/>
- Registros de Pozo: https://www.spwla.org/SPWLA/Technical/Software/WELL_LOGGING_LABORATORY.aspx



PARA TODOS AQUELLOS QUE TIENEN QUE ESCRIBIR TESIS, DISERTACIONES, REPORTES TÉCNICOS, Y PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, LA SIGUIENTE LISTA DE APLICACIONES “OPEN SOURCE” FUERON IDENTIFICADAS POR:

DR. JORDI TRITLLA CAMBRA

Para imágenes:

XNVIEW: <https://www.xnview.com/en/>

Irfanview: <https://www.irfanview.com/>

Darktable: www.darktable.org

Para Petrología Ignea:

GeoChemical Data toolkit: (GCDkit): <http://www.gcdkit.org/>

Para imágenes científicas:

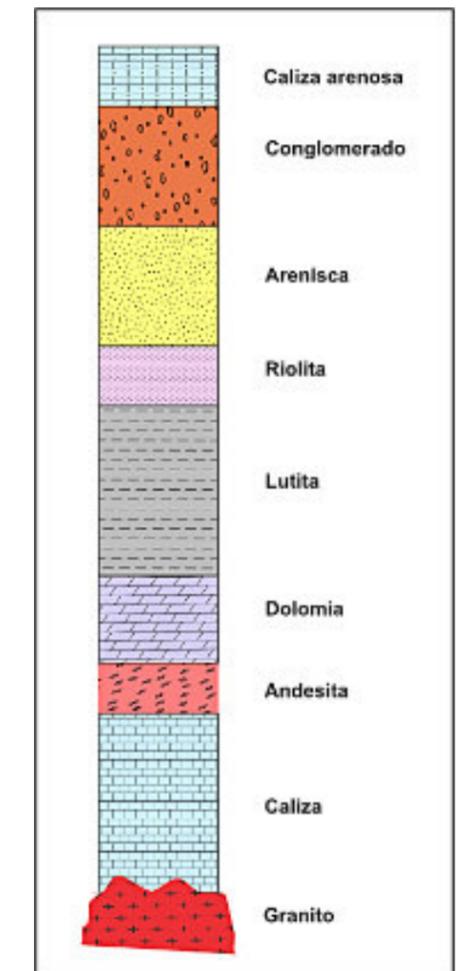
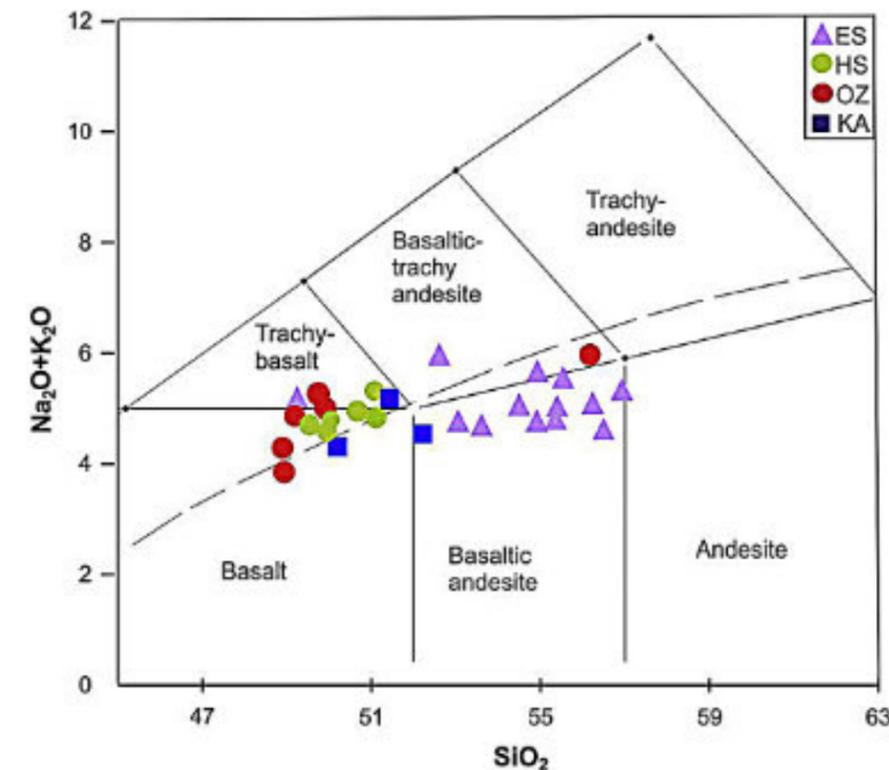
Fiji: <https://imagej.net/software/fiji/>

Para Gráficos científicos:

Veusz: <https://veusz.github.io/>

Inkscape: <https://inkscape.org/>

EJEMPLOS DE ILUSTRACIONES



CONTENIDO

MAYO
2025

Semblanzas.....	11
Miscelanea de imágenes.....	26
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	31
Los libros recomendados.....	46
Temas de interés.....	50
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	80
Notas geológicas.....	87
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	150
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	151
Venezuelan American Petroleum Association.....	152
Descubren nueva especie de dinosaurio–China.....	153
NASA–JPL gravity sensor.....	154
Core sample from earth;s Mantle–IODP.....	155
1er Congreso Latinoamericano de Recursos hídricos.....	156
Publicacion no periodica de la SGE.....	157
A free web application – geological concepts.....	158
Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.....	159
Excursión geológica virtual – México.....	160
Caverna del Arte.....	162
Geo–caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	169
La casa del núcleo de la tierra.....	170
The Manpupuner rock formations–Rusia.....	171
Asociaciones geológicas hermanas.....	172

SEMBLANZAS

Juan H. Ríos Fernández

HOMENAJE A JUAN HUMBERTO RIOS FERNANDEZ

José Antonio Rodríguez Arteaga

rodriguez.arteaga@gmail.com

y

Marianto Castro Mora

notasgeologiavenezuela@gmail.com

Los autores desean rendir homenaje a quien por muchos años nos ha brindado su “*don de gentes*” como un ente de conexión entre colegas, haciendo con ello parte de su actividad profesional y adicionando a su cotidianidad la actividad gremial a través de la Sociedad Venezolana de Geólogos.

Juan Humberto nace en Valencia, estado Carabobo el 17 de septiembre de 1935, hijo de Juan Ramon Ríos, chofer y de Carmen Adela Fernández de Ríos, ama de casa. Del seno de los Ríos Fernández ocupará una posición intermedia, el segundo de tres hermanos: Gladys Josefina, la mayor, Juan Humberto, el segundo y Carmen Beatriz, la más pequeña.

ESTUDIOS

De Sus estudios básicos y secundarios

Sus estudios de primaria los realizó en la Escuela Padre Alexandre y los secundarios en el Liceo Pedro Gual, en Valencia

De su grado universitario

Desde pequeño mantuvo mucho contacto con la naturaleza; iba mucho al campo en las cercanías de Valencia, su patria chica. Comenzó sus estudios en Ingeniería Civil en la Universidad Central de Venezuela, en unos tiempos donde las carreras tradicionales eran en ingeniería, medicina y derecho, no se conocía mucho sobre los estudios geológicos.

A través de amigos y conocidos se enteró de todas las áreas que cubría la geología y decidió un cambio radical a la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de donde se graduó.



Juan H. como muchos le llamamos, se gradúa de geólogo en la XV Promoción de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la Universidad Central de Venezuela, estando integrada su promoción por los graduandos: Eduardo Castillo, Andrés Delgadillo, Jorge Delgado, Alfredo González, Luis González, Pedro Jam, Carlos Kaehler, Gregorio Lunar Márquez, Gerardo Muñoz Jiménez, Epifanio Rondón y Dimas Villalta. Obtendrá su título de geólogo con una tesis de grado denominada “*Geología de la región de quebrada San Pablo, El Tocuyo, estado Lara*”. La misma se realizó durante el curso de la asignatura Geología de Campo III, materia correspondiente al pensum de geología, año lectivo (1959-1960) entre las poblaciones de El Tocuyo y Humocaró Bajo, ambas en el estado Lara. Gozó de la tutoría académica del Dr. Otto Renz. Siendo los resultados que recoge dicho trabajo pertenecientes a la región de Quebrada San Pablo, situada al oeste de El Tocuyo.

La zona de estudio abarcó un área aproximada de 30 km² y representa parte del flanco este del gran Anticlinorio de La Peña, cuyo eje pasa por la población de Humocaró Bajo y tiene un rumbo NE-SO.

El trabajo en el campo se basó en la medida de secciones geológicas utilizando brújula y cinta métrica, con el objeto de obtener mayores detalles geológicos.

Aflorando rocas sedimentarias pertenecientes a las formaciones Peñas Altas, La Puya, La Luna, Cazadero, Colón y Morán. Cazadero y Morán, eran nombres nuevos en la nomenclatura geológica venezolana que habían sido propuestos por Erimar von der Osten y Dionisio Zozaya en 1957.

Caracteriza a la zona la presencia de rocas de edad Cretáceo (Formación Cazadero) suprayacentes a los sedimentos del Terciario (Formación Morán). Este hecho fue interpretado como un corrimiento. Determinándose la existencia de dos discordancias, una entre el Cretáceo Andino y la Formación Morán y el otro entre las formaciones Cazadero y Morán.

Los análisis de las muestras dieron resultados paleontológicos bastante pobres, sin embargo, permitieron diferenciar con bastante precisión la edad de los sedimentos terciarios pertenecientes a la Formación Morán.

Juan Humberto no se conformó con los estudios de pregrado, sino que realizó entre 1963 y 1965 estudios de postgrado entre los años 1963 y 1965 obteniendo un Magister Scientiarum en el *Franklyn and Marshall College, Lancaster, Pensilvania*, EE.UU.

CARRERA PROFESIONAL

En forma amplia, Juan Humberto laboró en los siguientes entes y cargos en orden cronológico:

1960-1962- Geólogo I (División de Geología Regional Mérida). Ministerio de Minas e Hidrocarburos).

1962-1963- Geólogo I (zona oriental, División de Geología Regional, Ministerio de Minas e Hidrocarburos).

1966-1969 - Geólogo de Campo (Geólogo II), Jefe de campamento en Caicara, distrito. Cedeño, estado Bolívar y adjunto al Jefe de la zona Oriental.

1969-1977 - Geólogo Jefe de la Zona Oriental (Geólogo III y Geólogo Jefe I), Ciudad Bolívar, División de Exploraciones Ministerio de Minas e Hidrocarburos, MMH. Geólogo Jefe I y Geólogo Jefe II en 1977 y en calidad de encargado (e).

1978 Jefe de la División de Exploraciones Dirección de Geología-Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas.

1969-1978 - Director de la Empresa PROMINSUR S.A.

1978-1985- Geólogo consultor para la Empresa GEOCONSULTA, C.A. Gerente General de la Empresa GEOVENEX, C.A.

1985-1987. Geólogo Jefe II, asesor de la Dirección de Geología del MEM. Geólogo Coordinador y Supervisor de los trabajos de campo y oficina que realizó el Ministerio de Energía y Minas. MEM, por intermedio del Servicio Geológico Minero (SERVIGEOMIN) para las empresas

Corpoven y Maraven, filiales de Petróleos de Venezuela, PDVSA en los estados Falcón, Táchira y Trujillo.



Fotografía de sus primeros años como profesional en el Ministerio de Minas e Hidrocarburos

PUBLICACIONES

El listado muestra en orden cronológico algunos de los trabajos publicados por Juan H. Ríos. Es importante resaltar que gran parte de su acervo bibliográfico, son esencialmente reportes inéditos de difícil acceso:

MARTIN DE BELLIZZIA, C.; RAMIREZ, C.; MENENDEZ, A.; RÍOS, J. H.; BENAÏM, N. 1968. Reseña geológica y descripción de las muestras de rocas venezolanas sometidas a análisis de edades radiométricas. Dirección de Geología, Boletín de Geología, Volumen 10, Número 19, pp. 339 – 355.

RÍOS, J. H. 1972. Geología de la región de Caicara, Estado Bolívar. IV Congreso Geológico Venezolano, Memoria, Volumen 3, Caracas, Venezuela.

RÍOS, J. H. 1972. Geología de la región de Caicara, Estado Bolívar. Boletín de Geología Publicación Especial Volumen 5 pp.1759-1782.

RÍOS, J. H. 1974. Geología de la región Upata-El Palmar-Villa Lola, Edo. Bolívar. Boletín de Geología Publicación Especial N° 6; Memoria de la Novena Conferencia Geológica Inter-Guayanas p. 354-371.

BENAÏM, N.; RÍOS, J. H. 1975. Excursión Número 7, Ciudad Guayana - El Pao – Upata – Guasipati -Tumeremo - Santa Elena de Uairén – Canaima. Boletín de Geología, Publicación Especial Número 7, Segundo Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo 1, pp. 389-423.

MARTÍN C.; ASCANIO, G.; CANDIALES, L.; RÍOS, J. y LUCHSINGER, S. 1975. Excursión geológica N° 6: Puerto Ordaz - Vergareña. Memoria II Congreso Latinoamericano de Geología. Boletín de Geología. Publicación Especial 7(I): 371-388 Caracas-Venezuela.

MENDOZA, V.; RÍOS, J. H.; MORENO, L.; BENAÏM, N.; TEPEDINO, V. 1975. Evolución geoquímica de rocas graníticas de la Guayana Venezolana. X Congreso Geológico Inter-Guianas, Belem do Para, Brasil, Memoria, pp. 558-575.

RÍOS, J. H.; BENAÏM, N. 1977. Guía de la excursión Maiquetía-Ciudad Guayana-El Pao-Upata-Guasipati-Tumeremo-Santa Elena de Uairén-Canaima-Maiquetía. V Congreso Geológico Venezolano, Memorias, Tomo V, 1977, pp. 77-124.

LEXICO ESTRATIGRAFICO DE VENEZUELA

Juan Humberto Ríos tuvo una distinguida y destacada participación en la descripción y revisión de unidades estratigráficas en los Léxicos Estratigráficos de Venezuela de los años 1970, 1997 y la edición digital revisada de agosto del año 2021.

- **Formación Caicara del Precámbrico del estado Bolívar.** Juan Humberto Ríos en el año 1969 introdujo por primera vez el término para designar a una secuencia de rocas extrusivas ácidas que afloran en la región nor-occidental del estado Bolívar, la cual incluyó en el Grupo Cuchivero de Mccandless (1965), quien había descrito la misma secuencia sin proponer ninguna designación propia para la misma. Determinó la localidad tipo en las colinas a ambos lados del camino Santa Inés-Morichal Negro, poblados situados al sur de Caicara del Orinoco, estado Bolívar. Allí describió un conjunto de rocas volcánicas predominantemente ácidas, tales como riolitas y riolitas porfídicas y porfiríticas con matriz de grano fino a medio, seguidas en orden de abundancias por riolitas y dacitas porfídicas. Se observó, además, intercalaciones de rocas muy finas, afaníticas, muy ricas en cuarzo que probablemente representan tobas cristalinas silicificadas (ignimbritas).

- **Anfibolita de Carichapo, término informal del Precámbrico del estado Bolívar.** unidad constituida de anfibolitas considerada como equivalente lateral del Grupo Carichapo, en aquellas localidades donde sea evidente que el grupo ha sufrido un metamorfismo superior al de los esquistos verdes y que, en consecuencia, sus unidades constitutivas hayan perdido tanto su identidad litológica original como el sentido de superposición. Esto sucede, particularmente, en las proximidades de los plutones graníticos del Complejo de Supamo con el cual está en contacto intrusivo concordante. Se considera que el uso de un término litodémico en estos casos, es más apropiado que el litoestratigráfico de Formación Carichapo aplicado por Ríos (1972) y Espejo (1972) en la región de Upata y El Manteco-Guri, respectivamente. La unidad ha sido

correlacionada por Kalliokoski (1965a) con la Formación El Torno y con la Anfibolita de Río Claro

- **Grupo Carichapo del Precámbrico del estado Bolívar.** El término Formación Carichapo fue propuesto formalmente por Kalliokoski (1965-a) para designar una unidad compuesta esencialmente de anfibolita de grano fino derivada de rocas volcánicas básicas intercaladas con cantidades menores de metajaspes, expuesta desde el norte de La Paragua al oeste hasta los alrededores de Santa María, Miamo y Tumeremo al este. Ríos (1972) y Espejo (1972) la describen en la región de Upata y El Manteco-Guri, respectivamente, donde se encuentra constituida esencialmente de anfibolitas. Ríos en 1972, la describe al norte (falla de Guri), hasta las estribaciones septentrionales de la serranía de Lema al sur (Benaim, 1972a).

- **Cuchivero, Asociación Ígnea de, Serie Ígnea de, Conjunto Ígneo de Cuchivero del Precámbrico del estado Bolívar.** Mccandless (1965) publica originalmente el término "Serie Ígnea de Cuchivero" para designar rocas ígneas ácidas expuestas en la región noroccidental del estado Bolívar, rocas intrusivas ácidas y a la Formación Cinaruco. Posteriormente el mismo autor (1966) emplea el nombre "Conjunto Ígneo de Cuchivero" para referirse a la misma unidad. Ni conjunto ni serie se consideran términos estratigráficos válidos aplicables a la unidad propuesta de acuerdo al CNNE. Ríos (1972) propone reemplazar este nombre por el de Asociación Ígnea de Cuchivero, un término que tampoco se considera válido, según el mismo código, ya que de esa manera intenta incluir dos unidades litodémicas (Granito de Guaniamito y Granito de Santa Rosalía) y una litoestratigráfica (Formación Caicara) en una sola superunidad, para lo cual debería usarse el nombre de complejo, si así se cree necesario. Actualmente se emplea informalmente el término Grupo Cuchivero para referirse a algunas de las unidades litoestratigráficas anteriormente señaladas.

- **Granito de Guaniamito del Precámbrico del estado Bolívar.** Ríos (1969) propone este nombre para designar a un conjunto de rocas de composición granítica, con textura gnésica que afloran extensamente al oeste del río Cuchivero, en la parte noroccidental del estado Bolívar y lo incluye dentro de su Asociación Ígnea Cuchivero. Ríos (1969) menciona que el granito aflora extensamente en cerros, ríos y quebradas al oeste del río Cuchivero. Mendoza (1972) recomienda establecer como localidad tipo la parte superior de la quebrada La Magdalena, tributaria del río Guaniamito. Juan Humberto Ríos indica que aflora extensamente al oeste del río Cuchivero en los

cerros de El Tigre, Cacarrañao, Las Vainillas, El Chingo y en el río Guaniamo y Quebrada La Magdalena. La unidad está constituida por rocas de composición granítica, ricas en félsicos en gran parte con textura gnéica, de grano medio a grueso, holocristalinas, porfídicas; hacia las zonas de contacto con las rocas volcánicas muestran indicios de metasomatismo y de deformación mecánica. Hacia las zonas centrales de los afloramientos disminuye el carácter gnéico.

- Complejo de Imataca, Precámbrico del estado Bolívar.

Newhouse y Zuloaga (1929) describieron originalmente la "Serie Imataca" como una unidad de formación de hierro expuesta en la Serranía de Imataca. Zuloaga y Tello (1930) cambian posteriormente tal denominación por la de "Formación Imataca" Bucher (1952) considera las cuarcitas ferruginosas, o formaciones de hierro de Imataca, como un simple miembro del complejo metamórfico que se extiende desde El Pao hasta el Orinoco. MORRISON (1953) propone el nombre de "Grupo Imataca"; para incluir las unidades formacionales siguientes: cuarcitas ferruginosas, mármol dolomítico, esquistos hornabléndicos y paragneis. Posteriormente, Bellizzia y Martín Bellizzia (1956) redefinieron la "Serie Imataca"; para abarcar toda la secuencia de rocas metamórficas de alto grado que incluye las cuarcitas ferruginosas, secuencia que, más tarde, Short y Steenken (1962) denominaron Grupo Imataca. Chase (1965) introduce el término "Complejo de Imataca" y lo describe, en el cuadrilátero Adjuntas-Panamá, como "una secuencia estratigráfica de gneises intensamente metamorfizados con intercalaciones de granito. El término fue empleado posteriormente por Kalliokoski (1965 a,b), quien lo definió con precisión particularmente por su contenido característico de formaciones de hierro, y por de Ratmiroff (1965) y Dougan. Juan Humberto Ríos en el año 1974 señaló que el Complejo de Imataca puede correlacionarse con las granulitas y gneises del Grupo Kanuku en Guyana; con las granulitas del Río Falsino en Brasil; con el Grupo Adampada-Fallawatra y con las granulitas y rocas asociadas de las montañas Bakhuys en Surinam y con la Serie Isla de Cayena de la Guayana Francesa.

- Granito de Parguaza, Precámbrico del estado Bolívar y Amazonas.

Mccandless (1965) utiliza el nombre de Granito del Parguaza para referirse a la masa de granito biotítico homogéneo, con textura porfídica que aflora al sudoeste del río Suapure, estado Bolívar. Mendoza (1972) lo incluye en su Grupo Suapure. Diversos autores han usado indistintamente los términos del Parguaza o de El Parguaza para referirse a la unidad siguiendo al autor original. En el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1970) se

identifica como Granito de Parguaza, que es el término más apropiado porque refleja la ortografía toponímica correcta. RÍOS (1972) indica que probablemente correlaciona con el Granito de Guaniamito y con el Granito de La Paragua.

- Granito de Santa Rosalía, Precámbrico del estado Bolívar.

Este término es introducido por Juan Humberto Ríos en el año 1972 para designar a una unidad de rocas de composición granítica, expuestas extensamente al este y al oeste del río Cuchivero, Estado Bolívar, la cual incluyó en su Asociación Ígnea Cuchivero. Mendoza (1972) la describe en el área del río Suapure y la incluyó en el Grupo Cuchivero. RÍOS (*op. cit.*), menciona la existencia de afloramientos de este granito en los alrededores del poblado de Santa Rosalía, al este del río Cuchivero, de donde toma su nombre. Se trata de un granito biotítico, rosado a gris, de grano fino a grueso, con predominio de la fracción de grano medio a grueso, macizo fanerocrystalino, porfídico, que en zonas restringidas muestra débil foliación. Su composición mineralógica, bastante constante en todas las localidades donde se ha descrito, consiste de cuarzo (35%), biotita como principal componente máfico (5%) y cantidades menores de hornablenda, epidoto, clorita y opacos. Es hipidiomórfico granular, masiva a cataclástica. El cuarzo es anhedral y presenta extinción ondulada. El feldespato potásico ocurre en cristales subhedrales mayores a 1 cm, con buen desarrollo del enrejado microclínico. La plagioclasa varía de albita a oligoclasa, es anhédrica a subhédrica con inclusiones de sericita y epidoto. La biotita generalmente de color verde botella, se presenta en cristales euhedrales como hojuelas entre el feldespato. La hornablenda, de color verde, aparece en algunos casos alterada a biotita y clorita. El Granito de Santa Rosalía aflora extensamente en los valles de los ríos Cuchivero y Guaniamo y soporta las mayores elevaciones de la región.

Para la 3ª Edición del Léxico Estratigráfico de Venezuela y la Comisión Venezolana de Estratigrafía y Terminología (CVET), Juan Humberto Ríos formó parte de los grupos de trabajo de las comisiones del Escudo de Guayana junto con Nesin Benaim.

SOCIEDAD VENEZOLANA DE GEOLOGOS

La actuación de Juan H. como gremialista es encomiable. Destacó por su colaboración, dedicación y trabajo de equipo con las diferentes juntas directivas con las cuales laboró entre 1987 hasta el año 2000 como tesorero.

- 1987 – 1992 Junta Directiva encabezada por Aníbal R. Martínez.
- 1993 – 1996 Junta Directiva encabezada por María Antonieta Lorente.

- 1997 – 1998 Junta Directiva encabezada por Ovidio Suarez.
- 1999 – 2000 Junta Directiva encabezada por Jesús Soria.



Toma de posesión como Presidenta de la Sociedad Venezolana de Geólogos de la Dra. María Antonieta Lorente. El acto fue celebrado en el Hotel Tamanaco de Caracas el 15 de Abril de 1993. En la foto destacan de izquierda a derecha Roberto Arnstein, José Figuera, María Antonieta Lorente, Juan Humberto Ríos, Rosina Pittelli de Ochoa y Javier Azpiroz (+)

La tesorería de la Sociedad Venezolana de Geólogos fue llevada con detalle, esmero y mentalidad de tratar de mantener los fondos a resguardo, pero a la vez que no se depreciaran. Para ello se conservaba una parte en efectivo y otra parte era invertida en cédulas hipotecarias de aquellos tiempos que brindaban de manera segura mayores intereses que una cuenta de ahorro.



Toma de posesión como Presidente de la Sociedad Venezolana de Geólogos de Jesús Soria en 1999. En la foto de izquierda a derecha Juan Humberto Ríos, Juan Francisco Arminio, Xiomara Márquez, Jesús Soria, Marianto Castro Mora, Freddy D'Elia.

Adicionalmente, parte de los recursos fueron destinados a adquirir acciones de la ya desaparecida Electricidad de Caracas, que para aquel entonces pagaban altos dividendos. Los reportes y movimientos financieros eran publicados en los Boletines de la Sociedad Venezolana de Geólogos. El 1º de junio de 1994, durante la Presidencia de María Antonieta Lorente y siendo Juan Humberto el tesorero de la Sociedad Venezolana de Geólogos se adquirió una casa en propiedad para que fuese la sede oficial de la SVG. La casa contaba con 387 metros de terreno y 200 metros de construcción, la misma fue adaptada para contar con biblioteca, sala de conferencias, sala de lectura, área de recepción, cuatro oficinas y cafetería.

En cuanto a pertenecer a comisiones organizadoras de eventos técnicos, Juan Humberto fue un gran colaborador. Pasamos a mencionar algunos de los más destacados:

- I Taller de Trabajo de la Sociedad Venezolana de Geólogos para tratar el importante tema de las reválidas y equivalencias de venezolanos graduados en universidades, tecnológicos e instituciones extranjeras. Juan Humberto Ríos formó parte del comité redactor de los acuerdos llegados con universidades nacionales, Petróleos de Venezuela, Colegio de Ingenieros de Venezuela, Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de Relaciones Exteriores y la Sociedad Venezolana de Geólogos. Acompañaron a Juan Humberto en esta labor Lucas Zamora, Gloria Bezara, Decio Flores, Gloria Monasterios, Jesús Morón, José J. Robles, Carlos Rojas, María Vázquez y José Peña.

- Juan Humberto ha sido un miembro muy activo en la organización de las II Jornadas Geológicas del Carbón, celebradas en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia entre el 13 y el 16 de enero de 1988. Durante el evento se trataron temas de vital importancia para el desarrollo sostenido del carbón en Venezuela en especial el proyecto carbonífero del estado Falcón, cuenca carbonífera del Zulia, el carbón de Guasare, el carbón de Fila Maestra, plan de explotación y el diseño de un prototipo de horno rotatorio para coquización. Igualmente, tuvo una gran actuación en la realización de las III Jornadas Geológicas del Carbón, celebradas en la ciudad de San Cristóbal entre los días 13 al 15 de Julio de 1989. En las mismas se trataron importantes tópicos tales como el futuro promisor del carbón en Venezuela, el mercado energético en Venezuela, las ventajas y desventajas del uso del coque metalúrgico y del coque de petróleo en la industria siderúrgica, participación de la empresa privada en la industria carbonífera nacional, explotación del carbono y el impacto ambiental.



Foto de las III Jornadas Geológicas del Carbón, celebradas en San Cristóbal bajo el auspicio de la Sociedad Venezolana de Geólogos. En la foto primero a la izquierda, Juan Humberto Ríos junto con Antonio Santos (†) y Aníbal R. Martínez (†).

- Juan Humberto Ríos formó parte del comité organizador de la II Convención Venezolana de Geólogos, celebrada en el Centro de Ingenieros de Mérida entre los días 29 y 30 de Mayo de 1987. El evento estuvo presidido por Aníbal R. Martínez. Aparte de formar parte del comité organizador, Juan Humberto fue el tesorero del mismo. El evento fue de vital importancia pues se trató sobre la enseñanza de la geología en Venezuela y el plan de reválidas y equivalencias para geólogos venezolanos graduados en el extranjero.

- III Convención Venezolana de Geólogos celebrada en la Ciudad de San Cristóbal entre el 3 y el 6 de noviembre de 1988. Allí Juan Humberto Ríos presentó junto con Gloria Monasterios los resultados de la II Convención. En este evento se trataron temas de importancia para el gremio como la cartografía geológica de Venezuela, las relaciones del geólogo dentro de la planificación urbana, el ejercicio de la geología en Venezuela y los honorarios profesionales.

- VII Congreso Geológico Venezolano, celebrado en la ciudad de Barquisimeto, estado Lara entre el 12 y el 18 de noviembre de 1989. Juan Humberto Ríos aparte de pertenecer al comité organizador actuó como representante del Ministerio de Energía y Minas junto a Gustavo Ascanio, Luis Atay, Nelly Pimentel de Bellizzia, Nesin Benaim, Piero Feliziani, Ignacio Fierro, Julieta Juaregui, Peter Motiska, José Méndez Zapata, Marcos Narváez, Aura Newman, Oscar Odreman, Hugo Sorondo,

Víctor Tepedino y Armando Useche. El evento versó sobre los temas de tectonismo, modelaje geológico, geomorfología, geotecnia, recursos de hidrocarburos, recursos minerales, gerencia y recursos humanos.

- Juan Humberto Ríos como miembro de la junta directiva de la Sociedad Venezolana de Geólogos participó en la organización de las Primeras Jornadas Venezolanas del Fosfato, celebradas en la ciudad de San Cristóbal entre el 28 y 30 de Junio de 1990. En las mismas, se inscribieron un total de 170 participantes y el temario versó sobre geología; minería e impacto ambiental; comercialización y mercado; industrialización, usos y aplicación; investigación y desarrollo; política y legislación minera.

- En agosto de 1995, María Antonieta Lorente y Juan Humberto Ríos en su calidad de presidente y tesorero respectivamente de la Sociedad Venezolana de Geólogos fueron invitados al Congreso Nacional de la República de Venezuela para contribuir en la discusión de la Ley de Minas. Se les suministró documentos importantes sobre política minera que se pusieron a disposición de la comunidad geológica en la biblioteca de la sede de la Sociedad Venezolana de Geólogos. La propuesta de la Sociedad Venezolana de Geólogos fue presentada en enero de 1996 por Juan Humberto Ríos, Aníbal Espejo, Jean Pasquali y Ramón Sifontes.

- En Junio de 1996, Juan Humberto Ríos asistió como representante de la Sociedad Venezolana de Geólogos al V Seminario Guayanés sobre la conservación del ambiente y presentó junto con Jean Pasquali "Factores geológicos determinantes para estimar los efectos de la minería sobre el ambiente". Este evento se realizó en la ciudad de Puerto Ordaz entre el 4 y el 7 de Junio de 1996.

- En Octubre de 1996, asistió en representación de Venezuela a la reunión anual de la Geological Society of America y se reunió con el consejo directivo de la misma para plantear la posibilidad de ser co-patrocinantes del Congreso Geológico Venezolano.

- Participó representando a la Sociedad Venezolana de Geólogos en las I Jornadas Técnicas sobre Geología Minera, Geotecnia, Petróleo y Ambiente, efectuadas en el marco de la celebración del 35 aniversario de la fundación de la Escuela de Geología y Minas posteriormente nombrada Escuela de Ciencias de La Tierra de la Universidad de Oriente en Ciudad Bolívar.

- En agosto de 1997, se realizó una visita al estado Bolívar, específicamente a la Reserva Forestal de Imataca donde Juan Humberto Ríos en representación de la Sociedad Venezolana de Geólogos junto con el Colegio de

Ingenieros de Venezuela, la Sociedad de Ingenieros Forestales, la Sociedad de Ingenieros de Minas y representantes del Ministerio del Ambiente observaron el estado de las concesiones mineras de esta reserva forestal.



Fotografía tomada en Maraven S.A. Aparecen en la gráfica de izquierda a derecha María Antonieta Lorente, Presidente de la Sociedad Venezolana de Geólogos; Juan Humberto Ríos, Tesorero; Renzo Violino, Claudia Caroprese, nuestra querida Mercedes, secretaria de la sede de la Sociedad Venezolana de Geólogos en La Carlota; Mercedes Hidalgo y en primera fila, Alfredo Mederos.

Excursiones Geológicas

En cuanto a excursiones geológicas auspiciadas por la Sociedad Venezolana de Geólogos:

Guía de la excursión Maiquetía – Ciudad Guayana – El Pao – Upata -Guasipati – Tumeremo – Santa Elena de Uairen – Canaima – Maiquetía. Coordinada por Juan Humberto Ríos, siendo los guías Nesin Benaim y Juan Humberto Ríos. Esta excursión se realizó durante el V Congreso Geológico Venezolano entre el 24 y el 26 de Noviembre de 1977. En la excursión visitaron las provincias de:

Imataca: Es ampliamente conocida por su producción de hierro en gran escala y en menor proporción: manganeso, bauxita, caolín y dolomita.

Pastora: Se conoce por su producción de oro. En esta provincia hay la posibilidad de encontrar yacimientos de cobre y de zinc, dadas las condiciones geológicas y los resultados obtenidos en los estudios geoquímicos que se adelantan para tal fin. También existe mineralización de sheelita de origen hidrotermal en las vetas de cuarzo aurífero y manganeso de origen sedimentario, aunque

este último en los sitios que se conoce no tiene importancia económica, ha servido de estímulo para continuar la búsqueda

Cuchivero: De esta provincia se extrae por lo menos el 50 % de la producción diamantífera actual, aun cuando el origen de estos diamantes no es claro y se supone que proceden de la Provincia de Roraima, la cual aflora más al sur. Se ha encontrado en los estudios regionales, mineralización de dumortierita, y actualmente en el Cerro Impacto (en estudio) se descubrió una veta de barita, tierras raras y torio. Así mismo, extensos yacimientos de lateritas aluminicas se han reportado en el granito del Parguaza.

Roraima: Se conoce por ser la tradicionalmente productora de diamantes y en menor proporción oro. A través de toda la provincia existen grandes cuerpos de rocas básicas lateritizadas, las cuales son potencialmente yacimientos para la producción de aluminio, existiendo, además, la posibilidad de encontrar yacimientos de minerales radioactivos y de explorar los grandes yacimientos de caolín, de arena para vidrio y de cuarzo cristalino (cristal de roca).

IX CONFERENCIA GEOLOGICA INTER-GUAYANAS

Formó parte del comité organizador de la IX Conferencia Geológica Inter Guayanas celebrada en la ciudad de Puerto Ordaz en el estado Bolívar entre los días 7 al 14 de Mayo de 1972. Este importante evento estuvo presidido por Enrique M. Araujo; la secretaria general estuvo coordinada por Cecilia Martín de Bellizzia; los secretarios de organización Cecilia Petzall y Juan Humberto Ríos; secretario de relaciones públicas e institucionales Luis J. Candiales; coordinador de sesiones de trabajo Aníbal Espejo y Coordinador de Excursiones Nesin Benaim. El temario científico de este evento estuvo relacionado con la geología de la región de Guayana incluyendo estratigrafía, geofísica, geoquímica, geología económica y minerales.

AGRADECIMIENTOS

María Antonieta Lorente ha sido una figura importante en este artículo-homenaje a tan especial colega. Juan Humberto Ríos la acompañó durante su Presidencia en la Sociedad Venezolana de Geólogos desempeñando el cargo de tesorero. Alguna vez, con el que hace de autor principal de este trabajo fueron discutidos algunos de los temas que aparecen en este artículo. Por la naturaleza de Juan Humberto, su sencillez y modestia, no es sino hasta ahora, pasados los meses, que se ha podido ensamblar este artículo como homenaje a un gran ser humano al cual profesamos profundo y especial afecto. Sirva este reconocimiento para destacar la labor de tantos años de

Juan Humberto Ríos por la geología y el gremio de las ciencias de la tierra en Venezuela.

REFERENCIAS

ALIRIO BELLIZZIA. 2008. *Guía insigne de la geología en Venezuela* 2008. Publicación Especial dedicada a la memoria del geólogo Alirio Bellizzia. INGEOMIN, Publicación Especial Número 15, Caracas, Venezuela.

BOLETÍN GEOS. 1964. *Lista de los geólogos egresados de la Escuela de Geología desde su fundación.* Número conmemorativo al 25 aniversario de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, (10): 82 p.

CÓDIGO GEOLÓGICO DE VENEZUELA 1997. PDVSA INTEVEP

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA. Dirección General Sectorial de SERVIGEOMIN, Dirección de

Geología, Ministerio de Energía y Minas, República de Venezuela. Versión digital revisada de Agosto 2021, 1251, <https://www.academia.edu/96551124/LEXICO ESTRATIGRAFICO DE VENEZUELA VERSION DIGITAL> p.

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS 1970. *Léxico Estratigráfico de Venezuela.* Boletín de Geología, Publicación Especial Número 4, 756 p., MMH, Caracas, Venezuela. (Alirio Bellizzia, coordinador; Clemente González de Juana, Frances Charlton de Rivero, Cecilia Martín Bellizzia y Cecilia Petzall, editores).

MINISTERIO DE ENERGÍA y MINAS 1997. *Léxico Estratigráfico de Venezuela.* Dirección General Sectorial de SERVIGEOMIN, Boletín de Geología, Publicación Especial Número 12, Ministerio de Energía y Minas, Caracas, 829 p.



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

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

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



Marianto Castro es graduada en la Universidad Central de Venezuela en el año 1980; Master en Geología Sedimentaria en la misma universidad en 1983; Especialización en nannoplancton calcáreo en el programa Lagoven – Total CFP Burdeos, Francia - Centro Nacional de Investigación Científica, Orleans, Francia en 1989; Especialización en Proyectos de Gerencia de Ingeniería en el año 1997 en la Universidad Católica Andrés Bello.

Veintidós años de experiencia en la industria petrolera venezolana trabajando para Lagoven S.A. en el laboratorio de geología; Intevep S.A. como estratígrafo y encargada del Código Geológico de Venezuela; y Petróleos de Venezuela S. A. formando parte del equipo de trabajo de la Gerencia del Conocimiento.

Profesora en la Facultad de Ciencias, Escuela de Geoquímica de la Universidad Central de Venezuela

Diecinueve años de experiencia en Canadá en empresas mineras de exploración y en el sector financiero trabajando para Crystallex International Corporation, geólogo asistente del vicepresidente de exploración; U308Corp, gerente técnico de la base de datos y encargada de control de calidad de las muestras y Marrelli Support Services Inc., como oficial para el cumplimiento de pago o devolución de impuestos; revisión de documentación por parte del Gobierno de Canadá y revisión de reportes financieros a ser presentados por pequeñas empresas mineras (exploración) ante las autoridades competentes en Canadá.

Actualmente, consultor independiente; representante por Venezuela ante la Comisión Norteamericana de Estratigrafía y miembro de la Sociedad de Historia de las Geociencias en Venezuela.

notasgeologiavenezuela@gmail.com

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/04/VINCENT-L.-SANTUCCI.pdf>

Awards and Publications

HEROES OF ALASKAN PALEONTOLOGY – A TRIBUTE TO VINCENT L. SANTUCCI, THE “PISTOL-PACKING PALEONTOLOGIST” AND “FATHER OF NATIONAL FOSSIL DAY”

Robert B. Blodgett

¹Blodgett & Associates, Consulting Geologists, 2821 Kingfisher Drive, Anchorage, Alaska 99502

RobertBBlodgett@gmail.com



Vincent Santucci is the senior Paleontologist and Paleontology Program coordinator at the National Park Service.

This note honors **Vincent L. Santucci**, an outstanding paleontologist who has done much to further the knowledge of paleontological resources throughout the U.S. National Park Service (NPS) including the national parks in Alaska. Vince was born 1958 in Pittsburgh, Pennsylvania and is of Sicilian and Scotch-Irish ancestry. He is currently the NPS Senior Paleontologist and Paleontology Program Coordinator based in NPS head-quarters in Washington, D.C. Vince lives in Gettysburg, Pennsylvania, fittingly for a great American Civil War buff. He lives on edge of the battlefield, and gives a superb walking tour of both the Park and Battlefield. His research background in paleontology focused on Cenozoic vertebrates and biostratigraphy, however he has become a generalist to support the diverse fossils across the NPS.

Vince joined the NPS in 1985 at Badlands National Park, South Dakota, where he completed his graduate field research. Santucci returned to the University of Pittsburgh to complete his master's degree and complete training to obtain a federal law enforcement commission. Santucci has served as the federal government's only sidearm-carrying paleontologist, helping protect our nation's fossil resources while stationed at seven different national parks during his more than 30 year career (earning him the sobriquet "The Pistol-Packing Paleontologist."). In recognition of his strong support of the paleontological sciences, two fossil species –*Androcycas santuccii* (from Petrified National Park) and *Sapelnikoviella santuccii* (from Glacier Bay National Park & Preserve) – have been named in his honor. In addition, within the past year a new genus of extinct deer *Santuccimeryx* was also established in his honor. This genus existed about 32 million years ago and is known from the Badlands National Park in South Dakota.

Santucci has also strongly encouraged cooperation with many non-NPS paleontologists to work on NPS park units in the State of Alaska, including Robert B. Blodgett, David M. Rohr, Anthony Fiorillo, Roland Gangloff, Pat Druckenmiller, and Montana S. Hodges. He has actively been collaborating on Alaska-based NPS studies since 2000. Through Santucci's advocacy and collaboration, he has helped to better understand the scope, significance, distribution (both temporal and geospatial) and management issues associated with fossils in the Alaska national parks. A synoptic summary follows on his professional background.



Dave Rohr (left) and Vince Santucci (right) in Glacier National Bay Park & Preserve.



Vince (in blue shirt) sitting atop horse leading a field group in Death Valley.

Andrzej Brunon Pszczółkowski

Por Humberto F. Álvarez Sánchez

Colaborador de la Revista Maya

geodoxo@gmail.com

El Doctor Andrzej Pszczółkowski, Profesor emérito del Instituto de Ciencias Geológicas de la Academia de Ciencias de Polonia, nació el 18 de Abril de 1940 en la ciudad de Bydgoszcz; capital del voivodato de Cuyavia y Pomerania en el norte de Polonia. En 1963 recibió la Maestría en Ciencias en estratigrafía y geología regional en la Facultad de Geología de la Universidad de Varsovia. Su actividad geológica temprana comienza en la década de los 60ta, dedicada a los Montes Tatra, así como estudios en los Carpatos exteriores ("Cárpatos del flysch") y los icnofósiles del Triásico y Jurásico de los márgenes de Góry Świętokrzyskie (Sierra de Santa Cruz) en la parte central de Polonia. En 1969 recibe su grado de Doctor Ph.D., por el Departamento de Ciencias Geológicas de la Academia de Ciencias de Polonia, más tarde Instituto de Ciencias Geológicas de la Academia Polaca de Ciencias; integrado a su personal científico desde 1968 a 2010. Doctor habilitado por la Universidad de Varsovia en 1979 y en 1992 el Doctor Pszczółkowski, recibió el título científico superior de Profesor por el Instituto de Ciencias Geológicas de la Academia de Ciencias de Polonia.

En 1970 pasó a formar parte del equipo de cartógrafos, seleccionado para realizar el proyecto internacional co-ejecutado por la Academia de Ciencias de Polonia y la Academia de Ciencias de Cuba, destinado a la preparación del Mapa Geológico de Cuba en la escala 1:250.000. A partir de 1971 y hasta 1975 se dedicó a la cartografía del mapa geológico de la Provincia de Pinar del Río (escala 1:250.000).

Mediante la ejecución de este proyecto, junto a numerosos especialistas cubanos, se realizó un voluminoso trabajo científico y se crearon muchos nuevos materiales cartográficos del territorio, incluyendo la unificación de la estratigrafía, nuevos mapas de la tectónica, numerosos perfiles estructurales sobre las particularidades estructurales de la Cordillera de Guaniguanico, así como miles de determinaciones micropaleontológicas y macrofaunísticas. De este modo para 1975, la Expedición polaco-cubana que ejecutó el proyecto, redactó el informe final de los resultados para la



Montes Tatra. Cordillera de los Carpatos de Polonia.

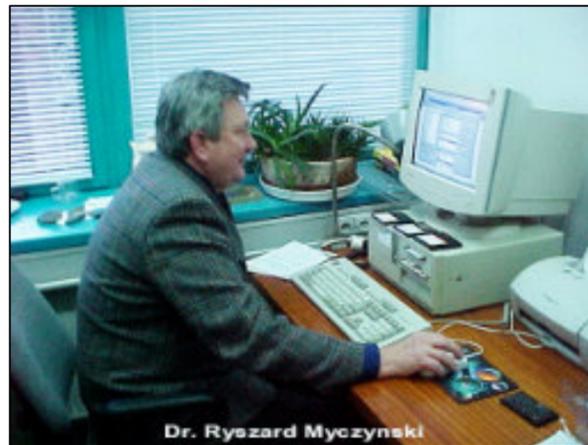
Provincia de Pinar del Río de Cuba occidental, de cuyo informe final el Doctor Pszczółkowski fue el autor principal. Durante 1977 recibió un entrenamiento en teledetección en el Servicio Geológico de los Estados Unidos (Reston y Flagstaff, Arizona) y en 1978 regresó a Cuba, como miembro del equipo cartográfico polaco-cubano para realizar el mapa geológico de la provincia de Matanzas, también a escala 1:250 000.

Entre 1980 y 1991 continuó sus estudios de estratigrafía y tectónica del occidente de Cuba; como asesor, del Instituto de Geología y Paleontología de la Republica de Cuba, junto a otros colaboradores científicos cubanos. Como colaborador extranjero de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba en la primera edición de 1992; el Dr. Pszczółkowski es autor original de seis unidades litoestratigráficas de la categoría de Formación; la redefinición de tres unidades de la misma categoría y del Grupo Viñales de la estratigrafía clásica de Cuba; así como de la autoría de cinco unidades en la categoría litoestratigráfica de Miembros, pertenecientes a varias Formaciones del occidente de Cuba; unidades en su totalidad formalmente descritas en la más reciente edición del Léxico Estratigráfico de Cuba (2013). El Doctor Pszczółkowski es Coautor del Mapa Geológico de Cuba, a escala 1:250 000 y del Mapa Tectónico de Cuba a escala 1:500 000.

A partir de 1986 participó en importantes investigaciones en los Cárpatos de Polonia. En los años 1994-1997 realizó la bioestratigrafía detallada de los depósitos del Jurásico Superior (Tithoniano) y el Cretácico Inferior (Berriasiano-Valanginiano) en relación con los calpionellidos de la Sierra de Tatras; en el extremo sur de Polonia. Durante los años 2000-2002 el Profesor Pszczółkowski se dedicó al estudio de los conjuntos de nannoconidos del Cretácico Inferior (Berriasiano-Hauteriviano) en la parte occidental de la Sierra de Tatras. En 2002 comenzó el estudio bioestratigráfico de las calizas del Tithoniano-Cretácico Inferior con los microfósiles (calpionélidos y nanocónidos) en la Faja de Klippes en Pieniny (Pieniny Klippen Belt southern Poland). Los resultados del estudio fueron publicados, junto con el Doctor Ryszard Myczyński en el año 2004.

En 2003-2006, como bioestratígrafo, formó parte en la investigación de magnetoestratigrafía y registro isotópico $\delta^{13}C$ en la Sierra de Tatras en Polonia y Eslovaquia y participó en el estudio del equipo húngaro-polaco de magnetoestratigrafía y bioestratigrafía del intervalo límite Jurásico-Cretácico en Hungría (el corte Lókút); cuyos resultados se publicaron en 2007 y 2008. En 2009-2010, realizó la investigación de los nannoconidos del Aptiano en la Sierra de Tatras, así como, en la Faja de Klippes en Pieniny. Los resultados del mencionado estudio estratigráfico fueron publicados en 2015. Las bacterias fósiles del Jurásico Superior han sido caracterizadas en el corte (hipoestratotipo) de la Formación de la Caliza de Raptawicka Turnia (Sierra de Tatras). Sus probables

afinidades con las bacterias contemporáneas y el paleoambiente fueron analizados en una publicación de 2018.



El Doctor Pszczółkowski es autor y coautor de 85 publicaciones científicas, varias de ellas sobre geología de Cuba y ha recibido premios y distinciones por su destacada actividad científica; entre ellos: Premio del Ministro de Ciencia, Educación Superior y Tecnología, 1973. Premio Wawrzynca Teisseyre (Facultad VII de la Academia Polaca de Ciencias), 1979. Premio de la División de Geociencias y Minería de la Academia de Ciencias de Polonia. 1979. Premio de la Secretaría de Ciencias de la Academia Polaca de Ciencias, 1983. Desde 2009 el nombre del Profesor Pszczółkowski está inscrito en el El Libro de Oro de las Ciencias Naturales de Polonia (Złota Księga Nauk Przyrodniczych).

Researchgate: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Andrzej-Pszczolkowski-72990214>

El Profesor Pszczółkowski fue Miembro de la Sociedad Geológica de Polonia y Miembro Honorario de la Sociedad Geológica de Cuba, distinción otorgada en 1988 por los extraordinarios aportes científicos a la geología de Cuba. En 2011 le fue otorgado el Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba en colectivo.



Alonso Gutierre de Badajoz

El extremeño Alonso Gutierre de Badajoz - ¿el primer minero en Cuba?

Introducción

El objetivo históricamente reconocido del viaje de Colón era la apertura comercial y la eventual conquista de los territorios más orientales del mundo conocido por entonces. El llamado “descubrimiento” no fue el fruto de un azar, sino el resultado de un proceso interno de las economías europeas que necesitaban desesperadamente el oro por razones muy precisas¹ y, además, para ampliar sus mercados. El oro, en particular, era esperado para acuñar dinero, indispensable para la acumulación primaria de capital.² Los escritos del Gran Almirante dejan ver su fascinación por el metal dorado, en una mezcla de intereses personales materiales y espirituales. La palabra oro aparece en sus diarios centenares de veces: “Nuestro Señor misericordioso, dirige mis pasos hacia allí donde pueda encontrar una mina de oro”.³ Aunque, ciertamente, en sus viajes siempre hizo el acento en el trueque reprimiendo cualquier intento de despojo. Trascendida esta primera etapa, comienza el traslado de contingentes de colonialistas hacia los nuevos territorios con una visión absolutamente expoliadora de las riquezas de las nuevas tierras: “nadie viene a las indias sino es por el oro”, escribió el padre Fray Bartolomé de las Casas.⁴

La isla de La Española fue una especie de laboratorio de lo que ocurrió en otros territorios. Luego de tomar el poco oro que poseían los aborígenes⁵ se procede a organizar la explotación de los yacimientos. Los colonos eran, como señaló Hernán Cortés, “hombres de diversos oficios y pecados”. Su formación cultural, de acuerdo con la tónica general de la época, fue más bien escasa, lo mismo que su formación guerrera. Pero una vez en la isla, todo el mundo se volvió minero, autóctonos y colonialistas se volcaron a la extracción apremiados por la necesidad de saldar las deudas contraídas al salir de la península. Los registros de pasajeros a indias reflejan muy pocos pasajeros con declarada profesión de minero o fundidor. Aunque, por lo simple de las tecnologías de exploración, extracción y fundición no hubo especial necesidad de personal entrenado. Las crónicas repiten que fue posiblemente Cuba el único lugar donde se hizo laboreo minero en la parte central de la isla.

La explotación minera en las Antillas.

Liderada por Nicolás de Ovando arriba a La Española en 1502 la primera gran expedición colonizadora lo que

conduce a la construcción de la primera sociedad colonial basada en la explotación del oro.. La cifra de cuarenta y cuatro personas hasta 1519 son muy pocos considerando que la principal actividad económica era precisamente esta industria. Es posible que se declararan minero solo aquellos que tenían esa ocupación antes de la migración y no está claro por qué bajo la apariencia de otras profesiones se pretendía esconder el verdadero motivo para pasar a las Indias. Así tenemos el caso del pasajero número 1201 Juan del Puerto que en 1512 viaja a Tierra Firme quien dice ser “hombre de la mar y minero” una combinación de profesiones que no es muy obvia.⁶

Tabla I. Mineros y fundidores a las Indias, 1492-1519⁷.

AÑO	CANTIDAD
1495	5
1498	1
1501	1
1502	1
1508	1
1509	1 (a Puerto Rico)
1510	3 (2 a Puerto Rico)
1511	2
1512	5 (1 fundidor a Cuba y minero a Tierra Firme)
1513	5
1514	14
1515	1
1517	1
1518	2
1519	1
TOTAL	44

La industria minera se organizó sobre la base de la explotación de los aborígenes en un régimen de trabajo al que no estaban acostumbrados lo que provocó la rápida disminución de la población local. Los yacimientos fueron minados hasta el agotamiento que se produce a finales de la segunda década del siglo XVI. Muchos colonos retoman la emigración hacia las vecinas Puerto Rico o Cuba y más tarde hacia el continente.⁸ Con la caída de la mano de obra taína, y el colapso de los depósitos disminuye la producción aurífera. La sociedad minera de La Española evoluciona hacia en una colectividad agropecuaria.

Cuba

En La Española la colonización arrojó la fundación de varias villas mineras: Santo Domingo; Concepción de la Vega; Santiago de los Caballeros; Puerto Plata; Salvaleón de Higüey; Ázua; Buenaventura; Bonao; Puerto Real; Lares de Guahaba; San Juan de la Maguana; Santa María de la Vera Paz; Salvatierra de la Sabana; Villanueva de Yáquimo y otros pequeños asentamientos. Velázquez funda en Cuba entre 1511 y 1514 siete villas con el fin de fiscalizar la actividad productiva, estabilizar la población española de la isla y controlar los aborígenes.

La caza de metales preciosos (tanto en manos de los aborígenes como bajo tierra) es el móvil declarado de la colonización de la isla de Cuba.⁹ El oro cubano se hallaba en placeres en los cauces de los arroyos y, ocasionalmente, como residuo en un manto rocoso en desintegración. Las zonas productivas eran pocas, de escasa extensión y poca profundidad.¹⁰ A partir de la documentación histórica se sabe que las zonas en donde se desarrolló esta actividad entre 1512 y 1542, fueron Baracoa, en las márgenes de los ríos Arimao y Agabama; también en la región de Puerto Príncipe y Bayamo. Existe igualmente información de la presencia de yacimientos en Guáimaro, Jibas y Holguín.¹¹ En las sabanas de Guaracabuya fue el único lugar donde se hizo laboreo y construcción de galerías. Los colonialistas llegan con experiencia y entrenamiento en la producción del oro de Quisqueya. A pesar del carácter mercantil capitalista que la Corona le asignó a la empresa, los conquistadores instauraron una explotación sobre la base de las formas arcaicas reservándose el papel de señores feudales.¹²

Alonso Gutierrez de Badajoz

Nace en Ciudad Rodrigo de la provincia de Salamanca, región Castilla La Mancha, aunque gustaba referir que era natural Cáceres en Extremadura. Era hijo de Gutierrez de Badajoz y Catalina de Chávez. Su padre sirvió en las guerras de Portugal y formó parte de la expedición de Ovando a La Española, donde falleció en 1506.¹³

Alonso Gutierrez de Badajoz viaja hacia indias el 3 diciembre 1512 en el contrato de embarque se declara minero y natural de Cáceres.¹⁴ En La Española es encomendero de minas en Buenaventura. Cerca de 1514 se traslada a Cuba, por instrucciones de Velázquez se dirige a las minas de Cuba central.¹⁵ Previamente, estuvo a cargo de las minas de Manicarao¹⁶ que habían sido entregadas a Hernán Cortes en 1513.

Estando en Cuba se une el 18 de marzo de 1520 a la expedición punitiva de más de mil españoles a Nueva España, bajo el mando Pánfilo de Narváez. Pero, termina pasándose junto con los demás expedicionarios a la tropa de Hernán Cortez, cuando Narváez fue sorprendido en Zempoala. Es uno de los que firma la "Carta del Ejercito de Cortez al Emperador" y a raíz de esto le nombra Capitán bajo el mando de Pedro de Alvarado. Los otros capitanes fueron Jorge de Alvarado (hermano de Pedro de Alvarado), Andrés de Tapia, natural de Medellín, Pedro de Yrcio, natural de Briones, Andrés de Monjaraz de Escalona y Hernando de Lerma, de Galicia.¹⁷ Bernal Diaz del Castillo dice de él en su descripción del sitio de Tenochtitlan: "... la capitania de un capitán que se decía Gutierrez de Badajoz mandó Pedro de Alvarado que se subiese en lo alto del templo del Huichilobos, que son 114 gradas y pelea muy bien con los contrarios y muchos papas que en las casas de los adoratorios estaban"¹⁸

El hidalgo Badajoz fue finalmente nombrado pacificador y "Conquistador de la Nueva España y de la Nueva Galicia" recibió su escudo de armas de manos de Cortez el 15 de noviembre 1527.¹⁹ Además de estos títulos, mereció el de Conquistador de Chiapas y de Guatemala bajo las órdenes de Pedro de Alvarado.²⁰ Luego de la conquista es vecino de la ciudad de México y se casa con Francisca De Orduña. Es padre de Ysabel Gutierrez De Orduña y Gabriel de Chávez.

Tuvo una encomienda en el valle de Toluca en Tianquistenco y en Huehuetlan (140 millas al sur de Ciudad México y 52 de Acapulco) y en 1531 adquiere otra cerca de Nexpa inicialmente asignada al conquistado Antonio de Guadalajara.²¹ En 1535 es nombrado alcalde ordinario de la ciudad de México.²² Finalmente es encomendero y minero de Tecali. En 1541, Gutierrez de Badajoz forma parte del contingente de Gonzalo de Pizarro y el 22 de junio de 1542 bajo el mando del capitán Francisco de Orellana exploró el gran río Sabañón. Le acompañaban el comendador Cristóbal Manrique, natural de la ciudad de Cáceres, Cristóbal de Cáceres, natural de la villa de Torrejón de Velasco y Fernando Gutiérrez de Celis.²³ Fue sucedido en 1565 por su hijo Gabriel de Chávez.

El autor agradece las sugerencias del **Dr. Antonio García Casco de la Universidad de Granada.**

¹Vilar, Pierre Or et monnaie dans l'Histoire Colección Science, Ed. Flammarion, París 1974, 439 pp.,

²Rey, Estrella y Ernesto Tabio. Prehistoria de Cuba (monografía) Ed. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 1966 (segunda y tercera edición, Ed. de Ciencias Sociales, La Habana, 1978 y 1980).

³Fernández de Navarrete Martín Viajes de Colon con una carta. Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV: con varios documentos inéditos concernientes a la historia de la marina castellana y de los establecimientos españoles en Indias, en adelante Colección de Viajes, publicada en tres tomos entre 1825 y 1837

⁴Las Casas, Fray Bartolomé. Historia de las Indias. FCE. Tomo II, Libro Segundo, Capítulo XX, pág. 273-275.

⁵Los españoles repetían en sus crónicas que los aborígenes del Caribe no le daban mucho valor al oro. Las guayzas confeccionadas por una aleación de oro, plata y cobre denominada guanín era más apreciada por su olor que como ornamento o valor de trueque.

⁶Boyd-Bowman, Peter, Índice geobiográfico de más de 56 mil pobladores de la América hispánica I. (1493-1519), México, Fondo de Cultura Económica, 1985.)

⁷Boyd-Bowman, Peter, Índice geobiográfico de más de 56 mil pobladores de la América hispánica I. (1493-1519), México, Fondo de Cultura Económica, 1985

⁸Boyd-Bowman, Peter, Índice geobiográfico de más de 56 mil pobladores de la América hispánica I. (14 (...))

⁹Uribe Salas, José Alfredo Cuba y sus recursos minerales estado, economía y mercado. ANPUH – XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – João Pessoa, 2003.

¹⁰Sauer, Carl O., Descubrimiento y dominación española del Caribe, México, Fondo de Cultura Económica, 1984 (ed. or. Berkeley 1966), p. 229-234.)

¹¹Lipa, Luis F., A report on the gold mines of Santa Clara, La Habana, Tipografía El Fíguro, 1900; Henry Hale, "The Vasts Ore Deposits of Cuba", Scientific American, New York, agosto de 1913; Carlos M. Trelles, "Geografía económica de Cuba: riquezas minerales", Biblioteca Geográfica Cubana, Matanzas, Imprenta Juan F. Olivier, 1920; Domingo Ramos y Delgado, Bosquejo histórico acerca de los estudios mineralógicos y geológicos relativos a la isla de Cuba, La Habana, Sociedad de Historia Natural, 1919; José Álvarez Conde, Historia de la geología, mineralogía y paleontología en Cuba, La Habana, s. e., 1957.

¹²Rey, Estrella. Esbozo etnohistórico del siglo XVI temprano (Cuba: 1511-1533) Anuario de Etnología 1988, Ed. Academia, La Habana, 1988.

¹³Boyd-Bowman, Peter, Índice geobiográfico de más de 56 mil pobladores de la América hispánica I. (1493-1519), México, Fondo de Cultura Económica, 1985, véase los pasajeros, n° 893, 2.015, 2.597, 2.664, 2.833, 3.877 y 5.062.

¹⁴Legajo contratación: 5.536, papeleta número 897, asiento en el libro I, folio 205, del año 1512 Referencia: Don Cristóbal Bermúdez Plata, Catálogo de Pasajeros a Indias durante los siglos XVI, XVII y XVIII, I (Sevilla, Andalucía: Consejo Superior de Investigaciones Científicas "Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo". Redactado por el personal Facultativo del Archivo General de Indias bajo la dirección del director mismo Don Cristóbal Bermúdez Plata, 1940), 1:66

¹⁵Sauer, Carl O., Descubrimiento y dominación española del Caribe, México, Fondo de Cultura Económica, 1984 (ed. or. Berkeley 1966), p. 229-234.)

¹⁶Carlos Pereyra, Hernán Cortés. Editorial Porrúa, México, 1976, pág. 5

¹⁷Antonio de Herrera. Historia general de las Indias Occidentales. En Amberes por Juan Bautista Verdussen. Mercader de libros Año de 1601 Decada III Libro I

¹⁸Bernal Diaz del Castillo Crónica de la conquista. Editado por Agustin Yanez

¹⁹Orozco Berra Manuel. LOS CONQUISTADORES DE MEXICO UANL EDITORIAL PEDRO ROBREDO Calle de Justo Sierra No. 41 México, D. F. 1938

²⁰Historia de la Provincia de S. Vicente de Chiapa y Guatemala, de la Orden de nuestro Glorioso Padre Santo Domingo . . . por el presentado Fray Antonio Remesal... En Madrid, año de M.DC.XIX.—Libro V, capítulos XIII y XIV

²¹Robert Himmerich y Valencia The encomenderos of New Spain. 1521 -1555

²²Traducción Paleografica del Tercer Libro de Actas del Cabildo de la Ciudad de México publicadas por acuerdo de fecha 27 de diciembre de 1870 México. Imprenta litográfica del Colegio de Artes y Oficios en el Tecpán de Santiago. 1873

²³Cronistas coloniales Tomo II Apartes de la historia de Ecuador, Perú Juan Roberto Páez Flor – Historia general y natural de las Indias. Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés. Primer cronista del nuevo mundo. Tercera parte Tomo IV. Madrid Imprenta de la Real Academia de Historia año 1855



Rafael Tenreyro Pérez, se gradúa de ingeniero en geofísica de exploración de petróleo en 1974 en la Academia Estatal de Petróleo de Azerbaiyán, Master en Ciencias en Geología del Petróleo en la Universidad Politécnica CUJAE de la Habana en 1981 y Doctor en ciencias en Geofísica de Exploración la Universidad de Petróleo Gubkin de Moscú, Rusia, en 1987.

Tiene cuarenta y ocho años de experiencia en la Industria petrolera en Cuba y en otros países fundamentalmente en la especialidad de exploración de yacimientos de petróleo y gas. Durante este tiempo transitó desde ingeniero geofísico de adquisición hasta

Jefe de Exploración de la empresa petrolera nacional de Cuba - Cupet, cargo que ocupó por 16 años hasta su retiro en 2016. Investigador científico también recorre desde Aspirante a Investigador a Investigador Titular. Fue Jefe técnico del programa de exploración en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México. Director Técnico del Comisión para la Plataforma Extendida de Cuba. Tiene más de doscientas publicaciones que incluyen artículos científicos, presentaciones en eventos, conferencias, mapas, monografías y libros de texto. Premio de Geología Antonio Calvache Dorado de la Sociedad Cubana de Geología en 1992. En estos momentos trabaja en la empresa australiana Melbana Energy Limited.

tenreyro2015@gmail.com

Miscelanea de Imágenes



Elegante Crater: El Pinacate Biosphere Reserve - Mexico

Marked by capricious rock formations and enormous craters, surrounded by a lava field and featuring dunes towering 200 meters overhead, the El Pinacate y Gran Desierto de Altar Biosphere Reserve will grace the reverse side of the new 200-peso banknote. The reserve will replace the image of the Panoayan Hacienda, which was home to Sister Juana Inés de la Cruz, who appears on the other side of the current 200-peso note. El Pinacate is located in the northwest of Sonora state, 40 kilometers from the popular resort town of Puerto Peñasco, and is part of the Sonoran Desert, the largest desert in North America. The region was declared a biosphere reserve by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) in 1993, and 10 years later it was designated a World Heritage Site.

Source: <https://mexiconewsdaily.com/news/enormous-craters-and-giant-dunes-in-sonoran-desert/>



Meteor Crater - Arizona, USA

Meteor Crater formed approximately 50,000 years ago by the impact of a 100,000-ton iron-nickel meteorite, ~30 m in diameter, which struck at an approximate speed of 12-20 km/sec. The Canyon Diablo meteorite, so named for the small canyon to the west of the crater, exploded with the force of over 2 million tons of TNT (or about 150 times the force of the atomic bomb detonated over Hiroshima). The impact blasted millions of tons of sandstone and limestone out of the crater, and this pulverized rock was redeposited on the plain around the crater along with fragments of the Canyon Diablo meteorite, impact melt (shock-melted sandstone and limestone), and metallic spherules (ballistically dispersed droplets of melted meteorite). This redeposited material is the crater's ejecta blanket. Geologic and petrologic studies of Meteor Crater, especially the works of Daniel Barringer and Eugene Shoemaker, have demonstrated conclusive evidence for the impact origin of the crater and provided diagnostic scientific tools needed to recognize impact structures throughout the Solar System.

Source: <https://www.usgs.gov/centers/astrogeology-science-center/science/meteor-crater-sample-collection>



Wolfe Creek Crater - Western Australia

It is accessed via the Tanami Road 150 km (93 mi) south of the town of Halls Creek. The crater is central to the Wolfe Creek Meteorite Crater National Park. The crater averages about 875 metres (2,871 ft) in diameter, 60 metres (200 ft) from rim to present crater floor. It is estimated that the meteorite that formed it was about 15 metres (49 ft) in diameter and had a mass of about 14,000 tonnes. For many years it was thought to have been created around 300,000 years ago, but in 2019, following investigations by researchers from Portsmouth University together with Australian and US researchers, it is now estimated to be less than 120,000 years old, placing the event in the Late Pleistocene. Small numbers of iron meteorites have been found in the vicinity of the crater, as well as larger so-called 'shale-balls', rounded objects made of iron oxide, some weighing as much as 250 kilograms (550 lb).

Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Wolfe_Creek_Crater



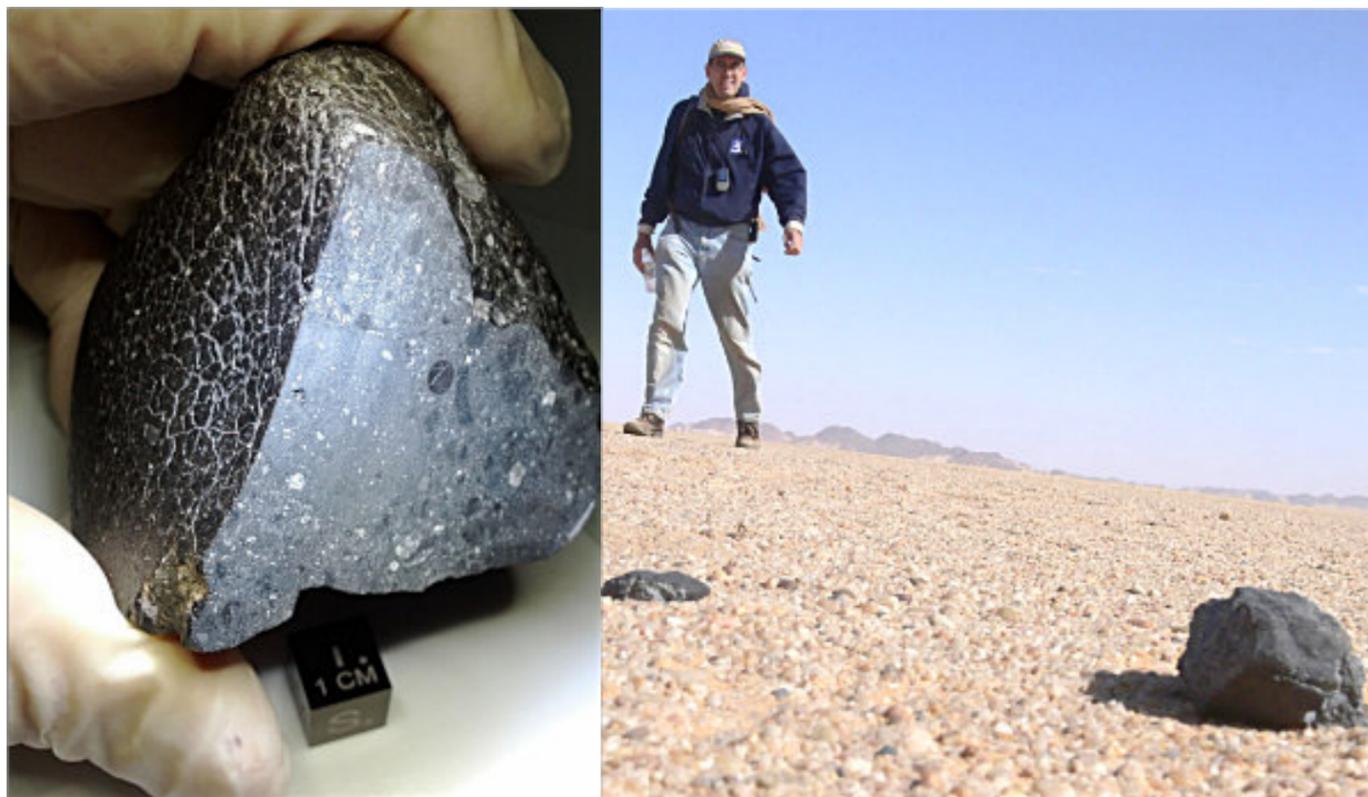
Pingualuit Crater - Canada

Pingualuit Crater was created approximately 1.4 million years ago when a meteorite struck the Earth, generating an explosive impact 8500 times the power of the Hiroshima atomic bomb. It hit the ground at a near vertical angle, resulting in a crater that is almost perfectly circular—a rarity amongst meteorite craters on Earth. When the ice sheet receded after the most recent ice age, the crater filled with water—creating an astonishingly clear, 267-metre deep lake in Nunavik, northern Quebec. The lake was so circular and so blue that the Inuit who inhabit the area aptly nicknamed it “The Crystal Eye of Nunavik”. Because it is only fed by precipitation such as rain and snow, Pingualuit Crater Lake is one of the clearest freshwater lakes in the world. A Secchi disk, a device used to measure water transparency, can be seen at a depth of 35 metres under the lake’s surface.

Source: <https://www.mint.ca/en/blog/2023-03-impact-of-pingualuit-crater?srltid=AfmBOop3UBo09maHYdu9i7l8l3KU9YhDtO6s5yUSLxp2E4aX-3TOZE4x>

Meteors & Meteorites Facts

<https://science.nasa.gov/solar-system/meteors-meteorites/facts/>



PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Kharoll Sofía Ávila Bonilla

Análisis de tendencias de variables del ciclo hidrológico en el Parque Nacional Natural Chingaza y sus posibles vínculos con cambio y variabilidad climática y cambios en la cobertura del bosque Amazónico

Universidad Nacional de Colombia - Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ingeniería - Recursos Hidráulicos. 2025.

Sustentante: **Kharoll Sofía Ávila Bonilla.**

Director de Tesis: *Ph.D. Erasmo Alfredo Rodríguez Sandoval.*

Resumen

El Páramo de Chingaza desempeña un papel crucial para Bogotá, puesto que abastece al 70% de los habitantes de la ciudad. Comprender la alteración de las variables hidroclimatológicas y su relación con el cambio y la variabilidad climática, y con el cambio de cobertura permite tomar decisiones más informadas para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la región. Mediante la aplicación del test de Man-Kendall y Sen's Slope se analizaron las tendencias en las variables hidroclimatológicas en el Parque Nacional Natural Chingaza (PNN Chingaza). Los resultados revelan que el 82% de las series de precipitación convencional presentan tendencias no significativas mixtas. En contraste, tres de las cinco cuencas estudiadas registran disminuciones en el caudal medio. En la evapotranspiración, se identifican tendencias crecientes significativas con incrementos de 6 mm por decenio. Mediante el análisis de datos de cobertura y uso del suelo reportados por MapBiomas se identificaron altas correlaciones en el test de Spearman (0.80 y 0.64) entre la pérdida del bosque amazónico y el comportamiento de las series de caudal medio en el PNN Chingaza. Mediante previa validación realizada a los mapas de MapBiomas se obtuvo una precisión general del 96%. Se encontró que cambios impulsados por el clima y por el paisaje han generado desplazamientos importantes de las cuencas en el espacio de Budyko. En cuanto a la influencia de la deforestación de la Amazonia en el PNN Chingaza, se evidencian disminuciones en el caudal medio, posiblemente asociadas a alteraciones de los flujos aéreos de agua en forma de vapor ("Ríos voladores") que se ven reflejadas en las entradas al sistema, especialmente en la precipitación horizontal. En consecuencia, resulta esencial la implementación de estrategias a nivel local y regional para garantizar la continuidad de los servicios ecosistémicos que el páramo y el bosque amazónico prestan.



Figura 1.1. Localización del Parque Nacional Natural Chingaza, PNN Chingaza.

Erlich, R. N., T. Villamil, and J. Keens-Dumas, 2003, Controls on the deposition of Upper Cretaceous organic carbon-rich rocks from Costa Rica to Suriname, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*, p. 1–45.

Controls on the Deposition of Upper Cretaceous Organic Carbon-rich Rocks from Costa Rica to Suriname

R. N. Erlich

Burlington Resources International, Houston, Texas, U.S.A.

T. Villamil¹

Ecopetrol, Bogotá, Colombia

J. Keens-Dumas

Petrotrin, Pointe-a-Pierre, Trinidad and Tobago

ABSTRACT

The deposition of organic carbon-rich sediments during the Late Cretaceous in northern South America was controlled by global and local oceanographic, climatic, and tectonic variables. Key in establishing “source rock” depositional systems across the region were eustatic sea-level rise, warming global sea-surface temperatures, the formation of low-latitude saline bottom waters, and a relatively constant supply of fine-grained hemipelagic sediment (mostly derived from the south and east). Specific paleobathymetric conditions enhanced the development of stagnant water masses from the proto-Caribbean plate to Suriname. Organic-matter preservation was aided by the presence of these water masses across the region. Primary productivity was elevated above “normal” marine levels only in the protocentral Caribbean and along the ancestral Costa Rica/Panama island arc, or during seasonal upwelling in northern South America.

Cooler, wetter climatic conditions that began in the late Santonian also were modified by regional and local variables. The development of new intermediate/bottom-water masses, increased polar heat transport caused by improved deep-ocean circulation, and fluctuations in volcanogenic CO₂ provided a background effect for local variables such as bathymetry and topography. The development of oxygenated high-latitude water masses provided a means for ventilation of stagnant, low-oxygen bottom waters across northern South America and the central Caribbean. Stronger seasonal upwelling (increased wind stress caused by better polar heat transport, and northward movement of the South American

¹Present affiliation: Lukoil Overseas Colombia, Bogotá, Colombia.

Geoquímica ambiental en suelo, agua y vegetación de la zona de exploración geotérmica de Aocolco, Puebla, México

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, 2022

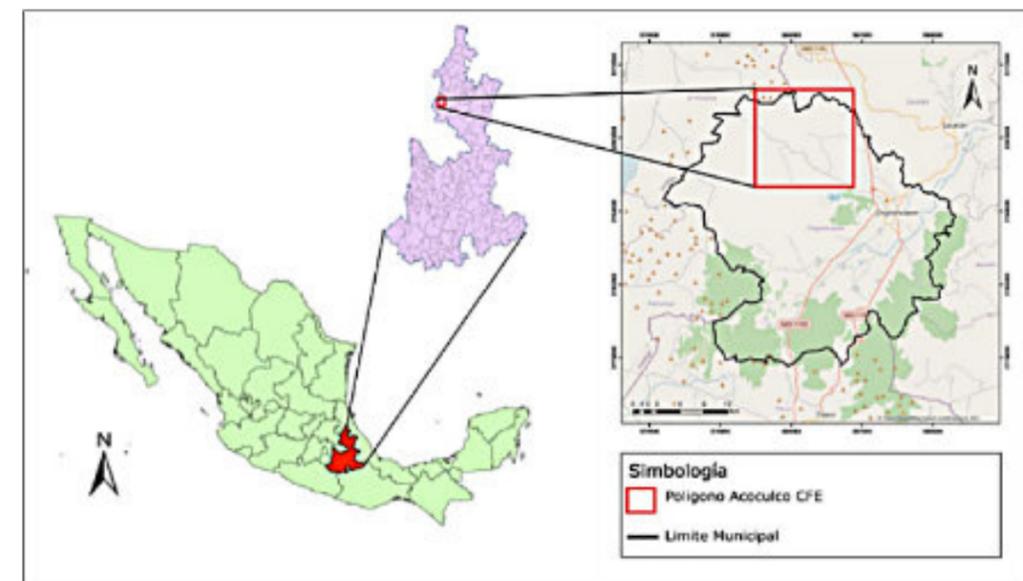
Sustentante: **Daniel Vela Godínez.**

Directora de tesis: *Dra. Zayre Ivonne González Acevedo.*

Resumen.

Los sistemas hidrotermales han sido ampliamente estudiados por el gran interés que se ha tenido para la generación de energía geotermoeléctrica, pero existen pocos estudios de geoquímica ambiental, especialmente en zonas de baja permeabilidad, como lo ha demostrado ser la zona de exploración geotérmica de Aocolco, Puebla. El sitio está caracterizado por una alteración hidrotermal argílica, manifestaciones frías con fluidos ácidos, emisiones de gases y temperaturas superficiales entre 10 y 26 °C. Dichas condiciones, pueden propiciar el transporte de elementos químicos potencialmente tóxicos entre el suelo, el agua y la vegetación circundante. Por lo anterior, se propone investigar la correlación entre los elementos químicos inorgánicos de importancia ambiental presentes en las diferentes fases del suelo, con su presencia en forma disuelta en el agua y en la vegetación circundante en la zona de exploración geotérmica de Aocolco, Puebla. Para analizar los elementos químicos en las fracciones del suelo, se utilizó el método de extracción secuencial, propuesto por Tessier en 1979 y modificado por Rauret y colaboradores en el 2000. Para el material vegetal, se realizó una digestión ácida con el método propuesto por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) de Estados Unidos. El análisis y cuantificación de los elementos químicos presentes en las muestras de suelo, agua y vegetación se realizó con equipos de plasma de acoplamiento inductivo con espectrometría de emisión óptica (ICP-OES) para análisis de elementos mayores y con espectrometría de masas (ICP-MS) para análisis de elementos traza.

Los resultados más importantes de esta investigación, revelan que los gases como el CO₂ y H₂S están generando un ambiente ácido, gracias a la disolución de éstos en el agua. Su interacción con el suelo, propicia que los iones metálicos mayoritarios y elementos traza se encuentren principalmente en la fracción intercambiable. A través de reacciones oxidoreducción pasan a la fracción de hidróxidos de Fe y Mn del suelo pudiendo así ser aprovechados por plantas y hongos circundantes. Estos procesos se observaron en las zonas hidrotermales de Los Azufres y Alcaparrosa, sitios con los menores valores de pH tanto en agua como en el suelo. Es importante resaltar la alta concentración de As en el agua, que sobrepasa 4 veces la concentración que recomienda la NOM-127-SSA1-2017 como límite máximo permisible, así como la presencia de sulfatos y de Fe disuelto. Estas concentraciones representan un riesgo para la salud ambiental y humana en la zona.



XI Congreso Geológico de España

Visualizando afloramientos con aplicaciones de geolocalización geográfica.

Reviewing outcrops with geographic geolocation tools.

C. Giraldo Ceballos¹

¹ Ingeoexpert, C. de Velázquez 157, 28002 Madrid, cgiraldoc1958@gmail.com

Resumen: Se quiere destacar la fundamental importancia de realizar un análisis exhaustivo de los afloramientos, como parte de un reconocimiento geológico idóneo. Gracias a las imágenes satelitales de carácter público, que permiten geolocalizar los afloramientos o zonas de interés, se pueden analizar a distancia zonas remotas y optimizar misiones de campo. Además, en algunos casos se pueden describir afloramientos con cierto nivel de detalle, gracias a las imágenes a "pie de calle". Se muestran varios afloramientos en las cuales además de realizar labores de campo, se complementan las observaciones con imágenes que permiten afinar los posibles modelos geológicos. Los afloramientos evaluados están en: Kota Kinabalu (Malasia), Guayllabamba (Ecuador), Venezuela oriental y en la Cuenca de Madrid.

Palabras clave: Afloramientos, Borneo, Ecuador, Venezuela, Cuenca de Madrid.

Abstract: The fundamental importance of conducting an exhaustive analysis of the outcrops is highlighted, as part of an ideal geological reconnaissance. Thanks to public satellite images, which allow outcrops or areas of interest to be geolocated, remote areas can be analysed, and field missions can be optimised. Furthermore, in some cases outcrops are described with a certain level of detail, thanks to "Street View" images. Several outcrops are shown in which, in addition to conducting field work, the observations are complemented with images that allow the possible geological models to be refined. The evaluated outcrops are in: Kota Kinabalu (Malaysia), Guayllabamba (Ecuador), Eastern Venezuela, and Madrid Basin.

Key words: Outcrops, Borneo, Ecuador, Venezuela, Madrid Basin.

INTRODUCCIÓN

A principios de 2020 el autor decidió ubicar algunos afloramientos en mapas actualizados, como son aquellos disponibles en las aplicaciones "Google Maps" y "Google Earth". Al mismo tiempo, la navegación virtual a lo largo de carreteras y autopistas le ha permitido generar interesantes vistas panorámicas. Este es el caso de varios afloramientos ubicados en Malasia, Ecuador y Venezuela (Fig.1); en este último país no está activa la opción del visualizador "a pie de calle" ("Street-View"). Igualmente, esta metodología de reconocimiento geológico a distancia ha permitido documentar espectaculares deformaciones miocenas, del tipo "soft - sediment deformations" que afloran en los alrededores de los distritos de Vallecas y Vicálvaro (Madrid).

La idea de este trabajo es la de destacar la importancia de actualizar y documentar la ubicación de nuestros afloramientos, actividad básica para divulgación, planificación de misiones de campo y otras actividades importantes relacionadas con las geociencias. Durante la presentación oral, se añadirán detalles relacionados con la geología regional y con la evolución tectónica.

Para más detalles didácticos, se recomienda consultar Alfaro et al. (2007) y Fleming (2022). Por otro lado, se hará especial énfasis en la importancia de validar las observaciones virtuales, con las aquellas realizadas durante las salidas de campo.

MALASIA (KOTA KINABALU)

Durante una excursión al campo realizada en enero del 2020 (Fig. 2) en Kota Kinabalu (Malasia, isla de

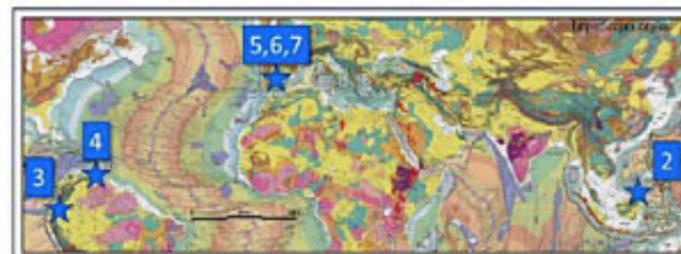


FIGURA 1. Ubicación de las figuras. Las coordenadas geográficas de los afloramientos se indican en las leyendas respectivas. Mapa geológico de Bosyssc (2014).

Horbury, A. D., S. Hall, F. González-P., D. Rodríguez-F., A. Reyes-F., P. Ortiz-G., M. Martínez-M., and G. Quintanilla-R., 2003, Tectonic sequence stratigraphy of the western margin of the Gulf of Mexico in the late Mesozoic and Cenozoic: Less passive than previously imagined, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 184–245.

Tectonic Sequence Stratigraphy of the Western Margin of the Gulf of Mexico in the Late Mesozoic and Cenozoic: Less Passive than Previously Imagined

Andrew D. Horbury
Cambridge Carbonates Ltd., Solihull, West Midlands, U.K. and Royal Holloway College, University of London, U.K.

Stephen Hall¹
StrucOil Inc., Houston, Texas, U.S.A.

Francisco González-P.
PEP, Tampico, Mexico

Dioniso Rodríguez-F.
PEP, Tampico, Mexico

Armando Reyes-F.
PEP, Tampico, Mexico

Patricia Ortiz-G.
PEP, Tampico, Mexico

Martín Martínez-M.
PEP, Tampico, Mexico

Guillermo Quintanilla-R.
PEP, Tampico, Mexico

ABSTRACT

Middle Eocene compression resulted in formation of the Sierra Madre Oriental fold and thrust belt and end-early Miocene compression resulted in formation of the Chiapas-Campeche fold and thrust belt. These events mask the importance of other periods of deformation, principally in the Middle–Late Jurassic, Late Cretaceous, and Paleogene. Deformation is represented by folding, thick-skinned thrusting, basin inversion, and development of major angular unconformities. Associated features include development of karstification, production of breccias, onlap, lowstand wedges, seeding of carbonate platforms, entry of siliciclastic sediments into carbonate basins, significant switches in input directions of clastic sedimentary systems, initiation of extensional tectonism basinward of the compressive deformation front and igneous activity.

We propose that, during the late Mesozoic and the Cenozoic, Pacific plate-margin compressive deformation often extended eastward into the Gulf of

¹Present affiliation: Woodside Petroleum Ltd., Perth, Australia.

Determinación del estado de equilibrio químico fluido-roca del yacimiento geotérmico Cerro Prieto (CP-I), Baja California, a partir de la geotermometría de solutos

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, 2022

Sustentante: **Annely Reyna Avilez**

Director de tesis: *Dr. Efraín Gómez Arias.*

Resumen.

El estado de equilibrio en un sistema geotérmico se puede determinar a partir de la interacción fluido-roca que se lleva a cabo en el yacimiento, donde la composición química de los fluidos (vapor y agua) dependerá del tiempo de interacción con la roca y de la temperatura, lo que resulta un cambio en la composición mineralógica de la roca (alteración mineral) del yacimiento. La temperatura del yacimiento se puede estimar a partir del uso de geotermómetros, los cuales son ecuaciones analíticas desarrolladas a partir de la composición química de fluidos y del estado de equilibrio químico que existe entre la interacción fluido-roca. Cuando hay variación en las condiciones de equilibrio la estimación de la temperatura con la geotermometría puede ser equivocada. En el presente trabajo, se realizó un análisis termodinámico-químico del estado de equilibrio fluido-roca del campo geotérmico de Cerro Prieto (CP-I), a partir de información de la composición química de fluidos de pozos. Se desarrolló un programa (en lenguaje fortran) para el cálculo de las actividades iónicas y coeficientes de actividad para los principales constituyentes iónicos disueltos en las aguas geotérmicas (Na⁺, K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺) y a partir de diagramas de estabilidad mineral se observó que los fluidos geotérmicos del campo tienden al equilibrio entre los minerales microclina (feldespatos-K) y albita (plagioclasa-Na). El mineral que gobierna al Ca²⁺ en el fluido es la wairakita. Con esto se determinó que el CGCP-I se encuentra en cuasi-equilibrio en un estado metaestable a una temperatura de 280 °C. Se desarrollaron geotermómetros basados en actividades iónicas y relaciones de concentración para Na/K, cuyas estimaciones de temperatura presentan errores normalizados de ±10% con respecto a la temperatura del yacimiento, demostrando una reducción en la incertidumbre de las estimaciones en comparación con las ecuaciones clásicas. Este trabajo propone que con el desarrollo de geotermómetros basados en la composición química del campo geotérmico y las temperaturas de fondo de pozo (BHT) se tendría un mejor control y un monitoreo más eficaz en la estimación de las temperaturas del yacimiento y con ello complementar estudios para identificar nuevas áreas con potencial de producción en el campo geotérmico.

Geoquímica e isotopía de las aguas del acuífero de Celaya, Guanajuato (México): descifrando el origen del termalismo

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2024.

Sustentante: **Aliuska Peña Reyna.**

Director de Tesis: *Dr. Claudio Inguaggiato.*

Resumen

La geoquímica e isotopía de los fluidos termales permiten determinar su origen y realizar estudios enfocados en la exploración de sistemas geotérmicos. Las investigaciones recientes de las aguas termales en la zona de Celaya hasta Querétaro reportan temperaturas en las aguas de hasta ~90°C, pero aún no se ha profundizado el origen del termalismo en las cercanías de Celaya. Para abordar esta problemática se caracterizó geoquímicamente e isotópicamente las aguas del acuífero de Celaya (AC) en Guanajuato (México). Las aguas analizadas en el AC son principalmente bicarbonatadas sódica y se agruparon en función de la temperatura en: Grupo 1 con T<20.1°C, Grupo 2 con 20.1<T(°C)>40 y Grupo 3 con T>40°C. La temperatura más alta de equilibrio del fluido (170°C) en profundidad se estimó con el geotermómetro de cuarzo en la muestra PLA. Las aguas termales del AC se caracterizan por altas concentraciones de CO₂ y He disuelto, superiores a las del agua saturada en aire. El aporte de He mantélico se encuentra entre 2.8 y 27%. Los resultados de CO₂ y He de este estudio se compararon con datos publicados de Celaya y Querétaro. Las mayores proporciones relativas de CO₂ se encuentran en los gases burbujeantes de Los Geysers, el pozo geotérmico de Celaya (PCEL) y la muestra PLA. Los mayores aportes de He mantélico en la zona de Celaya y Querétaro se encuentra en las muestras SR2(26%), PLA (27%), PCEL (31.4%) de Celaya, así como SAL (34%) y EL (39%) de Querétaro. El modelo del magma aging se simuló a partir de la concentración de U y Th y las edades de las rocas en el AC. Se estimaron relaciones R/R₀ de 0.12 y 0.19 para las andesitas y los basaltos del AC, respectivamente. Los valores de R/R₀ estimados son inferiores a los analizados en las aguas del AC (0.61-1.99R₀); indicando que existe aporte de He mantélico o que ocurrió un magmatismo más reciente que las rocas datadas en el AC. Las relaciones R/R₀ disminuye desde Los Azufres hasta Celaya y Querétaro, permitiendo sugerir que la desgasificación magmática enriquecida en ³He migra a través de sistemas de fallas regionales.

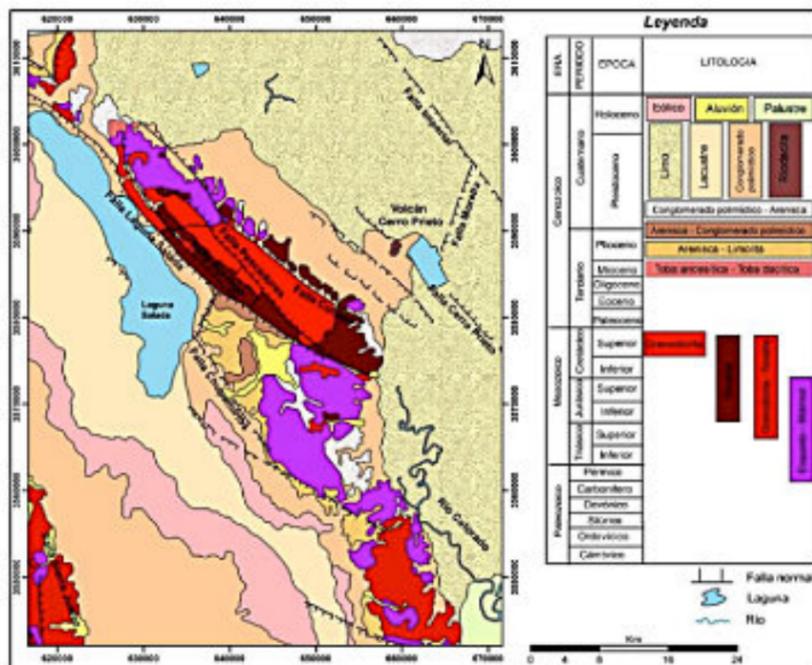


Figura 1.1. Mapa geológico regional para el campo geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) (tomado de Macías-Vázquez y Rocha-López, 2013).

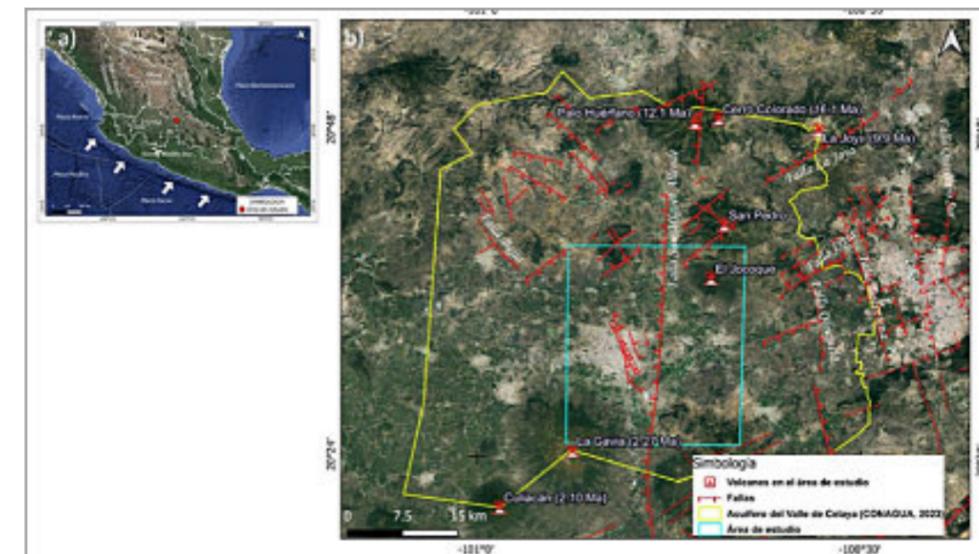


Figura 1.1. Mapa de ubicación geográfica, a) Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. Modificado de Gómez-Tuena et al. (2007), b) Área de estudio en el acuífero del Valle de Celaya (AC). Sistema de Fallas Taxco-San Miguel Allende, Ixtla y La Joya (Alaniz-Álvarez et al., 2002), Fallas Cimatarío, Obrajuelo y Querétaro (Carreón-Freyre et al., 2016).

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/04/Moretti-et-al.-2003.pdf>

Moretti, I., R. Tenreyro, E. Linares, J. G. Lopez, J. Letouzey, C. Magnier, F. Gaumet, J. C. Lecomte, J. O. Lopez, and S. Zimine, 2003, Petroleum system of the Cuban northwest offshore zone, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 675–696.

Petroleum System of the Cuban Northwest Offshore Zone

I. Moretti

Institut Français du Pétrole, Rueil
Malmaison, France

R. Tenreyro

Cuba Petroleo(CUPET), La Habana, Cuba

E. Linares

Cuba Petroleo(CUPET), La Habana, Cuba

J. G. Lopez

Cuba Petroleo(CUPET), La Habana, Cuba

J. Letouzey

Institut Français du Pétrole, Rueil
Malmaison, France

C. Magnier

Institut Français du Pétrole, Rueil
Malmaison, France

F. Gaumet

Institut Français du Pétrole, Rueil
Malmaison, France

J. C. Lecomte

Institut Français du Pétrole, Rueil
Malmaison, France

J. O. Lopez

Cuba Petroleo(CUPET), La Habana, Cuba

S. Zimine

Compagnie Générale de Géophysique,
Massy, France

ABSTRACT

In order to quantify the petroleum potential of the northwest offshore zone of Cuba, the source-rock potential has been estimated as well as the maturation level and the possible migration pathways. An interpretation of new seismic lines acquired by Compagnie Générale de Géophysique (CGG) has been coupled with field work and well data synthesis. To better characterize the source rocks, Institut Français du Pétrole's (IFP) Rock-Eval 6 apparatus was run on about 300 samples, and the analyses have been added to the existing IFP and Cuba Petroleo's (CUPET) databases. Specific kinetic parameters have been computed and modeling has been performed using both 1-D and 2-D models of maturation and migration processes.

Several source-rock intervals could be defined in the area: (1) synrift clastic Jurassic, (2) deep-basin Upper Jurassic and Lower Cretaceous carbonate formations, and (3) Middle Cretaceous facies, also carbonates. One of the main results of this study is evidence of the potential of a deep petroleum system in the siliciclastic rift sequence. Shales from a Middle Jurassic synrift section initially appear to have good potential, depending on the maturity of the offshore zone, sufficient depth of the initial synrift half grabens, and the postrift carbonates being several

Análisis de la evolución del flujo de agua subterránea en el acuífero Allende – Piedras Negras mediante técnicas geoestadísticas.

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesina que para obtener el título de Especialista en Agua Subterránea. 2024.

Sustentante: **Ing. Nadia Alvarado Enciso.**

Director de Tesina: *Dr. Saúl Arciniega Esparza.*

Resumen

El acuífero Allende Piedras Negras (APN) en el estado de Coahuila, es un acuífero transfronterizo compartido entre México y Estados Unidos de gran interés debido a que es una fuente importante de agua subterránea para la región y debido a que descarga agua al Río Bravo. Sin embargo, se ha observado que ha sufrido cambios en su disponibilidad de agua debido al aumento del bombeo y a sequías extraordinarias. Para analizar estos cambios, se estudió la evolución del nivel y flujo de agua subterránea mediante técnicas geoestadísticas a partir de datos de niveles estáticos de pozos en ocho años entre el 2005 y 2017. Para este análisis se empleó el método de Kriging Regresión, utilizando el modelo de elevación digital con el fin de obtener las variaciones del nivel estático y las líneas de flujo subterráneo en la extensión del conglomerado de la Formación Sabinas-Reynosa y los depósitos aluviales que conforman el acuífero somero del APN. Además, se analizó la relación de los cambios de nivel y flujo de agua subterránea con el volumen de agua concesionada y con la precipitación en el área del acuífero. Los resultados indican un cambio negativo del nivel de agua en el acuífero entre los años 2005 y 2017, siendo el mayor cambio en el 2012, donde hubo un decremento de 2.8 m respecto al nivel promedio espacial del 2010 (de 314.1 m a 311.3 m). Por su parte, la dirección del flujo subterráneo en general se mantiene de suroeste a noreste, a excepción de zonas que reflejan el relieve del terreno o las extracciones. Hay dos principales cambios en su configuración provocados por extracciones, localizados cerca de los altos topográficos del APN. Se observa que la variación general del nivel estático en el acuífero está influenciada principalmente por condiciones climatológicas, mientras que las variaciones en el flujo subterráneo están influenciadas principalmente por extracciones locales.

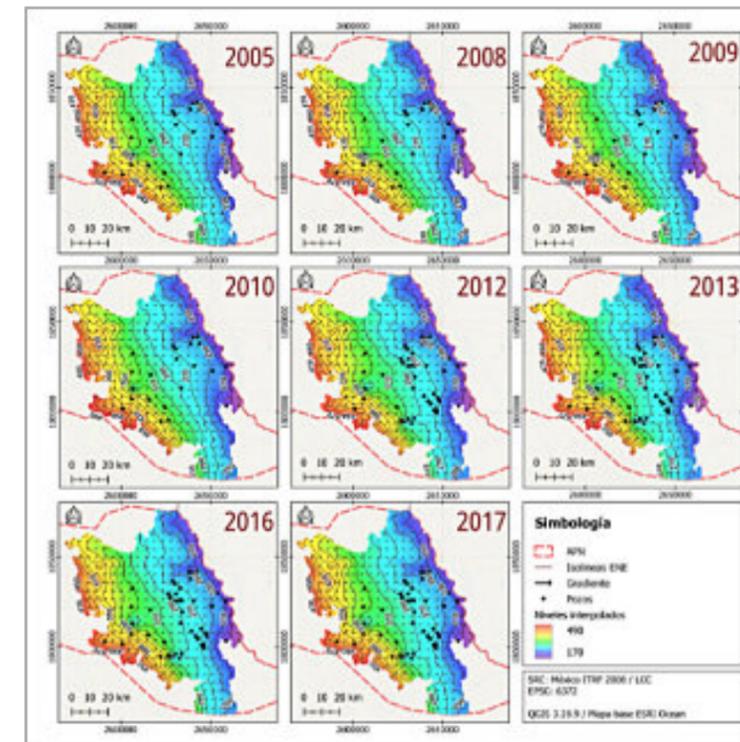


Figura 1.1. Interpolaciones resultantes.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/04/Dyer-and-Bartolini-2004.pdf>

Sabinas Basin Lower Cretaceous to Jurassic Production— Comparison to South Texas Equivalents

Dyer, M.J. and Bartolini, C.

IHS Energy, 5333 Westheimer, Suite 100, Houston, Texas 77095

Abstract

This paper will attempt to draw some analogies to structural and stratigraphic similarities and differences between the productive Lower Cretaceous/Jurassic strata of the Sabinas Basin in Mexico with that of the San Marcos Arch area of South Texas where a wildcat drilled in 1969 logged interesting gas shows in a lower Hosston dolomite. The possibilities for production in the South Texas strata will be postulated based on these analogies. Jurassic to Lower Cretaceous stratigraphy has been correlated from the San Marcos Platform to the northern Burgos and Sabinas Basins of northern Mexico. The correlations and analogs between the two are important for exploration in South Texas. Lower Cretaceous to Jurassic strata of the Sabinas Basin include three important plays that produce from fractured formations; La Virgen, La Casita, and La Gloria have produced a combined 375 Bcfg with two important new discoveries described.

Both Texas and Mexican data have been utilised, including well logs illustrating mutual stratigraphic relationships. A comparison of the productive structures of the Sabinas Basin to well logs and the seismic definition of a Jurassic wildcat drilled on the southeastern flank of the San Marcos Arch, suggests that similar productive trends for the South Texas area may be possible. The Hosston dolomite overlies the Cotton Valley shale, a proven source rock that is postulated to be within the gas generation window. Large down-to-the-basin growth faults in the area created rollover anticlines, potential gas targets in fractured upper Sligo to Cotton Valley strata.

Introduction

The map in Figure 1 illustrates the study area from the San Marcos Platform of South Texas to the Sabinas Basin of northeastern Mexico, and Figure 2 illustrates the stratigraphic correlation of the formations in both basins. Figure 1 depicts that production from the Lower Cretaceous Sligo Formation in South Texas is predominantly from wells within the reef trend with the exception of four producers in Maverick County and one producer in McMullen County located on the edge of a salt dome (IHS Energy, 2004). In contrast, with the exception of the Anahuac and Totonaca fields located within the Lower Cretaceous Cupido shelf margin, the productive fields in the Sabinas Basin are located on the platform behind the margin. The papers published by González-García, 1984; Eguiluz de A., 1996, 1997, 1999 and Ziga-Rodríguez et al., 2003, give an excellent overview of the Sabinas Basin while the South Texas area has been covered by several prominent researchers (Tucker, 1965; Bebout and Loucks, 1977; Bebout et al., 1981; Budd and Loucks, 1981). Although referred to in many publications, the San Marcos Platform has not been studied in great detail, likewise several interesting deep wildcats have been drilled in the area. Based on our analysis of the two areas, there are three important factors concerning the productive Lower Cretaceous/Jurassic formations of the Sabinas Basin that are analogous to what is seen in the description of the Mobil #1 Dixon et al wildcat drilled in 1969 on the San Marcos Platform with implications for potential production in South Texas and include: rock properties, productive structures, and hydrocarbon generation and migration history.

Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, Volume 54, 2004

Variabilidad climática milenaria y foraminíferos planctónicos durante el Pleistoceno medio en el margen sur de la Península Ibérica

Universidad de Salamanca, España - Tesis Doctoral. 2024.

Sustentante: **Lucía Alonso Azibeiro.**

Director de Tesis: *Dr. Francisco Javier Sierro Sánchez.*

Resumen.

A lo largo de las últimas décadas, se han elaborado numerosas investigaciones paleoclimáticas en el Mediterráneo occidental con el objetivo de caracterizar la variabilidad climática milenaria del sur de la Península Ibérica. Varias investigaciones realizadas en los últimos años sobre el Pleistoceno medio del Atlántico norte, han ayudado a entender mejor este periodo y la relación entre el avance y retroceso de los casquetes glaciales, los cambios climáticos de escala milenaria, la circulación meridional de retorno en el Atlántico y los intercambios interhemisféricos. Sin embargo, a pesar de ser un periodo en el cual se produjeron cambios sustanciales en el clima de la Tierra, todavía existen pocos datos sobre la evolución climática durante el Pleistoceno medio en zonas de latitudes medias, incluido el Mediterráneo.

En el proyecto planteado para la presente tesis doctoral, se proyectaron una serie de estudios que permitiesen incrementar el conocimiento y participar del debate sobre la evolución climática del margen sur de la Península ibérica durante el Pleistoceno medio.

El primero de los estudios, recopilado en el capítulo 2, analiza y discute la evolución de las propiedades químicas y físicas de la salida de agua mediterránea al Atlántico (*MOW-Mediterranean Outflow Water*) durante los últimos 250 ka. Este artículo, centrado en las muestras del Site U1389 en el Golfo de Cádiz, unifica análisis sedimentarios, análisis isotópicos de las conchas de foraminíferos planctónicos y bentónicos ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$), así como reconstrucciones de la temperatura superficial del mar (SST-Sea Surface Temperature) y estimaciones del valor isotópico del agua del mar ($\delta^{18}\text{O}_w$). La intercalación milenaria de estratos arenosos y estratos más fangosos, se interpretó en términos de intensidad de la MOW. Así, por ejemplo, en la sucesión estratigráfica de los últimos 250 ka se identificaron 10 intervalos fangosos, concordantes con ambientes más pelágicos, relacionados con caídas pronunciadas en la velocidad de la MOW. Estos intervalos coinciden con episodios de máxima insolación estival en el hemisferio norte (correlacionados con los sapropeles S1 a S9 en el Mediterráneo oriental), cuando los monzones africanos son más intensos e inyectan agua dulce en el Mediterráneo, decreciendo la formación de aguas profundas y reduciendo el gradiente de densidad entre el flujo de entrada y salida en Gibraltar. A pesar de que se caracterizan por ser periodos con menor intensidad de los monzones africanos y pérdidas netas de agua más extremas en el Mediterráneo, la velocidad de la MOW disminuyó en la mitad de los estadales tipo Heinrich (*HS-Heinrich stadials*), a diferencia de lo observado en el resto de estadales. Sin embargo, estas caídas en la intensidad no son tal, sino que reflejan una profundización de la MOW en su salida al Atlántico, asociadas a descensos del $\delta^{18}\text{O}$ del agua superficial en el Golfo de Cádiz y el Mediterráneo occidental. Destacan las profundizaciones durante el HS1 y HS11 en las terminaciones I y II. Los eventos de descarga de agua dulce de las capas de hielo euroasiáticas y norteamericanas durante los HS, redujeron la salinidad superficial de los mares de Labrador, Groenlandia y Noruega y, por tanto, la densidad de las aguas intermedias y profundas del Atlántico Norte, con evidentes consecuencias en su circulación. Este hecho redujo el gradiente de densidades al oeste de Gibraltar provocando una profundización de la MOW.

El segundo estudio, recopilado en el capítulo 3, completa los hallazgos obtenidos en el estudio anterior desde la perspectiva del flanco mediterráneo. El artículo asociado comprende la caracterización del flujo de aguas de deshielo desde las capas de hielo del norte hacia el Mediterráneo durante el estadio isotópico marino (*MIS-Marine Isotope Stage*) 12. Durante este estadio isotópico tuvo lugar la que fue, con toda probabilidad, la mayor glaciación de la historia de la Tierra de los últimos 300 millones de años. El volumen de hielo acumulado en los casquetes de la Antártida, América del norte, Groenlandia y Europa hizo descender el nivel medio de los océanos 20 m por debajo del nivel medio alcanzado en las otras glaciaciones. Mediante el estudio de datos isotópicos del $\delta^{18}\text{O}$ en foraminíferos planctónicos de los mares de Alborán (sondeo ODP 977) y Jónico (sondeo KC01B), así como de la estimación de la SST en ambos, se trató de reconstruir las variaciones en la composición isotópica de la entrada de agua atlántica a través del estrecho de Gibraltar, así como de otras potenciales entradas, a través del impacto de las variaciones en el registro del $\delta^{18}\text{O}_w$. La interpretación de los datos obtenidos confirmó una entrada predominante de agua de deshielo procedente del Atlántico entre 455 ka y el final del MIS 12 (424 ka), especialmente durante los HS. Esta entrada se identificó por valores bajos en el $\delta^{18}\text{O}_w$, baja SST y abundancias elevadas de *N. pachyderma*. Interpretando valores negativos en el gradiente E-O del $\delta^{18}\text{O}_w$ mediterráneo, se identificó una fuente significativa y adicional de agua dulce en la cuenca oriental. Esta agua empobrecida en ^{18}O podría haber sido transportada a través del río Po desde el casquete glaciar alpino, aunque no se puede descartar una fuente importante de agua de deshielo procedente del casquete glaciar de Fenoscandia a través del mar Caspio y del mar Negro. Esta entrada de agua dulce, amplificada por la subida del nivel del mar durante la Terminación V, fue el primer paso hacia una estratificación del Mediterráneo oriental, la cual disminuyó la ventilación de las aguas profundas culminando en la formación del sapropel S11 al inicio del MIS 11, probablemente favorecido por el aumento de la temperatura y de las precipitaciones.

El tercer estudio, que se recoge en el capítulo 4, analiza la composición de las asociaciones de foraminíferos planctónicos en sedimentos superficiales del Mediterráneo y su relación con múltiples variables ambientales. El objetivo fundamental de este estudio es identificar las variables ambientales que determinan la distribución de las asociaciones mediterráneas. Su importancia radica en esclarecer las posibles limitaciones de los métodos actuales de reconstrucción ambiental, así como abrir la puerta a la reconstrucción de la productividad en el mar Mediterráneo. Los análisis multivariantes llevados a cabo, concluyeron que la distribución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos del Mediterráneo moderno está controlada por la productividad y, por tanto, por la disponibilidad de nutrientes en la superficie, que están, a su vez controladas por la hidrografía del Mediterráneo. La variabilidad meridional está impulsada por la circulación superficial. Mientras que en el margen septentrional la circulación ciclónica favorece el ascenso de nutrientes profundos, el incremento de productividad fitoplanctónica y de especies de foraminíferos planctónicos indicadores de ambientes fríos y ricos en nutrientes (*CE-cold eutrophic*) (*Neogloboquadrina incompta*) *Globigerina bulloides*?, en el margen meridional predomina la profundización de la nutriclina debido a la circulación anticiclónica, con una menor productividad fitoplanctónica y una mayor productividad de especies de foraminíferos mesotróficas (*Globorotalia inflata*). Por el contrario, la variabilidad E-O está controlada por la diferencia en el volumen de los almacenes profundos de nutrientes entre el Mediterráneo oriental y el occidental debido a la circulación antiestuarina. Este factor ambiental controla el equilibrio entre las proporciones relativas de especies de aguas cálidas y oligotróficas (*WO-warm oligotrophic*) y especies CE. Aunque la mezcla invernal en el norte de la cuenca oriental debería promover el crecimiento fitoplanctónico, como en las zonas septentrionales de la cuenca occidental, la baja clorofila y abundancias de especies CE atestiguan el empobrecimiento en nutrientes de las aguas que han ascendido. Si bien la SST es la variable ambiental más reconstruida a partir de las asociaciones fósiles del Mediterráneo, nuestro análisis revela que la relación entre esta y la composición de las asociaciones de foraminíferos planctónicos es secundaria.

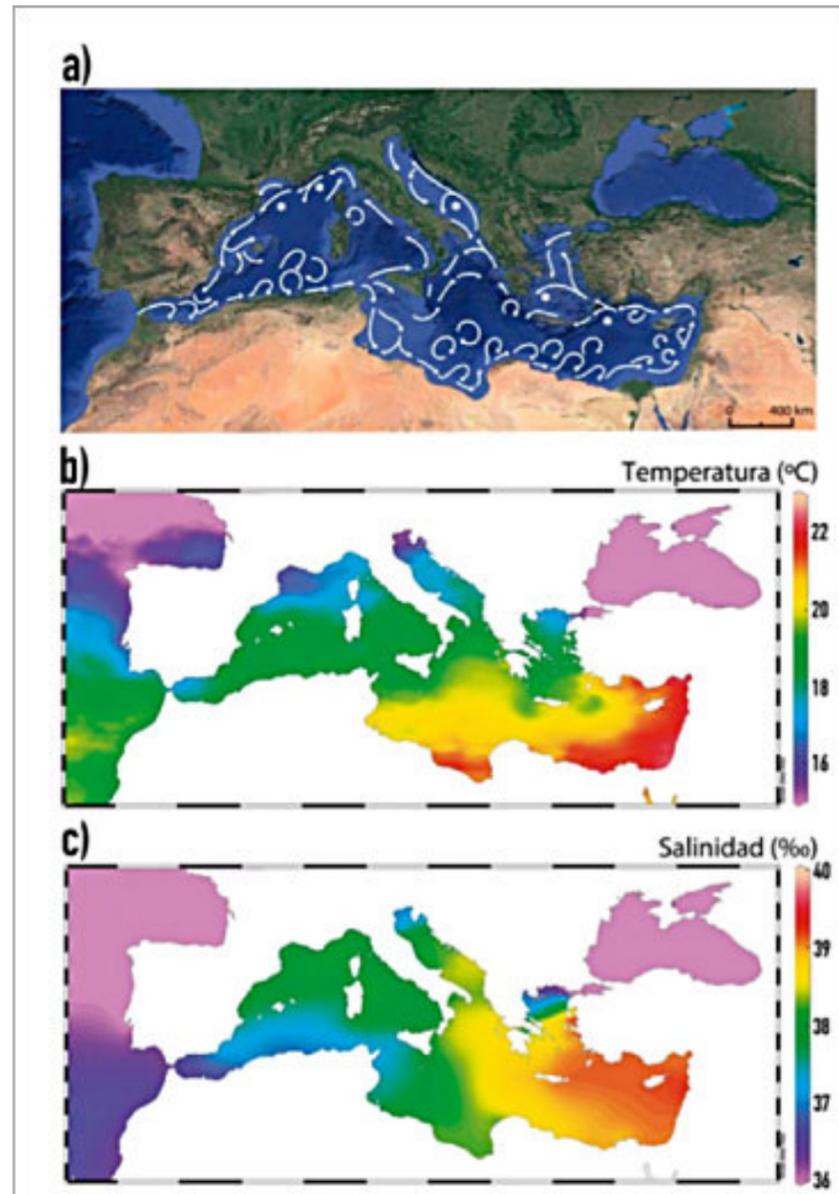


Figura 1.1. a) Mapa de la cuenca mediterránea, las flechas blancas indican las principales dinámicas de la circulación superficial. Los asteriscos registran las zonas de hundimiento de masas de agua (Modificado de Millot & Taupier-Letage, 2005a). Mapas de la (b) temperatura (°C) y (c) salinidad (psu) superficiales del Mediterráneo (Locarnini et al., 2018; Zweng et al., 2019).

Baranov V.V., Kebria-Ee Zadeh M-R., and Blodgett R.B. 2024. Late Famennian rhynchonellides (Brachiopoda) of northeast Iran. *Historical Biology*. P. 1–30. <https://doi.org/10.1080/08912963.2024.2341857>

Late Famennian rhynchonellides (Brachiopoda) of northeast Iran

Valeriy V. Baranov ^a, Mohammad-Reza Kebria-Ee Zadeh ^b and Robert B. Blodgett ^c

^aDiamond and Precious Metals Geology Institute, Siberian Division, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia;

^bDepartment of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran; ^cConsulting Geologist, Anchorage, AK, USA

ABSTRACT

The late Famennian Sarcheshmeh Member of the Khoshyeilagh Formation contains a sizeable rhynchonellide component comprised of eight genera and ten species, including *Golestanirhynchus golestanicus* sp. nov. *Petasmaria sartenaeri* sp. nov. *Tilabadirhynchus azadshahensis* gen. et sp. nov. *Tilabadirhynchus qeshlaqensis* gen. et sp. nov. and *Megalopterorhynchus chanakchiensis giganteus* subsp. nov. The characters of brachiopod biostratigraphical distribution in the Sarcheshmeh Member and correlation with conodont biozonation suggest that *Megalopterorhynchus chanakchiensis giganteus* does not cross the lower boundary of the *Bispathodus ultimus* Zone, while *Araratella anatolica* is probably confined to it. The pugnacoidean genus *Petasmaria* is reported for the first time outside of North America. The broad paleobiogeographic affinities of the late Famennian rhynchonellide assemblages from the Sarcheshmeh Member of the Alborz Region with the contemporaneous brachiopod faunas of Central Iran, Afghanistan and Transcaucasia corroborate the well-established pattern of increasing cosmopolitanism of the brachiopod faunas towards the end of the Devonian Period (Figs 1, 2).

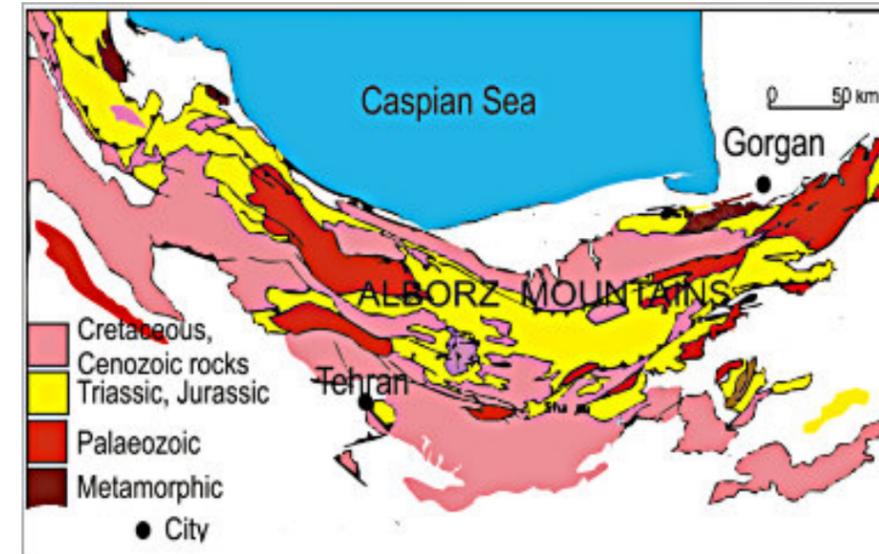
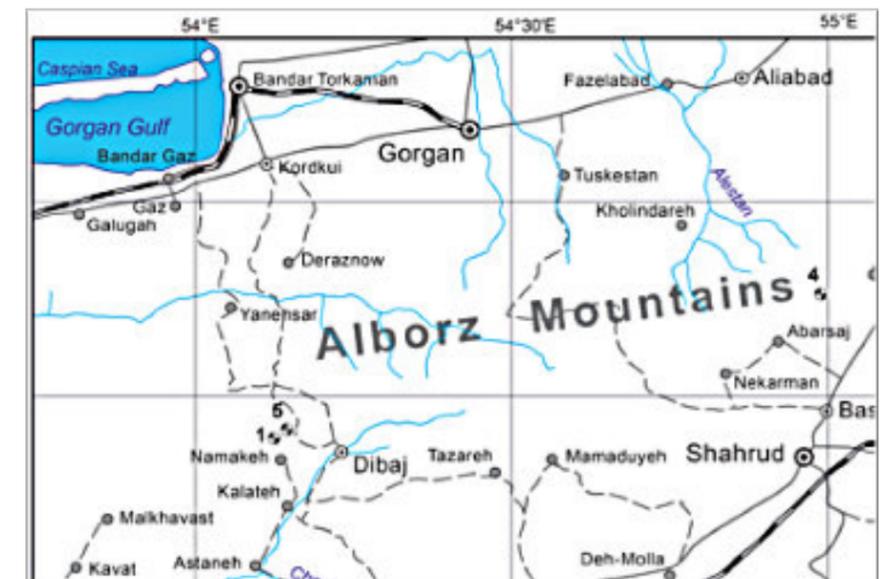


Figure 1. Simplified geological map of eastern Alborz Region (after Baranov et al. 2023).

Figure 2. Simplified geographical map of eastern Alborz Region showing position of fossil localities discussed in the paper: 1, Namaki; 2, Ghoznavi; 3, Khoshyeilagh; 4, Mighan; 5, area c. 36 km north-west of Dibaj with geographical coordinates 36°27'20"N, 54°08'29' E (after Baranov et al. 2018).



Inversión conjunta de datos geofísicos en ambientes geotérmicos utilizando enfoques petrofísicos

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias. 2024.

Sustentante: **Jonathan Carrillo López.**

Directores de Tesis: *Dr. Marco Antonio Pérez Flores y Dr. Marco Calò.*

Resumen

La interpretación de datos geofísicos para caracterizar el subsuelo es un área en constante desarrollo. Una de las ramas que trata de aprovechar los datos disponibles es la inversión conjunta de datos geofísicos para generar un modelo geofísico integral y compatible con datos de diferente origen. La idea detrás de la inversión conjunta es el aprovechamiento de los kernels de las diferentes metodologías para reducir el rango de posibles modelos solución, reducir el efecto del ruido en los datos, y producir modelos integrados más consistentes. El objetivo general de este trabajo de investigación es desarrollar un algoritmo de inversión conjunta de ondas sísmicas superficiales y de mediciones de gravedad mediante un enfoque petrofísico que permita maximizar el aprovechamiento de los kernels de ambos tipos de datos. Los experimentos con datos sintéticos demostraron que los modelos recuperados mediante inversión conjunta logran reconstruir estructuras complejas de manera más detallada y con mayor resolución a las obtenidas mediante inversión por separado, lo cual es evidente cuando se comparan numéricamente los factores de recuperación, y gráficamente las estructuras recuperadas. Un aspecto relevante de esta tesis es que finalmente las heterogeneidades en la dirección vertical de densidad que generalmente no se logran recuperar de manera confiable mediante inversión por separado, fueron reconstruidas satisfactoriamente con la inversión conjunta. Esto se debe a la buena sensibilidad de las ondas superficiales a estructuras verticales. Por otro lado, aunque menos evidente, la reconstrucción de las anomalías de velocidades de ondas de corte mejoró sobre todo en su capacidad de describir los límites laterales. Adicionalmente se implementaron dos estrategias de regularización para polinomios de grados altos: el operador D_g y la búsqueda secuencial. Ambas resultaron eficientes en la reducción de la variabilidad del polinomio recuperado. Sin embargo, la estrategia del operador D_g mostró ser más general y aplicable a un menor costo computacional, mientras que la estrategia secuencial mostró un mejor ajuste polinomial final, pero con un mayor costo computacional al tener que realizar la inversión completa para cada coeficiente. La metodología desarrollada se aplicó a datos sísmicos y gravimétricos reales recolectados en el campo Geotérmico de Los Humeros para corroborar la aplicabilidad del método en zonas altamente heterogéneas. Los modelos obtenidos mostraron compatibilidad con los estudios previos y con el conocimiento general de la estructura del campo geotérmico, agregando características que sólo podrían obtenerse con inversión conjunta. Además, la relación velocidad de corte-densidad encontrada nos brindó la posibilidad de realizar novedosas inferencias petrofísicas del área. La relación local encontrada subrayó la importancia de evitar suponer relaciones empíricas obtenidas de otras zonas, especialmente cuando se estudian medios geológicamente complejos. Dicha relación no concuerda con ninguna de las relaciones más conocidas y es, más bien, una combinación de varias de ellas abarcando diferentes tipos de rocas.

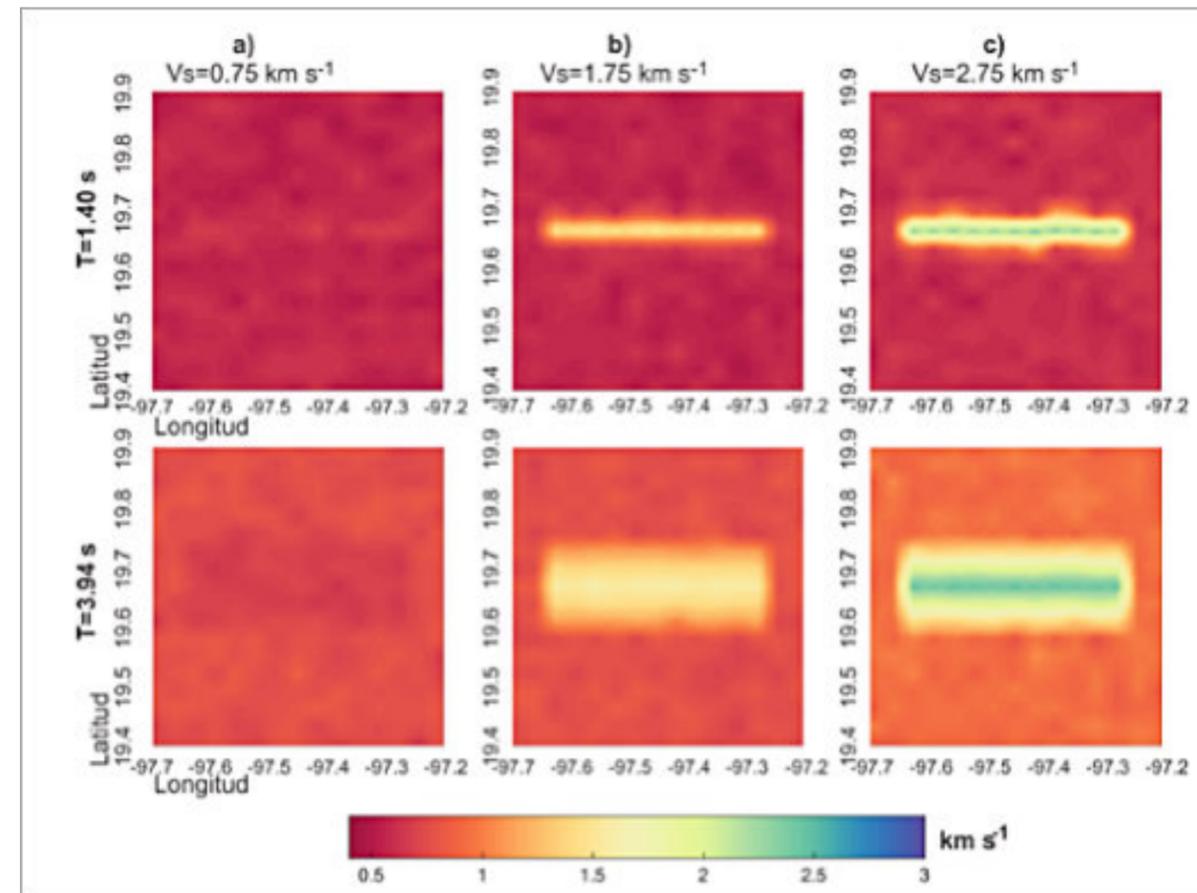
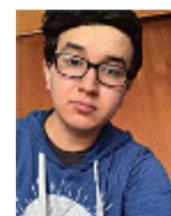


Figura 1.1. Mapa 2D de velocidades de fase de las ondas Rayleigh para los periodos dominantes $T=1.40$ s (paneles superiores) y $T=3.94$ s (paneles inferiores) generados mediante el modelo sintético cuyas velocidades de corte cambian en el cuerpo central: a) 0.75 km s^{-1} , b) 1.75 km s^{-1} y c) 2.75 km s^{-1} .

Compilación mensual de publicaciones y tesis por **Diego G. Miguel Vázquez**, Colaborador de la Revista.



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

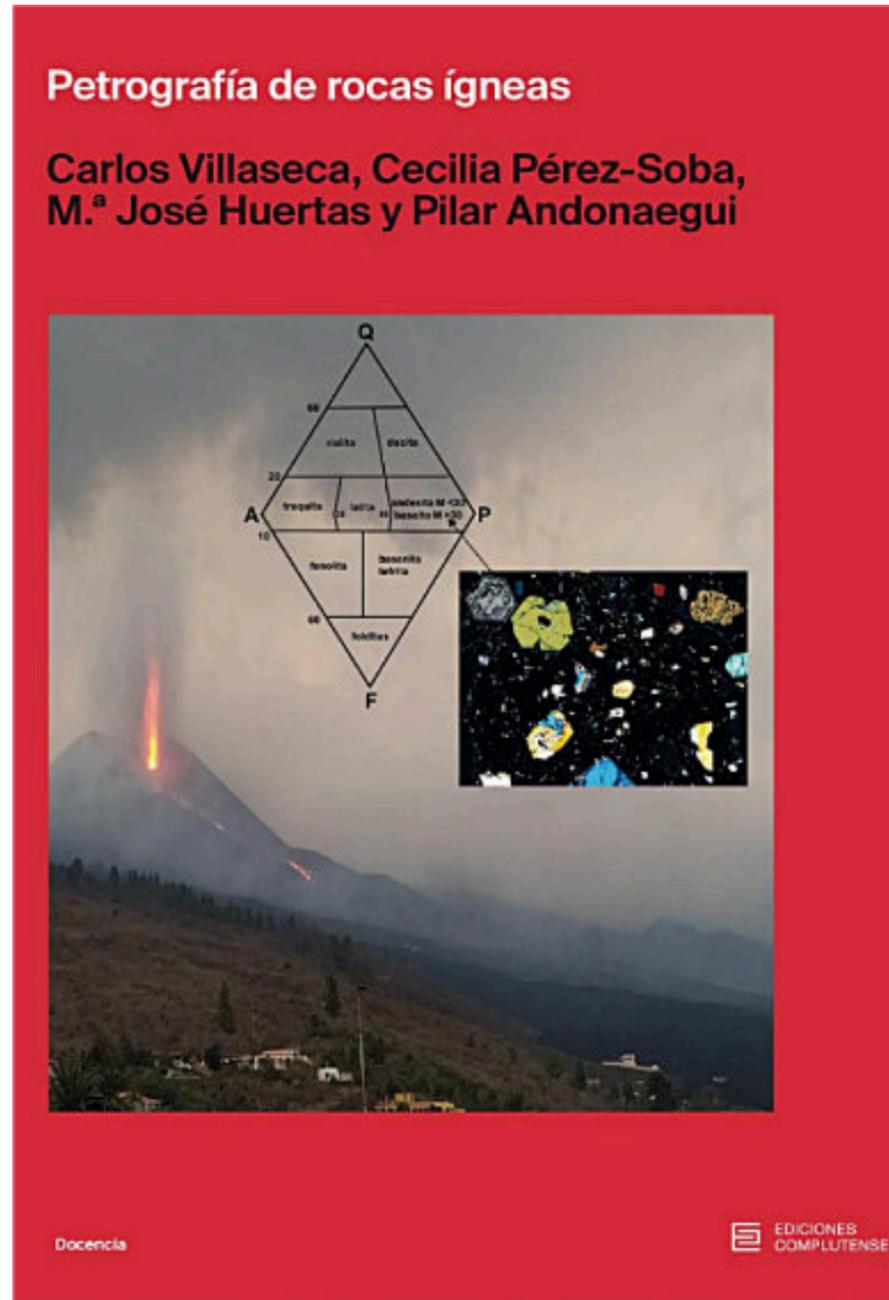
entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com

El libro recomendado

<https://www.amazon.es/Petrograf%C3%ADa-%C3%ADgneas-DOCENCIA-Villaseca-Gonz%C3%A1lez/dp/8466938850>

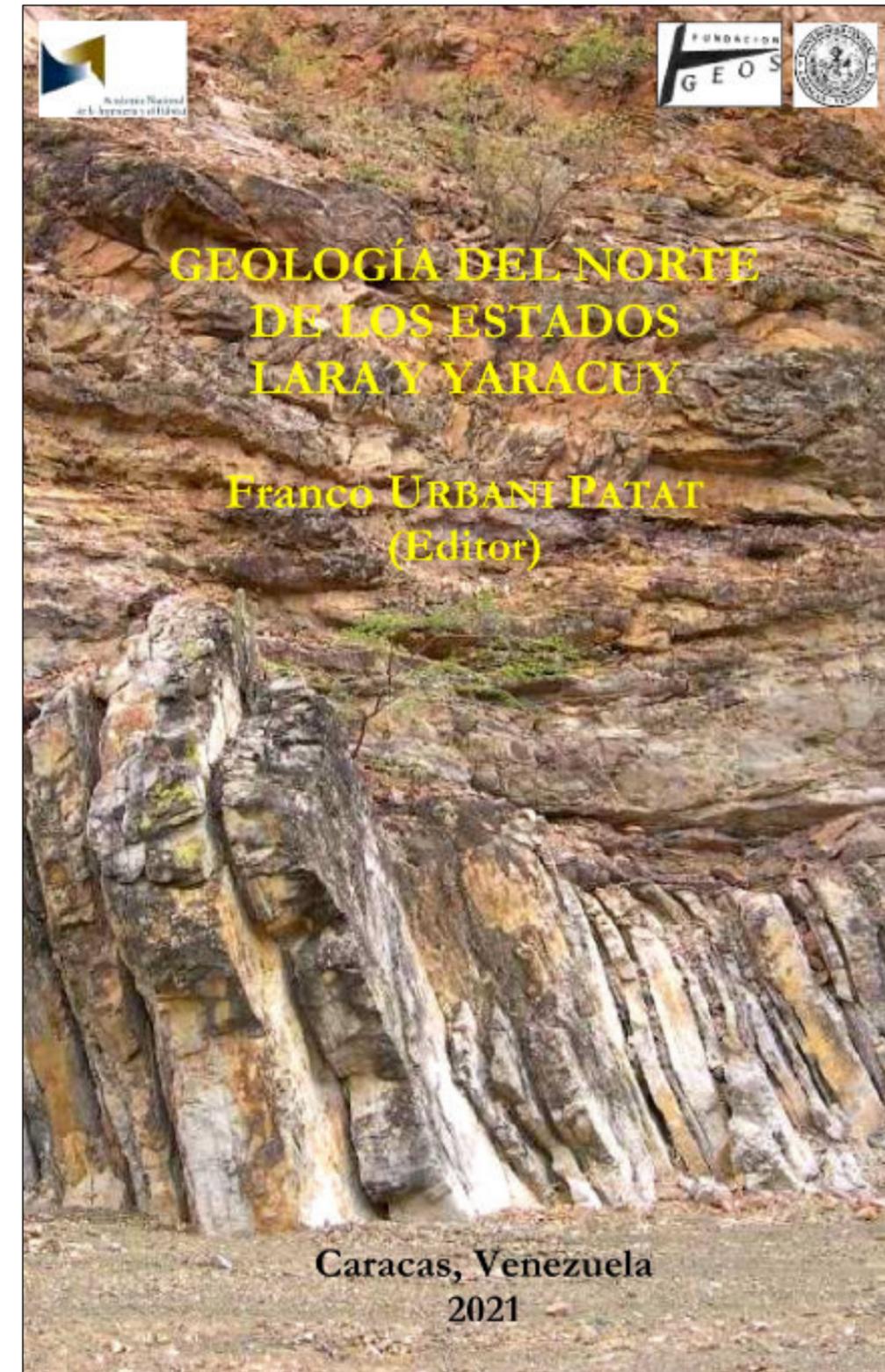
<https://www.ucm.es/ediciones-complutense/petrografia-de-rocas-igneas>



Manual teórico práctico que incluye atlas fotográfico sobre yacimientos ígneos, rocas volcánicas y plutónicas. Se trata de un manual conformado por un texto teórico y un atlas fotográfico con 245 fotografías de yacimientos ígneos, rocas en muestra de mano y al microscopio de luz transmitida. Todas las figuras han sido reseñadas con abreviaturas de uso internacional. Está pensado tanto para un uso autónomo por el estudiantado, como para su impartición en clases prácticas de centros universitarios o de investigación. El texto se ordena de forma lógica para poder describir y clasificar correctamente gran parte de las rocas ígneas. Además, se añaden para las rocas volcánicas con proporciones modales importantes de vidrio diagramas químicos recomendados.

El libro recomendado

<http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/libros/pubdocs/Urbani-Ed.-Geologia-norte-Lara-Yaracuy-Vol-1--2021.pdf>



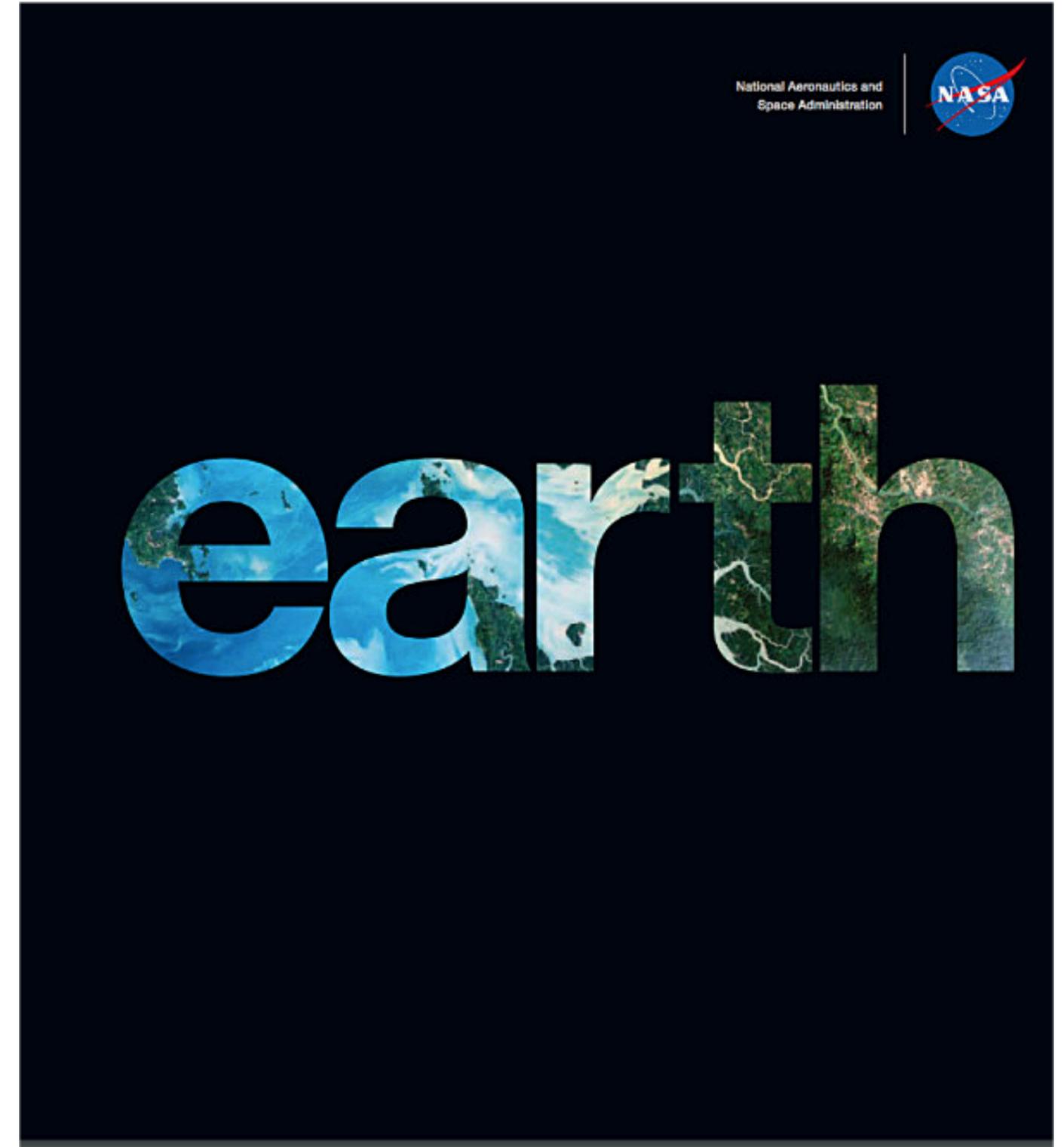
El libro recomendado

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.ado9966>



El libro recomendado

https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/04/earth_book_2019_tagged.pdf



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. La criticidad de China para la transformación energética.

Natalia Silva Cruz

Colaboradora de la Revista

El escenario económico mundial como lo conocemos podría experimentar cambios relevantes como resultado de las recientes tensiones comerciales entre los Estados Unidos y China, originadas en decisiones estratégicas acumuladas a lo largo de varios años y administraciones. En un esfuerzo por proteger sectores clave para el país, Estados Unidos ha implementado políticas que han generado reacciones por parte de China, incluyendo restricciones a la exportación de minerales críticos. Hablemos de aquellos elementos clave que produce y procesa China, de cuya gestión depende enormemente la transición energética sostenible y la integridad del desarrollo energético sostenible en el resto del planeta.

1. Tierras raras. Indispensables para la construcción de imanes permanentes de turbinas eólicas, así como para motores de vehículos eléctricos y otros elementos electrónicos. El proceso de refinado de elementos de tierras raras como neodimio, praseodimio, disprosio y terbio se hace en su gran mayoría en China, que cuenta con el 85% de la capacidad global. Sus plantas de procesamiento tienen suficiente experiencia y amplias dimensiones que no solo dan abasto para la producción interna, países como Myanmar, Australia y Estados Unidos envían materiales de tierras raras en bruto para su transformación. Afortunadamente, desde hace algunos años se está realizando una expansión de la capacidad de procesamiento en lugares como Australia y Estados Unidos, por lo que se podría hablar de alcanzar cierta independencia, así, el cuello de botella en el futuro no es propiamente el refinado sino la explotación minera, China producía para 2024 el 70% de tierras raras, seguido por los Estados Unidos con un 12%, Myanmar con el 8% y Australia, Tailandia y Nigeria con el 3%, cada uno¹. A partir del 11 de abril, China impuso fuertes restricciones a la exportación de tierras raras, incluyendo el requerimiento de la obtención de licencias ante el ministerio de comercio, un proceso que puede tardar entre 6 semanas a varios meses², en caso de ser aprobado.

2. Grafito. Actúa como ánodo en baterías de litio, dispositivos fundamentales para el almacenamiento de electricidad, ya sea la que es generada a partir de fuentes renovables como la energía solar o eólica, la utilizada por vehículos eléctricos, o la requerida en sistemas desconectados de la red eléctrica. China procesa el 90% del grafito mundial que es utilizado para baterías, y desde 2023 requiere permisos de exportación para ciertos productos de grafito, particularmente, para los Estados Unidos, adquirir dichos permisos conlleva un trámite más estricto que para el resto del mundo.

3. Galio. Se utiliza en la creación de celdas solares conformadas por semiconductores de tipo GaAs (arseniuro de galio) y GaN (nitruro de galio), reconocidos por presentar una de las eficiencias más altas en módulos solares, cerca de 37%, frente al 21% de las tradicionales celdas de silicio³. El galio se obtiene como un subproducto del refinado de la bauxita para obtener aluminio y de la esfalerita para extraer zinc. Tal como en los casos anteriores, China domina enormemente su obtención, en 2022 produjo 600 toneladas, el segundo productor fue Rusia, con apenas 5 toneladas⁴. China proveía una quinta parte del galio que importaban los Estados Unidos hasta diciembre de 2024⁵, a partir de esa fecha se prohibieron las exportaciones como retaliación a políticas comerciales estadounidenses que buscaban limitar el avance del desarrollo de semiconductores e inteligencia artificial en China.

4. Germanio. Usado en semiconductores y en celdas solares para uso espacial. China es responsable de la producción del 60% de germanio a nivel mundial⁶, también hace parte de los elementos, junto con el galio, cuya exportación está completamente detenida desde diciembre de 2024.

5. Antimonio. Componente de baterías y semiconductores. Si bien China tiene una proporción en la producción global menor que los casos anteriores con cerca del 50%, cuenta con prácticamente todo el mercado de su refinado. Su exportación a Estados Unidos también se encuentra totalmente estancada desde diciembre de 2024.

6. Magnesio. Hace parte de aleaciones de baja densidad muy apetecidas en la industria de vehículos eléctricos. Similar al caso del grafito, la exportación de China a los Estados Unidos de varias de estas aleaciones está sometida a revisiones estrictas con el objetivo de controlar el uso final que se les dará.

El impacto que tiene China en la transición energética global es indiscutible, su dominio en el mercado de materiales que son críticos para la generación y

almacenamiento de energía proveniente de fuentes sostenibles representa una desventaja considerable para el resto del planeta. La transformación energética cuenta con suficientes obstáculos, y políticas globales mal orientadas pueden arriesgar aún más su ya debilitado desarrollo y distribución, dificultando un avance eficaz en el control del cambio climático. Por esto, la cooperación internacional es parte de la base de una transición energética sostenible más equitativa y resiliente para todos.

¹Statista. Distribution of rare earths production worldwide as of 2024, by country. 2025. <https://www.statista.com/statistics/270277/mining-of-rare-earth-by-country/>

²Jackson, L. China's rare earth exports grind to a halt as trade war controls bite. Reuters. Abril 2025. https://www.reuters.com/markets/commodities/chinas-rare-earth-exports-grind-halt-trade-war-controls-bite-2025-04-11/?utm_source=chatgpt.com

³Alta Devices. Why Use Gallium Arsenide Solar Cells? – Alta Devices. Diciembre 2022. <https://www.altadevices.com/use-gallium-arsenide-solar-cells/>

⁴Statista. Primary production of gallium worldwide in 2022, by country. 2023. <https://www.statista.com/statistics/1441110/primary-production-of-gallium-worldwide-by-country/>

⁵Mining.com China bans export of gallium, germanium and antimony to the US. Diciembre 2024. https://www.mining.com/china-bans-export-of-gallium-germanium-and-antimony-to-the-us/?utm_source=chatgpt.com

⁶Reuters. What are Gallium and Germanium and which countries are producers? Julio 2023. <https://www.reuters.com/markets/commodities/where-are-strategic-materials-germanium-gallium-produced-2023-07-04/>



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.

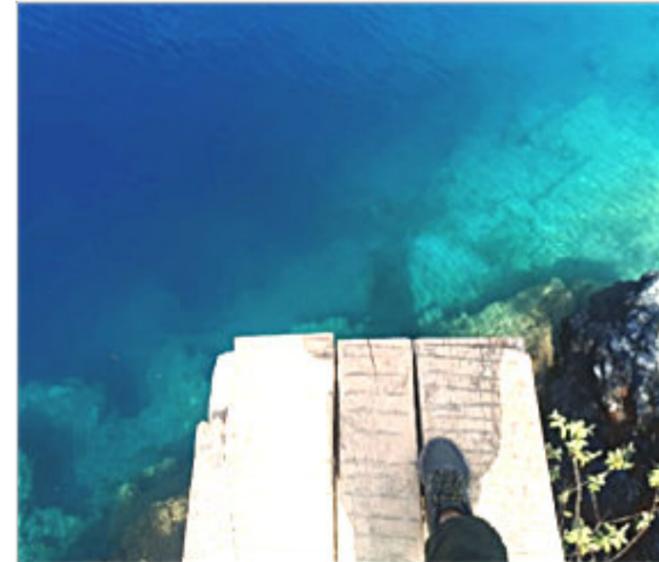
ensilvacruz@gmail.com

Parque Nacional Lagunas de Montebello

Laura Itzel González León

Colaboradora de la Revista

Al sur de México, en el área limítrofe con Guatemala, existe un lugar único conocido por preservar la riqueza biológica e hidrológica de dicha región; se trata del Parque Nacional Lagunas de Montebello, denominado así con sus 6'425 ha en el año 1959 y como sitio RAMSAR (humedales considerados de importancia internacional) en 2003. Es un sistema léntico-lótico compuesto por más de 50 lagos de origen kárstico pertenecientes a la cuenca del Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello. Los pobladores indican que en la región existe más de 100 lagunas debido a que gran parte de ellas se encuentran al interior de la masa arbórea.



Geológicamente, este Parque Nacional forma parte de la Provincia del Cinturón Chiapaneco de pliegues y fallas; se asienta sobre rocas carbonatadas del periodo Cretácico (144-66 M.a.), la estratigrafía más reciente pertenece a turbiditas y depósitos clásticos continentales. La continua interacción roca-agua ocasiona la presencia de múltiples dolinas y cavernas en la región. Los lagos de este sistema pueden clasificarse en aquellos de planicie, alimentados por canales del Río Grande de Comitán y los de montaña; estos últimos se encuentran ambientalmente menos impactados debido a que no mantienen ninguna conexión superficial con otros cuerpos (Durán, et al., 2014).

Actualmente este sitio se encuentra amenazado por el cambio de uso de suelo, la fragmentación del ecosistema, la sobreexplotación de recursos hídricos y forestales, la extensión urbana y la introducción de especies exóticas.

Visiblemente, esto se ve representado por tonalidades verdosas producto de la eutrofización de los cuerpos hídricos (REMEXCU, 2025; Saavedra, 2023).



Para una descripción completa de este parque los invito a leer el Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Lagunas de Montebello (CONANP, 2007). Si tienen la oportunidad de visitar este ecosistema tan maravilloso háganlo, recordando el principio de "No dejar rastro".



Más información:

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2007). Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Lagunas de Montebello. https://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Final_Montebello.pdf

Durán, I, Escolero, O., Muñoz, E., Castillo, M. y Silva G. (2014). Cartografía geomorfológica a escala 1:50,000 del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas



Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

Profesionista inclinada a la Geología aplicada a obras de ingeniería civil y a riesgos geológicos desencadenados por fenómenos antrópicos y naturales. Experiencia en

(México). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66 (2).

Red Mexicana de Cuencas. (2025). *Lagos Montebello, México*. <https://remexcu.org/index.php/grupos/fichas-informativas-de-lagos/mexico/lagos-montebello>

Saavedra, D. (2023). *Las Lagunas de Montebello pierden su color azul cristalino*. <https://www.gaceta.unam.mx/las-lagunas-de-montebello-pierden-su-color-azul-cristalino/>

levantamientos geológico-estructurales, logueo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

gleon.laura@gmail.com

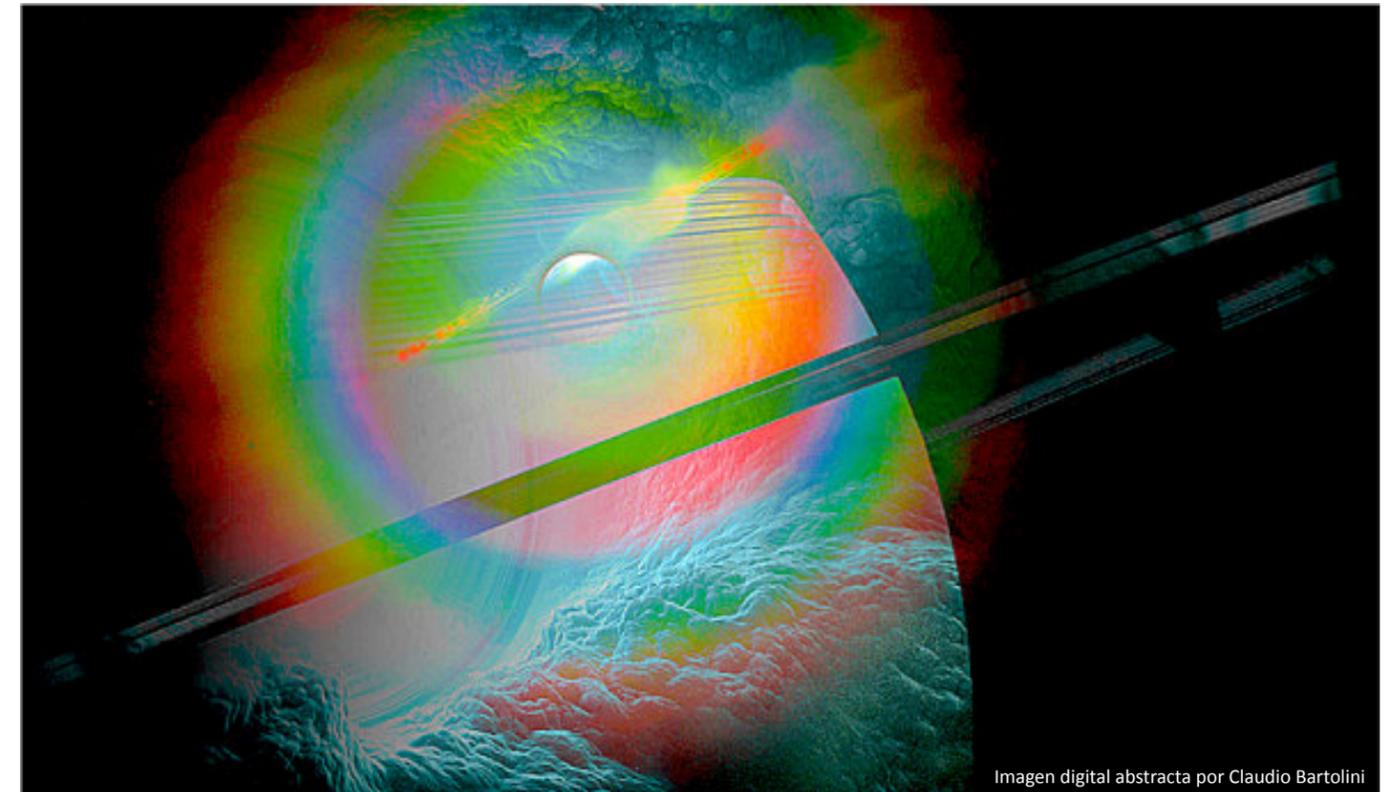


Imagen digital abstracta por Claudio Bartolini

La imaginación nos lleva a mundos en los que nunca estuvimos.

Carl Sagan

Revisión rápida de la Matriz Energética de México.

M. C. Luis Ángel Valencia Flores
Editor de la Revista

Qué es la Matriz Energética:

La Matriz Energética es el conjunto de todas las formas de energía que se producen y consumen en un país.

El significado de la Matriz de Energética, por lo tanto, es toda la energía disponible utilizada en los procesos de producción donde se transforma, se distribuye y se consume.

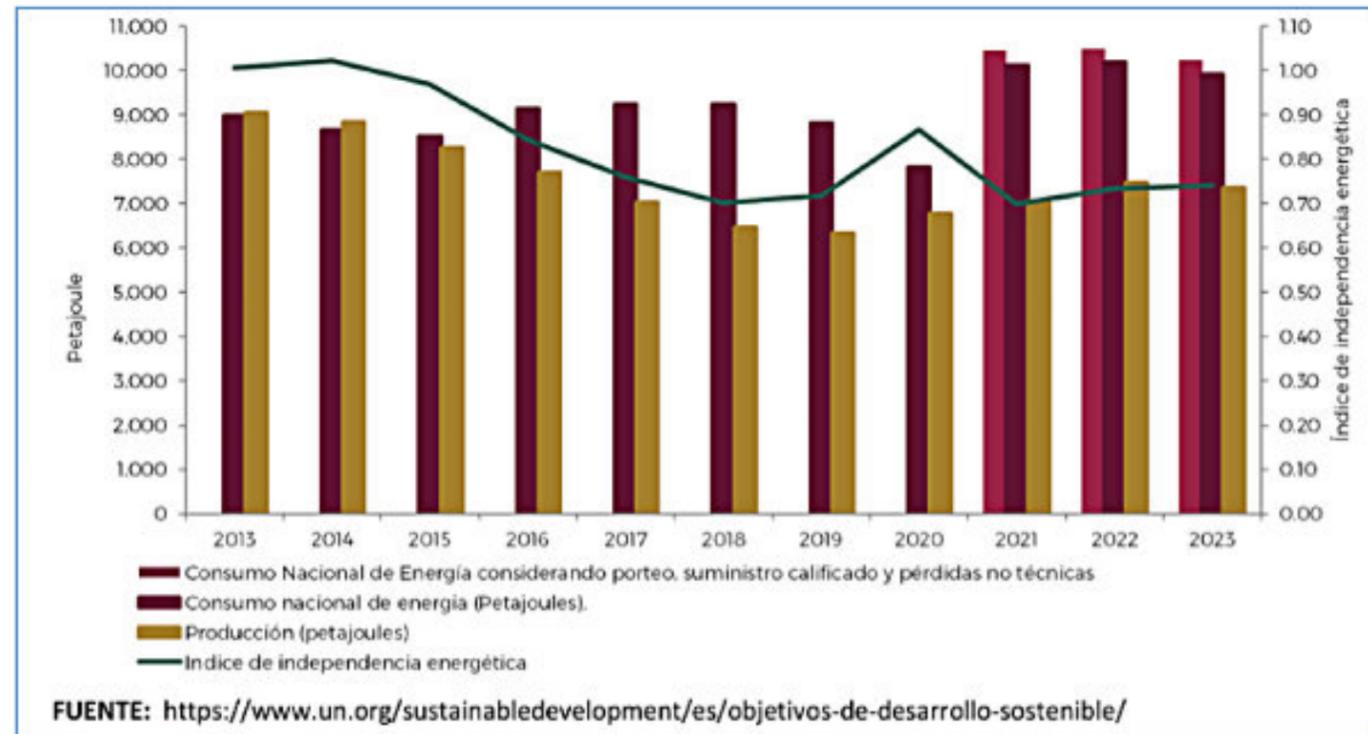
La Matriz Energética es un concepto cuantitativo de la energía disponible de un país, es decir, la cantidad de

recursos energéticos que ofrece un país o una región. A través de ella, es posible planificar actividades relacionadas con la producción de energía, la innovación, la gestión, el transporte y la venta.

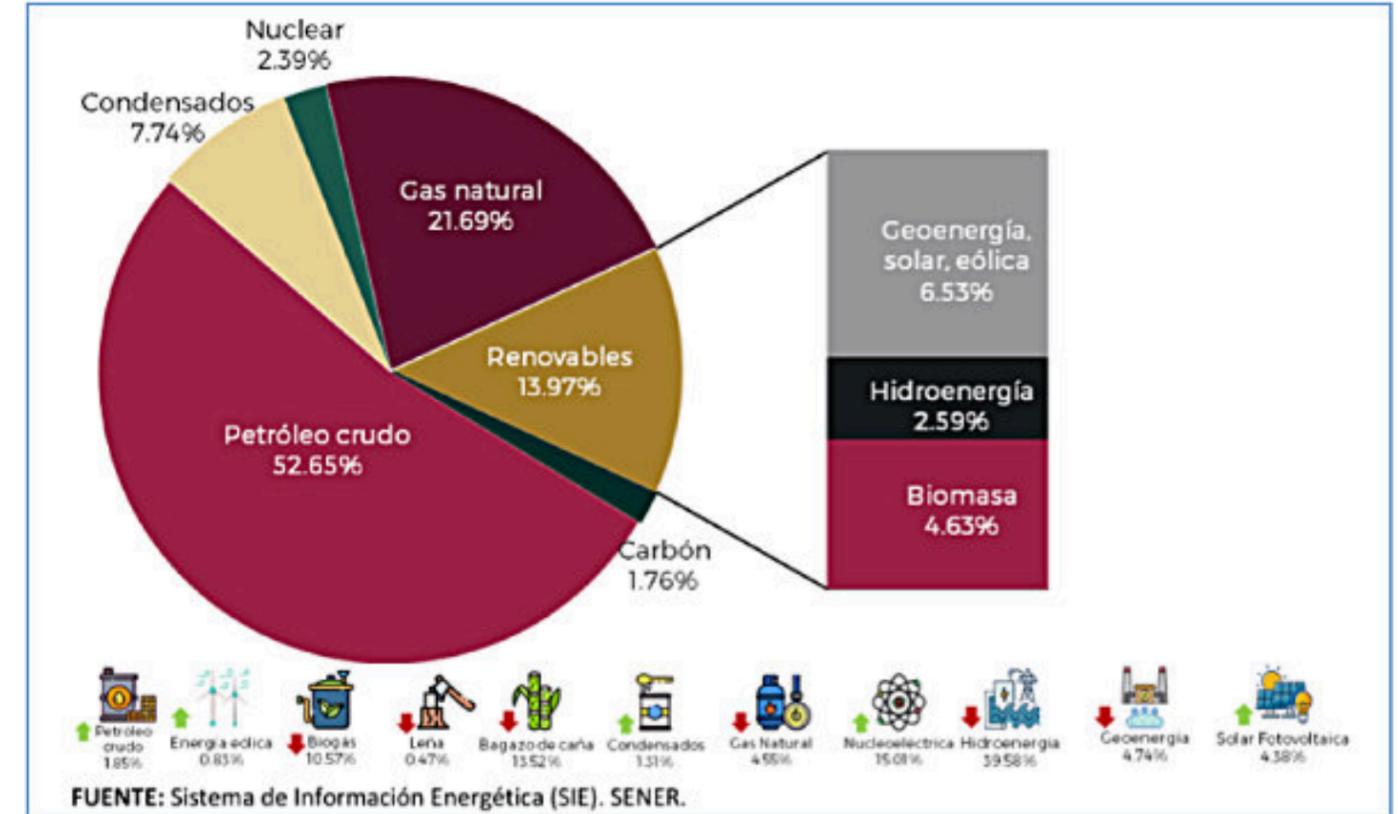
A continuación, se presentan datos basados en el "BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2023" emitido por el Gobierno de México, por su parte, la Matriz energética mundial se obtuvo del informe anual que publica la empresa British petroleum 2024: "ENERGY OUTLOOK 2024".

Matriz Energética Nacional 2023:

En 2023 el consumo de energía en México superó en 38.81% a la producción de la misma, este valor decreció respecto al 2022 en 3.64%, esto como consecuencia de los esfuerzos por tener un consumo energético más autosuficiente.



Relación producción-consumo.



Estructura de la producción de energía primaria, 2023 (Petajoules).

	2022	2023	Estructura porcentual (%) 2023	Variación porcentual (%) 2023/2022
Total	7,468.99	7,365.30	100.00	-1.39
Carbón	137.59	129.37	1.76	-5.98
Hidrocarburos	6,028.50	6,045.84	82.09	0.29
Petróleo crudo	3,807.56	3,878.16	52.65	1.85
Condensados	563.00	570.37	7.74	1.31
Gas natural	1,657.94	1,597.31	21.69	-3.66
Nucleoenergía	152.77	175.70	2.39	15.01
Renovables	1,150.13	1,014.39	13.77	-11.71
Hidroenergía	315.29	190.49	2.59	-39.58
Geoenergía	98.16	93.51	1.27	-4.74
Solar ³⁴	196.66	205.50	2.79	4.50
Energía eólica	180.54	182.05	2.47	0.83
Biogás	2.40	2.15	0.03	-1.60
Biomasa	357.08	340.69	4.63	-4.32
Bagazo de caña	112.61	97.38	1.32	-12.74
Leña	244.47	243.31	3.30	-0.47

FUENTE: Sistema de Información Energética (SIE). SENER.

Producción de energía primaria (Petajoules).

El consumo final de energía se compone por dos elementos: consumo no energético y el consumo energético total. El consumo final de energía mostró una disminución del 6.50% respecto al año previo, al pasar de 5,682.55 en 2022 a 5,313.42 PJ en 2023; este flujo corresponde a la energía que se destina al mercado interno o a las actividades productivas de la economía nacional. El consumo no energético presentó una disminución del 14.69% respecto a 2022.

El 0.97% del consumo final de energía en 2023 corresponde al consumo no energético, el cual se compone por 31.52% de productos energéticos de

Petroquímica de PEMEX y no energéticos derivados de petróleo crudo utilizados como insumos para la producción de diferentes bienes, y por el 68.48% correspondiente al consumo de otras ramas.

Por otra parte, el consumo energético total (5,261.96 PJ) se define como la energía destinada a satisfacer los requerimientos energéticos de los procesos y actividades económicas, así como la satisfacción de necesidades energéticas de la sociedad. En el año 2023 representó 51.50% del consumo nacional de energía y 99.03% del consumo final.

	2022	2023	Estructura porcentual (%) 2023	Variación porcentual (%) 2023/2022
Consumo final total	5,682.55	5,313.42	100.00	-6.50
Consumo no energético total	60.32	51.46	0.97	-14.69
Petroquímica de Pemex	15.99	16.22	0.31	1.43
Otras ramas	44.33	35.24	0.66	-20.50
Consumo energético total	5,622.24	5,261.96	99.03	-6.41
Transporte	2,670.78	2,567.72	48.33	-3.86
Industrial	1,476.99	1,238.96	23.32	-16.12
Residencial, comercial y público	990.36	972.58	18.30	-1.80
Agropecuario	188.14	183.22	3.45	-2.62
Porteo, suministro calificado y pérdidas no energéticas	295.97	299.49	5.64	1.19

FUENTE: Sistema de Información Energética (SIE). SENER.

Consumo final total de energía (Petajoules).

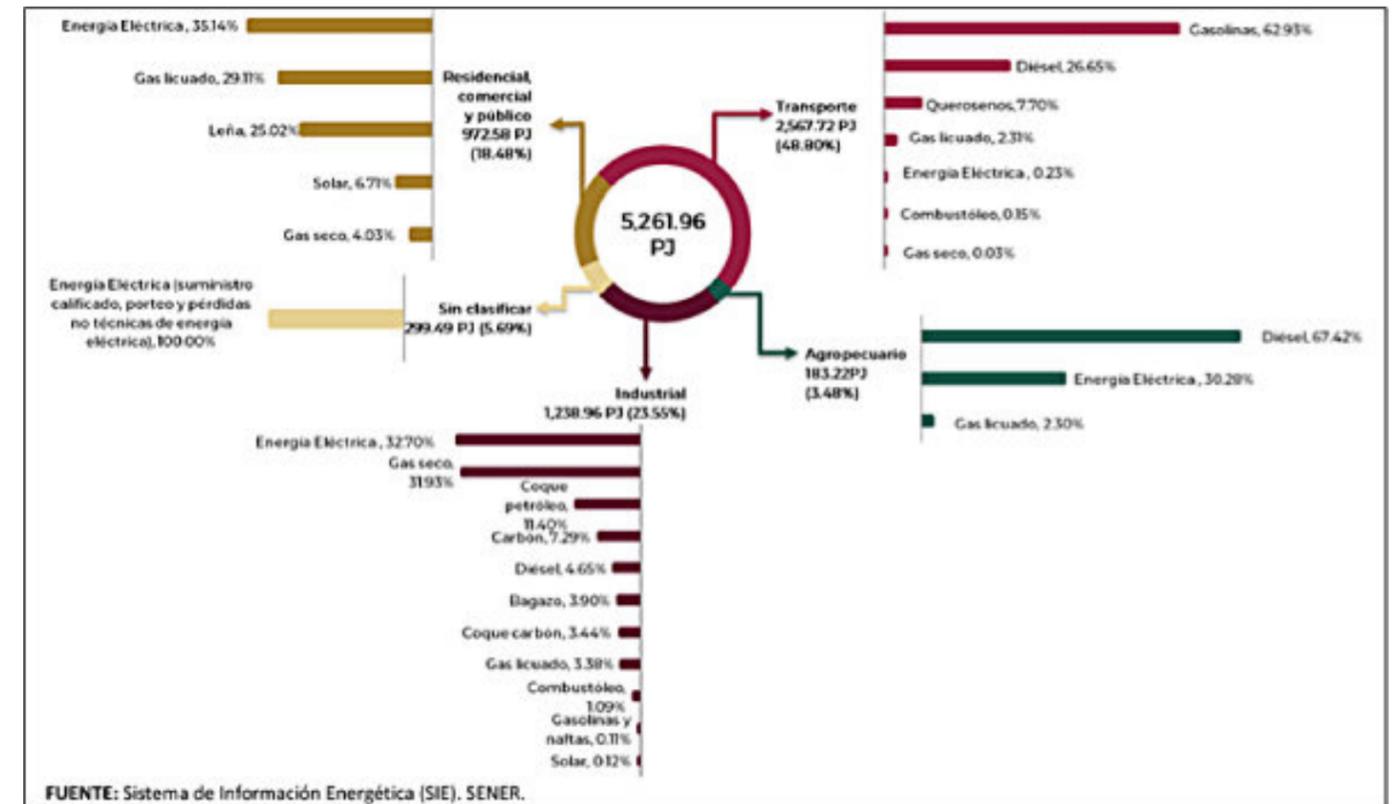
Dentro del consumo no energético, son los productos no energéticos los de mayor proporción y representaron 66.15% de dicho consumo, los cuales incluyen: asfaltos, lubricantes, aeroflex43, extracto furfural44, parafinas, azufre y negro de humo que son elaborados principalmente en las refinerías. El gas seco registró un consumo de 9.36 PJ (18.19%), mientras que las gasolinas y naftas cubrieron el 13.32% del consumo no energético total.

Dentro del consumo energético total, las gasolinas y naftas fueron los combustibles de mayor consumo energético,

con el 30.73%, sin embargo, disminuyó en 3.76% su demanda respecto al 2022. La energía eléctrica fue el segundo energético con mayor consumo, representando el 21.05%, pero disminuyendo un 17.39% respecto al valor de 2022. Mientras que el diésel cubrió el 16.45% del consumo energético total y el gas seco por su lado aportó el 8.28%.

Matriz Energética Mundial (Energy outlook 2024, British Petroleum):

El consumo mundial de energía creció más rápido que su tendencia histórica (2,2 % en 2024), impulsado por los



Consumo de energéticos en México.

países del BRICS (5,1 %), que representaron el 42 % del consumo mundial de energía en 2024: el consumo de energía aumentó en China (un 6,6 %, el doble de su media de 2010-2019) e India (5,1 %, ligeramente más rápido que la media histórica), se aceleró en Brasil (3,3 %, frente al 0,9 % anual durante 2010-2019), pero se estancó en Rusia (crecimiento del 0,3 %) y volvió a bajar en Sudáfrica por problemas de suministro (descenso del 1,2 %). También aumentó en Oriente Medio (3,7 %, con fuertes crecimientos en Irán y los Emiratos Árabes Unidos), en Argelia, en Vietnam y en Indonesia.

Por el contrario, el consumo de energía disminuyó por segundo año consecutivo en la OCDE (1,5 %), en un contexto de crecimiento económico moderado o lento y de débil actividad industrial: cayó en la UE (4,2 %, con un descenso del 9,3 % en Alemania), Japón (3,5 %) y Corea del Sur (2,8 %), y se mantuvo estable en EE. UU. (donde hubo un mayor consumo de petróleo para el transporte,

pero menor consumo de electricidad para refrigeración y una caída del consumo de carbón).

Derivado del análisis al documento “Energy outlook 2024, by British Petroleum”, se destacan los siguientes datos extraídos:

- El petróleo es reemplazado cada vez más por la electricidad como principal fuente de energía para el transporte por carretera.
- La aviación y el transporte marítimo son cada vez más descarbonizados a través de una combinación de Combustibles derivados del hidrógeno y biocombustibles.
- La caída de la demanda de petróleo se refleja en cambios en los patrones de la demanda de productos y de la actividad de refinación.
- El patrón de los suministros mundiales de petróleo cambia a medida que disminuye la demanda de petróleo.

- Las perspectivas para la demanda de gas natural dependen de la velocidad de la transición energética.
- La transición más rápida hacia la Net Zero en relación con la trayectoria actual está impulsada en gran medida por una mayor descarbonización en el sector energético y Sectores industriales.
- Net Zero es un concepto que se refiere a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a un nivel igual o inferior al que se puede absorber por los procesos naturales o artificiales.

Lo anterior nos deja el mensaje de que es necesario acelerar el despliegue de las energías renovables en todo el mundo, especialmente en los países en desarrollo, para alcanzar los objetivos de descarbonización de 2030 y 2050.

Es probable que la cantidad total de energía final proporcionada por las energías renovables se limite a alrededor del 40% de las necesidades mundiales.

En 2023, la capacidad total de energía renovable aumentó un 14% interanual, con una mayor expansión de la capacidad solar (32%) respecto a la eólica (13%). Pero, aunque 2024 promete batir otro récord, como ocurrió en los 22 años anteriores, este crecimiento está muy por

debajo de lo necesario para alcanzar las cero emisiones netas en carbono en 2050. Además, a medida que aumenta la tasa de penetración de las renovables, éstas están repercutiendo en la estabilidad de la red, por lo que será obligatorio asociarlas a baterías estacionarias. Según el informe, debe acelerarse el desarrollo de las energías renovables estacionarias, como la biomasa o la geotermia.

Respecto al consumo por sector de demanda, a nivel mundial el sector industrial encabezó la lista con el 34.28%, mientras que a nivel nacional fue el sector transporte con el 50.14%, seguido a nivel mundial del sector transporte con el 31.26% y a nivel nacional del industrial con el 27.73%. El consumo del sector residencial a nivel mundial tuvo una proporción del 22.88%, 7.23 puntos porcentuales mayor que el registrado a nivel nacional que se colocó en 15.65%.

Finalmente, el sector agropecuario a nivel mundial representó el 2.57% y a nivel nacional fue de 3.53%.

Bibliografía.

- BP energy Outlook 2024 edition (British Petroleum).
Balance Nacional de Energía 2023 (Gobierno de México).
Reporte de avance de energías limpias 2024 (Gobierno de México).
World Energy Outlook 2024 (International Energy Agency).

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



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

PARTICIPA CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA DE UNIVERSIDAD PINAREÑA EN XI CONVENCIÓN CUBANA DE CIENCIAS DE LA TIERRA "GEOCIENCIAS'2025"

La Habana, 7 al 11 de abril de 2025

Por: **Prof. M.Sc. Wilmer Pérez Gil**

Fotos cortesía:

Prof. Dr.C. Rebeca Hernández Díaz
Prof. Dr.C. Robert Ramírez Hernández
Prof. Dr.C. Dámaso Cáceres Govea
Prof. Dr.C. Esther María Cruz Gámez
Prof. M.Sc. Sandra Pilar Díaz Díaz
Prof. M.Sc. Dayrelis Díaz Cruz
Prof. M.Sc. María Elisabet García Crespo
Prof. M.Sc. Isbel Mesa Negrín
Prof. Ing. Adelvis Fiallo Martínez
Estudiante 4to año Jeffrey Juan Alexis Zegarra López

Con un total de 24 ponencias, la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", estuvo presente en la XI Convención Cubana de Ciencias de la Tierra "GEOCIENCIAS'2025", celebrada en el Palacio de Convenciones de La Habana del 7 al 11 de abril del presente año.

La Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, constituye el mayor evento de carácter internacional que agrupa a geocientistas cubanos y foráneos. Se celebra cada 2 años y es coordinada por la Sociedad Cubana de Geología con el patrocinio de varias entidades nacionales y extranjeras. Representa un espacio idóneo para el intercambio de experiencias de investigadores, especialistas, académicos, estudiantes y profesionales en general del sector geólogo-minero, no solo de Cuba sino también de otras latitudes.

La magna cita de las geociencias en la mayor de Las Antillas, incluye a su vez los congresos de Geología, Geofísica, Minería, Petróleo y Gas e Informática y Geociencias, que a su vez se organizan en varias comisiones de trabajo. El evento también organiza una feria expositiva de productos, servicios y nuevas tecnologías, así como presentaciones de libros, conferencias magistrales, firma de convenios de colaboración entre entidades cubanas y extranjeras, ejemplo de ello fue el intercambio sostenido entre el Dr.C. Robert Ramírez Hernández, Jefe del Departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", y el Dr.C. Ricardo Barragán Manzo, Director del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), durante la firma de acuerdos de cooperación mutua.

El claustro del Departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río, estuvo representado por 17 profesores así como 2 estudiantes de pregrado. Los trabajos presentados por el claustro de la referida institución académica cubana, se concentró en temáticas sobre Geología Regional; Cartografía Geológica; Petrografía, Mineralogía y Geoquímica; Estratigrafía y Paleontología; Geología Ambiental, Geodiversidad y Geoconservación; Aguas Subterráneas, Gestión y Contaminación; Educación en las Geociencias; Prospección y Exploración de yacimientos Minerales; así como la participación de dos de nuestros educandos en el V Encuentro Internacional de Estudiantes Universitarios de Geociencias.



PARTICIPA CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA DE UNIVERSIDAD PINAREÑA, EN EXCURSIONES POSTCONVENCIÓN "GEOCIENCIAS'2025"

Por: Prof. M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** Departamento de Geología Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Fotos cortesía: Dr. C. Robert Ramírez Hernández M.Sc. Dayrelis Díaz Cruz.

Como parte del programa de actividades post-convencción, correspondientes a la recién celebrada XI Convención de Ciencias de la Tierra "GEOCIENCIAS'2025", se coordinaron varias excursiones de campo Thompson Field Forum, organizadas por la Sociedad Cubana de Geología y la Geological Society of America, las que se realizaron entre el 12 y el 18 de abril del presente año.

Con el título Field Trip guide to: "The Geology of Cuba. Key for the Tectonic Evolution of the Caribbean-North American Plates", reconocidos investigadores de las geociencias en Cuba y también foráneos, ofrecieron a los participantes una panorámica actualizada de las particularidades que exhibe, en este caso la localidad de Viñales, en el occidente de Cuba, y su importancia para la geología de la región del Caribe.

Tuvimos la dicha de que un grupo de profesores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", también participaron en esta iniciativa, ellos fueron:

Dr.C. Robert Ramírez Hernández

Dr.C. Elmidio Estévez Cruz

M.Sc. Dayrelis Díaz Cruz

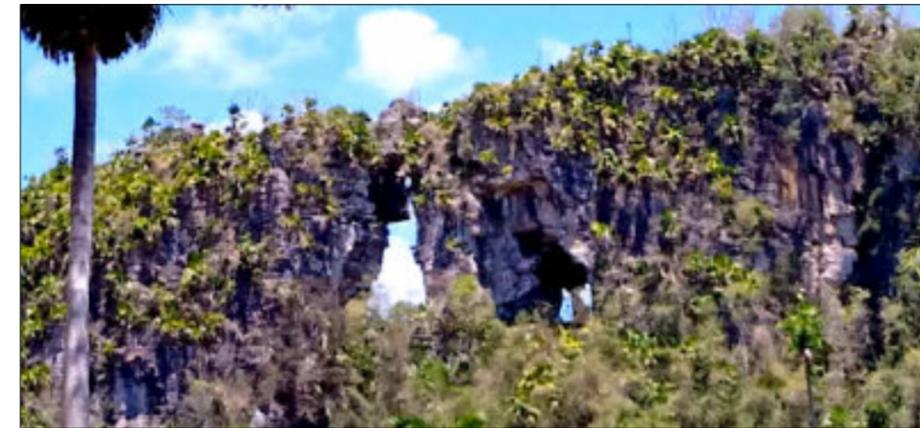
M.Sc. María Elisabet García Crespo

Est. 3er año Robert William Rodríguez Fuentes

Est. 2do año Lebesa Paballo Irine y Serati Ntee (Lesotho)



Vista panorámica del Valle de Viñales, provincia de Pinar del Río. Imágen tomada cerca del mirador del Hotel Los Jazmines.



Arco del Novillo, elevación de tipo mogote y nombre homónimo, cerca de El Fortín, al oeste de Viñales, provincia Pinar del Río. Está constituido por calizas masivas y carstificadas, pertenecientes a la parte inferior de la Formación Guasasa, de edad Jurásico Superior Tithoniano-Cretácico Inferior Valanginiano.

Fósil de testa de ammonites (molusco cefalópodo marino), hallado cerca de la Cueva del Agua, preservado en caliza de tipo concrecional, perteneciente a la Formación Jagua, de edad Jurásico Superior Oxfordiano, localidad Viñales, provincia Pinar del Río. Recientemente se hallaron en esta cavidad, los restos mejor preservados en Cuba, de un género de ichthiosaurus, reptil marino del Jurásico Superior, muy abundante en los mares del Protocaribe.



Tres años de GeoSeminarios: Fomentando la divulgación de la ciencia y la colaboración en las Geociencias con GeoLatinas

Materano-Escalona Lisbett S^{1*}, María Cristina Arrieta Martínez², Vania Amaro Redonda³, Nadia Linneth González Cuevas⁴.

¹Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, Boulevard Simón Bolívar # 303A, 26830, Nueva Rosita, Coahuila de Zaragoza, México.

²Consultor independiente, Calle República del Salvador # 700, 93320, Poza Rica, Veracruz, México.

³Coordinación Estatal de Protección Civil Michoacán, Calzada La Huerta # 1020, 58190, Morelia, Michoacán, México.

⁴Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava # 5, Zona Universitaria, 78240, San Luis Potosí, S.L.P., México.

*Autor de Correspondencia: lmaterano@uadec.edu.mx

GeoLatinas es una comunidad, virtual, cuyo objetivo es ser un espacio de inspiración y empoderamiento para mujeres latinas en Ciencias de la Tierra y Planetarias, extendiendo la comunidad a carreras del área STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) y Sociales. En este contexto, en el año 2021 nace la iniciativa GeoSeminarios en español, un espacio dedicado para presentar desde proyectos de tesis hasta temas especializados. Abierto para estudiantes, investigadores y profesionales tanto de la industria como de la academia (Figura 1), facilitando un intercambio científico y de divulgación con una gran variedad de temas de Ciencias de la Tierra y Planetarias.

Desde octubre de 2021 hasta diciembre de 2024 se han realizado 33 GeoSeminarios de temas especializados y 17 de tesis de pregrado y posgrado, donde sobresale la participación de investigadoras, con un 88% de participación de mujeres en temas especializados y un 76.5% en GeoSeminarios-tesis (Figura 2). Siendo el área STEAM, de acuerdo con la UNESCO¹ (2019), representada con tan solo el 35% de mujeres en estudios de enseñanza

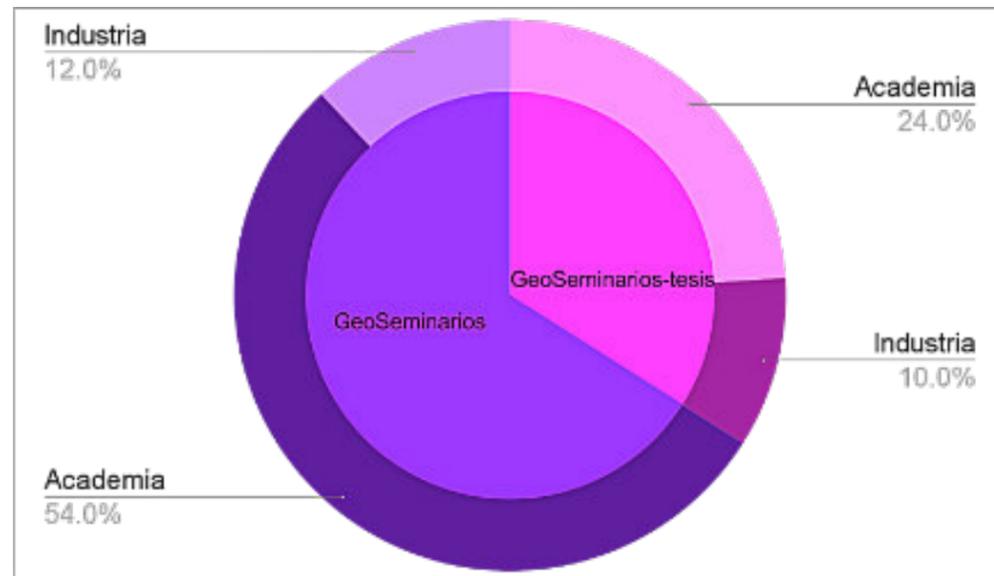


Figura 1. Proporción de ponentes de GeoSeminarios de especialidad y de tesis en la industria y la academia.

superior y menos del 30% de investigadoras científicas. GeoSeminarios es una iniciativa que contribuye a expandir las oportunidades para mujeres interesadas en el área de

Geociencias, fomentando su participación, visibilización y desarrollo profesional en el campo. Al mismo tiempo, busca inspirar a nuevas generaciones de científicas

¹UNESCO. (2019). *Educación en STEM con perspectiva de género: Empoderar a las niñas y las mujeres para los trabajos de hoy y de mañana* (ED/ESC/IGE/2019/01).

mediante la divulgación de temas especializados en geociencias, promoviendo la equidad de género dentro del ámbito STEAM. De esta manera, se impulsa la inclusión de nuevas perspectivas que favorezcan la innovación y permitan abordar con mayor eficacia los desafíos del futuro en la ciencia y la industria. Por último, se destaca la participación de dos científicas de linaje indígena mexicano, al igual que investigadoras de la comunidad LGBTQ+.

La iniciativa de GeoSeminarios es un espacio que ha acogido a especialistas y estudiantes de países como

México, Venezuela, Guatemala, Bolivia, España, Canadá, etc., de estos el 75% reside en América Latina, el 12.5% en Estados Unidos y Canadá, 10.4% en Europa, y el 2.1% en Asia (Figura 3). Siendo este un espacio abierto internacionalmente y accesible para todos, divulgando la ciencia estudiada por investigadores, principalmente latinos, residentes en países extranjeros rompiendo la barrera de la distancia y el idioma al transmitir su conocimiento en su lengua natal.

El primer GeoSeminario se realizó el 10 de octubre del 2021 con la participación de la Dra. Clemencia Gómez

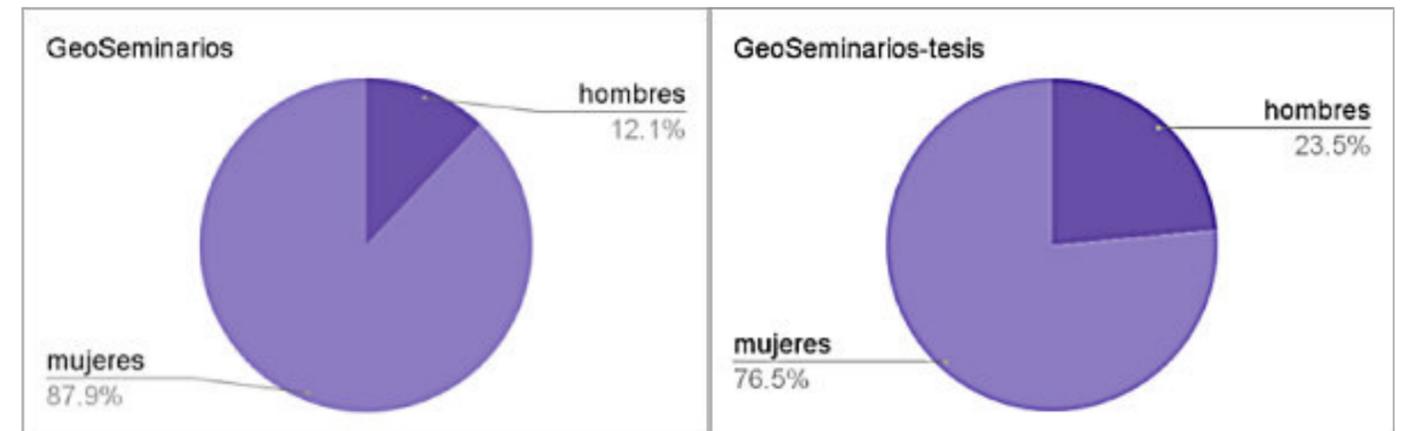


Figura 2. Distribución porcentual de ponentes por género en GeoSeminarios especializados de un total de 33 participantes y de tesis (pregrado y posgrado) de un total de 17 ponencias.

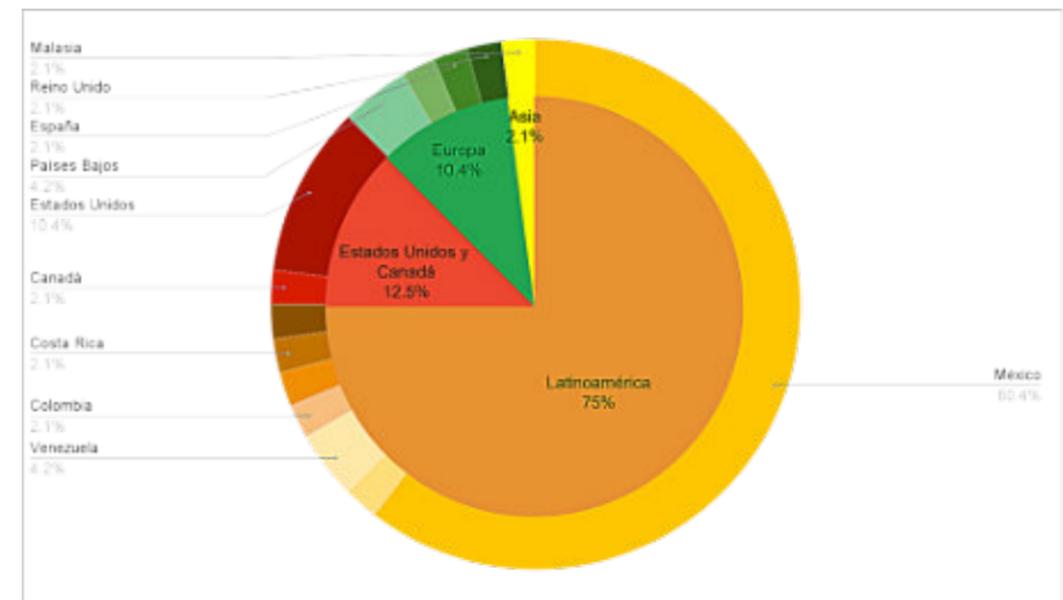


Figura 3. Países y regiones de residencia de los ponentes en GeoSeminarios.

quien presentó “Un geólogo por municipio”, una propuesta que promovía la importancia de tener un geólogo en cada municipio para abordar desafíos locales y propiciar el desarrollo sostenible. Desde entonces cada GeoSeminario ha contado con la participación de una variedad de ponentes, abordando temas que van desde geología médica, impactos del cambio climático hasta geología planetaria.

Entre los ponentes nacionales e internacionales de renombre que han participado en los GeoSeminarios especializados se encuentran la Dra. Elena Centeno, la Dra. Xyoli Pérez, la Dra. Julieta Fierro, la Dra. Elsa Sánchez

García, el Dr. José Centeno, la Dra. Elena Giménez, entre otros destacados especialistas en Ciencias de la Tierra y Planetarias (Figura 4).

En los GeoSeminarios-Tesis, han participado estudiantes en formación destacados en sus respectivas especialidades, como la Ing. Lilia L. Bastida Ortiz, la Ing. Vanessa Rosales Ferrari, la MC. Andrea Cuesta, la Dra. Ana Beatriz Consenza, la Mtra. Alejandra Lara, el MC. Carlo Azuara, la MC. Clara Fraile, la Ing. Yadira Zulema (@La Geóloca), el MC. Genaro de la Rosa, la Ing. Vania Amaro, entre otros (Figura 5).

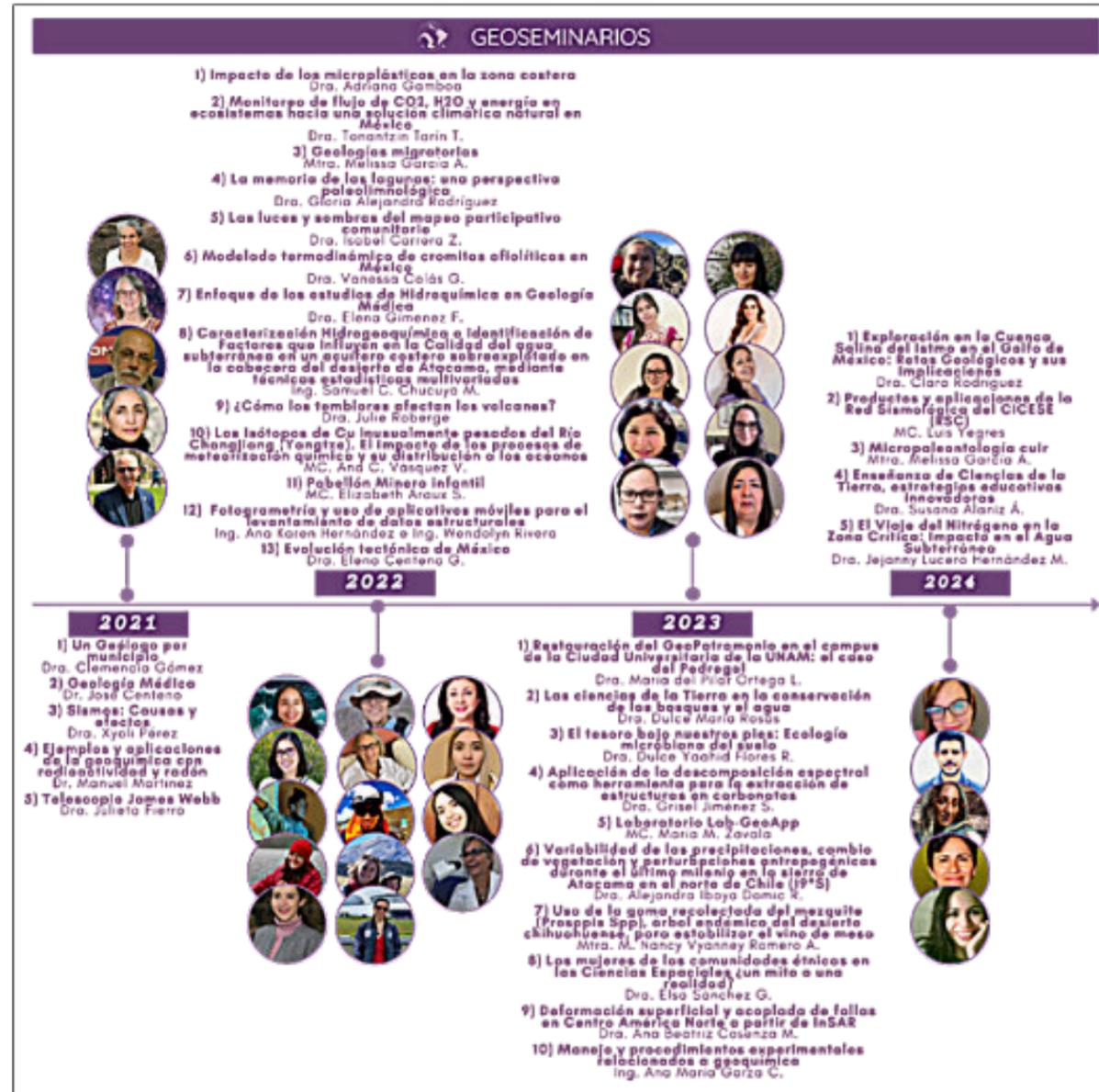


Figura 4. Línea de tiempo de los 33 GeoSeminarios de especialidad impartidos por externos y miembros de GeoLatinas.

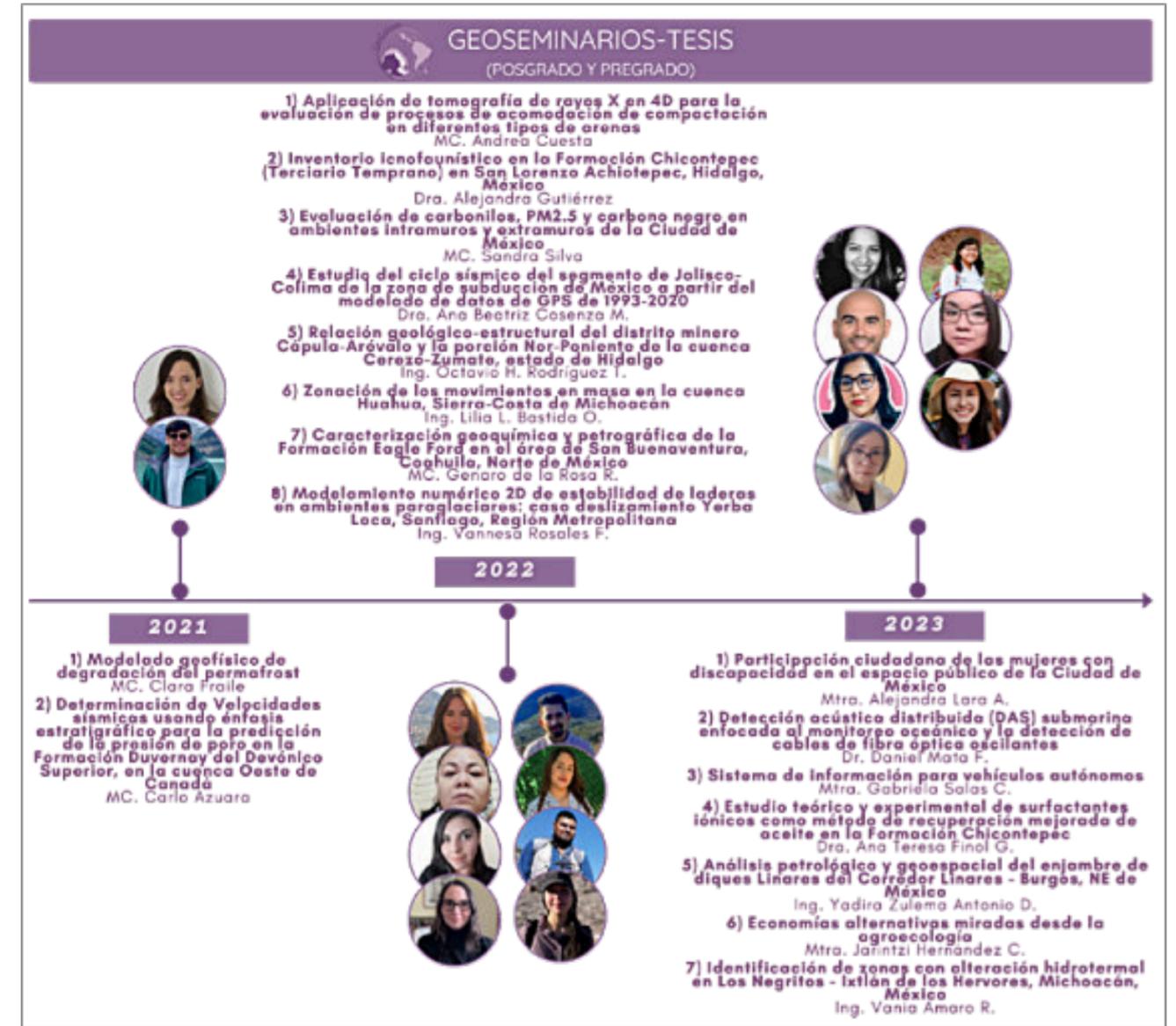


Figura 5. Línea de tiempo de los 17 GeoSeminarios-Tesis de pregrado (licenciatura) y posgrado (maestría y doctorado) expuestos por externos y miembros de GeoLatinas.

Los GeoSeminarios son promovidos a través de las redes sociales de GeoLatinas, incluyendo Facebook, LinkedIn, Instagram y X (migrado a Bluesky). Su transmisión es en vivo por Facebook y posteriormente son guardados para futuras visualizaciones en Youtube. En esta última plataforma, el GeoSeminario más visto, "El tesoro bajo nuestros pies: Ecología microbiana del suelo", impartido por la Dra. Dulce Yaahid Flores, ha alcanzado hasta 6,311 visualizaciones, seguido por el GeoSeminario de la Dra. Elena Centeno titulado "Evolución Tectónica de México" con 4,345 visualizaciones.

Las visualizaciones en YouTube provienen de una audiencia internacional, incluyendo espectadores de México, Colombia, España, Estados Unidos, Perú, Argentina, Ecuador, entre otros (Figura 6).

A lo largo de los años, los GeoSeminarios han sido plataforma de temas innovadores y de actualidad. De igual manera, los GeoSeminarios-tesis han permitido que estudiantes, de pregrado y posgrado, compartan sus hallazgos y reciban retroalimentación.

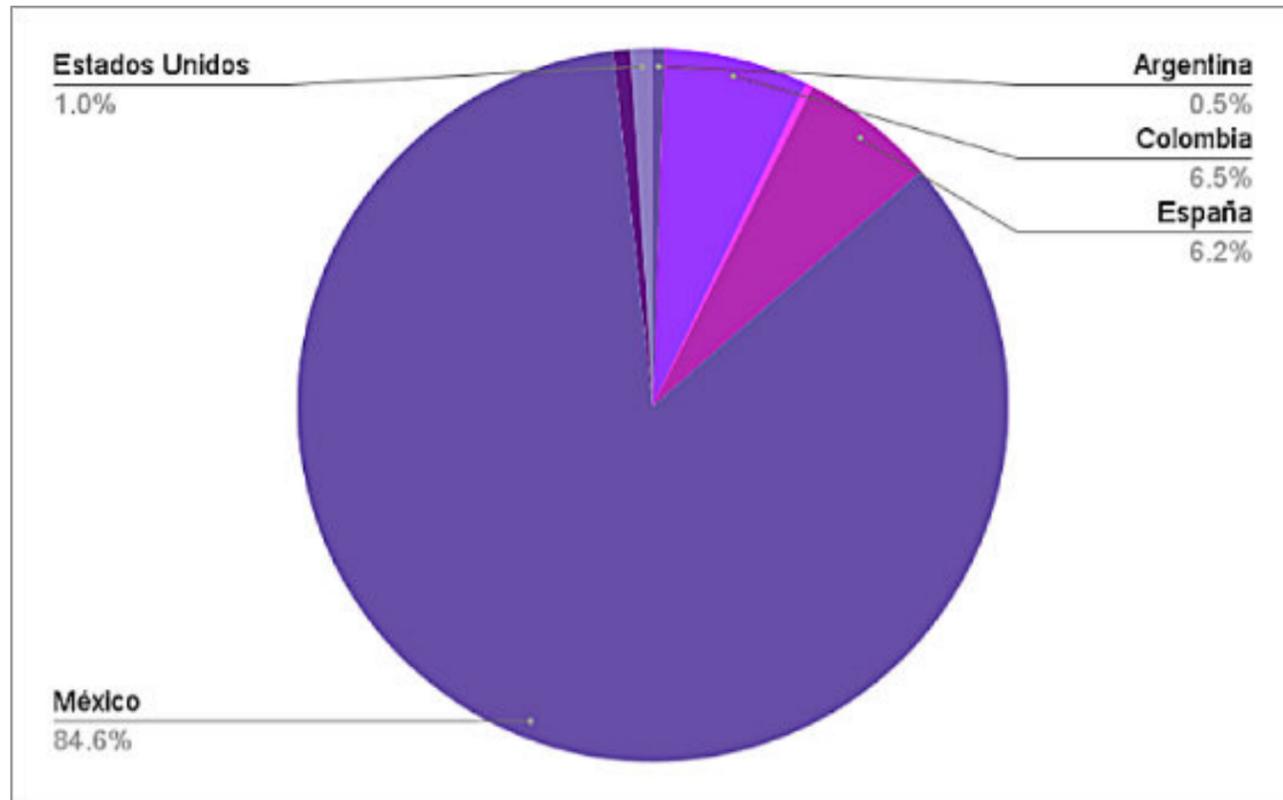


Figura 6. Países con mayor número de reproducciones de GeoSeminarios en español (especializados y de tesis) en YouTube.

El éxito de los GeoSeminarios se debe a la combinación de temas relevantes y la participación de ponentes de alto nivel, desde estudiantes hasta profesionales con una larga trayectoria. Estos seminarios han demostrado ser una herramienta poderosa para la divulgación científica, acercando las geociencias a una audiencia más amplia y diversa, ya que la transmisión se realiza en Zoom y Facebook, y posteriormente el video queda disponible en el canal de YouTube de GeoLatinas (@geolatinaslatinasinearthan65).

Con la mirada puesta en el futuro, GeoLatinas continuará con estos GeoSeminarios, ampliando su alcance para llegar a más personas. Y continuar con la misión de inspirar, educar y conectar. Reafirmamos nuestro compromiso con la educación y la equidad en las geociencias.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los ponentes, asistentes y miembros de GeoLatinas que han hecho posible estos tres años de aprendizaje y crecimiento. A las colíderes que ya no están activas pero que a su paso por la iniciativa dejaron un sólido aporte: Clara Rodríguez, Delia González, Liliana Luna, Carlo Azuara, Vivianne Álvarez, Alma Vázquez, Ana Vázquez, Ivania D'aggio. Así como a la **Revista Maya de Geociencias** que ha sido un pilar de apoyo para dar a conocer esta iniciativa. Por último extendemos un especial agradecimiento a las actuales colíderes Vania Amaro, Nadia Linneth González, Lisbett Susana Materano y Cristina Arrieta, que han participado en la iniciativa desde sus comienzos con entusiasmo y perseverancia. GeoSeminarios en Español es más que una serie de conferencias; es una comunidad vibrante de divulgación que trabaja por un futuro más inclusivo y equitativo en las Geociencias.



Lisbett Materano es docente investigador del CIGA-UAdC. Actualmente es candidato a Dr. en Ciencias. Sus áreas de investigación se enfocan en geología del petróleo (modelado geológico) y geología ambiental (evaluación de contaminantes en polvos urbanos). Promueve la educación en comunidades vulnerables y la equidad en STEAM. Colidera la iniciativa de GeoSeminarios para la divulgación de geociencias, facilitando espacios de aprendizaje y colaboración. Es miembro activo de GeoLatinas, FEMU y OWSD. Su labor ha sido reconocida con el Reconocimiento UAdC a la Mujer Universitaria 2022-2023.



Cristina Arrieta Martínez es Ingeniera Geóloga Ambiental por la UANL, con maestría en Estructura y Dinámicas de la Tierra, por la Universidad de Utrecht, Países Bajos. Posee alrededor de 8 años de experiencia como geóloga de exploración en la industria energética, ha trabajado en empresas como PEMEX, EBN B.V., Tlalli Energía y Sproule en proyectos nacionales e internacionales. Es especialista en la interpretación de sísmica de reflexión y el análisis de riesgo en la exploración de petróleo, gas, captura de carbono y energía geotérmica. Además, tiene experiencia en la evaluación de yuxtaposición de fallas, donde fue pionera en PEMEX en la aplicación del análisis 3D para campos con trampas flanqueadas por múltiples fallas. En 2014, obtuvo el primer lugar de desempeño en el Diplomado "Asistente Generalista en Geociencias" otorgado por PEMEX y Halliburton. Actualmente, es consultora independiente en el sector energético y miembro activo del Comité Directivo de GeoLatinas y de la revista Sedimentologica.



Vania Amaro Redonda es licenciada en Geociencias por la UNAM con especialización en peligros y riesgos. Actualmente trabaja en la Coordinación Estatal de Protección Civil de Michoacán, donde se enfoca en la inspección y análisis de riesgos naturales, así como en el desarrollo y actualización del Sistema Integral de Información de Riesgos del estado. Su interés principal se centra en la geotermia y la percepción remota, áreas en las que destacó con su tesis de licenciatura, galardonada con el primer lugar en el Premio BAL-UNAM Ciencias de la Tierra 2023. Su compromiso con la conciencia climática la ha llevado a participar en cursos y foros internacionales, como el Global University Climate Forum de la Universidad de Yale. Además, es miembro activo de GeoLatinas, promoviendo la igualdad de género y la divulgación científica.



Nadia Linneth González Cuevas es Ingeniera Geóloga egresada en el año 2019 del Instituto Politécnico Nacional con especialidad en minería y exploración geológica minera. Ha sido geóloga de exploración y geóloga junior en ingeniería con fundamentos científicos para la resolución de problemas en la industria. Ha participado en proyectos de investigación en diversas áreas como geotecnia, geofísica, geología ambiental, geoquímica y exploración geohidrológica. Actualmente, está por concluir una Maestría en Ciencias en Geología Aplicada en el Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, desarrollando el tema de tesis de posgrado; "Caracterización de los depósitos tipo Skarn: alteraciones e intrusivos como guía de exploración (Zn-Pb-Cu-Ag-Au) en el Distrito Minero Charcas, SLP", donde está aplicando técnicas analíticas geoquímicas, petrográficas y minerográficas para contribuir a definir áreas prioritarias para perforación, planificación y evaluación de recursos minerales minimizando riesgos.

LOS INICIOS DEL OBSERVATORIO CAGIGAL DE VENEZUELA, SUS ESTUDIOS Y EL PRIMER MAPA DE ISOSISTAS NACIONAL: OCTUBRE 29, 1900

José Antonio Rodríguez Arteaga
Colaborador de la revista

Cagigal, observatorio astronómico, meteorológico y... ¿de sismología?

El 8 de septiembre de 1888, con la firma del decreto de creación por mandato de Juan Pablo Rojas Paúl, Presidente de la República, se crea el Observatorio Cagigal en la ciudad de Caracas el cual compartirá capacidades de observación y estudio entre la astronomía y la meteorología, dotado de instrumental *ad hoc*. Seis años más tarde, en 1894 hará su aparición la sismología, que tendrá sede en las mismas instalaciones ubicadas en la Colina Cagigal o de El Calvario, como también se le conoce.

En este ambiente, la aparición de la misma y su subsiguiente estudio estará probablemente ligada a alguno de dos intelectuales de la época, según las referencias de 2 reconocidos docentes de la Universidad Central de Venezuela: el académico José Pablo Grases Galofré y el ingeniero geofísico y astrónomo aficionado, Henry Salas Ramírez (†).

El primero lo atribuye a Alejandro Ibarra Blanco (1813-1880) por su papel pionero en Venezuela y sus intereses unidos al tema sísmico y el segundo, a Luis Ugueto ingeniero, filósofo y astrónomo superior "quien sumó a sus estudios, conocimientos en matemáticas y mecánica superior, a la par de ingentes esfuerzos sensibilizantes de la importancia de esta materia como ciencia, siendo el "responsable" del tema, pre- y post-terremoto del 29/10/1900. Una revisión general de textos, inclinan la balanza a favor de Don Luis, pese a su condición nata de astrónomo practicante.

Los "sismólogos" del observatorio

Las relaciones sismólogo-científicas en el Cagigal no han sido aclaradas hoy del todo. En 1894 el personal estaba apenas constituido por apenas 4 personas: 2 meteorólogos contratados con...*conocimientos de astronomía y física*, un director -probablemente astrónomo-, y un vigilante. ¿Y el sismólogo?, nos preguntamos?. Ese año y hasta bien entrado el siglo XX, un cuaderno de notas será el receptor en el que se

transcribirán toda suerte de reseñas *seísmicas*, obtenidas del servicio telegráfico y de la prensa nacional recayendo la responsabilidad de su reproducción entre los 3 profesionales que tenía el Observatorio. Desafortunadamente no queda registro físico de ello, contando apenas con el anexo de un trabajo del profesor Henry Salas; fotocopias algún viejo manuscrito, en cuya letra de largos y redondeados rasgos se puede colegir que el encargado de tal tarea era una solo. No está firmado, y debe considerarse anónimo.

Aparte de ello, el observatorio elaboraba una estadística meteorológica publicada a diario en la *Gaceta Oficial de la República* y en el *Diario de Caracas*, requiriendo necesariamente si se quisiese estudiar a fondo en 2022, una revisión exhaustiva de repositorios nacionales, actividad imposible de hacer dadas las circunstancias actuales. El lector debe considerar una asignatura pendiente, acometer ese trabajo. Independientemente de la situación, existían reconocidos naturalistas que dedicaban parte de su tiempo a investigar sobre el fenómeno sísmico individualmente y publicar en prensa o exponer sus trabajos en el seno de las asociaciones profesionales preexistentes y a las cuales pertenecían en calidad de miembros o por estudios (e.g. Aristides Rojas, *Sobre la tempestad seísmica de las Antillas de 1867 a 1868*, en la Revista Vargasia en 1868, revista de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas; Lino José Revenga, *Estudio sismológico y consideraciones sobre la revolución sísmica del año 1865-1866*, 1866, el cual aparece como parte de los libros existentes en la biblioteca de la Academia de Matemáticas para el año 66').

¡¡Está temblando!!

Cagigal, no tuvo instrumentación sismológica de inmediato, no era su objetivo primario, y del Terremoto de Caracas del 29 de octubre de 1900, no existe en Venezuela ningún parámetro sísmico que se haya obtenido y que se haya podido estudiar, a menos que se recurra a textos no publicados en el país, o recientemente de textos nuevos. Transcurridos 8 meses de fundado, en el segundo semestre de 1901, entre comunicaciones, oficios y decretos se estarán dando los trámites necesarios para dotar al organismo de instrumentos apropiados. Es así que se obtienen 2 sismómetros: un *Ewing*, inglés y un *Agamennone*, italiano. Todo gracias a la participación efectiva de Luis Ugueto, director encargado del Observatorio en 1900, Agustín Aveledo, director de la

Escuela de Ingeniería y Félix Quintero, Ministro de Instrucción Pública.

Entre los afectados que Caracas tuvo se encontraba el General Cipriano Castro, el presidente venezolano, que movido por el susto, quizás venido de sus recuerdos del terremoto cucuteño de 1875 que lo consiguió en su natal Capacho, dio un salto en ropa de dormir, se lanzó al vacío desde el balcón del segundo piso de la Casa Amarilla, residencia presidencial, y se fracturó un pie. En plena calle, solicita a sus áulicos que lo lleven a una estancia donde reposar tranquilo, "libre de terremotos", y así se inicia la historia del Sismo de San Narciso del 29 de octubre y de sus características macrosísmicas-cartográficas, articuladas entre el periodo histórico e instrumental sísmico de Venezuela.

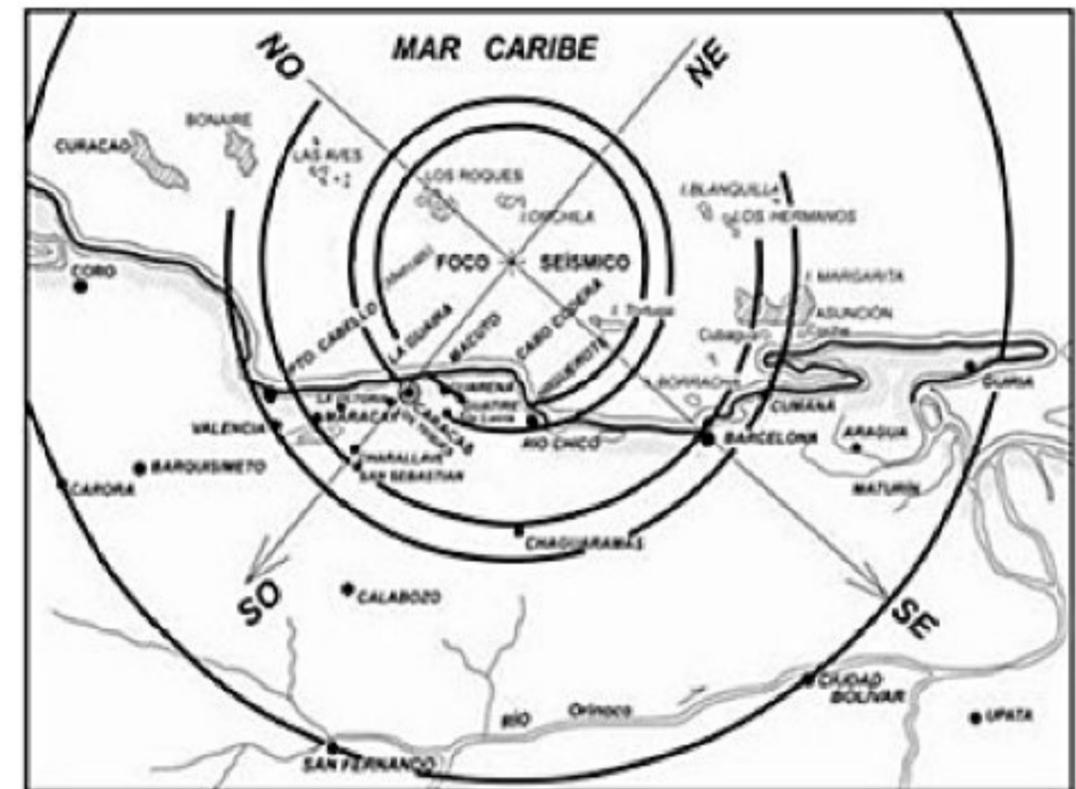
No faltarán las notas periodísticas en el país y así, consultados unos 4 o 5 títulos de la prensa: (e. g. *El Conciliador*, *La Religión*, *El Pregonero* de los Andes, *El Avisador* y *La Linterna Mágica*) todos ofrecerán los hechos noticiosos de ese día y de los que siguieron: "*Caracas, 29 de octubre día de San Narciso, 4:42 a.m., un poderoso terremoto sacude al territorio nacional, afectando sensiblemente a las poblaciones que conforman Guatire, Guarenas, la costa de Barlovento y los estados Vargas,*

Aragua y Anzoátegui; llegando incluso a ocasionar daños menores en uno que otro poblado llanero. Será considerado en lo sucesivo, uno de los sismos más destructores que ha padecido la ciudad capital, aunque los daños se concentraron en otros centros poblados.

A 122 años de su conmemoración el esfuerzo discursivo y multidisciplinario encontrado por un selecto grupo de investigación, ha permitido recopilar y sistematizar una copiosa y variada documentación, cuyo estudio inicial ha revelado múltiples facetas: desde artículos científicos y técnicos en los que son descritos daños, efectos y técnicas constructivas, hasta sostener un hilo discursivo que enlaza estos escritos con la velada idea, para la época, de la sismorresistencia cuya práctica fue progresando paulatinamente.

El primer mapa de curvas isoseísmicas de Venezuela

Es necesario hacer particular énfasis en el ejemplar periodístico del diario *La Linterna Mágica* correspondiente al 15 de noviembre de 1900, pues en el aparecerá el boceto del primer mapa de isosistas de Venezuela elaborado gracias al detallado análisis y estudio de 3 profesionales de la ingeniería nacional: los hermanos Jesús y Luis, Muñoz Tébar y Melchor Centeno Graü, cuyo informe abundante en datos acompañará dicha carta.



Graü a este tiempo, es considerado el padre de los estudios sismológicos en el país.

Esta primera hoja de cartografía especializada, muestra un epicentro *macroseísmico* amplio, ubicado casi frente a la localidad de Cabo Codera y pese a no haberse obtenido observación instrumental alguna en el país, este evento quedó registrado en la primera red sismográfica de cobertura global, instalado por el geólogo inglés John Milne, quien recibía el resultado de las observaciones en la isla de *Whight*, a finales del siglo XIX provenientes de 5 laboratorios repartidos alrededor del mundo, tal como lo describe el profesor José Grases G., ya mencionado. Su limitación resulta obvia, las líneas isosísmicas trazadas en forma de círculos concéntricos, llevan a considerar que el medio de transferencia es isotrópico y su transmisibilidad es idéntica y con la misma dispersión energética en todas direcciones a partir del epicentro, lo cual es falso. Un particular detalle solventará Centeno Graü luego de 40 años del estudio original a ese mapa, le incorporará una escala de intensidades que el original no tuvo.

Para finalizar es necesario señalar que a la luz del avance en los estudios de la geología de terremotos y más en los históricos, esta situación quedó descartada, en particular por la atenuación que las curvas isosísmicas tienen a partir que las ondas del sismo se alejan del epicentro y según se modifica el medio rocoso natural.

Curiosamente, M. Centeno Graü afirmaba que en el país, se habían hecho (...) *pocos estudios en este sentido...* cuando en realidad, este es y sigue siendo el primero en conseguirse y ser descrito, de allí todo lo señalado. La bibliografía que acompaña al texto, se inserta como respaldo del artículo y en beneficio de las consultas que los lectores deseen hacer.

Bibliografía selecta:

Aveledo Morasso, Luis Eduardo, *La Academia de Matemáticas de Caracas. Instituto civil o Militar. Su proyección*. En: Boletín de la Academia Nacional de la Historia, Tomo LXXXVI, julio-diciembre, 2003, Caracas, (343-344):83-111.

Centeno Graü, Melchor, *El terremoto de 1900*. La Linterna Mágica, 15 de noviembre, Caracas, 1900, p:1-2.

Centeno Graü, Melchor, Estudios sismológicos. Litografía del Comercio, Caracas. 2ª edición, Caracas, Talleres Cartografía Nacional, 1969, (aumentada y corregida),

Volumen VIII, Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 1969, 365 pp.

Grases Galofré, Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica en Venezuela. Acciones de mitigación, *Fundación Pedro Grases, Conmemoración del Terremoto Cuatricentenario de Caracas*, 2002, 249 pp.

Grases, José; Gutiérrez, Arnaldo y Salas J., Rafael, La historia de la Ingeniería estructural en Venezuela, *Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Comisión Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Volumen I*, Caracas, 2016, 615 pp.

Grases, José; Gutiérrez, Arnaldo y Salas J., Rafael, *La ingeniería sísmo-resistente, Capítulo VII*. En: Historia de la Ingeniería sísmo-resistente, *Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*. [Documento en línea], (octubre 25, 2021) <http://www.acading.org.ve/info/ingenieria/historia_ing_est.php>.

Guzmán Leal, Alejandra; Rodríguez Arteaga, José Antonio y Audemard M. Franck Albert, *A prueba de temblores. Reflexiones sobre construcción y sismorresistencia en la Venezuela de 1900. Caso del Sismo de san narciso del 29 de octubre de 1900*, academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, 2014, Caracas, 26:89-133. <<http://researchgate.net/publication/26282217>> [Documento en línea] (Octubre 31, 2021).

Hubschmann, Kurty, Observatorio Cagigal. Cien años de historia y de ciencia, *Cuadernos Lagoven, S. A. Filial de Petróleos de Venezuela*, 1988, Caracas, 99 pp.

Jakubowicz, E. y Larotta, S., *Terremoto del 29 de octubre de 1900*. Boletín Técnico IMME, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Caracas, 1974, 11(47): 23-78.

Maldonado-Bourgoin, Carlos, La Casa Amarilla. Enclave histórico de Venezuela, *Ediciones de la Presidencia de la República-Ediciones del Ministerio de Relaciones Exteriores*, 1994, Caracas, 286 pp.

Rodríguez Arteaga, José Antonio, Dibujar un terremoto: antecedentes de la cartografía isosísmica en Venezuela, *Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela*, Caracas, 34(1):s/p, <http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/19294>, [Documento en línea] (octubre 31, 2021).

Rodríguez Arteaga, José Antonio, *La Sismología Histórica en Venezuela: pasado, presente y futuro* Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, 2021, (en preparación), 60 pp.

Rojas, Aristides, Sobre la tempestad sísmica de las Antillas de 1867 a 1868 con un mapa, *Vargasia, Boletín de la Sociedad de Ciencias Físicas Matemáticas y*

Naturales de Caracas, Imprenta de los EE. UU. de Venezuela, 1868, 1:39-48.

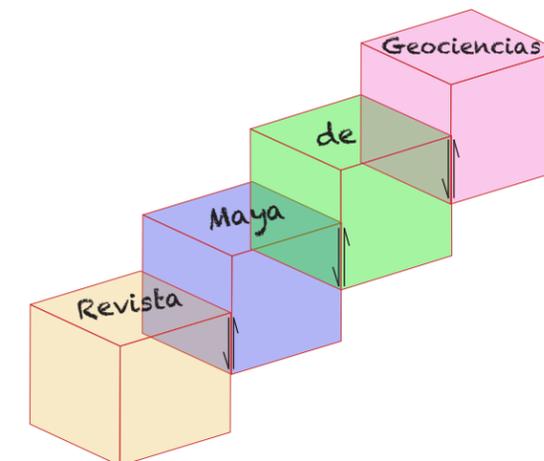
Salas, Ramírez, Henry, *Primeros sismógrafos en Venezuela* Memoria del V Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, 1980, Caracas. Reimpreso en Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela, Caracas, 1990, 39:1-6.



José Antonio Rodríguez Arteaga es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela. Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



THE FIRST US PRESIDENT WHO COLLECTED VERTEBRATE FOSSILS

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Left: *Mastodon americanum* – Center: Washington signature – Right: Portrait of George Washington

It is generally accepted that Thomas Jefferson (1743-1826), the third president of the United States, was the first president to engage in the collection of fossils. His collecting activities extended throughout North America and included the recovery of skeletal remains from mastodons, mammoths, and sloths. A particularly noteworthy specimen, a mastodon skeleton, was received during his presidency in Washington, DC, and is currently exhibited at his Monticello home in Virginia.

Reverend Mr. Robert Annan

Our history begins with Reverend Robert Annan, who was born in 1741, in Hilton of Carslogie, Cupar, Scotland, as the son of Robert Annan and Jean Landales. His theological education was completed at the University of Saint Andrew, where he was licensed by the Associate Presbytery of Perth in 1761. Moving to the colonies that year he joined the Associate Presbytery of Pennsylvania. In 1768, he was assigned to the Associate Reformed Church of Neelytown, New York, serving two congregations, Little Britain and Neelytown, both in New York.

During the struggle for independence, Mr. Annan advocate the American cause, working both publicly and privately to that end. In 1776, he led the congregation in sending aid to the patriots in Boston. For a time, Annan served as a chaplain in the Continental Army. In 1782, he had the privilege of meeting General Henry Knox ((1750-1806), General Marie-Joseph Lafayette (1757-1834), and General

George Washington (1732-1799), who visited Annan's farm to see the mastodon bones found there.

The Publication

The Reverend Annan wrote what might be called a paleontological manuscript in 1785, and this was published in the *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences* in 1793 (Vol. 2, No. 1, 160-164). He perceptively guessed that his fossils, found at Walkill River (north of New York City) in 1780, might be similar to some supposed elephant bones found in England.

The title of his publication was "Accounts of a Skeleton of a large Animal, found near Hudson's River". Annan wrote his manuscript soon after a fossil discovery, but he had to abandon New York, and his papers were misplaced for a long time, until they finally appeared again and were published.

His narration was as follows: "In the fall of the year 1780, while I resided in the state of New York, on the banks of a small river, named the Walkill, about seventy miles from the city of New York, and fifteen miles in a perpendicular line on the west side of Hudson's river, a young man, whom I had employed to drain a deep and wet swamp on my farm, dugged up the remains of a very surprising animal, without taking notice of anything except the grinders (a molar tooth) After breaking one of the grinders, he threw them on the side of the ditch I heard nothing of the affair at that time: but within a day or two after, went out to see the work, and discovered the grinders".

Reverend Annan continues: "I brought them home, ordered them to be washed; and, placing them in the order in which I fancied them to have stood in the animal's jaw That same day I sent for a gentleman in the neighbourhood, a native of this country, and who had travelled much through it, to know whether ever he had seen any similar to them. He was as much astonished as myself. We went to the spot, and fell eagerly to digging. We found a large number of bones, but mutilated, rotten, and broken. It was impossible to handle many of them, without breaking them. We found the vertebrae or joints of the back, lying in a row, as they had been when the animal was alive On putting the pieces together, it measured twelve inches in diameter. A part of the tibia of this remained; from the cavity of which I extracted some thick matter, resembling tar mixed with blood. The grinders were four in number. All belonged, it is probable, to one jaw; two to one side of the mouth, and two to the other".

The Fossil Description

Annan described the fossils in superb detail for someone with scarce scientific background. The description follows: "Two of these grinders had lost the core, and nothing remained but the hard hollow ivory case. The other two retained each so much of the core as was above the gums, in which were apertures for the insertion of the nerves; the largest of these apertures with difficulty admitted the point of my little finger. These grinders are exceedingly indented. One deep furrow runs the whole length of them; and, when placed two and two, as they must have stood in the jaw, there were four indentures, or furrows across that long line, which divided the surface of each pair into ten protuberances, rising in a pyramidal form, the perpendicular height of the highest of which was about an inch and one tenth".

"From the appearance of its monstrous grinders, it would seem as if it had been of the carnivorous kind. A gentleman who came to see the remains of it, told me, he had seen the skeleton of an elephant; but the biggest joint in it was much inferior to what I have described as the loin joint; though it is probable, it had lost much of its magnitude. Doctor Michaelis (Cristian F. Michaelis), physician general of the Hessian troops (the term "Hessians" refers to the approximately 30,000 German troops hired by the British to help fight during the American Revolution), who, with some other gentlemen, came to my house, after the peace, and before New York was evacuated (the British evacuated New York

City on November 25, 1783, after the American Revolutionary War ended), in order to make further search (in which however, he was frustrated, by heavy rains having fallen) said he could not think it had been an elephant, as being in his opinion, much larger. He carried some of the bones to Germany with him. And others were sent to the museum in Philadelphia".

The Religious idea of Extinctions

Another interesting idea to highlight, contradicting the religious ideas of that time, is found in Annan's publication. The concept of a total extinction of some species and the creation of others was an idea incompatible with the Bible. At the time, most naturalists interpreted the natural world through the Biblical story of creation, so there was no conception of "prehistory". Also, the thought of God creating animals that became extinct was considered impious. These religious beliefs were challenged by Annan when he wrote: "Some gentlemen, with whom I have conversed, have supposed that their extinction (as it is probable, they are extinct) is owing to some amazing convulsion, concussion, or catastrophe, endured by the globe. But I know of none that could produce such an effect, except the flood. Earthquakes might destroy some of them, but not all. And the remains of them have been discovered in different parts of the world..... In the American Magazine of December 1746, there is an account of a tooth and bones, of what the author calls an elephant, discovered in England, which, I am persuaded, must have been of the same species".

The Reference to George Washington

In 1780, General George Washington and the Continental Army were in winter quarters near Annan's farm, and a word of the discovery reached Washington. His curiosity aroused, so he gathered some officers (Knox and Lafayette) and took a sleigh ride to see the bones for himself.

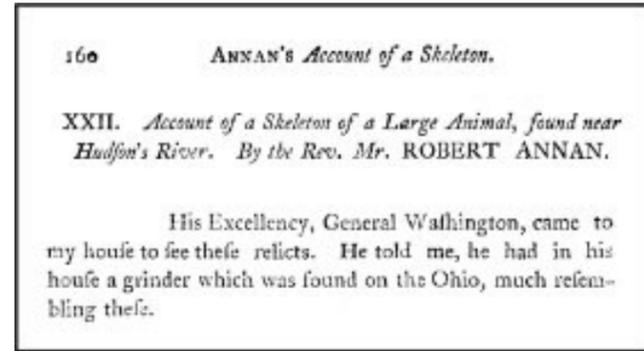
At the end of his publication, Robert Annan wrote: "His Excellency, General Washington, came to my house to see these relicts. He told me, he had in his house a grinder (molar) which was found on the Ohio, much resembling these".

Annan's short paragraph written in 1785 is enough evidence that George Washington kept fossils in his house at Mount Vernon (located on the banks of the Potomac River), becoming the first president (1789-1797) of the new US who collected fossils. Washington

valued his Mastodon tooth throughout his lifetime, and likely displayed in the entryway to the Mount Vernon mansion, suggesting the value placed on his unusual curiosity. Those fossils described by Reverend Robert Annan, and the reference to the molar held by General Washington in his house, belonged to *Mastodon americanum*.



Mount Vernon mansion, east front, Virginia (Photograph between 1861 and 1865). Retrieved from the Library of Congress, www.loc.gov/item/2021651346/



Reverend Annan's text published in the Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences in 1793 (Vol. 2, No. 1, page 160).



Portrait of George Washington (c. 1797). Sterling and Francine Clark Art Institute, Williamstown, Massachusetts.

Source: Public domain dedication (CC0)

https://pap.wikipedia.org/wiki/George_Washington#/media/File:Gilbert_Stuart_Williamstown_Portrait_of_George_Washington.jpg

How did Washington get his fossil? At the end of 1770, Washington made a trip to the frontier. Staying in Pittsburg on November 22nd, he invited officers and other gentlemen to dinner, among whom was a well-known trader named Dr. John Connolly, nephew of Col. G. Croghan. Two years later, on September 18th, 1772, Connolly wrote a letter to Washington describing a visit to Big Bone Lick (near the Ohio River in Kentucky). At the beginning of the letter, Connolly wrote "In my return from the Illinois I could not refrain from accompanying Majr Hamilton (acting commandant of the Illinois country) & the other Gentn on a Visit to the great Licks, where the Elephant's Bones render them more particularly remarkable; & as they were all employed in collecting Curiosities agreeable to their respective inclinations, I just stumbled upon the Tooth I now present you with, begging your Acceptance thereof, as a Testimonial of my regard for your Person". Connolly continued the letter "These Licks (so much frequented by Buffaloe at present) are an assemblage of a Variety of Springs ... The Lick particularly where the large Bones are now found, is the most Westerly One ... in the sides of which you may perceive a number of Bones, of different sizes, variously projecting I discovered an under Jaw very little affected by Time with all the Teeth perfectly secure".

The Big Bone Lick, recognized today as the site where American fossil collecting began, is located at what is now Boone County, Kentucky, where amid sulfur springs and salt formations, mastodons and other large prehistoric animals were trapped by the soft soil. While there is no account of George Washington visiting Big Bone Lick, his diary entry for Monday, November 19th,

1770, included a list of places along the Ohio River with distances from place to place, referred to Fort Pitt at the head of the river in Pennsylvania. During the American Revolutionary War, Fort Pitt served as the American headquarters for the western theater of the war. On page 320, Washington wrote, "Where the Elephants Bones were found E 560¼ miles", so he was undoubtedly aware of the site, at least two years before receiving the tooth from Dr. John Connolly in 1772.

Mastodon americanum

The mastodon is a member of the order Proboscidea, which also includes the mammoths, modern elephants, and a wide variety of extinct elephant-like species that evolved over the last 60 Ma. Mastodons are only distant cousins of mammoths and elephants. Mastodon americanum, known as an "American mastodon" or simply "mastodon," had a long and complex paleontological history spanning all the way back to 1705, when the first fossils were uncovered in the American colonies, in a town named Claverack (close to the Hudson River), New York.

Because of the uniquely shaped molars with no modern analogues, the species caught the attention of European researchers and influential Americans before and after the American Revolution. Taxonomically, it was first recognized as a distinct species (*Elephas americanus*) in 1792 by the Scottish scientist Robert Kerr (1757-1813), and then classified to its own genus, *Mammut* by the German naturalist Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840) in 1799. The genus name "Mammut" refers to the German translation for "mammoth."

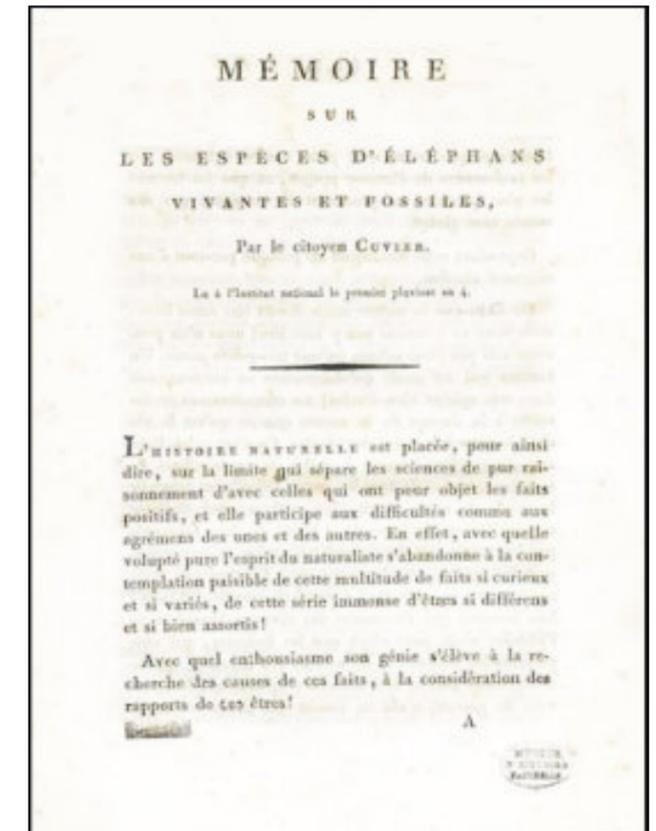
As early as 1783, the mentioned German physician Christian Friedrich Michaelis (1754-1814) commissioned the American painter Charles Willson Peale (1741-1827) to draw "mammutid fossils" from a collection. Peale opened his own museum in Philadelphia, and in 1786 opened the natural history collection, housing a diverse collection of botanical, biological, and archaeological specimens.

The Peale Museum was the first to display a mastodon skeleton found in New York (which in Peale's time was referred to as mammoth bones). These common names were amended in 1798 by Georges Cuvier (1769-1832) in his publication "Mémoires sur les espèces d'éléphants vivants et fossils" and are still employed today.



Mastodon tooth from Mattapoisett River, Massachusetts. Robbins Museum, Middleborough, Massachusetts. Scale bar 8 cm. Source: Public Domain Dedication (CC0).

<https://timelesmoon.getarchive.net/amp/media/mastodon-tooth-from-mattapoisett-river-robbins-museum-middleborough-massachusetts-a12f75>



First page of "Mémoires sur les espèces d'éléphants vivants et fossils" by George Cuvier (1798). Source:

https://bibliotheques.mnhn.fr/medias/detailstatic.aspx?INSTANCE=EXPLOITATION&RSC_BASE=IFD&RSC_DOCID=MNHN_H439A



Mounted *M. americanum* skeleton at the American Museum of Natural History, New York. Photo by the author.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6319303>

REFERENCES

Annan, Robert (1793). Account of a skeleton of a large animal, found near Hudson's River. *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences*. 2(1): 160-164.
 Washington, G. The Diaries of George Washington, Vol. II (1766-1770). Donald Jackson Editor; Charlottesville: University Press of Virginia, 1976, p. 320.
<https://www.mountvernon.org/library/digitalhistory/digital-encyclopedia/article/george-washingtons-mastodon-tooth>
<https://founders.archives.gov/?q=Author%3A%22Connolly%2C%20John%22%201770&s=1111311111&r=1>
<https://www.biblicalcyclopedia.com/A/annan-robert.html>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Mastodon>
https://en.wikipedia.org/wiki/George_Washington
https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Willson_Peale

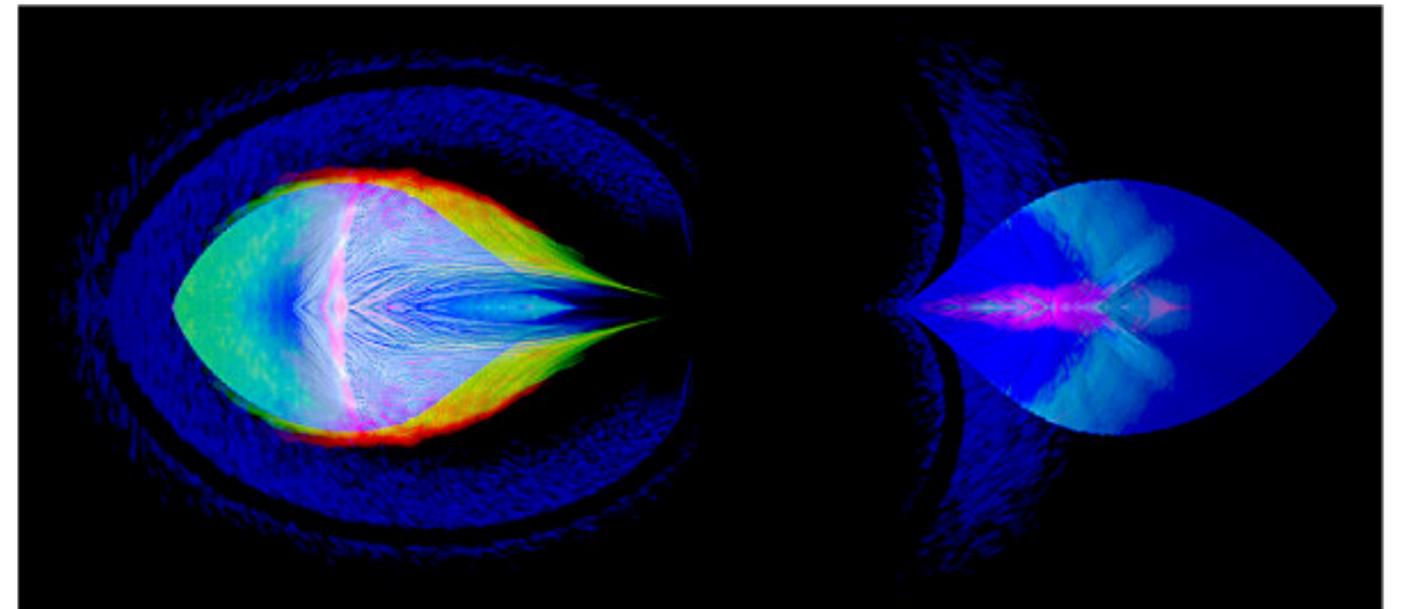


jcasas@geologist.com

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 38 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 y Perú.

Autor/Co-autor en 59 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en el boletín AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2025), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).



Quiero compartir con ustedes el secreto que me ha llevado a alcanzar todas mis metas: mi fuerza reside únicamente en mi tenacidad.

Louis Pasteur

FOTOGRAFÍAS



Amanecer en la Ciudad de México con vista desde Santa Fe del volcán Popocatepetl. Dedicado a mi amado hijo, Etien, no dejes que la rutina te consuma, nunca dejes de buscar y sobre todo nunca pierdas tu capacidad de asombro. Fotografías de **José Jorge Hernández Santiago**.



Rincón de Parangueo, antiguo lago polimíctico localizado en un cráter volcánico monogenético, actualmente desecado y en fase de destrucción por la bajada del nivel freático regional debido a la extracción de agua para riego. Localizado en Valle de Santiago (Edo. de Guanajuato, México), y formando parte de las Siete Luminarias. En la imagen se aprecia la plataforma carbonatada alcalina, de origen bacterial, constituida esencialmente por microbialitas (trombolitos) de hidromagnesita. Se puede observar la destrucción parcial de dicha plataforma mediante la combinación de la subsidencia y parcial diapirismo de las arcillas de lago profundo sobre las que se asentan, así como el desarrollo de un micro-karst extensivo. Fotografía del **Dr. Jordi Tritlla**.



Detalle del centro del antiguo lago, en un ambiente de "playa-lake" evaporítico alcalino, con la precipitación de silvita, trona, termonatrita y halita. En la foto aparece el Dr. Gilles Levresse (IGC, UNAM) evaluando el grado de evaporación de estas lagunas residuales. Fotografía del **Dr. Jordi Tritlla**.



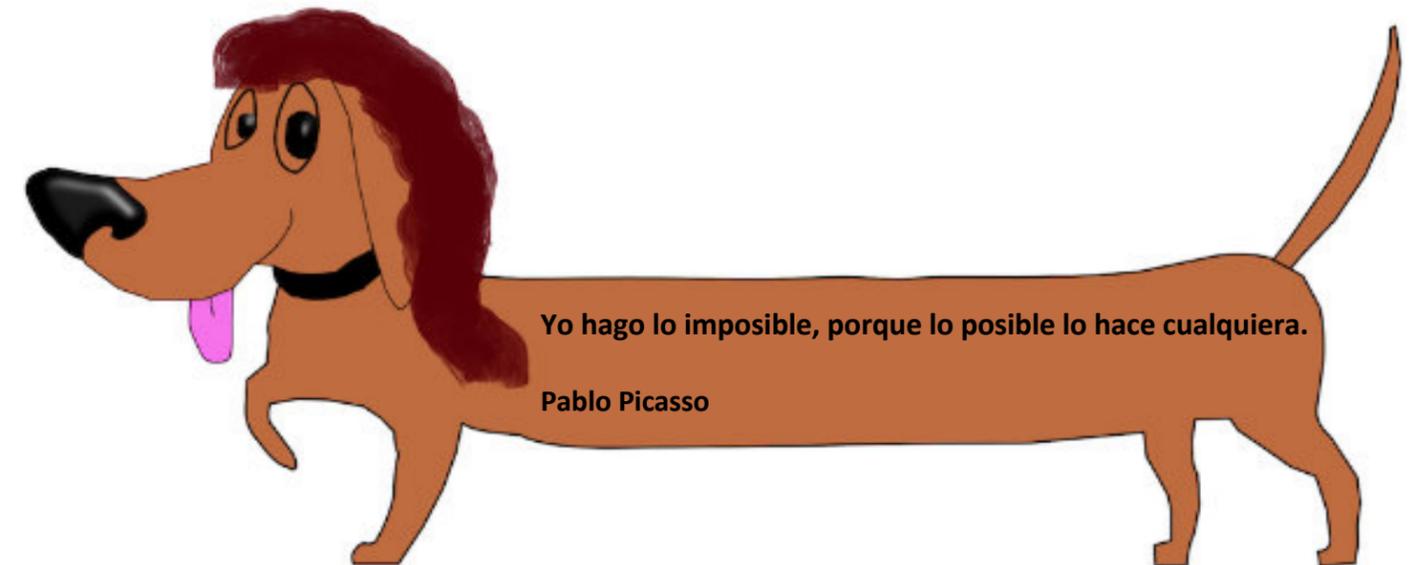
Cerro Tute se encuentra dentro del Parque Nacional Santa Fe, al norte de la Provincia de Veraguas, en la parte central de la República de Panamá. Con una elevación de 1050 m.s.n.m el Cerro Tute se compone de dacitas, ignimbritas clásticas y tobas riolíticas vítreas. En tercer plano hacia el NW se destacan los picos de la Cordillera Central. De acuerdo con estudios realizados sobre la viabilidad de instalación de parques eólicos en Panamá, el Cerro Tute se destacó como uno de los sitios de vientos de alta velocidad y constancia de dirección. Lamentablemente sus fuertes pendientes hacen prácticamente imposible la instalación de generadores. Fotografía provista por **Humberto Flores Alvarez**, Colaborador de la Revista.



Complejo Acatlán, Puebla, México. Veta de cuarzo plegada dentro de una (meta)eclogita, probablemente formada dentro de un estadio final de canal de subducción. Fotografía de **Bernardo García Amador**, Editor de la Revista.



Entrada de la Cueva del Agua, en Viñales, Cuba. Fotografía del **Dr. Manuel Iturralde**.



Yo hago lo imposible, porque lo posible lo hace cualquiera.

Pablo Picasso

El afloramiento pertenece a la Formación San Miguel del Pleistoceno inferior, en facies lacustre (Martín et al., 2018). Según López y Toro (2019) las litologías predominantes son limolitas tobáceas, arcillolitas bentoníticas de colores blancos a cremas con intercalaciones centimétricas de areniscas de colores grises a negros y tobas de composición ácida. Las fallas normales se consideran "sin-sedimentarias". La falla "sub-horizontal" paralela a la estratificación podría ser de origen gravitacional. Unos metros al oeste hay estructuras de colapsos ("slumps") ó pliegues gravitacionales, que se consideran deformaciones "sin-sedimentarias", posiblemente como resultado de inestabilidades causadas por erupciones volcánicas y / o terremotos. Ubicación: 0° 1'17.45"S 78°19'51.93"W. Foto del **Dr. Carlos Giraldo**.



YARRABUBBA CRATER, ONE OF THE WORLD'S OLDEST IMPACT CRATERS

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela



Cover photo: www.stefnisson.com

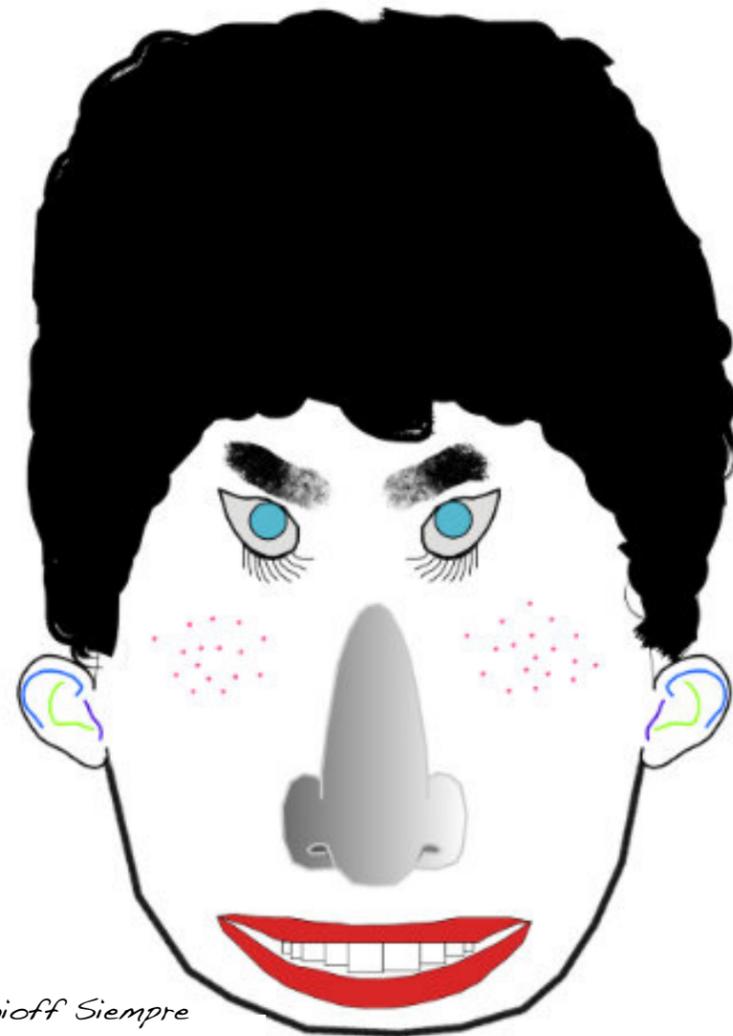
Yarrabubba is a recently discovered impact structure situated within the complex granite-greenstone terrain of the Yilgarn Craton. Shock-metamorphic effects including shatter cones, planar deformation features in quartz grains, and pseudotachylites, were found in deeply eroded Archean granites near Yarrabubba station, southeast of Meekatharra, Western Australia (Figure 1).



Figure 1. Location of Yarrabubba crater in Australia. Aeromagnetic images reveal arcuate demagnetization features at diameters between 11 and 25 km, which roughly correspond to the outcropping of the Yarrabubba Granite, and are centered on a magnetic-high halo around the Barlangi Granophyre. Rapid-quench textures in the Barlangi Granophyre and its inter-fingering relationships with pseudotachylites suggest that it is an impact melt that was injected into the Yarrabubba Granite and spread along fault discontinuities. Both the potassic Yarrabubba Granite and the felsic Barlangi Granophyre are atypical in the northern Yilgarn, as are the abundant fracturing and frictional melting within the local granitoids. These anomalous geological features associated with shock-metamorphic effects are indicative of a hypervelocity-impact origin.

THE CRATER

Yarrabubba Crater is a massive impact structure located in the Yilgarn Craton of Western Australia (Figure 1). While it was known to be extremely old, it wasn't until 2020 that scientists were able to determine the precise



A nosotras las maestras de geología nos gusta mucho realizar las prácticas de campo, porque tenemos la oportunidad de tomar muchas fotografías de estructuras geológicas, montañas y de afloramientos.

Eres estudiante o maestro de geología y tienes fotografías de afloramientos de tu área de estudio o de viajes de campo?

Comunícate con

Bernardo García-Amador

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu

quien está a cargo de organizar esta información.

age of this meteor crater and discover it was surprisingly old, making it one of the oldest known craters on earth, only preceded by a recently discovery in the centre of the East Pilbara Terrane, Western Australia, and dated as 3.74 Ga by Kirland *et al* (2025).

The rim of the original crater has been completely eroded and is not readily visible. It is estimated to have been ~70 Km across (dotted line in Figure 2), with its remnant today only being ~20 Km wide. The site no longer resembles a typical impact structure with a distinct rim and deep bowl. Instead, Yarrabubba's once-defining features have been eroded leaving only overgrown rocky outcrops and ridges

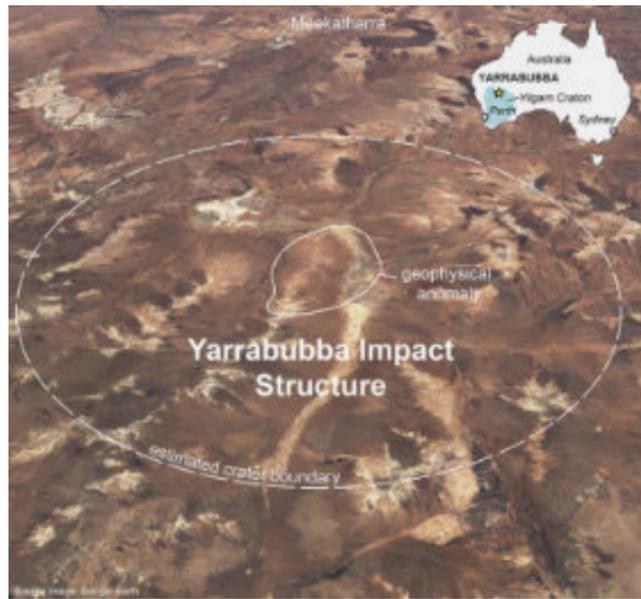


Figure 2. The 70km-wide Yarrabubba crater sits on top of an ancient piece of Earth's crust known as the Yilgarn Craton

THE AGE

The crater's age was determined by searching for rocks that showed signs of being subjected to the shock and extreme heat of a meteor strike. The impact zone is a monzogranite (about equal amounts orthoclase and plagioclase feldspar) that contains shocked quartz and shatter cones. Mineral samples were collected from a granophyre (sodic rhyolite) that formed as an impact generated melt within the monzogranite. Aboriginal people quarried this fine-grained rock to chisel it into sharp tools.

In 2014, Dr. Timmons Erickson collected roughly 90 Kg of granitic rocks from Yarrabubba. Back in the laboratory, he and his colleagues placed the rocks in

water and added 120,000 volts of electricity. That jolt broke the rocks into sand-size grains. These scientists were looking for grains of zircon and monazite, tough minerals that survive for billions of years and, crucially, incorporate uranium and thorium atoms into their crystalline structure.

Erickson *et al* (2020) were able to pinpoint the timeline by extracting samples of these grains of zircon and monazite from the base of Yarrabubba crater. These robust minerals were shocked into a crystallized form by the sheer energy of the impact with the space rock, which the team estimates was several miles in diameter. Erickson *et al* (2020) used uranium-lead dating to estimate the age of the crystals, which turned out to be hundreds of millions of years older than other ancient craters such as Vredefort Dome in South Africa or the Sudbury structure in Canada.

As mentioned, the minerals zircon and monazite were used to date the impact using the U/Pb dating method. Zircon is an ideal 'isotopic clock' because the crystal structure can incorporate uranium but not lead. The lower photo (Figure 3) shows a shocked zircon crystal used to date the Yarrabubba impact. The margin of the grain (pink) recrystallized during impact, leaving the inner core (blue) intact. The length of the crystal is ~200 microns (millionths of a meter), about the size of a dust mite.

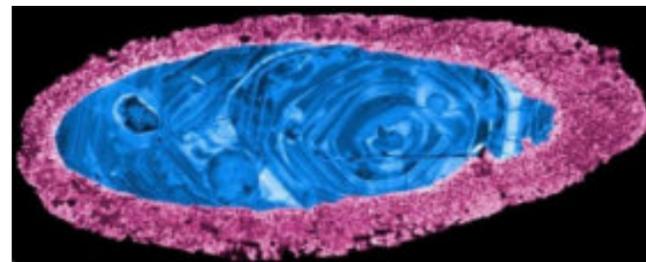


Figure 3. Close-up of a zircon crystal showing the original structure (blue) surrounded by the area snap heated by the meteorite strike.

Based on measurements of 39 zircon and monazite crystals, Erickson *et al* (2020) calculated that the Yarrabubba impact occurred 2.229 billion years ago, with an uncertainty of plus or minus 5 Ma. The next-oldest impact structure, the 200 Km wide Vredefort Dome in South Africa, is over 200 Ma younger.

Impact craters that date back billions of years are relatively rare on Earth because our planet is so

geologically active, that processes such as plate tectonics and volcanism are constantly eroding and erasing (Figure 4), the record of Earth's past collisions with random space rocks.



Figure 4. An outcrop of impact melt rock on Barlangi Hill in the Yarrabubba crater in Western Australia, the site of an asteroid collision more than 2 billion years old.

THE SNOWBALL EARTH SPECULATION

The dating of the crystals places the impact right towards the end of the very first "snowball Earth" known as the Huronian glaciation. Also, deposits in the youngest remnants of ancient crust such as in South Africa that are the same age as Yarrabubba indicate glaciers extended across much of the Earth.

Yarrabubba was at the right time to possible trigger the end of a global ice age and to warm the planet.

CONSULTED REFERENCES

- Erickson, T., Kirkland, C., Timms, N., Cavosie, A. & Davison, T. 2020. Precise radiometric age establishes Yarrabubba, Western Australia, as Earth's oldest recognized meteorite impact structure. *Nature Communications*, 11, 300. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13985-7>
- Kirkland, C.L., Johnson, T.E., Kaempf, J. et al. 2025. A Paleoproterozoic impact crater in the Pilbara Craton, Western Australia. *Nature Communications*, 16, 2224. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57558-3>
- <https://www.abc.net.au/news/science/2020-01-22/wa-crater-yarrabubba-meteorite-impact-worlds-oldest/11881786>
- <https://www.nytimes.com/2020/01/21/science/oldest-asteroid-impact-australia.html>
- <https://www.labrujulaverde.com/en/2024/07/the-yarrabubba-crater-the-oldest-known-meteorite-impact-on-earth/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012821X03003224?via%3Dihub>
- <https://theconversation.com/how-the-worlds-oldest-known-meteorite-impact-structure-changed-the-chemistry-of-earths-crust-201228>
- <https://www.imperial.ac.uk/news/194833/earths-oldest-known-impact-might-have/>
- <https://massivesci.com/articles/meteorite-impact-crater-yarrabubba-australia-snowball-earth/>

Computer simulations by Erickson *et al* (2020) using a 6.5 Km diameter meteor crashing into a ~5 Km thick ice sheet covering granitic bedrock, generated a crater with a diameter comparable to Yarrabubba. The impact would have released up to 200 billion tonnes of water vapor into the atmosphere, which could have rapidly warmed the planet and melted ice sheets. To further test that hypothesis, Erickson *et al* (2020) modeled the effects of a roughly 6.5 Km wide impact object striking ice sheets of different thicknesses. They found that in all scenarios, more than 100 billion tons of water vapor would have been jetted into the upper atmosphere.

Water vapor is a potent greenhouse gas, responsible for about half of the heat absorption from solar radiation today, so suddenly having much more of it aloft could have triggered a warming that ended an ice age, Erickson *et al* (2020) suggested. That idea still needs to be tested with more climate models; the researchers noted. Pointing out that it is necessary to think about these extreme events where we might have had some extraterrestrial bodies making big changes to our Earth system. Potential links between major extraterrestrial collisions and worldwide climate changes, is a subject that has to be investigated more in detail..



jasas@geologist.com

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 38 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 y Perú.

Autor/Co-autor en 58 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en el boletín AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2025), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

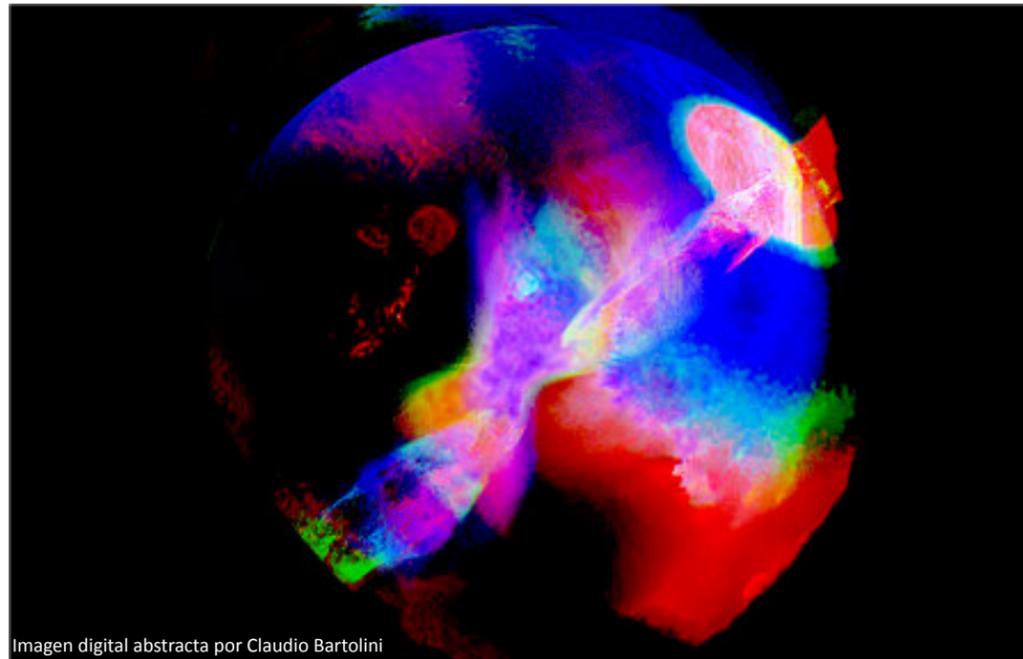


Imagen digital abstracta por Claudio Bartolini

El mundo es de quien nace para conquistarlo y no de quien sueña que puede conquistarlo.

Fernando Pessoa

La Formación del Himalaya: La Mayor Cordillera de la Tierra

Sumit Mishra^{1*}, Eduardo González Partida¹, Sanjeet K. Verma², Maria Fernanda Cerca Ruiz³, Alejandro Carrillo-Chávez¹, Juan Josué Enciso-Cárdenas⁴, Genaro de la Rosa⁴

¹Instituto de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, Querétaro, México.

²División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), A.C, San Luis Potosí, México.

³Instituto de Geología, Facultad de Ingeniería UASLP, San Luis Potosí, México.

⁴Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, Boulevard Simón Bolívar # 303A, Nueva Rosita, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor de Correspondencia: smpsgeo@gmail.com

Introducción y Contexto Tectónico

El Himalaya, la cordillera más alta y geológicamente más espectacular de la Tierra, se extiende a lo largo de más de 2,400 kilómetros atravesando cinco naciones. Contiene los 14 picos más altos del mundo, todos por encima de los 8,000 metros, incluyendo el Monte Everest (8,848 m). Esta colosal cadena montañosa se formó a través de la colisión continua entre las placas India y Euroasiática, un proceso que comenzó hace aproximadamente 50 millones de años (Figura 1) y que continúa hoy en día a una velocidad de unos 5 cm por año (Van Hinsbergen et al., 2012).

El Paisaje Pre-Himalayo y el Preludio Tectónico

Antes del surgimiento del Himalaya, el paisaje de la región era muy diferente. Hace unos 200 millones de años, la Placa India formaba parte del supercontinente Gondwana, que también incluía lo que hoy es África, Sudamérica, la Antártida, Australia y Madagascar. Esta enorme masa de tierra se encontraba principalmente en el hemisferio sur y estaba cubierta por extensos bosques tropicales y mares interiores poco profundos.

Durante la fragmentación de Gondwana en el período Jurásico (~200 Ma), la Placa India comenzó a separarse y a desplazarse hacia el norte a una velocidad inusualmente rápida, avanzando entre 15 y 20 cm por año—casi el doble de la velocidad de la mayoría de las placas tectónicas. Durante su viaje, la placa transportó sedimentos marinos antiguos del vasto Océano Tetis, que existía entre India y Eurasia. Estos sedimentos desempeñarían un papel crucial en la formación del Himalaya, ya que fueron comprimidos y elevados durante la colisión.

El Océano Tetis, que una vez cubrió gran parte de la región, se fue estrechando gradualmente a medida que la Placa India se acercaba a Eurasia. Este entorno oceánico albergaba una abundante vida marina, incluyendo ammonites, belemnites y reptiles marinos primitivos. Los sedimentos depositados durante millones de años en el Océano Tetis formaron gruesas secuencias de caliza, lutita y arenisca, que hoy se encuentran en el Himalaya como capas de rocas fosilíferas a gran altitud.

Preludio Tectónico:

- Hace 200 millones de años (Ma): La Placa India se separó de Gondwana
- Entre 80 y 50 Ma: Rápido desplazamiento hacia el norte (15 cm/año)
- Hace 55 Ma: Comienzo de la colisión continental
- Presente: Convergencia continua (datos de GPS muestran un acortamiento de 40-50 mm/año)

Esta colisión es única en la geología porque tanto la Placa India como la Placa Euroasiática contienen corteza continental gruesa. A diferencia de las colisiones entre corteza oceánica y continental que forman arcos volcánicos, esta colisión entre continentes condujo a un plegamiento, fallamiento y engrosamiento intensos de la corteza terrestre, resultando en la extraordinaria elevación del Himalaya (Figura 2).

La Mecánica de la Formación de Montañas

Cuando la Placa India colisionó con Eurasia hace aproximadamente 50 millones de años, inició una

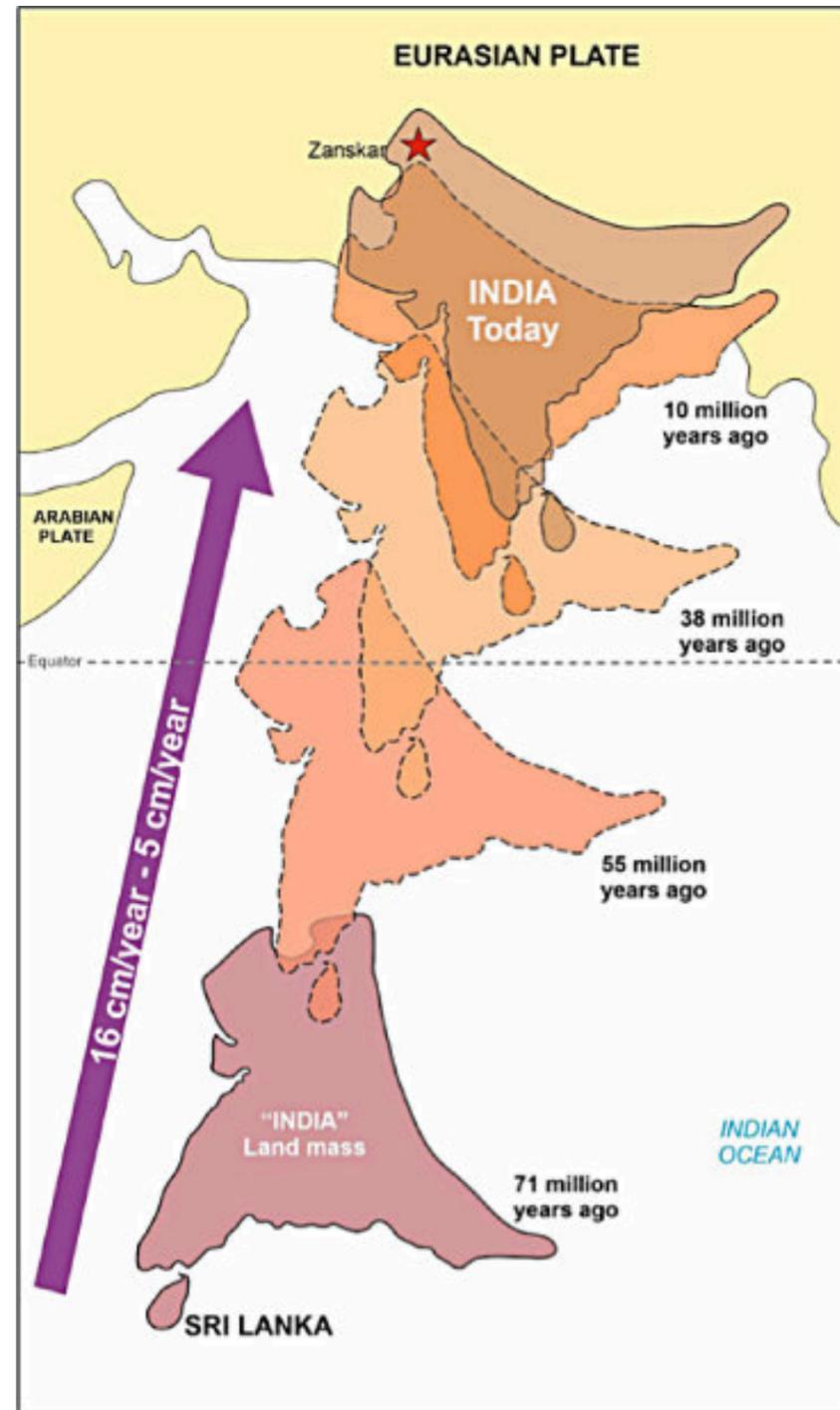


Figura 1. Migración hacia el norte de la India durante los últimos 71 millones de años. Este diagrama es una simplificación y no toma en cuenta el acortamiento cortical significativo que afectó tanto a las placas india como euroasiática. Antes de la colisión, las placas se extendían mucho más allá de sus límites actuales; aproximadamente 2500 km de la corteza continental india fueron subducidos bajo Asia o deformados para formar el Himalaya. Los tiempos mostrados corresponden a las posiciones bien definidas del continente indio, pero no coinciden exactamente con el inicio de la colisión, que comenzó hace unos 50 millones de años. (Imagen: This Dynamic Earth, por Kious y Tilling. Cortesía del Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS.).

compleja secuencia de procesos geológicos que continúa hasta hoy. Debido a su flotabilidad, la corteza continental, India no pudo subducirse bajo Eurasia. En cambio, se deformó por compresión, arrugándose en enormes capas de roca.

Se desarrollaron tres sistemas principales de fallas:

- **Empuje Principal Central (MCT):** Activo entre hace 20 y 10 millones de años, responsable de la elevación del Himalaya Mayor.
- **Empuje Principal de Límite (MBT):** Elevó el Himalaya Menor.

- **Empuje Frontal Principal (MFT):** Continúa elevando los sedimentos más jóvenes de las Colinas Siwalik.

Bajo la superficie, la imagen sísmica revela que la Placa India se introduce en ángulo poco profundo bajo el Tíbet, formando la corteza continental más gruesa del mundo— hasta 70 kilómetros de espesor bajo la meseta tibetana. Las extremas presiones y temperaturas a estas profundidades provocaron un metamorfismo regional, produciendo rocas metamórficas de alto grado y generando leucogranitos visibles en picos como el Manaslu y el Everest.

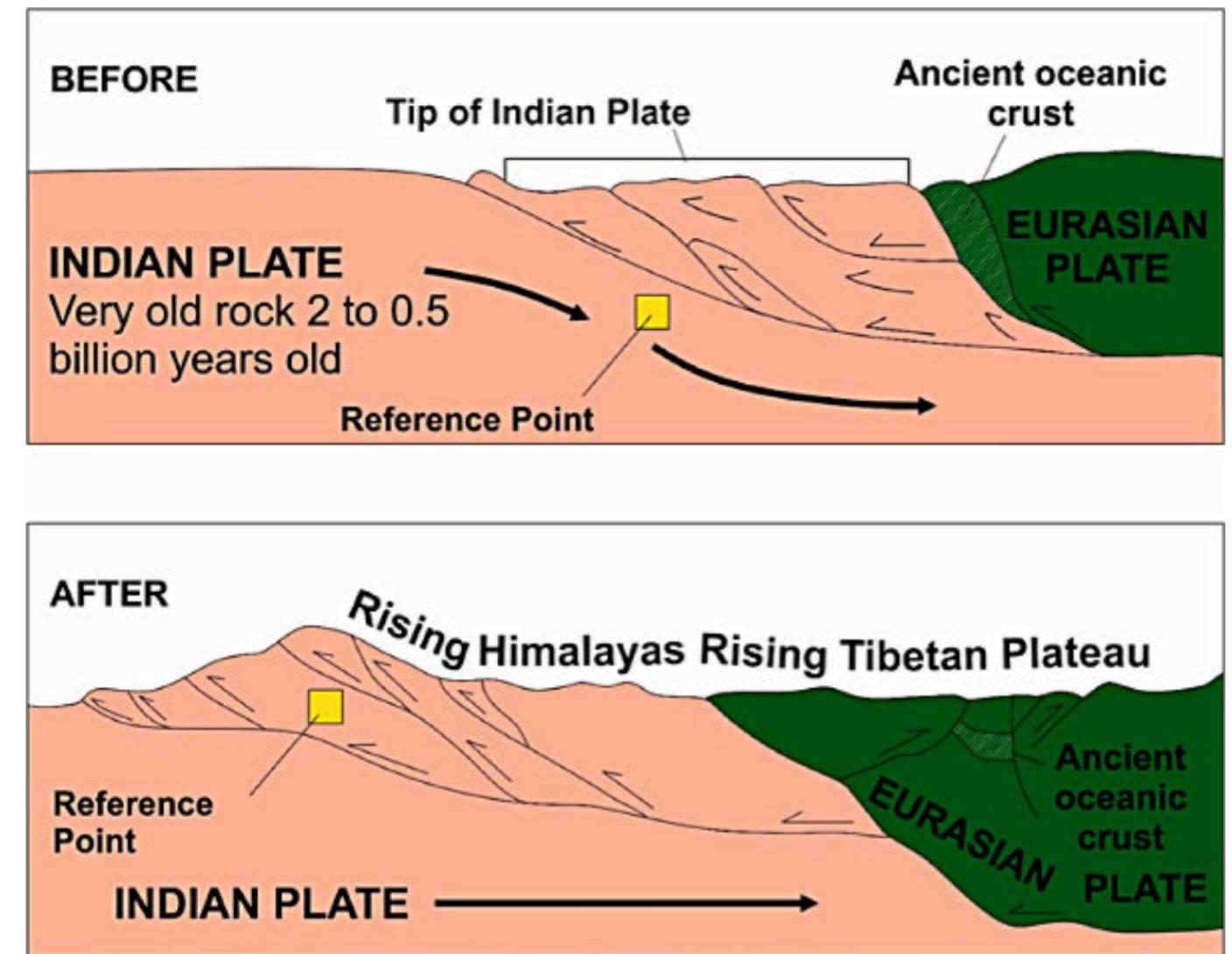


Figura 2. Corte transversal que ilustra la colisión entre la Placa India y la Placa Euroasiática, tanto antes como después de su convergencia. El punto de referencia (pequeño cuadrado) indica la elevación de una ubicación imaginaria dentro de la corteza terrestre durante el proceso de formación de montañas. (Imagen: USGS).

La erosión causada por ríos como el Indo y el Tsangpo, así como la actividad glaciaria, continúa modelando el Himalaya. Los escombros de la erosión se han acumulado en las cuencas de antepaís, creando la gruesa secuencia sedimentaria de Siwalik, que contiene un rico registro fósil de la evolución del ecosistema regional.

El Himalaya Vivo - Un Sistema Montañoso en Evolución

Los datos modernos de GPS confirman que la Placa India aún se mueve hacia el norte a unos 5 cm por año, manteniendo al Himalaya tectónicamente activo. Las tasas de elevación alcanzan hasta 1 cm por año, pero la erosión de ríos como el Ganges y el Brahmaputra contrarresta este crecimiento, creando un equilibrio geológico dinámico.

El Himalaya influye significativamente en el clima de Asia. El sistema monzónico, impulsado por masas de aire húmedo que chocan con la barrera montañosa, trae lluvias torrenciales que sustentan los principales sistemas fluviales. Simultáneamente, los glaciares transportan escombros rocosos y las corrientes de hielo se desplazan varios metros por día durante los meses de verano.

La actividad sísmica sigue siendo una preocupación importante. La Falla Principal del Himalaya (MHT), un gigantesco plano de despegue tectónico almacena una enorme cantidad de estrés tectónico. Cuando este estrés se libera, genera terremotos devastadores, como el terremoto de Gorkha de 2015 (magnitud 7,8). La evidencia histórica sugiere que incluso han ocurrido terremotos mayores, con magnitudes superiores a 8,5, lo que hace crucial la evaluación de riesgos sísmicos para los millones que viven en la región.

El Himalaya también es la "torre de agua" de Asia, almacenando agua dulce en glaciares y campos de nieve que alimentan diez de los principales sistemas fluviales. Sin embargo, el cambio climático está provocando un rápido retroceso glaciario, amenazando el suministro de agua y aumentando el riesgo de inundaciones por desbordamiento de lagos glaciares. El futuro de las

montañas depende del equilibrio entre el levantamiento tectónico, el cambio climático y la actividad humana.

El Futuro del Himalaya - Una Cordillera en Cambio

A medida que la Placa India continúa colisionando con Eurasia, el Himalaya seguirá evolucionando. Se estima que la colisión persistirá durante otros 10 a 20 millones de años, lo que podría hacer que las montañas se eleven aún más mientras se expande la meseta tibetana. Sin embargo, la erosión y un posible flujo de la corteza hacia el este bajo el Tíbet podrían alterar los patrones de elevación con el tiempo.

El levantamiento continuo intensifica los ciclos monzónicos, contribuyendo tanto a lluvias beneficiosas como a inundaciones y deslizamientos de tierra destructivos. Además, la aridificación gradual de la meseta tibetana podría modificar los sistemas fluviales cruciales para el suministro de agua en el sur de Asia.

Desde el punto de vista sísmico, los segmentos no fracturados de la Falla Principal del Himalaya están atrasados en cuanto a grandes terremotos. El terremoto de Gorkha de 2015 liberó sólo una fracción de la tensión acumulada, dejando secciones adyacentes bajo un estrés aún mayor (Goda et al., 2015). Los futuros sismos podrían ser catastróficos para las densamente pobladas estribaciones del Himalaya, donde el desarrollo de infraestructura a menudo ha superado la preparación para terremotos.

Desde una perspectiva geológica, el Himalaya ofrece una ventana inigualable a los procesos de colisión continental. Los científicos están particularmente interesados en cómo interactúan las fuerzas tectónicas con la erosión, ya que algunos modelos sugieren que un aumento de las lluvias debido al cambio climático podría acelerar la erosión lo suficiente como para contrarrestar el levantamiento—un concepto conocido como el efecto de "sierra erosiva" ("erosional buzzsaw"). Sin embargo, este proceso ocurre en escalas de tiempo de millones de años, mucho más allá de la vida humana.

Conclusión

El Himalaya cuenta una historia extraordinaria sobre el dinamismo de la Tierra, desde sus orígenes como un lecho marino en el océano de Tetis hasta su estatus como las cumbres más altas del planeta. Esta cordillera sigue siendo un sistema geológico activo, moldeado por el empuje implacable de las fuerzas tectónicas, poderosos procesos de erosión e influencias climáticas. Como maravilla natural y fuente vital para miles de millones de personas, el Himalaya es un testimonio de la naturaleza siempre cambiante de nuestro planeta. Su futuro, como su pasado, estará determinado por profundos procesos geológicos e interacciones en la superficie que definen nuestro mundo dinámico.

Bibliografía básica

Bilham, R., Larson, K., & Freymueller, J. (1997). GPS measurements of present-day convergence across the Nepal Himalaya. *Nature*, 386(6620), 61-64.



Dr. Sumit Mishra actualmente trabaja como investigador postdoctoral en el Centro de Geociencias de la UNAM. Su área de especialización son la geoquímica de rocas ígneas, la geocronología y la geología isotópica. Actualmente se concentra en la diagénesis del carbón de la Cuenca de Sabinas y depósitos de Manganese en Autlán.



Eduardo González Partida Se graduó de Ingeniero Geólogo (UNAM) en 1977 y en 1979 se graduó de Ingeniero Experto en Exploración y Valorización de Recursos Naturales en la Escuela Nacional Superior de Geología de Nancy, Francia, obteniendo posteriormente, los grados de Doctor Ingeniero en Materias Primas Minerales y Energéticas en 1981 y Doctor de Estado en Ciencias en 1985. Actualmente tiene 41 años de antigüedad docente/académico en la UNAM, es nivel III en el SNI. En 2020-21 fue Co-fundador y nombrado Rector de la Universidad Politécnica de Nochixtlan Abraham Castellano. En su aportación científica y tecnológica cuenta con 350 productos. En la formación de recursos humanos ha dirigido 86 tesis, de las cuales 58 son de Licenciatura, 21 de Maestría y 7 de doctorado. Sus campos de acción son los yacimientos minerales y energéticos: geotermia, carbón, hidrocarburos.

Van Hinsbergen, D. J., Lippert, P. C., Dupont-Nivet, G., McQuarrie, N., Doubrovine, P. V., Spakman, W., & Torsvik, T. H. (2012). Greater India Basin hypothesis and a two-stage Cenozoic collision between India and Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(20), 7659-7664.

Searle, M. P., & Treloar, P. J. (2019). Introduction to Himalayan tectonics: a modern synthesis. *Geological Society, London, Special Publications*, 483(1), 1-17.

Goda, K., Kiyota, T., Pokhrel, R. M., Chiaro, G., Katagiri, T., Sharma, K., & Wilkinson, S. (2015). The 2015 Gorkha Nepal earthquake: insights from earthquake damage survey. *Frontiers in Built Environment*, 1, 8.

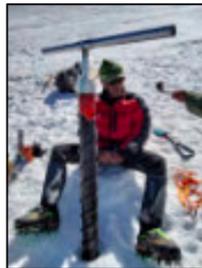
Hubbard, M. S., Mukul, M., Gajurel, A. P., Ghosh, A., Srivastava, V., & Giri, B. (2021). *Orogenic segmentation and its role in Himalayan Mountain building*. *Front Earth Science* 9.



El **Dr. Sanjeet K. Verma** obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería (UNAM, 2012). Estancia Posdoc en la Universidad de Campinas (2012-2015). Ingresó al IPICYT en 2015. Actualmente es Jefe de la División de Geociencias Aplicadas, Investigador Titular C, Nivel II en SNII. Líneas de investigación: i) geoquímica de las rocas, ii) petrogenesis ignea, iii) ambiente tectónicos y iv) geocronología. Es editor Asociado de la revista Geochemistry y Miembro Editorial de la Revista Discover Geoscience. Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias (2017). Premio de Newton Advanced Fellowship, The Royal Society (2016). Es autor de 50 publicaciones JCR. Tutor del Posgrado en la DGA/IPICYT. Su obra cuenta con más de 1200 citas bibliográficas; Índice H de 18. Ha supervisado 6 tesis de Licenciatura; 7 de Maestría; y 3 de Doctorado.



María Fernanda Cerca Ruiz. Se graduó como Ingeniera Geóloga por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) en 2020, titulándose por tesis. Posteriormente, obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en Geología Aplicada por la misma institución en 2022. Cuenta con experiencia en el estudio de flujos granulares volcánicos, su dinámica y reología, así como en vulcanismo monogenético y riesgos volcánicos. Ha participado en investigaciones de campo, análisis de imágenes, geofísica, petrología y cartografía.



Dr. Alejandro Carrillo-Chávez. Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inició su trabajo en el Instituto Mexicano del Petroleo y después inició vida académica en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En 1998 ingresó al a Unidad Investigación en Ciencias de la Tierra (UNICIT) UNAM, Campus Juriquilla (actual Centro de Geociencias). Su trabajo inicial fue sobre petrografía ígnea y metamórfica. En academia inicio dando clases de petrología ígnea y metamórfica.

Actualmente es Tutor del Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM. Su maestría fue sobre yacimientos minerales metálicos y su doctorado sobre geoquímica ambiental. Actualmente sus líneas de investigación son: Metales Pesados en Medio Ambiente, Hidrogeoquímica, Geoquímica Isotópica de Metales Pesados e Hidrogeoquímica de Salmueras Petroleras. A la fecha es responsable de un Proyecto UNAM y CONAHCyT sobre Concentraciones de metales e isotopía estable de Zn y Hg en agua de lluvia, nieve y núcleos de hielo en glaciares mexicanos. ambiente@geociencias.unam.mx



El **Dr. Juan Josué Enciso Cárdenas**, es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la UAdeC y es miembro distinguido del SNI CONAHCYT. Su especialidad en geoquímica orgánica, le permite enfocar su línea de investigación al estudio, caracterización y evaluación de potencial de yacimientos de hidrocarburos no convencionales para su desarrollo y aprovechamiento en México. jenciso@uadec.edu.mx



El **M.C. Genaro de la Rosa Rodríguez**, es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC). Es Ingeniero en Recursos Minerales y Energéticos, cuenta con Maestría en geología de yacimientos de hidrocarburos no convencionales por la UAdeC. 6 años de experiencia como geólogo en el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en el proyecto Gas Asociado al Carbón y rocas generadoras de hidrocarburos en México. Es miembro distinguido como Investigador Estatal Junior ante el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) de Coahuila. Su especialidad es la petrografía orgánica y está acreditado en carbón, mezclas de carbón y materia orgánica dispersa ante el International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP). genaro_rodriguez@uadec.edu.mx

Transformación de la materia orgánica ayer y hoy para formar combustibles

Demetrio Marcos Santamaría Orozco

santamade59@gmail.com

Resumen

Actualmente, más del 75% de la energía que mueve al mundo proviene de las energías fósiles: carbón, petróleo y gas natural. Estos tienen sus ventajas como: son abundantes, naturales, baratos, fácil de extraer, transportar y almacenar, así como fácil de refinar, procesar y transformar en otros productos. Sin embargo, también tiene sus desventajas, debido a que: son finitos y altamente contaminantes, debido a que liberan gases como CO₂ y CH₄ que, favorecen el efecto invernadero ya que incrementa la temperatura de la superficie del planeta y esto a su vez, provoca cambios climáticos.

Por estas razones surge la necesidad de ir sustituyendo los combustibles fósiles por energías alternas, como las renovables, que aparentemente son menos contaminantes. Una de estas energías es que se produce con la biomasa, la cual tiene en común con las anteriores que, sus precursores son materiales orgánicos transformados a combustibles de manera artificial, mientras que en las primeras su generación ocurre de forma natural y generalmente este proceso tarda millones de años.

Este trabajo explica cómo ocurre la transformación de la materia orgánica contenida en las rocas generadoras y que tipo hidrocarburos pueden formar; sólidos, líquidos o gaseosos, así como que características tuvieron los principales horizontes generadores de petróleo y gas, a través de la historia geológica de nuestro planeta. En contraste también, se explica como ocurre la transformación de la biomasa a combustibles líquidos y gaseosos.

Sin embargo, para disminuir la huella de carbono en todo el planeta se requiere que los países industrializados dejen de producir esas enormes cantidades de CO₂ y CH₄, ya que sucede lo mismo de los combustibles fósiles. El 75% de las emisiones a la atmosfera, lo generan sólo 20 de las 193 naciones reconocidas por la ONU y el resto de las naciones 173 producen el otro 25% de los gases contaminantes; esas que están en vías de desarrollo.

Introducción

Historia de los combustibles usados por el hombre y evolución de las energías

Desde la antigüedad hace más de 100 mil años A.C. el *homo sapiens* ha buscado su bienestar. Cuando descubrió el fuego vio las ventajas, no sólo de calentarse en épocas de frío o cuando se mojaba, sino también que, iluminaba en

la oscuridad y que los alimentos cocidos y calientes cambiaban su sabor y eran más fáciles de digerir. Por muchos años los principales combustibles fueron la hierba seca y la madera, después las breas de las plantas o el cebo de los animales complementaron a estos combustibles. Sin embargo, el incremento demográfico, llevo al ser humano a descubrir y ocupar nuevos territorios, los hombre y mujeres se adaptaron a nuevos entornos, con distintos climas.

En la antigüedad, para desplazarse grandes distancias usaban animales y carretas en tierra o los cauces de ríos, así como los mares utilizando canoas, lanchas y barcos, con remos o con velas, se aprovechaban de las corrientes acuáticas o de viento.

También usaban el agua de los ríos para mover molinos y a estos le adaptaban rocas circulares para triturar granos, para sus reservas alimenticias. En todo periodo de 2000 A.C. a 1700 D. C. no hubo grandes avances tecnológicos, hasta el siglo XVIII D.C. comienza el desarrollo de la tecnología, la conquista de nuevos territorios por el hombre y la extinción de muchas especies terrestres, aéreas y marinas.

Conforme avanzaba la tecnología aumentaban las necesidades de ser humano, ya sea para viajar grandes distancias en menos tiempo, para cultivar más áreas y tener más alimentos, o bien, para colonizar a países poco tecnificados y así sobreexplotar sus recursos naturales. Fue cuando surgió la revolución industrial (1760-1840) y entró la época del carbón, ganando adeptos las máquinas de vapor. Años más tarde se desarrollaron tecnologías para extraer petróleo y gas natural (con el primer pozo de la historia el Bibi-Heybat, en 1846 en Bakú, Azerbaiyán, años después en 1859 fue perforado el pozo El Coronel por Edwin Drake, quien utilizó una plataforma de perforación en Oil Creek, Pensilvania, Estados Unidos).

En 1870 inicia la era de los combustibles fósiles, porque es cuando surgen el motor de combustión interna (desarrollado por el ingeniero alemán Nikolaus August Otto) y a partir de ahí y hasta la fecha, el petróleo y el gas natural se convierten en los principales energéticos de la humanidad. Cabe destacar que los hidrocarburos también generaban electricidad en las plantas termoeléctricas (la primera fue la Central de Pearl Street, construida en 1871 por Thomas Alva Edison en Nueva York, EUA).

Los principales combustibles tenían sus ventajas y desventajas, puesto que el desarrollo de la industria, armamento, construcción, minería, etc. en las naciones occidentales se basó en estas. y así crecieron económicamente, sin embargo, no fue igual para las naciones orientales y colonias de las anteriores o en vías de desarrollo.

A partir de 1950 hubo un incremento demográfico del ser humano de manera exponencial, quizás por el uso masivo de vacunas, antibióticos y mejores hábitos higiénicos en la población en general (Figura 1). Debido a lo anterior,

también se incrementó la demanda de recursos naturales, como madera, alimentos, acero, metales y no metales, y su extracción y transformación produjo un incremento en los gases contaminantes como el CO₂ y CH₄, y 70 años después empezaron a modificar el clima, creando un efecto invernadero, esto impactó directamente a los ecosistemas y medios ambientes.

La demanda energética era tal, que a mediados de siglo XX afortunadamente surgen tecnologías innovadoras y

florece las energías renovables. Se diseñan y fabrican plantas hidroeléctricas, geotérmicas y nucleares, así como procesadoras de biomasa, finalmente dos décadas antes de terminar el siglo XX e inicios del siglo XXI surgen otras tecnologías emergentes y se desarrollan ventiladores y turbinas de aire, de igual manera turbinas de mareas. También se construyen paneles solares y finalmente, se sintetiza y separa para obtener el hidrógeno verde (Figura 2).

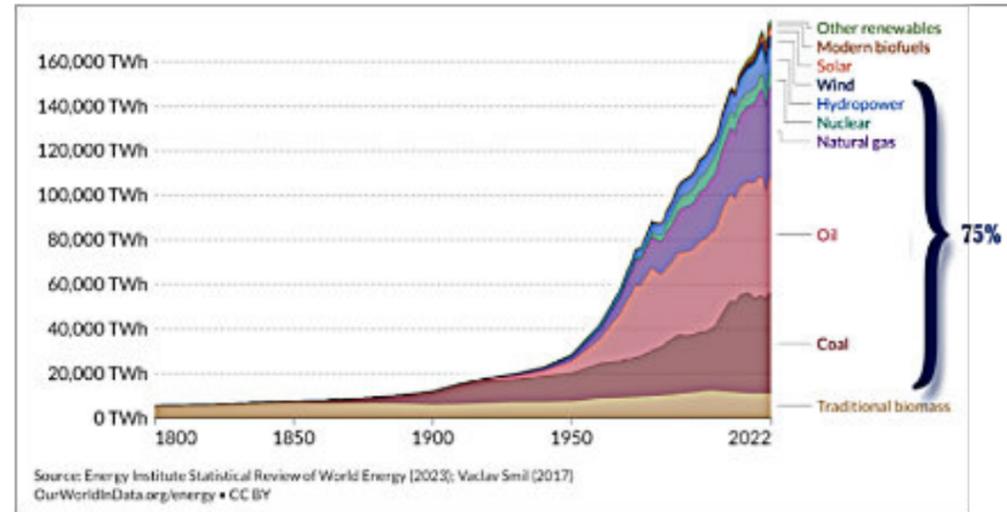


Figura 1. Consumo de energía primaria a nivel global y por tipo de energía fósil o renovable. Fuente: <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>



Figura 2. Evolución de los tipos de energías que ha y sigue utilizando el hombre.

Objetivos

Mostrar cómo se transforma la materia orgánica fósil dentro de las rocas sedimentarias a través de millones de años para formar combustibles fósiles y como se convierte los pellets de la biomasa en uno pocos días en

combustibles orgánicos similares a los anteriores, a fin de saber que los une o los diferencia. Explicar las ventajas y desventajas de las energías alternas vs los combustibles fósiles para planificar de manera estratégica y controlada la transición energética en México y el mundo en las siguientes décadas.

II Desarrollo del trabajo.

Evolución de la geología y la vida

La historia de la Tierra está grabada en las rocas. Se ha calculado, por métodos radiométricos, que la Tierra tiene aproximadamente 4567 millones de años (Ma) (Amelin, et al., 2002) y que, la vida inició en ella hace aproximadamente 3456 Ma, debido a que se encontraron rocas con bacterias fosilizadas, ambas cifras son aproximadas y se utilizan para facilitar la nomenclatura. Con base a dataciones radiométricas, en muchas ocasiones de zircones, y de restos orgánicos fósiles se ha elaborado la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) que publica año tras año la *International Commission on Stratigraphy*, ICS perteneciente a la *International Union of Geological Sciences*, IUGS. Este documento integra la



Figura 3. Breve descripción de la historia geológica de nuestro planeta y la evolución de la vida.

<https://www.usgs.gov/media/images/geologic-time-spiral-usgs-general-information-product-58>

Además, el resultado de la evolución en fotosíntesis más eficiente fue que producían oxígeno molecular como bioproducto. El oxígeno se comenzó a acumular en la atmosfera, las células evolucionaron cambiaron la habilidad para usar la respiración celular hace más de 2,000 Ma. Ya para el Fanerozoico hace 542 millones de años, se observa un cambio drástico en la evolución de las especies y se desarrollan algunos organismos mucho más estructurados y complejos que, contaban con sistemas respiratorios, circulatorios, respiratorios y digestivos pluricelulares, ya sean plantas o animales (Figura 3). La evolución de los animales inicia en el mar con organismos eucariotes, crustáceos, peces, insectos, anfibios, reptiles, aves, para terminar con los mamíferos, muchos de ellos se van adaptando a distintos ecosistemas. Por el lado de las plantas, inician con algas, clorofitas /carofitas, hepáticas, musgos, licopodios, helechos, palmeras, arboles, gimnospermas (tipo coníferas) y angiospermas (tipo magnolias), plantas con flores y frutos, finalmente pastos y cereales.

La materia orgánica (Mo) en el planeta

Aunque en cada época de la historia de la Tierra según el registro de la TCI hay indicios de horizontes con abundante material orgánico, pero están restringidos a ciertas regiones del planeta. Para considerar que una roca es potencialmente generadora, debe tener más 1 % de carbono orgánico total (COT o TOC en inglés) y alcanzar la madurez térmica para generar hidrocarburos., sólidos, líquidos o gaseosos.

Por otra parte, el mapa geológico del mundo da una idea general de donde están las rocas más antiguas y donde las más recientes, si son de piso marino o continental. Así como, si son ígneas, metamórficas y sedimentarias, y en qué tipo de ambientes tectónicos abundan más de cierto tipo. Por ejemplo, las rocas ígneas en los arcos volcánicos y zonas de subducción, mientras que, las rocas sedimentarias en las cuencas y márgenes pasivos.

Las mayores producciones de vida desde el Paleozoico hasta el reciente se han concentrado en los climas cálidos

(entre los trópicos), húmedos, con radiación solar propia para desarrollar la fotosíntesis, en las selvas, bosques y plataformas continentales, sobre todo en los arrecifes y mares someros de las márgenes pasivas. Y los géneros han estado en constante evolución y muchas especies se van adaptando a los cambios graduales o bruscos que han ocurrido y siguen ocurriendo en la naturaleza, otras especies simplemente desaparecen.

Se ha documentado que durante el Fanerozoico han ocurrido varias extinciones masivas de especies terrestres y marinas en todo el planeta. Siete de estos tuvieron más de 40% de la devastación de la vida en el planeta y de esas están relacionadas con catástrofes propias de la Tierra o por perturbaciones extraterrestres. O bien por la combinación de causas biológicas, geológicas, climáticas y alteraciones cósmicas.

Por ejemplo; 1) impactos de cuerpos extraterrestres, asteroides o cometas, 2) grandes erupciones volcánicas, 3) cambios climáticos, 4) eventos anóxicos, 5) incremento de CO₂ por hipercapnia, 6) incremento de H₂S y acidificación de los océanos. También puede ser por otras causas como pérdida de nutrientes y cambios de temperatura (Bambach, 2006)

Transformación de la Mo fósil para formar hidrocarburos

Para formar hidrocarburos o combustibles fósiles como carbón, petróleo crudo y gas natural se requiere varias condiciones físico-bioquímicas o termodinámicas. Lo primero que hay que buscar son los horizontes estratigráficos ricos en COT, los cuales están asociadas a paleo-ambientes específicos que son propicios para producir, preservar y almacenar grandes cantidades de materia orgánica y dependiendo del tipo de Mo, así como de su ambiente sedimentario dará lugar a los tres tipos de kerógeno (Tissot y Welte, 2013; Hunt 1995).

Por ejemplo: el carbón está relacionado a ambientes continentales con abundantes plantas mayores, los cuales se pueden encontrar en pantanos, lagunas y marismas (kerógeno tipo III).

El petróleo y gas natural, ya sea pesado, petróleo medio y ligero, junto con gas asociado y gas seco está asociado a ambientes marinos cerca de las plataformas continentales en márgenes pasivas, en cuencas intra – plataformas (kerógeno tipo II), este tipo de kerógeno es el que tiene las mayores reservas y producciones del mundo.

El petróleo casi sin gas asociado está relacionado a ambientes continentales como lagos de agua dulce, o poco salados (kerógeno tipo I), (Figura 4).

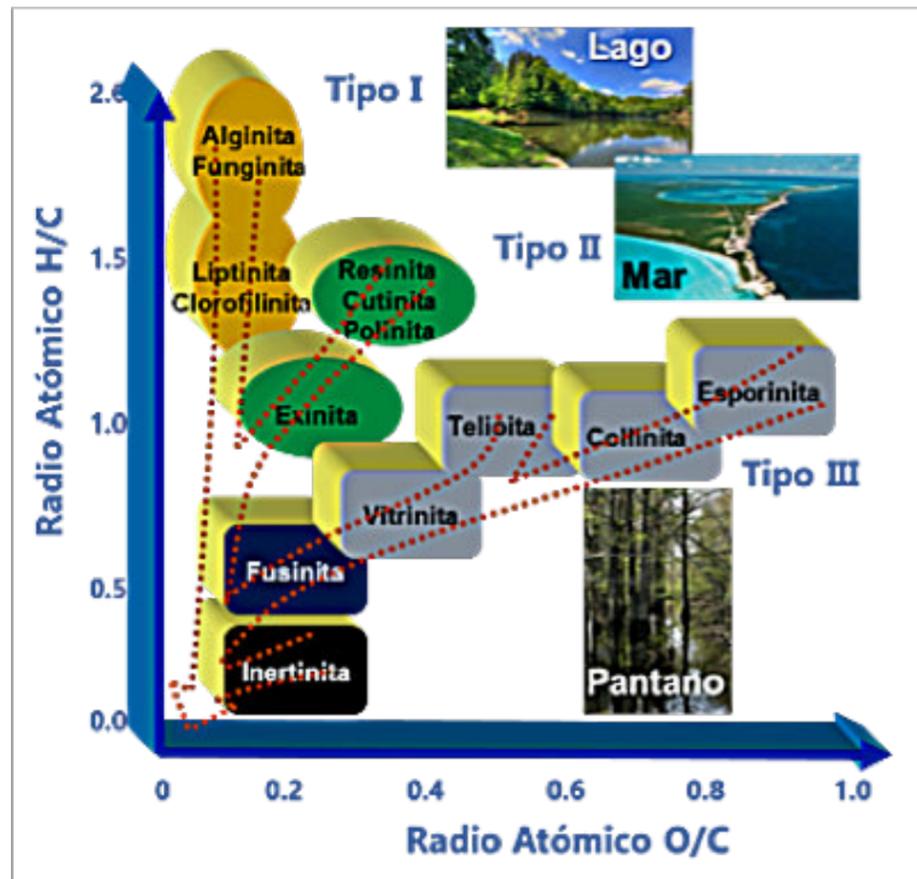


Figura 4. Tipos de kerógeno, Modificado de Van Krevelen, 1961 con innumerables datos de Pirolisis Rock-Eval y Petrografía Orgánica de varias áreas del mundo.

Lo siguiente que hay que investigar es la madurez térmica que haya alcanzado la materia orgánica fósil en las capas estratigráficas ricas en COT, de temperatura ambiente hasta los 65 o 80 °C es la etapa diagenética, debido a que el inicio de formación de los hidrocarburos varía de 65 a 80°C dependiendo del tipo de kerógeno y la terminación de generación de hidrocarburos líquidos, esta es la etapa catagenética de 65 a 180°C. Finalmente, llega la etapa meta-genética que va de 180 a 250 °C, también dependiendo del tipo de kerógeno (Figura 5).

Para formar petróleo en forma natural se requiere de una cocina de generación y de un sistema petrolero, que tenga los elementos, procesos y la sincronía para formar un yacimiento petrolero, con la cantidad necesaria que sea económicamente explotable.

La catagénesis es la etapa correspondiente a ventana de generación de petróleo, y la metagénesis a la de gas. Cabe destacar que las tasas de calentamiento en este tipo de rocas sedimentarias varían de 0.3 a 3.5 °C por millón de años (Ma) teniendo un promedio de 1 °C/Ma. También expresado en 1×10^{-11} y 1×10^{-16} °K. El tipo de materia orgánica (precursores), las tasas de calentamiento y sus condiciones de oxigenación juegan un papel importante en los tipos de compuestos orgánicos (resultados) a obtener (Figura 6).

El incremento de temperatura en el laboratorio puede variar de 25°C/min a 0.1 °C/min. Mientras que en la naturaleza ese incremento ocurre en el subsuelo, donde la tasa de calentamiento promedio es de 1°C/Ma, debido a dos factores, 1) al gradiente geotérmico (GG) de cada

región, esto significa que en promedio la temperatura aumenta 3 °C cada 100 m de profundidad o 30 °C cada kilómetro, valores menores se considera una zona hipotérmica y valores mayores una zona hipertérmica. También es importante destacar su ambiente tectónico y su relación con 2) el flujo de calor (FC), en zonas cercanas a dorsales marina o zonas volcánicas los valores de FC van de 150 a 450 mW/m², mientras que, en zonas alejadas a estas, en márgenes pasiva o cratones, van de 20 a 50 mW/m².

Las características comunes de los ambientes de depósito de los sedimentos ricos en materia orgánica son: todos son acuáticos y la interfase agua/ sedimento es primordial en la producción de grandes cantidades de Mo, casi siempre tiene baja hidrodinámica, los medios ambientes son reductores, sub-óxico o anóxicos. Mientras que, una vez que los sedimentos se convierten en rocas generadoras por el incremento de enterramiento o sepultamiento, así como de la presión y temperatura. Esta última aumenta, pero en ausencia de oxígeno, lo que descompone por acción del calor o craqueo de los compuestos químicos y se conoce como la pirólisis.

Transformación de la Mo reciente para formar biocombustibles

En México, la biomasa se produce a partir de subproductos agrícolas como: restos de maíz, trigo, sorgo y cebada, pencas de agave, hojas y punta de corte en verde, cáscara y fibra de coco. Primero, se recolecta y prepara la biomasa, se eliminan residuos, humedad y otros contaminantes. Las materias primas pueden ser 1)



Figura 5. Esquema simplificado de la transformación de la materia orgánica fosilizada. Tomado de Santamaría et al., 2008.

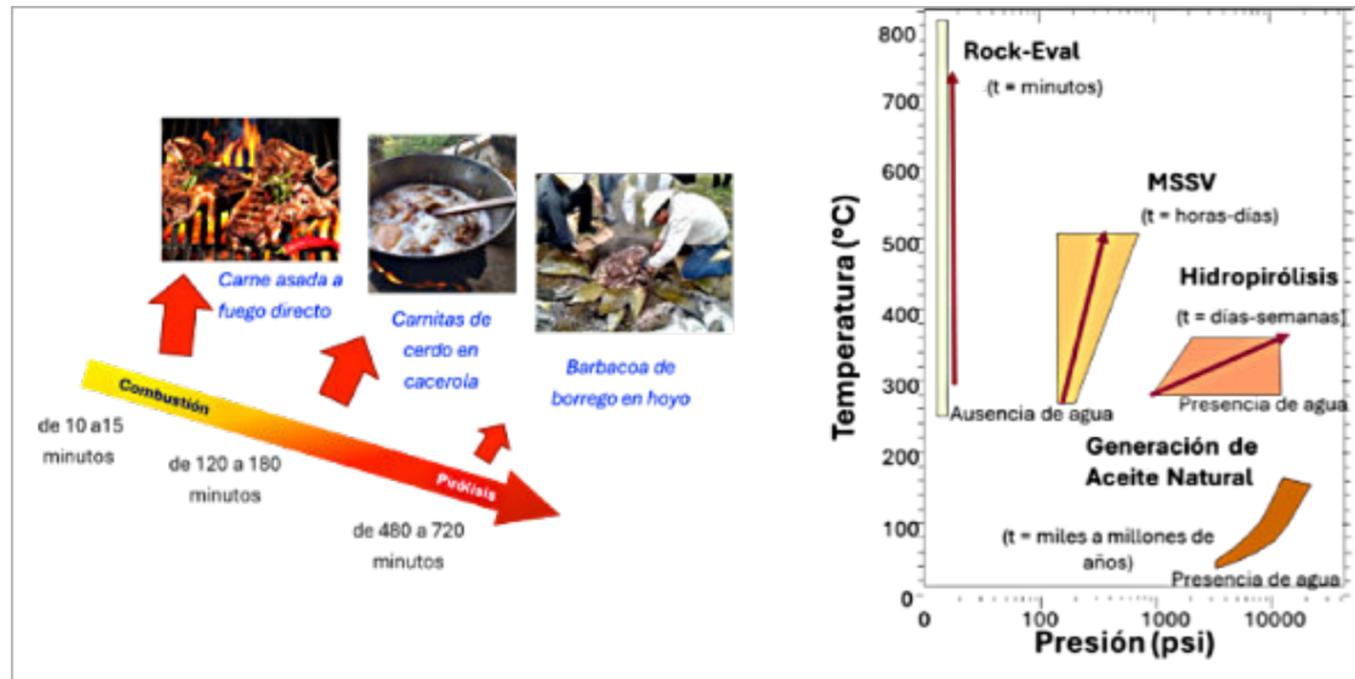


Figura 6. Transformación de la materia orgánica, tres ejemplos de la cocción de carnes en condiciones ambientales, desde la combustión hasta el pirólisis simple, el calentamiento se lleva a cabo con o sin oxígeno, A la derecha se muestran tres tipos de pirólisis de laboratorio, con su variación en la tasa de calentamientos y una comparación con la tasa de calentamiento promedio que ocurre en la naturaleza. (Modificado de Ruble et al., 2003).

azúcares simples: Caña de azúcar, remolacha, melaza. 2) almidones: Maíz, trigo, sorgo, y 3) celulosa: Residuos agrícolas, bagazo de caña, madera (biomasa lignocelulósica). Todas ricas en carbohidratos.

Segundo, conversión primaria de la biomasa en biocombustible, se trituran y se muelen para convertirlos en pellets y de ahí se utilizan técnicas de pirólisis, a través de calderas, reactores y procesos de refinación, después utilizar diferentes técnicas que eleven la temperatura, como: combustión directa, gasificación termoquímica en ambiente reducido en oxígeno para producir gas de síntesis, pirólisis craqueo térmico en ausencia de oxígeno para obtener bio-aceites. Hidrólisis y fermentación, así como, conversión de azúcares para obtener bioetanol e hidrocarburos aromáticos, esterificación de triglicéridos para formar biodiesel.

Tercero, se refina y procesan los productos obtenidos. A diferencia de la transformación natural que requiere millones de años y temperaturas de 60 a 200 °C para convertir hidrocarburos a partir de la descomposición del kerógeno, en este caso el proceso dura días o semanas y su intervalo de temperaturas va de 400 a 1,000 °C, usando los restos de organismos, en la mayoría de los casos plantas mayores terrestres, (Alonso et al., 2010), (Figura 7)

La cantidad de tierra cultivable necesaria para plantar las especies anteriormente citadas para producir los combustibles (biodiesel o bioetanol) va de cientos a miles de hectáreas. Lo que afecta en gran medida la

biodiversidad del medio ambiente, cuando los sembradíos son mono cultivos y se invaden hábitats naturales de otras especies, se desgasta rápidamente la tierra, incluidos los bosques. Además, los precios de estos bicombustibles son 25% más caros.

Para formar biocombustibles además de la Mo se requiere de instalaciones como calderas, hornos, turbinas, separadores, destiladores y otros equipos de refinación.

Capas estratigráficas generadores de HCs

Según Grunau, 1983, Klemme y Ulmishak, 1991 existen seis grandes horizontes estratigráficos generadores de hidrocarburos, tres del Paleozoico, otros dos de Mesozoico y uno del Cenozoico, siendo los de Mesozoico los que ostentan más de la mitad de las reservas del mundo (Figura 8).

La distribución geográfica de estos dos horizontes del Mesozoico se ubica en las márgenes pasivas del antiguo mar de Tetis, ese océano que separó al super continente en dos al llamado Pangea, Laurasia al norte y Gondwana al sur. El 80% de su petróleo es tipo II, asociado a ambientes sedimentarios marinos, sobre todo en las cuencas intercontinentales del Jurásico Superior y las plataformas carbonatadas Cretácico Superior.

En México, además, los aceites crudos son ricos en compuestos con azufre, asociados directamente a los ambientes sabkhas (planicies con desarrollo de evaporitas, haluros y sulfatos) establecidos durante el

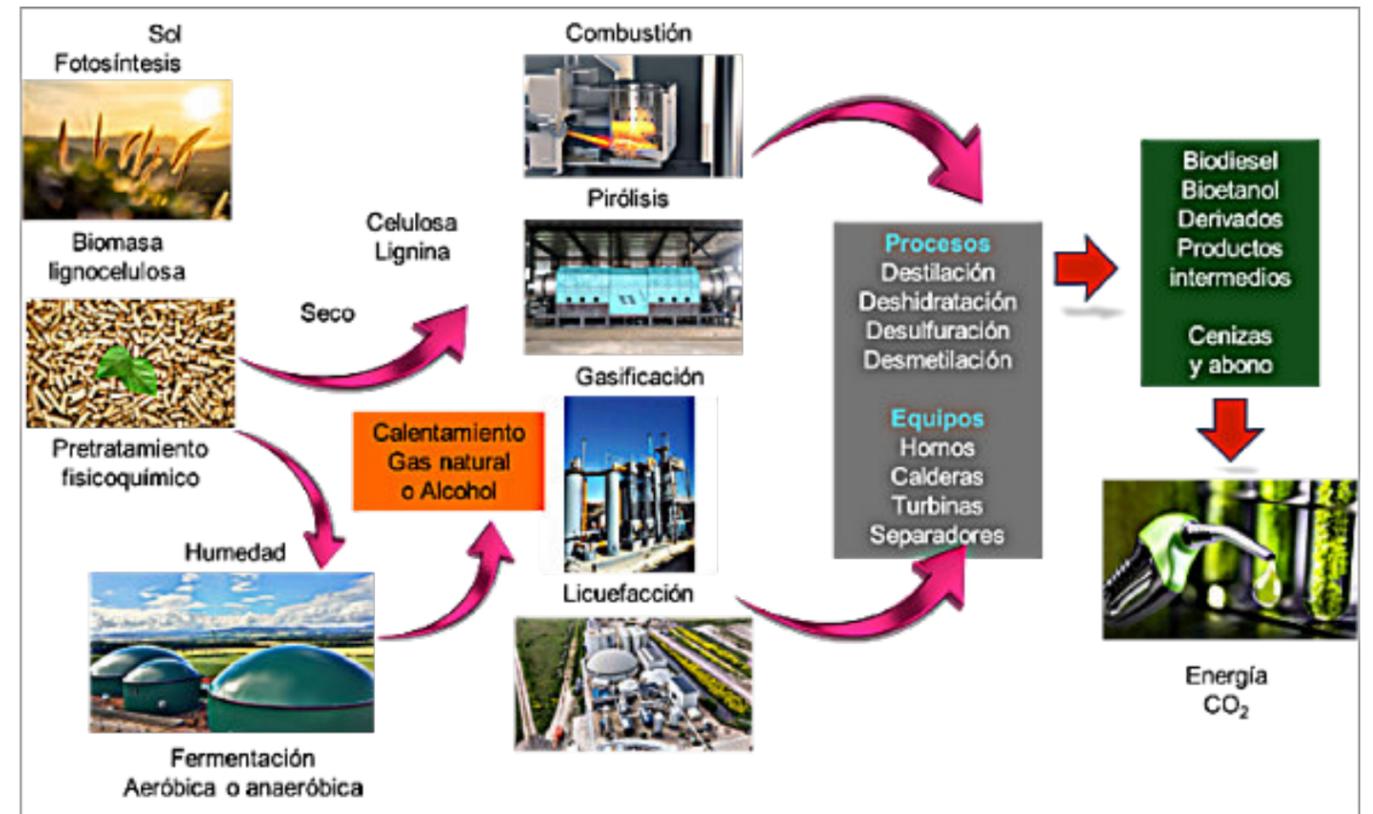


Figura 7. Esquema simplificado de la transformación de la materia orgánica reciente, proceso de la biomasa a combustibles derivados.

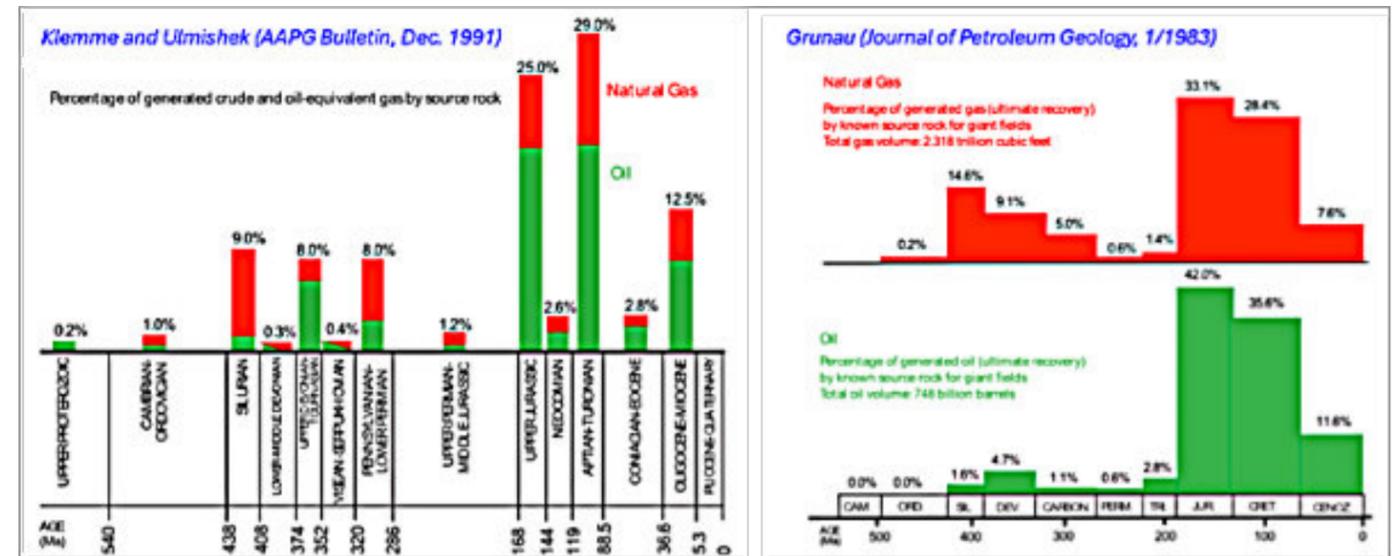


Figura 8. Principales horizontes estratigráficos que contienen rocas generadoras de petróleo crudo y gas natural en el mundo.

Calloviano, siendo el principal horizonte generador de petróleo crudo y gas natural es el Jurásico Superior (Tithoniano).

Balace del material orgánico

Cuando se llega a tener las condiciones geológicas necesarias que originaron los 6 horizontes ricos en COT a

lo largo del tiempo geológico y sólo en ciertas regiones del planeta en cada uno de esos tiempos, sólo el 12% es preservado y de ese porcentaje, únicamente el 1% es transformado en combustibles fósiles.

Cuando se llega a tener las condiciones geológicas necesarias que originaron los 6 horizontes ricos en COT a

lo largo del tiempo geológico y sólo en ciertas regiones del planeta en cada uno de esos tiempos, sólo el 12% es preservado y de ese porcentaje, únicamente el 1% es transformado en combustibles fósiles. De ese 1% solo se ha hallado y extraído el 0.05% en casi 200 años en todo el mundo y aún falta por descubrir y extraer el otro 0.05% (Figura 9).

A esos lugares se les conoce como cocina de generación de hidrocarburos y es necesario definir como fueron los eventos de esos sistemas petroleros, qué sincronía guardan los elementos y procesos que interactuaron para formar un yacimiento petrolero convencional. Los elementos son; roca generadora, vías de migración, roca almacenadora, roca sello, trampa y carga litológica que soporta la roca generadora, mientras que los procesos son; generación, expulsión, migración, acumulación, preservación, dispersión y liberación de hidrocarburos líquidos o gaseosos.

Por el contrario, para la biomasa tiene un gran potencial en términos de eficiencia y sostenibilidad, pero su impacto va a depender de cómo se gestione. Respecto a la

eficiencia, la biomasa se puede transformar en diferentes formas de energía (electricidad, calor o biocombustibles) No obstante, los sistemas de generación de calor tienden a ser más eficientes que los de generación eléctrica. Además, en la biomasa se pueden aprovechar los residuos agrícolas, forestales, o desechos orgánicos y esto maximiza el uso de materiales, que de otro modo serían desperdicio.

Respecto a la sostenibilidad, la biomasa emite CO₂ al quemarse, pero si se maneja correctamente, el ciclo puede ser neutro en carbono. Que no tiene un gran impacto ambiental, si se extrae de manera planeada y sostenible, no debería degradar los ecosistemas. La biomasa suele estar disponible a nivel local, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles importados y generando empleo en áreas rurales.

En conclusión, la biomasa tiene un gran potencial como recurso renovable eficiente y sostenible si se emplean tecnologías adecuadas, siempre y cuando se gestione de forma responsable.

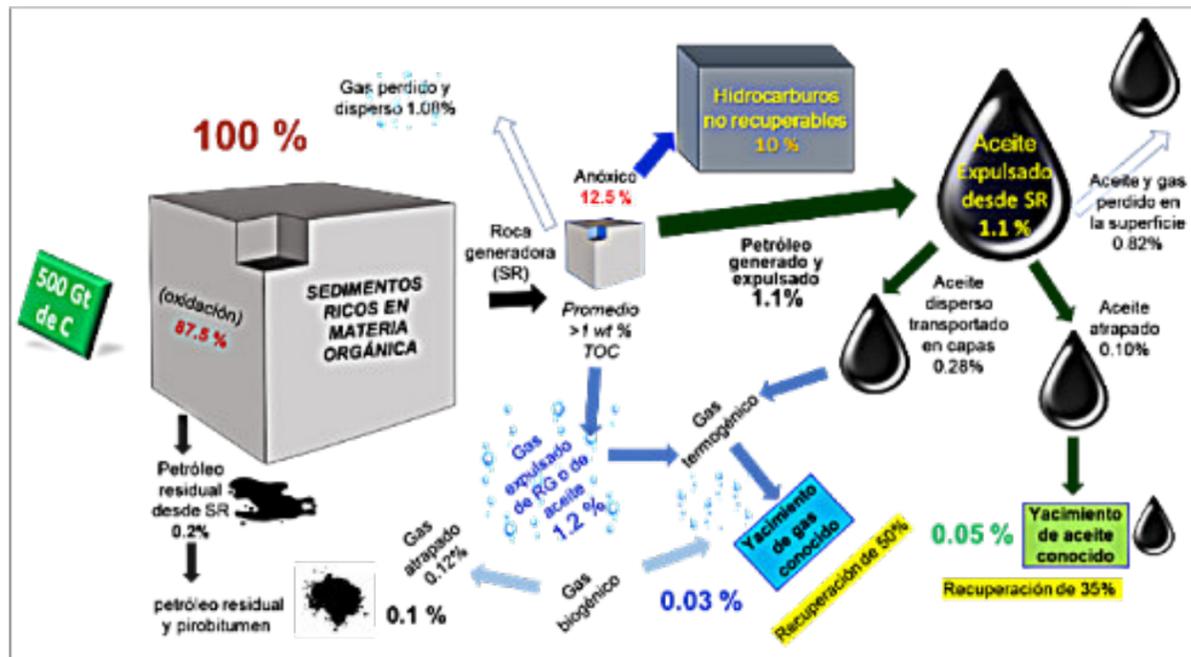


Figura 9. Balance de material orgánico desde su formación hasta la generación de combustibles fósiles, más de 90% se oxida, fuga o se degrada antes de convertirse en un repositorio descubierto o por descubrir.

De ese 1% solo se ha hallado y extraído el 0.05% en las trampas estructurales, estratigráficas o mixtas en rocas almacenadoras en yacimientos convencionales, en casi 200 años en todo el mundo y aún falta por descubrir y extraer el otro 0.05%.

Sin embargo, cabe destacar que de ese 0.05% descubierto y producido, solo se logra extraer el 60% y el 40% queda atrapado dentro del yacimiento.

Cuando se identifica la distribución geográfica, espacio temporal de las rocas generadoras, y se observa con otro enfoque, donde la roca generadora, se convierte en un sistema petrolero propio e independiente, el potencial petrolero se incrementa a más del doble de su posible extracción.

Actualmente en la Tierra se producen grandes cantidades de materiales orgánicos más de 546 GT de carbono orgánico (Figura 10), la mayoría de los seres vivos están

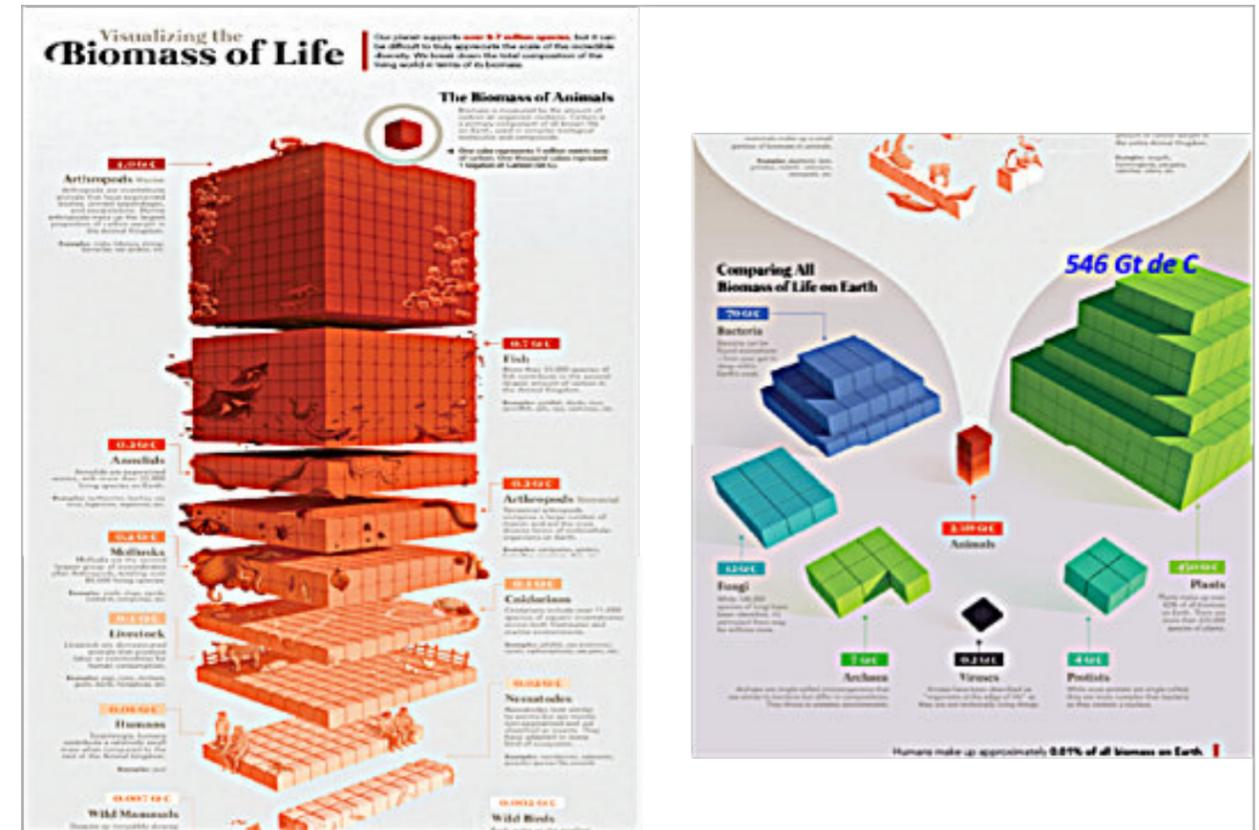


Figura 10. La Biomasa de la Tierra tiene aproximadamente 8.7 millones de especies. Cada cubo de la figura representa 1 millón de m³ o toneladas de C, 1000 cubos es un Giga ton de carbón (Gt). Un total de 546 Gt de C. https://i.blogs.es/4148ea/all-biomass-on-earth-in-one-visualization/1366_2000.png

representados por las plantas terrestres o marinas. Siendo lo más abundante los microorganismos. La cadena alimenticia o trófica menciona que los seres vivos se comen entre sí, de tal suerte que, la energía y los nutrientes fluyen entre uno y otro. No necesariamente el pez más grande se come al pez más chico.

III. Resultados y discusión

Capas de la Tierra

La Tierra está compuesta en general por múltiples capas concéntricas, comenzando con el centro donde se ubica el núcleo interno, le sigue el núcleo externo, la astenosfera o manto interno y el manto externo, luego la litosfera (corteza oceánica y corteza continental), seguida de la hidrósfera y finalmente la atmósfera. Esta última se ha subdividido en tropósfera, estratósfera y mesósfera, por último, están las capas más externas como la termósfera y exósfera. Estas capas varían en composición química, mineralógica y elemental. Los compuestos pesados se encuentran en las primeras capas y es ahí donde hay elevadas temperaturas y presiones. Del centro hacia afuera también, hay variaciones en sus estados físico y van de sólidas a líquidas y después gaseosas. Todo lo anterior con respecto a la densidad, composición química y mineralógica, temperatura y presión en el planeta.

Sin embargo, la parte orgánica o capa de la Tierra donde hay vida, la biósfera fue propuesta por primera vez por un geólogo inglés Eduard Suess en 1864, pero posteriormente el físico ruso Vladimir Vernadsky la define como la cuarta capa que rodea a la superficie terrestre donde hay vida, esta incluye a la litósfera, su parte superficial o somera (sobre las rocas y suelos), la hidrósfera, o el agua, parte superficial y profunda de los ríos, lagos y océanos (hasta 10 mil metros de profundidad bajo el s. m. n. m.) y el aire, que abarca las tres capas de la atmósfera en la Tropósfera (hasta 10 mil metros sobre el s. m. n. m.) (Figura 11).

En la tropósfera en donde se concentra los elementos que la mayoría de los seres vivos pueden respirar. Nitrógeno (~77.8%), Oxígeno (~20.7%) y otros gases, Agua (de 1 a 4%), Argón (~0.86%), Dióxido de Carbono (~0.036%), Neón (~0.0031%), Metano (~0.00045%), Hidrógeno (0.000045%), Oxido Nitrógeno (0.00000075%), Ozono (0.000000067%), Furanos (0.000000028%) y otros gases más.

En la hidrósfera el elemento más abundante es el agua H₂O (~96.5%), seguido de Cl (1.9%), Na (~1.05%), SO₄ (~0.0262%), Mg (~0.0126%), HCO₃ (~0.0014%), Ca



Figura 11. La biosfera es la capa de la Tierra donde habitan las especies marinas y terrestres del planeta. Está compuesta por otras tres capas la Litosfera, Hidrosfera y Atmósfera.

(~0.004 %), K (~0.0038 %), B (~0.0013 %), Sr (~0.0002 %), Br (~0.0001 %), F, (~0.00007 %).

Por otra parte, la litosfera está compuesta principalmente por el dióxido de silicio o sílice SiO₂, siendo el elemento más abundante el O (~47 %), seguido de Si (~28 %), Al (~8 %), Fe (~4.5 %), Ca (~3.5 %), K (~2.5 %), Na (~2.5 %), y Mn (~2.2 %), (Figura 12).

Producción de CO₂

Como se mencionó en párrafos anteriores, en la Tierra han ocurrido una serie de extinciones masivas de especies orgánicas a lo largo de más de 2 mil millones de años, sin embargo, cuando los organismos fueron complejos y evolucionaron hasta los seres vivos que hay en la actualidad fue a partir del Paleozoico hace 542 millones de años, en ese periodo han ocurrido grandes catástrofes una provocadas por la misma dinámica del planeta y otras por eventos extraterrestres.

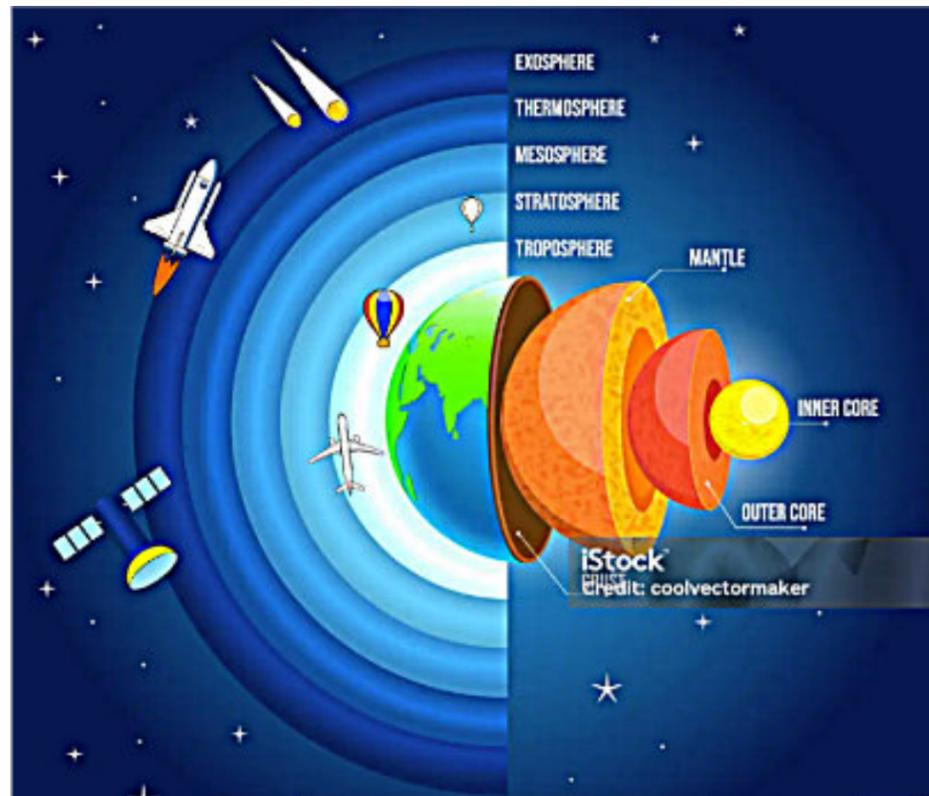


Figura 12. Capas internas y externas de la Tierra. La biósfera incluye parte de la Lito, Hidro y Atmo-sferas. Tomada de <https://www.istockphoto.com/vector/structure-of-earth-and-sky-geography-infographic-concept-3d-illustration-gm1974530169-558635670>

En las primeras se incluyen grandes y prolongadas erupciones volcánicas, cambios drásticos de temperatura, provocando sequías y heladas por varios cientos o miles de años, variaciones de velocidades de expansión de piso oceánico o desplazamientos de las placas tectónicas, mientras que de los fenómenos externos ha habido colisiones de asteroides, cometas, polvo cósmico o grandes radiaciones de estrellas, cambios orbitales y variaciones de la inclinación del eje de rotación de la Tierra.

En los últimos 542 Ma, han ocurrido más de 18 extensiones masivas de la biosfera, en 9 se han extinto más del 40% de las especies y coinciden con los límites: 3 en el Camb y 1 en el límite Camb/Ord 1 en Ord/Sil, en Dv/Cab, 2 en Per/Tr, 1 en Tr/Jr y 1 en K/P (Figura 13). De seguir contaminando al planeta en forma desmedida podríamos generar otra gran extensión de especies y la especie *homo sapiens* se podría también vulnerable.

Los cambios climáticos podrían producir extinciones masivas de especies, porque en muchas ocasiones hay un

incremento o decremento de ciertos gases o elementos, como el O₂, CO₂, H₂O, CH₄, H₂S, NH₃, H₂O, etc. Y a pesar de que su volumen es insignificante, con respecto al N y O, con casi el 98.5 %, y el CO₂ menos de 0.04 %, pueden incrementar la temperatura de todo el globo terráqueo. Aunque la misma geodinámica de la Tierra siempre recicla estos compuestos, ya que va obteniendo, poco a poco, su propio equilibrio. (Figura 14)

En el 2018 México producía sólo el 1.28 % de CO₂ y el 98.72 lo producían los otros países del mundo. Destacan los países como EUA, China, India, Rusia, Japón y la Unión Europea que producen más de 70 %. En el 2021 México producía sólo el 3.3 % de CO₂ y el 96.7 lo producían los países anteriormente mencionados.

En 2008 México ocupó el lugar 32 con 0.52 Tm de CO₂ de emisiones *per cápita*. Mientras que en el 2021 México ocupó el lugar 109 de los 206 países de la ONU en emisiones *per cápita* en la industria eléctrica. Eso significa que cada habitante producía en promedio 0.84 Toneladas de CO₂. (Figura 15)

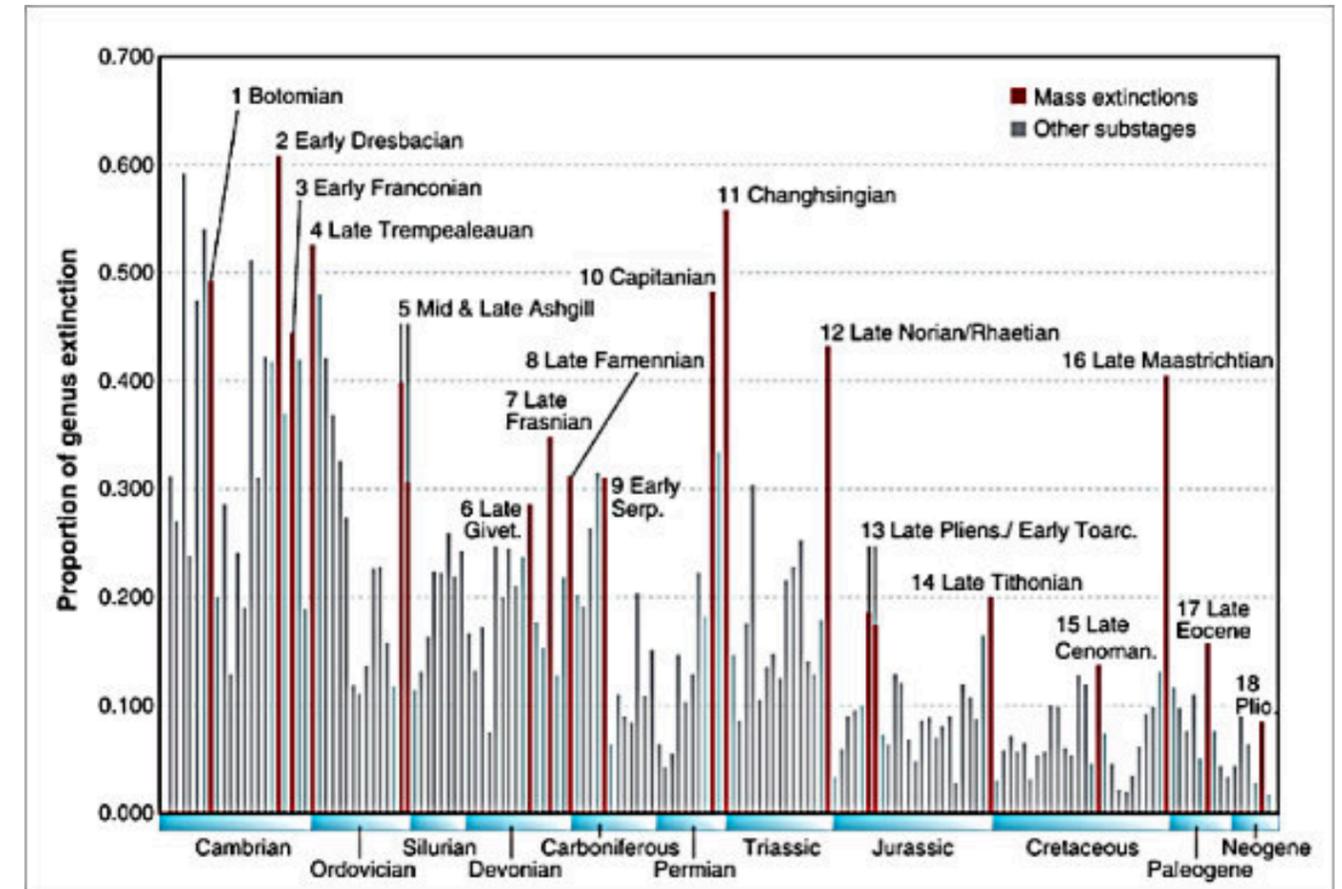


Figura 13. Proporción de extinción de especies para 165 subestadios utilizando el método de Sepkoski de asignación proporcional de puntos de inicio y fin mal resueltos de rangos estratigráficos. Los 18 intervalos de extinción masiva comunes a todos los protocolos de clasificación están etiquetados. Tenga en cuenta que algunos de los otros intervalos de subestadios tienen proporciones de extinción tan grandes como los intervalos de extinción masiva, pero generalmente son intervalos más largos y tienen tasas generales de extinción más bajas. La disminución secular general en la proporción de extinción es evidente, como lo es la fluctuación de proporciones generales más altas en el Cámbrico y el Ordovícico Inferior, proporciones generales más bajas para el Ordovícico medio hasta proporciones más bajas después del Triásico. Tomado de Bambach 2006.

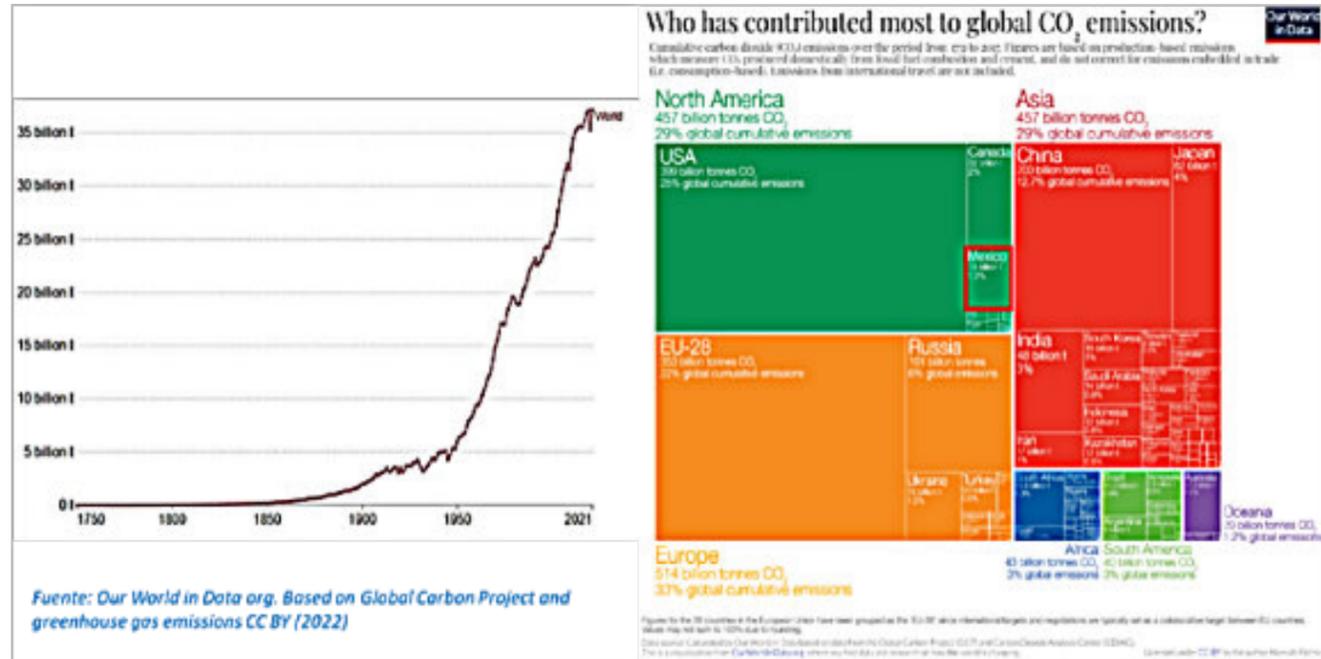


Figura 14. Incremento de las emisiones de CO₂ a nivel mundial en los últimos 200 años y principales países generadores de CO₂ en la última década. Tomado de Ritchie et al., 2020. <https://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2>

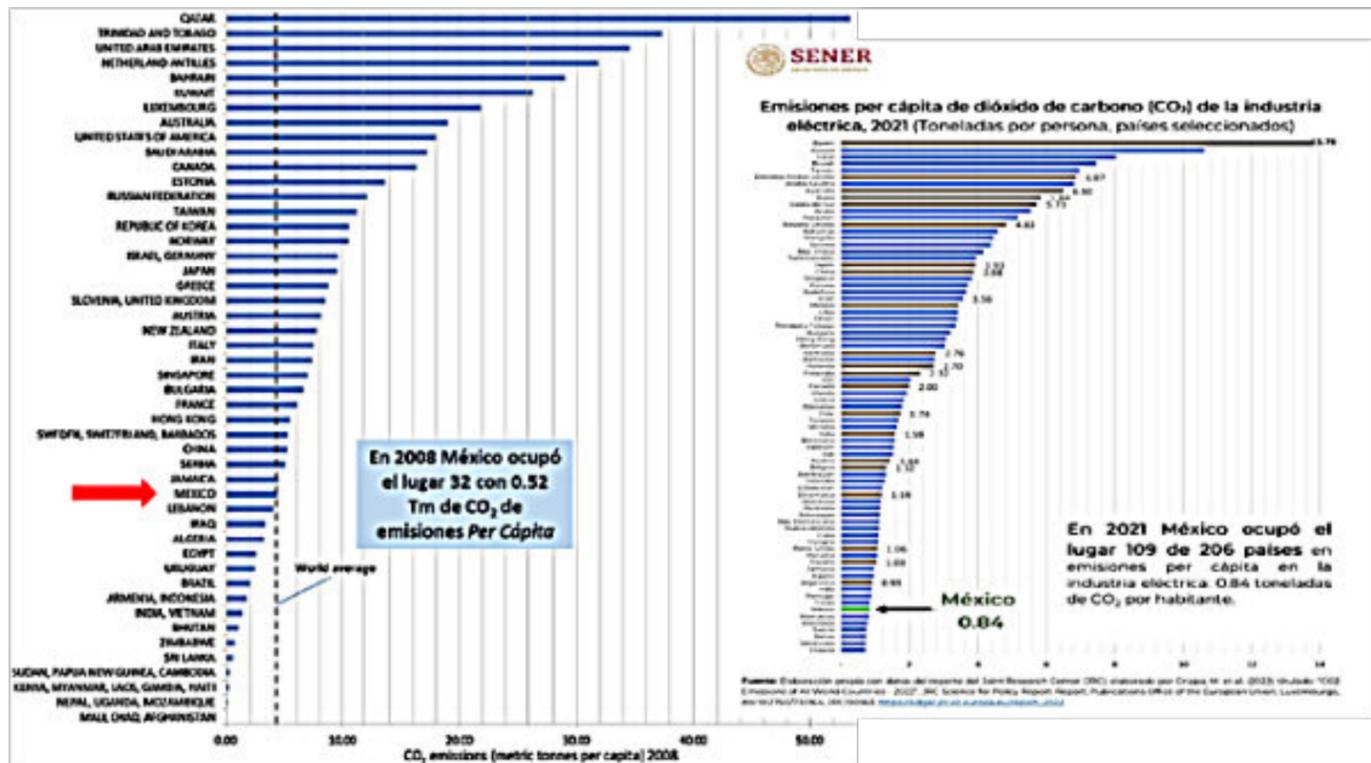


Figura 15. Emisiones de CO₂ per cápita en México en el 2008 y en el 2021, nótese que bajó del puesto 32 al 109, de los 192 países de la ONU. Tomado de SENER 2022.

IV. Conclusiones

En los siglos XX y XXI los combustibles fósiles son los principales energéticos usados por la humanidad, estos han provocado contaminación y el incremento de gases como CO₂ y CH₄, que aumentan la temperatura y provocan efecto invernadero y cambios climáticos en la Tierra.

El silicio y oxígeno son los principales constituyentes de la litosfera, el oxígeno e hidrógeno de la hidrosfera y el nitrógeno y oxígeno de la atmósfera, sin embargo, una pequeña cantidad de otros compuestos como el CO₂ puede alterar el equilibrio de todos los ecosistemas.

La edad de nuestro planeta es aproximadamente 4567 millones de años (Ma), la vida comenzó hace 3456 Ma, pero su desarrollo y evolución fue hasta hace 542 Ma

En el Fanerozoico (542 Ma a la fecha) los principales horizontes estratigráficos generadores de los combustibles fósiles en el planeta son 6, sin embargo, el 70% pertenece solo a 3 unidades, dos del Mesozoico y uno de Cenozoico.

Todas estas unidades estratigráficas tuvieron una condición *Sine Qua Non*, su ambiente de depósito fue acuoso, ya sea en el continente, en los litorales o en el mar, (Huc, 1995).

En la Tierra, actualmente los seres vivos producen año tras año más de 550 GT de Carbón orgánico y de ese C, más de 98% se oxida y se recicla, en el ciclo natural del carbón.

Para caracterizar un horizonte generador se requiere de tres condiciones intrínsecas, 1. Cantidad (≥ 1 % COT), 2. Calidad (kerógeno tipo I, II o III) y 3. madurez (en la etapa diagenética).

La transformación de la materia orgánica fósil ocurrió de forma natural, a través del aumento de temperatura en millones de años, con tasas de calentamiento promedio de 1 °C/Ma. La generación del petróleo ocurrió entre 65 y 180 °C.

La biomasa también es transformada por el aumento de la temperatura, pero a diferencia de la naturaleza, las tasas de calentamiento van de 20 a 5 °C/minuto. Y esta tasa de incremento puede ser programada en las instalaciones que producen biocombustibles.

La formación del biodiesel y bioetanol ocurre entre 60 y 90 °C. Aunque, no solamente es controlada la temperatura, sino también, otros parámetros más, como cantidad de oxígeno, agua, alcoholes, etc.

A diferencia de la Mo fósil cuyo ambiente de depósito fue acuoso, la biomasa casi en su totalidad se produce en ambientes secos y continentales, en áreas cultivables que

producen cierto tipo de plantas mayores, lo que es perjudicial para la superficie terrestre o continental, que bien se podría utilizar en otros aspectos, como reserva de la biósfera, la agroindustria o para atractivo turístico.

Actualmente en México sólo se llegan a producir algunos miles de litros de biodiesel o bioetanol, por lo tanto, si se copia a la naturaleza y se aprovecha la basura orgánica en medios acuosos, podría ser más eficientes, sustentable y sostenible.

V. Referencias

Alonso, D. M., Bond, J. Q., and Dumesic, J. A. (2010). Catalytic conversion of biomass to biofuels. *Green chemistry*, 12(9), 1493-1513.

Amelin, Y., Krot, A. N., Hutcheon, I. D., & Ulyanov, A. A. (2002). Lead isotopic ages of chondrules and calcium-aluminum-rich inclusions. *Science*, 297(5587), 1678-1683.

Bambach, R. K. (2006). Phanerozoic biodiversity mass extinctions. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 34(1), 127-155.

Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Smil (2017)

Grunau, H. R. (1983). Abundance of source rocks for oil and gas worldwide. *Journal of Petroleum Geology*, 6(1), 39-53.

Huc, A. I., et al. (1995), (ed.). Paleogeography, paleoclimate, and source rocks. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, # 40.

Hunt, J. M. (1995). Petroleum geochemistry and geology (*Textbook*). (2nd Ed.), WH Freeman Company.

Klemme, H. D., & Ulmishek, G. F. (1991). Effective petroleum source rocks of the world: stratigraphic distribution and controlling depositional factors (1). *AAPG Bulletin*, 75(12), 1809-1851.

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). CO₂ and greenhouse gas emissions. *Our world in data*.

Ruble, T. E., Lewan, M. D., & Philp, P. R. (2003). New insights on the Green River petroleum system in the Uinta basin from hydrous-pyrolysis experiments: reply. *AAPG Bulletin*, 87(9), 1535-1541.

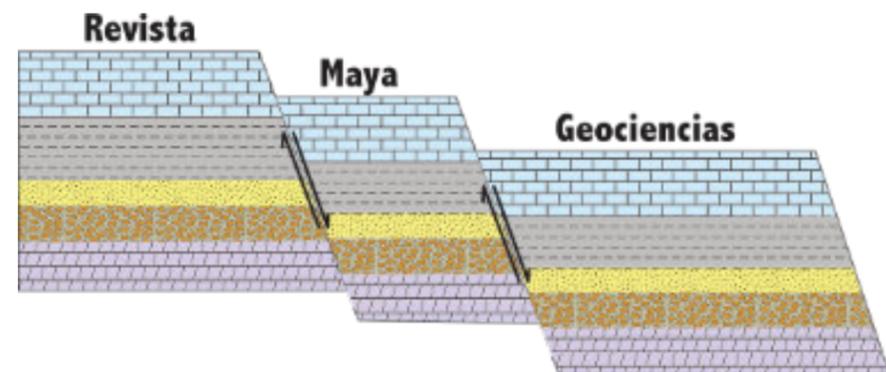
Santamaría Orozco, D. M., Amezcua Allieri, M. A., & Carrillo Hernández, T. D. J. (2009). Generación de petróleo mediante experimentos de pirólisis: revisión sobre el conocimiento actual. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61(3), 353-366.

Tissot, B. P., & Welte, D. H. (2013). *Petroleum formation and occurrence*. Springer Science & Business Media.



Demetrio Marcos Santamaría Orozco es mexicano, Ingeniero Geólogo por la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestro en Ingeniería por la DEPEFI de la UNAM y Doctor en Ciencias Naturales por la Universidad Técnica de Aquisgrán (RWTH Aachen), Alemania. Tiene 40 años de experiencia, 3 en la iniciativa privada, 31 en el IMP, y 6 en la UNAM. Fue investigador científico en el IMP e investigador invitado por la Universidad de Trier, y por el KFA de Jülich, ambos en Alemania. Catedrático de Posgrado en las Facultades de Ingeniería y Ciencias Políticas de la UNAM, IMP, ESIA del IPN y la ESI de la UA de Coahuila. Ha escrito 4 libros, 4 capítulos de libro, 25 artículos científicos y de divulgación, ha impartido más de 50 conferencias. Fue presidente nacional de la SGM, presidente de la AMGP-CDMX, director en México de la ALAGO, director del Comité de Ciencias de la Tierra de UMAI, presidente de la Comisión de Especialidad en Ingeniería Geológica de la AIM. Ha sido árbitro y editor de varias revistas científicas nacionales e internacionales. Fue miembro del SIN por más de 6 años y es Académico Titular de la AIM desde 2008. En el 2023 recibió los premios nacionales de la SGM y de la AMGP.

El autor agradece el estupendo apoyo por parte de los editores de la Revista Maya de Geociencias, así como sus atinados comentarios y sugerencias. En especial al Dr. Claudio Bartolini y al M. en C. Luis Valencia.



The Field

Jon Blickwede

Geological Consultant

www.teyrageo.com

I think it's ironic, in a sad sort of way, that one of the main aspects of the vocation of geoscience that attracted most of us to it in the first place was the opportunity to spend time outdoors in the field: traipsing around the countryside, contemplating and analyzing outcrops from afar and up close, measuring and describing sections, mapping, collecting samples, deploying geophysical instruments, etc.— and at the same time reveling in beautiful landscapes, daytime “skyscapes,” the wondrous nighttime canopy of a gazillion stars, and experiencing the ineffable, profound peace of the precious part of God's creation far from the city. Of course, being in the field at times also entails discomfort, frustrations, bug bites and perhaps other negative things. After all, it's a part of life. But as geoscientists we greatly treasure our field experiences.

I say “ironic” and “sad” because so few geoscientists, in particular in the modern-day oil & gas industry, ever get out to the field anymore, at least for their companies' business. And if they do, it's typically not to perform traditional field work but rather to participate in brief field seminars. Why did this happen? I'll suggest a couple of reasons. Time in the field has long been perceived by many non-geoscientist managers (and unfortunately, a few geoscientist managers too) as being frivolous and unproductive, contrived only for fun— i.e. “boondoggles.” Moreover, the geologist who's doing field work is out of the office, out of sight of management, and therefore more difficult to monitor and control. While the latter may be true, the value of getting out in the field to study outcrops relevant to subsurface work in the same basin, or an analogous basin, is unassailable. And what's wrong if a part of one's job happens to be fun?!

If the main focus of the science of geology is the Earth, it logically follows that the primary approach to studying the Earth would be to observe it directly and gather data to analyze and interpret. And the only way to directly observe mesoscale features of the Earth is by getting out into the field.

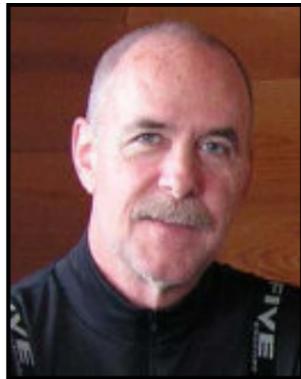
It's rare, but in recent years there still have been some larger oil & gas firms that have allowed, and even encouraged field work. One of the things I've admired about Mexico's state oil company Pemex is that they required, up until the turn of the century, that each new-hire geologist spend the first couple of years of his/her career doing field mapping as part of a team. These *brigadas* were typically led by senior-level geologists in Pemex, who used the program to pass on their years of accumulated knowledge to the next generation. In addition, through shared adventures in the *brigadas*, a strong sense of camaraderie was created which in many cases carried on through entire careers in the company.



My MSc project field area, Sierra de San Julián, northern Zacatecas state, México, 1980.

There's an iconic quote in geology that's worth remembering: Herbert Harold Read (British geologist and Professor of Geology at Imperial College London in the 1940s) once said "The best geologist is he who has seen the most rocks." Most recently, I saw this quote engraved on a plaque hung prominently on the wall at the head of the main hall of the Geology Department at the University of Yangon in Myanmar when I visited there a few years ago, and so was heartened to see that the value of field work is still recognized in some parts of our world.

A final note on this topic-- one of the trends that I've observed over the course of my geoscience career has been an ever-increasing emphasis on safety. Among other improvements, this has resulted in beneficial new rules & regulations related to company-sponsored field seminars, such as the requirement to wear protective headgear. But sometimes these rules & regulations have at times become overly obsessive: such as the recent experience of a friend, who was instructed to wear a helmet while in the field in an open prairie setting, with nary a rock to be found above knee-level. Maybe it was to mitigate the risk of a meteor shower...



Jon Blickwede egresó de la Universidad de Tufts en Boston, Massachusetts con un Bachillerato en Ciencias de la Tierra en 1977. Durante su programa del Bachillerato, fue introducido a la geología de México cuando trabajó un verano como asistente a los geólogos y topógrafos en las minas de plata en Real de Catorce, S.L.P.

Luego trabajó para la *United States Geological Survey* en Denver, Colorado en el Departamento de Recursos de Uranio y Torio.

Entró a la Universidad de New Orleans, Louisiana en el año 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 la industria petrolera en 1981, trabajando siempre como geólogo de exploración, para varias compañías tal como Amoco, Unocal, y últimamente la petrolera estatal noruega Statoil, de la cual se jubiló en el año 2017. Ha realizado proyectos de geología regional de Mexico, Centroamerica y el Caribe para todas estas empresas.

Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC (www.teyrageo.com), basado en Houston, Texas.

Ahora Jon está realizando proyectos geológicos enfocados en la región del Golfo de México, incluyendo un proyecto de crear afloramientos digitales y excursiones geológicas virtuales en EEUU y México, utilizando imágenes ortofotográficas de drones, integrados con otros datos geoespaciales como imágenes de satélite, mapas geológicos, etc.

“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos lcnofósiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L.P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su travesías marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd. Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango, Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes, 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.



**Área de Ciudad del Maíz, San Luis Potosí.
Pliegue Anticlinal en caja.**

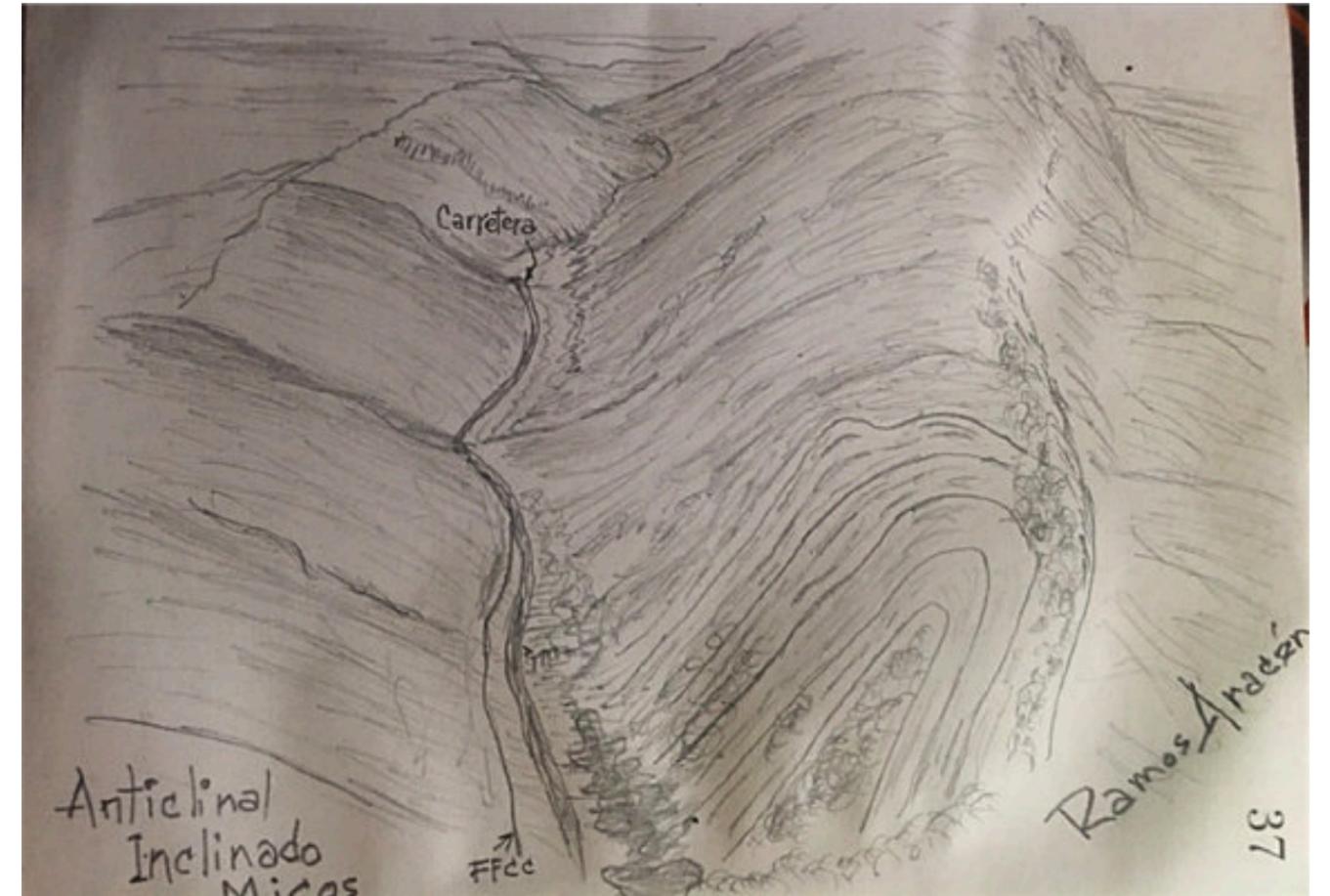
Localidad, Cerro El Molcajete.

Título, Pliegue Anticlinal en caja.

Desarrollo del trabajo: En los continuos recorridos en las áreas de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí, se observaron rasgos estructurales muy relevantes, como en este caso en el Cerro El Molcajete localizado en la región de Cd. del Maíz en el estado de San Luis Potosí.

Descripción del Dibujo. En la figura 1, se describen gráficamente un pliegue anticlinal en forma de caja originado por la fuerte compresión tangencial de las calizas de plataforma del Cretácico Superior de la Formación Tamasopo de edad Coniaciano Santoniano.

Los rasgos estructurales ilustran a su eje axial orientado en sentido NW 50° NE y los echados en su flanco poniente muy inclinados al oeste y en su flanco oriental casi verticales.



**Región de Cd. Valles, San Luis Potosí.
Pliegue Anticlinal Inclinado de Micos.**

Localidad, Cascadas de Micos.

Título, Pliegue anticlinal Inclinado de Micos.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos en la región de la Plataforma de Valles-S.L.P., en la región de Cd. Valles, S.L.P., se observaron, las diferentes formas y estilos estructurales relacionados con los cabalgamientos regionales existentes en el área.

Descripción del Dibujo. En este dibujo se presenta a un anticlinal inclinado ubicado en las cascadas de Micos, lugar turístico por sus aguas azuladas, el anticlinal fue originado por la deformación compresiva que afecto a las capas gruesas de la formación El Abra de edad Cretácico Medio que caracteriza a esta amplia plataforma cretácica que forma parte de la Sierra Madre Oriental en su porción meridional, en la figura se ilustra la carretera de acceso al lugar así como la traza de la vía del FC Tampico-San Luis Potosí.



Rogelio Ramos Aracén, es geólogo petrolero egresado del IPN, con experiencia en geología de campo en superficie en la SMO y como geólogo de pozos de exploración y explotación.

En su primer proyecto en 1981 denominado El Limón, del área de Ciudad Mante Tamamaulipas. Cambio drásticamente las interpretaciones estructurales de pliegues en abanico, modificándolos por fallas de Cabalgamientos y de desgarre o laterales, trabajo muy polémico en ese entonces, pero años después y ahora ya son conceptos triviales.

Efectuó trabajos de Geología Regional tanto de la Plataforma Valles, como de las regiones de los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.

Una Invitación inesperada primeramente del Dr. Eduardo Aguayo, me involucra con geólogos internacionales de la SGA y de la AAPG, para excursiones en la región frontal de la SMO, en las sierras de El Abra, Xilitla, Ahuacatlan, Qro., y paso de invitado a protagonista y guía colaborador con los Drs. Paul Enos y Charles Minero con los cuales se convirtió en coautor del Libro *Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*

Participó en el Simposium sobre Yacimientos Naturalmente Fracturados en Tampico al lado del Dr. Ronald Nelson. y en recorrido de campo a la SMO y curso de sedimentología de siliciclastos con el Dr. Paul Edwin Potter y en secciones regionales de la Cuenca Tampico Misantla con el Dr. A. W. Bally.

Ha impartido conferencias en congresos nacionales y fue invitado y embajador mexicano en el Pabellón Internacional celebrado en el congreso de la AAPG en Dallas Txs. en 1997

Fue Premio Nacional en el 3er Simposium de Exploración de Plays y Habitats de Hidrocarburos en Tampico Tam. en 2007.

Fue presidente de las delegaciones de Tampico y CDMX de la AMGP, en los bienios 1998-1999 y 2018-2020 respectivamente, y recientemente ex candidato a la presidencia nacional de la AMGP

Laboro en Pemex exploración, en el IMP como asesor y consultor con Ingeniería de Perforación de Pozos en las regiones del SE y N., y como analista sedimentológico del Jurásico Superior, recientemente ha efectuado trabajos como asesor con algunas empresas del sector energético en algunos de sus proyectos o adjudicaciones.

Co Autor del Libro

Paul Enos, Charles Minero, Rogelio Ramos Aracén. *"Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico"*, AAPG GUIDE BOOK FIELD TRIP AAPG DALLAS ANUAL CONVENTION 1997

Principales Conferencias Impartidas.

EN CONVENCIONES NACIONALES DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, en los años:

1984 "LOS CABALGAMIENTOS EN LA REGIÓN DE CD. MANTE TAM." VI CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL HOTEL MA. ISABEL SHERATON EN MÉXICO, D.F.

1986 "EL ORIGEN DE LAS CONCRECIONES EN LA FM. LA CASITA" VII CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

1988 "LOS OLISTOLITOS DE LA FM. EL DOCTOR EN EL ÁREA DE ZIMAPAN, HGO". VIII CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN LA CFE EN MÉXICO, DF.

1990 "DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENTE DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP". IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL AUDITORIO BRUNO MASCANZONI DEL IMP EN MÉXICO, DF.

1992 "EXPLORACION DE PETROLEO ASOCIADO A EL FRACTURAMIENTO REGIONAL EN LA PLANICIE COSTERA" X CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL CENTRO DE CONVENCIONES "EXPOVER" EN EL PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

2021 "LA INVASIÓN MARINA SOBRE LOS BORDES CONTINENTALES DESDE EL CALLOVIANO AL KIMMERIDGIANO EN EL ORIENTE Y SURESTE DE MÉXICO. CDMX VIA ZOOM.

2021 "PRINCIPALES OROGENIAS EN MÉXICO CON CATACTERISTICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS". CDMX. VIA ZOOM

DILEMAS EN LA LITOESTRATIGRAFÍA Y EL METAMORFISMO EN LA TECTÓNICA DE MANTOS DEL MACIZO METAMORFICO ESCAMBRAY DE CUBA CENTRAL.

Humberto Álvarez-Sánchez 1. Luis Bernal Rodríguez 2.

1. Miramar Mining Corp. República de Panamá (geodoxo@gmail.com). 2. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana, Cuba (bernal@igp.minem.cu).

Resumen

A pesar de numerosas investigaciones y considerables avances, varios problemas de la geología del Escambray permanecen sin solución. Las circunstancias que influyen en la situación son diversas, pero resalta la edificación de la estratigrafía, que es determinante en las interpretaciones de la tectónica y las relaciones que ambos aspectos del conocimiento mantienen con el metamorfismo. En particular, estratigrafía y metamorfismo integran el par de categorías que más perduran en una constante ambivalencia. El análisis histórico permite destacar que los fundamentos para la definición de las unidades litoestratigráficas, esenciales para la construcción de los modelos tectónicos, no fueron siempre respetados. Conceptos de gnoseología y posturas filosóficas en la geología; activas en la práctica, por parte de los investigadores provenientes de diversas escuelas o con ciertos perfiles de especialidad, desempeñaron un importante papel en esta antinomia. En un estudio cuidadoso de la información disponible, se nota una influencia exagerada de la percepción del grado metamórfico de las rocas en la definición de las formaciones litoestratigráficas. En consecuencia, la identificación y solución de cartografía de unidades estructurales, llámese nappes, unidades estructuro-faciales o, simplemente, unidades tectónicas y los vínculos que estas puedan mantener con los eventos metamórficos, se han visto obstaculizadas. El propósito de este ensayo es cuestionar, mediante un enfoque crítico, los conceptos diversos que se encuentran en el trasfondo de esta situación, que parece no llamar la atención actual de los investigadores por tratarse de un aspecto nunca abordado en la literatura geológica cubana.

Palabras clave: Contradicciones del par estratigrafía-metamorfismo. Funciones de las unidades litoestratigráficas en la definición de mantos tectónicos. Principios de solución de los dilemas en el Macizo Metamórfico Escambray.

Abstract

Despite numerous investigations and considerable advances, several problems in the geology of the Escambray remain unresolved. The circumstances influencing this situation are diverse, but the construction of the stratigraphy stands out, as it is decisive in the interpretations of tectonics and the relationships that both aspects of knowledge maintain with metamorphism. In particular, stratigraphy and metamorphism form the pair of categories that most endure in a constant ambivalence. Historical analysis reveals that the fundamentals for the definition of lithostratigraphic units, essential for the construction of tectonic models, were not always respected. Concepts of gnosology and philosophical stances in geology, active in practice by researchers from various schools or with certain specialty profiles, played a significant role in this antinomy. A careful study of the available information reveals an exaggerated influence of the perceived metamorphic grade of the rocks in the definition of lithostratigraphic formations. Consequently, the identification and mapping of structural units, whether called nappes, structural-facial units, or simply tectonic units, and the links they may have with metamorphic events, have been hindered. The purpose of this essay is to question, through a critical approach, the diverse concepts that lie behind this situation, which seems not to attract the current attention of researchers because it is an aspect never addressed in Cuban geological literature.

Keywords: Contradictions of the stratigraphy-metamorphism pair. Functions of lithostratigraphic units in the definition of tectonic nappes. Principles for solving the dilemmas in the Escambray Metamorphic Massif.

Introducción.

Desde 1992 se renueva el interés por la geología de esta región, mediante numerosos trabajos dedicados al Escambray (Millán, 1992, 1996; 1997a, 1997b); tesis académicas (Grevel, 2000; Despaigne Díaz, 2009; Sommer,

2009) y publicaciones en la prensa internacional (Somin *et al.* 2005; Grafe *et al.* 2001; Schneider *et al.* 2004; Grevel *et al.* 2006; Stanek *et al.* 2006; García-Casco *et al.* 2006; Hattori & Guillot, 2007; Maresch *et al.* 2012).

Los resultados de estos aportes, podrían sugerir que parte sustancial de los problemas geológicos están resueltos, restando algunos complementos de investigación. Esta posible deducción, seguro que se alejaría con amplitud de la realidad. 20 años de trabajo en el Macizo Metamórfico Escambray, con la participación de expediciones binacionales, institutos cubanos e investigadores académicos; contados antes de 1992 y los siguientes arriba citados, no han conseguido una solución definitiva de sus complejidades geológicas.

Estratigrafía, metamorfismo y tectónica. Sus relaciones de supeditación e interdependencia, persisten como problemas actuales, en lo concerniente a la definición de las unidades de roca, su historia metamórfica y la delimitación de sus conjuntos tectónicos regionales. En esta circunstancia, subyacen conceptos de metodología y filosofía que, sin una clara percepción de su gran influencia, provocan discrepancias en los resultados de investigaciones, realizadas sobre iguales objetos geológicos; hasta el extremo que se ha llegado a la configuración de estancos de conocimiento, que quizá resultarán imposibles de reconciliar en la práctica sin un trabajo adicional y específico destinado a ese fin.

Un examen diligente de la información, evidencia que la intensidad, tipo y distribución en el espacio del metamorfismo, dominó el pensamiento de algunos investigadores con preferencia sobre los principios de la cartografía de las unidades litoestratigráficas. Para ciertas secciones de la columna estratigráfica, la resultante condujo a una sobreestimación exagerada de la significación del grado metamórfico de las rocas sobre el concepto clásico para distinguir una formación litoestratigráfica; hasta arribarse al punto de desistir de un criterio homogéneo para definir una formación; en casos dependiente de la litología constituyente y en otros del estado de recristalización de sus componentes. Algo que llegó a convertirse en un estilo de trabajo en este macizo. Sin negar en lo absoluto la importancia del estudio de la evolución metamórfica, este problema gravita de forma negativa en el desciframiento cartográfico de la tectónica de nappes, en la delimitación de nappes individuales y, entonces, en sus vínculos con el metamorfismo. Hechos que han determinado un cierto estancamiento en el conocimiento de este territorio.

Sin una estratigrafía detallada, argumentada con la observación rigurosa de reglas uniformes; ejecutada con tiempo exhaustivo y elevada pericia; no hay modelo tectónico final que pueda construirse y someterse a discusión. En nuestra opinión parte de los grandes problemas sin resolver en el Escambray, en gran medida giran en torno a la construcción de la estratigrafía. Si se cree que esta sentencia encierra alguna exageración, ya desde el pasado se percibía la realidad de problemas en este campo¹, por más que el fragmento citado abajo encierra un cierto *quid pro quo*, en relación al contenido de este párrafo.

Como puntualización concisa de la materia en cuestión: Si el metamorfismo no impide seguir una formación de roca a través del espacio geológico ni consigue que su correlación organoléptica se haga impracticable; no se necesita definir una nueva unidad litoestratigráfica. El grado metamórfico no determina la distinción de formaciones, sino en los casos previstos en las reglas de la cartografía; cuando cambios en la categoría estratigráfica son provocados por el metamorfismo (p.e. cambio de la categoría litoestratigráfica a litodémica). Si una unidad de rocas, cartografiada por sus características litológicas esenciales, que la definen como tal; por ejemplo, una formación, caracterizada por su litología y por su edad (si fuera posible, aunque no indispensable); transgrede unas fronteras metamórficas; no por esa causa pierde la propiedad de ser reconocida como tal. En cambio, si la transformación metamórfica avanzó hasta el punto en que es imposible asociarla a una sección del corte litoestratigráfico de referencia; entonces puede llamarse un litodema bajo el cumplimiento de ciertos requisitos. Si así fuera, esta nueva categoría permitiría tratarla como un cuerpo de cartografía; susceptible de seguirse en el espacio geológico; estudiar los elementos de su contacto con otras unidades; del mismo modo que para una formación.

Debe entenderse que los parámetros petrológicos provenientes de muestras puntuales de las unidades de roca, que indican parámetros T-P; no obstante que resultan datos importantes, tampoco constituyen rasgos

¹ "Una solución más adecuada de la estratigrafía del macizo dependerá de una nueva cartografía de la región aprovechando la experiencia acumulada que además contemple la búsqueda de fósiles y un desciframiento más acabado de su complicada estructura interna. Esta cartografía tendría que acompañarse necesariamente con un estudio petrológico sistemático que permita definir bien el carácter de la zonación metamórfica ya que con los datos que actualmente se poseen no se puede descartar totalmente la posibilidad de la ocurrencia de nappes superpuestos con diferente grado (y tipo) de metamorfismo, lo cual implicaría una mayor complicación de la estructura interna y estratigrafía del macizo". (Millán y Somin 1985a).

determinantes en la definición de formaciones litoestratigráficas; en tanto puedan seguirse como cuerpos definidos; como puede ocurrir en dos secciones geológicas distantes; pero con un perfil estratigráfico-facial común, aunque diferentes en su grado metamórfico o incluso contrastantes en su intensidad por alguno de los parámetros P-T, o por todos; en tanto ello no impida su correlación fundamentada y su cartografía práctica.

Por ejemplo: Las Formaciones Jagua y Guasasa (Oxfordiano-Kimmeridgiano) de la Unidad Mestanza (Piotrowska, 1972, 1978), en las metamorfitas de la Faja Cangre (Somin y Millán, 1981; Millán, 1988) en el borde meridional de la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental; muestran una recristalización y reducción de potencia considerable y están metamorfizadas en la facies de los esquistos verdes² (Millán, 1972; Millán y Somin, 1976). Las micritas oscuras de estas unidades se encuentran convertidas en calizas sericíticas, moscovíticas marmóreas, fétidas en localidades, con una grafitización incipiente en las calizas estratificadas de la Formación Jagua (Truitt y Brönnimann, 1955-56; Pszczółkowski, 1985; Cáceres Govea y Cruz Gámez, 2009). Jagua contiene finas intercalaciones de rocas volcánicas básicas (metabasitas, tufitas cataclásticas) (Piotrowski, 1977, 1987). Situación similar presenta la Formación Ancón (Paleoceno-Eoceno Inferior) en la Faja Cangre, también perteneciente a la Unidad Mestanza; cuyos estratos de protolito calcáreo, derivados de micritas coloreadas por óxidos, fueron convertidas en calizas sericíticas cristalinas foliadas, reducidas de potencia con gran intensidad (Pszczółkowski, *ibid.*). A pesar de tales cambios en el perfil litológico causados por el metamorfismo; su situación en un manto tectónico independiente de las unidades típicas de la Sierra de Los Órganos; no ha determinado que las Formaciones Jagua, Guasasa y Ancón de la Unidad Mestanza, se consideraran formaciones diferentes de sus equivalentes frescos en la Sierra de Los Órganos; allí carentes de tales particularidades; ya que las observaciones permiten reconocer los rasgos macroscópicos esenciales que identifican a esas unidades en ambos complejos estructurales.

El metamorfismo en la construcción estratigráfica del Escambray.

Un análisis crítico centrado en la estratigrafía del Escambray, puede situar en el foco de atención la esencia de los problemas que hemos señalado. Con este fin, la definición de las formaciones de la base de la columna estratigráfica, ilustra de manera inmejorable las contradicciones entre los conceptos de grado metamórfico y estratigrafía y demuestra como la violación de las reglas estratigráficas, durante el establecimiento de nuevas formaciones; determinaron notables inconsistencias en la nomenclatura estratigráfica del Escambray.

Durante los 70s del pasado siglo, Millán (1973,1978); Millán y Somin (1976) realizaron un trabajo pionero de indiscutible mérito en la construcción de la estratigrafía del Escambray, carente de nombres estratigráficos formales en aquella temprana etapa. Es así que Millán y Somin comienzan por introducir el nombre Naranjo³ (de una localidad de la Cúpula de Trinidad) para sustituir el termino "Esquistos metaterrígenos" por el nombre "Grupo Naranjo" (informal), aplicable a la "*gran mayoría de las secuencias metaterrígenas del Escambray, equivalentes metamorfizados de la Formación San Cayetano del Jurásico Inferior hasta Oxfordiano Inferior de la Sierra de Los Órganos*". El nombre "Naranjo", más tarde, se emplea por Millán y Somin⁴ (1981); pero ahora en la definición de la nueva Formación Naranjo; con Localidad Tipo a 4.8 km del caserío El Naranjo (Cúpula de Trinidad), al Oeste de Topes de Collantes; dentro de la Zona Metamórfica 1 (Millán y Somin, 1981); donde los afloramientos muestran una recristalización moderada y abundan los restos de estratificación graduada en las metaareniscas. Los autores señalaron que varias secciones en la Zona Metamórfica 1, no contenían intercalaciones; pero otras localidades presentaban metasilicitas, secciones calcáreas y apovolcanógenas (Miembro Felicidad). La Sección Cotipo⁵, en

² En realidad, la Unidad Mestanza carece de un estudio completo sobre el grado metamórfico de cada uno de sus componentes. Se ha prestado mucha atención a las rocas verdes de la Formación Arroyo Cangre, rocas donde se han determinado parámetros de alta presión, pero no a las rocas carbonatadas que también contienen intercalaciones. De manera que no se sabe a ciencia cierta, hoy día, cual es el verdadero grado metamórfico general de las formaciones carbonatadas. (Nota de los Autores).

³ The Naranjo Group was named; the "Series of Crystalline Schists" by Thiadens (1937), the "Crystalline Schists of the Trinidad Series" by Hatten *et al.* (1958), the Trinidad Formation by Khudoley and Meyerhoff (1971), and the Naranjo Group by Millan (1978). In 1981 Millan and Somin described it as a Formation. In 1985 Millan and Somin assigned new formation names to the different parts of this unit. In view that the Naranjo Formation name appears in the 1988 Geologic Map, while some of the new units do not, it will be treated as a "group." (Somin *et al.* 1992).

⁴ Millán, G., y Somin, M. L., 1981, *Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray*. Editorial Academia. La Habana. 104 páginas.

⁵ Coordenadas: N 250.95 y E 597.70 y N 250.25 y E 600.70; de la Hoja Cumanayagua 1:50,000 (4182-II).

cambio, fue establecida en la Zona Metamórfica 3 (de más alto grado), en el borde externo de la Cúpula de Trinidad; donde "la recristalización de las rocas es total, se presentan solo granos de circón detrítico relictivo" y los esquistos metaterrígenos muestran "cuerpos aparentemente concordantes de rocas cristalinas", tales como anfibolitas, glaucofanitas y zoisititas.

Al parecer, bajo la influencia de una percepción de la significación de estos contrastes en el grado metamórfico de ambas secciones en espacios separados, pertenecientes a la misma Formación Naranjo, los autores citados conciben a continuación elevarla de rango a "Grupo Naranjo" (Millán y Somin (1985a); unidad compuesta, ahora, por dos formaciones metaterrígenas denominadas Formación Loma La Gloria y Formación La Chispa y con la distinción de una nueva formación, denominada Formación Cobrito (Millán y Somin, *ibid.*); compuesta por esquistos calcáreos con lechos de metabasitas, y otros esquistos cristalinos.

La Formación La Chispa sustituiría los cortes de la "Formación Naranjo" en la parte central de las cúpulas, en la Zona Metamórfica 1 (moderado) y borde externo de la Zona 2 (intermedio) y Loma La Gloria ocuparía el lugar de las secciones metaterrígenas, pero con un grado metamórfico acentuado, exclusivas de la Zona Metamórfica 3 (intenso), donde las intercalaciones en los metaterrígenos alcanzan un grado de recristalización coherente con la zona metamórfica. Una razón adicional se basaba en la supuesta localización de las formaciones metaterrígenas en dos unidades separadas por contactos tectónicos; supuesto que aún de ser correcto dejaría lugar a la pregunta: ¿Cual significado estratigráfico podría esto tener? Pero de forma algo inesperada, por la ausencia de una fundamentación suficientemente explícita, durante la proposición de la elevación de rango de la Formación Naranjo; unidad definida en la Cúpula de Trinidad (occidental), donde todos sus atributos fueron establecidos y discutidos; el Área Tipo y la Sección Tipo del nuevo Grupo Naranjo, fueron trasladadas por completo a la parte Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus (oriental).

Al tratar de entender esta acción; al seleccionar el Área Tipo del Grupo Naranjo en la Cúpula de Sancti Spiritus; allí el corte de Norte a Sur, desde la faja de mayor grado metamórfico hacia la de menos; estaba formado por Loma Gloria, Cobrito y La Chispa (con los esquistos verdes Felicidad), por ese orden, mediante supuestos contactos estratigráficos de transición (Millán y Somin, *ibid.*) (Figura 1). La interpretación de una transición se basaba en que la Formación Cobrito, emparedada entre los metaterrígenos, contenía intercalaciones granato-glaucofánicas (eclogíticas) que, hacia el Sur, desaparecían para sustituirse por la Formación La Chispa con los Esquistos Verdes Felicidad; de donde deducían que tal comportamiento representaba una transición de grado metamórfico entre Loma La Gloria, Cobrito y La Chispa subyacente; concediendo de este modo, de nuevo, un papel determinante al metamorfismo en la definición de las unidades litoestratigráficas.

Pero en la Formación Cobrito, al Norte y Este de la Cúpula de Sancti Spiritus, en unos esquistos calcáreos, fueron encontrados restos de radiolarios (Millán y Somin, 1985a; Somin *et al.* 1992), que según Furrázola-Bermúdez y de La Torre (en Millán y Somin, 1985ab) podrían ser restos de *Spumellaria spp.*, y *Nasellaria (?) spp.* En otras localidades de la región, fragmentos de mármoles dolomíticos de la Formación Cobrito, contenían moldes similares a *Cadosina (?) sp.* y formas segmentadas, comparables a *Globochaete alpina (?)*: ambas del Jurásico Superior a Neocomiano; según Furrázola-Bermúdez (en Millán y Somin, 1985b). Hacia la Zona Metamórfica 2, donde las eclogitas se sustituyen por esquistos verdes lawsoníticos, estratos de la Formación Cobrito, al SW de la Cúpula de Sancti Spiritus; contenían restos mal preservados identificados por Furrázola-Bermúdez (op cit.) como *Calpionellidae* o *Chitinoidea*, que indicarían una edad Jurásico Superior a Cretácico Inferior (Neocomiano). Además, en muestras de esquistos calcáreos de la Formación Cobrito, en el borde Norte de la Cúpula de Trinidad, tomadas por Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); A. Snopkova, del Instituto Dionis Stur de Bratislava, determinó restos de palinomorfos del Jurásico Superior-Cretácico Inferior; coincidente con todas las estimaciones de edad para la Formación Cobrito arriba citadas, a partir del hallazgo de microfauna, atribuible a ese rango de edad en la Cúpula de Sancti Spiritus.

Es decir; en fecha muy poco posterior a la proposición del Grupo Naranjo (Millán y Somin, 1985a; Diciembre de 1985); surgieron evidencias de una edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior para la Formación Cobrito; diferente a la proposición previa (Jurásico Inferior y Medio); en plena coincidencia con la primera suposición de los autores

mencionados (Millán y Somin, 1981) que consideraron, correctamente primero, a los esquistos calcáreos como posibles equivalentes del Grupo San Juan; unidad que abarca el intervalo desde el Oxfordiano Medio hasta el Cretácico temprano.

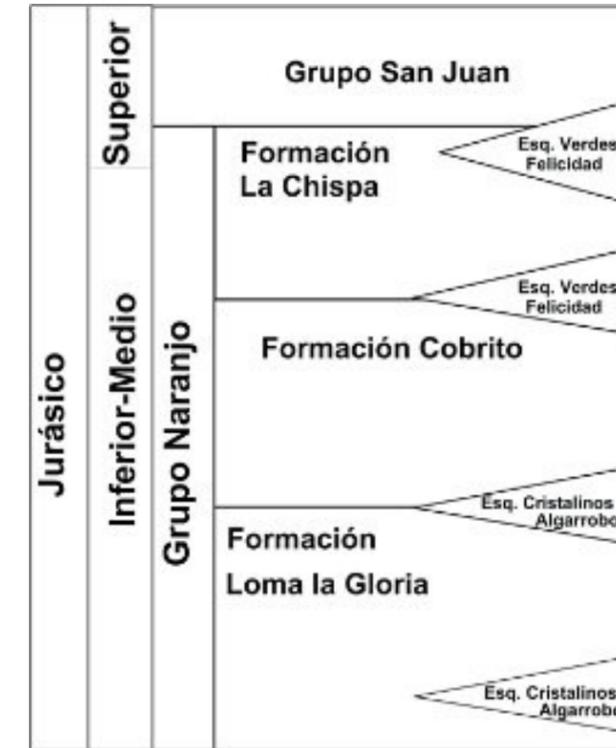


Figura.1. Posición de las unidades del Grupo Naranjo en la Cúpula de Sancti Spiritus, según el concepto original de Millán y Somin (simplificado de Millán y Somin, 1985a).

Por otra parte, la posición estratigráfica de la Formación La Chispa sobre Cobrito no se justificó en las pruebas de campo. Más tarde fue aclarado (Millán y Somin, 1985b) que, aunque la Formación Cobrito ocupaba una posición intermedia entre Loma La Gloria y La Chispa, el contacto de La Chispa sobre Cobrito es tectónico y no estratigráfico. Es decir, en la exposición de Millán y Somin (tanto en 1985a, como en 1985b), los hechos invalidan la sucesión estratigráfica supuesta para definir el Grupo Naranjo. De modo que, Millán y Somin en 1985 (1985b) apenas unos meses posteriores a la proposición del Grupo Naranjo, proponen su invalidación.

La pregunta inevitable es: ¿cual sería ahora el destino del concepto "Formación Naranjo", de aceptarse esta proposición?

Complicaciones adicionales en el Grupo Naranjo.

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

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

Esta Formación "La Llagua", como se aprecia, es por completo equivalente a una parte de la abandonada Formación Naranjo. De ella heredó la misma localidad tipo y estratotipo. Como con claridad indican Somin y Millán

(1985b); la Formación La Llagueta se desprende de la Formación La Chispa (Millán y Somin, 1985a, pag. 17), como una facies metaterrígena pura distribuida hacia el centro y Sur de la Cúpula de Trinidad. La Llagueta descansa bajo la Formación Narciso del Oxfordiano del Grupo San Juan (Millán y Myczynski, 1979) en contacto estratigráfico (Figura 2).

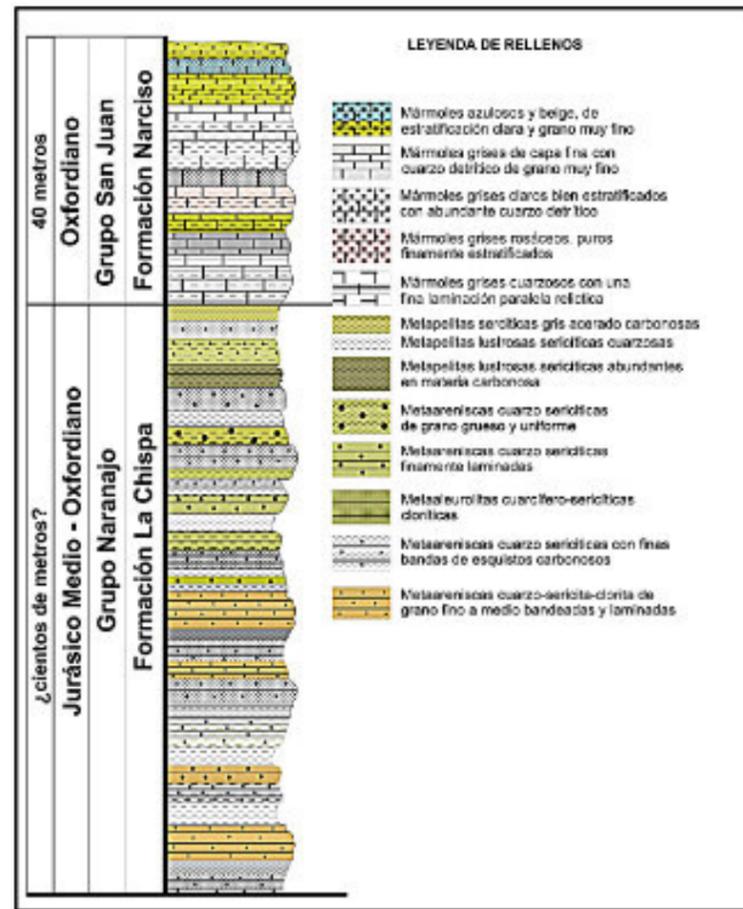


Figura.2. Columna estratigráfica de la Formación La Chispa en la región Sur-occidental de la Cúpula de Trinidad en su posición real (Álvarez-Sánchez; 1991). Región de Yaguanabo-La Sierrita, denominada Formación La Llagueta (Millán y Somin, 1985b).

En tanto, la denominada Formación "Herradura" (Figura 3), como se ve, es un equivalente protolítico "idéntico" de La Llagueta, pero de mayor grado metamórfico y, según Millán y Somin (1985b, página 17) el corte de la denominada Formación Herradura "corresponde con la sección cotipo descrita para la antigua Formación Naranjo", en la zona de más alto grado metamórfico. En ese contexto, Herradura, en la localidad de su desarrollo en el borde externo de las cúpulas, se describe descansando bajo la (ahora), llamada Formación Boquerones (de Millán y Somin, 1985b). Boquerones es un equivalente litológico estrecho de la Formación Cobrito (de Millán y Somin, 1985a); de hecho, es la misma Formación Cobrito, según nuestra opinión más adelante y también de Millán y Somin al inicio⁶).

En secuencia de tiempo: La gran unidad metaterrígena primero fue nombrada "Grupo Naranjo" (informal). Después se llamó "Formación Naranjo". A continuación fue dividida en Formación La Chispa para las Zonas Metamórficas 1 y 2 y Formación Loma La Gloria para la Zona 3 de mayor grado metamórfico. Ambas fueron elevadas a la categoría de Grupo Naranjo, con la suma de la Formación Cobrito; pero con sus localidades ahora trasladadas a la Cúpula de S. S. Finalmente el concepto de Grupo Naranjo se propone abandonarlo (Millán y Somin, 1985b).

⁶ Cabe señalar que en esta área se destacan unas relaciones estratigráficas muy claras entre estos esquistos cuaríferos y una secuencia de rocas carbonáticas que por sus características responde a la Fm. Cobrito (Millán y Somin, 1985a, pag. 17).



Figura.3. Afloramiento de esquistos metaterrígenos cuaríferos micáceos y metapelitas micáceas con vetas de cuarzo de secreción; en la proximidad del Hotel Hanabanilla. Extremo Norte de la Cúpula de Trinidad. Localidad referida a la "Formación Herradura": Unidad Tectónica La Carlota (según Álvarez-Sánchez y Dublan; 1986) o Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal, según Millán, 1997a). Foto cortesía de A. García Casco.

En conclusión: La Formación Naranjo, abandonada de nombre y también de sitio; fue "exhumada" bajo los nombres: "La Llagueta y Herradura". La llamada "facies" de la Formación La Chispa (Millán y Somin, 1985a), de la parte central de la Cúpula de Trinidad es, en todos los aspectos, equivalente a la abandonada Formación Naranjo, con las mismas localidades tipo, estratotipo y cotipo. Así, las Formaciones La Llagueta y Herradura (Millán y Somin, 1985b), según Millán, (comunicación escrita, 2012) "son idénticas en su composición; la primera con menos grado metamórfico". De esta afirmación se deriva un corolario estratigráfico: Si sus litologías son idénticas, entonces se trata de la misma formación: Un claro y evidente retorno a la misma situación de 1981.

Formación Boquerones.

Aceptada como Formación Cobrito en Millán y Somin (1985a) y Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986), Boquerones (Millán y Somin, 1985b) consiste de esquistos calcáreos, mármoles, metasilitas y algunas metavulcanitas, expuesta en el borde Norte de ambas cúpulas, en transición sobre la llamada Formación Herradura (Unidad 6 de Millán y Somin, 1985b). Pero, en esas localidades "Boquerones" (Figura 4) carece de diferencias significativas con la Formación Cobrito (Figura 5): Ni en la litología esencial, ni en su aspecto en masa, ni en las intercalaciones; ni siquiera en su aspecto parecido a un flysch (Millán y Somin, 1985b, página 15).

Para mayor abundamiento, en cualquiera de las zonas metamórficas donde aflora, presenta el mismo conjunto de microfauna (Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus; Norte de la Cúpula de Trinidad, Río Caracusey; Sureste de la Cúpula de Trinidad), que establece una edad coincidente para todas las secciones, aunque la edad no sea un factor determinante, pero influyente sin duda alguna en este caso. De hecho Boquerones es indistinguible de la Formación Cobrito. Opinión muy similar que también parece ser sostenida por Somin⁷ *et al.* (1992).

⁷ The Loma la Gloria Formation north of the Sancti Spiritus Mountains includes Caracusey lithofacies, a thin packet composed of dark gray marble (often with a peculiar brecciform texture) containing numerous silicate (including metabasite) layers, among which garnet-glaucophane schist and paragonite eclogite predominate..... Fossils of Nasselaria (Albaillearia) radiolarians were found by Somin and Millan in carbonate rocks analogous to those of the Caracusey lithofacies but belonging to the Boquerones unit [19]. (Somin *et al.*, 1992).

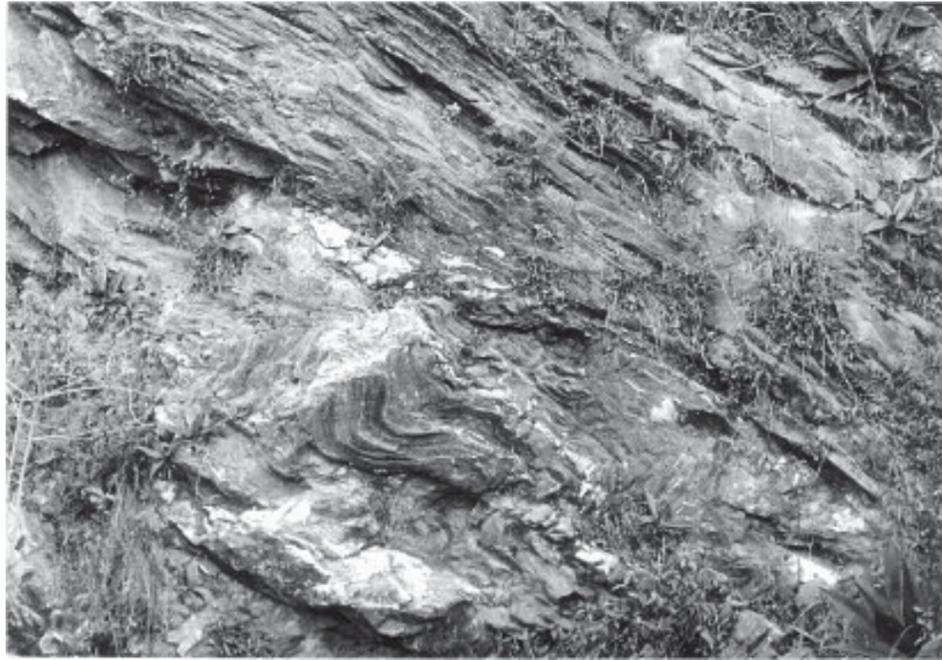


Figura.4. Esquistos calcáreos de la Formación Cobrito en el área de Boquerones. Perifería norte de la Cúpula de Trinidad, al Norte de la Mina Carlota (Foto H. Álvarez-Sánchez. 1983).



Figura.5. Esquistos calcáreos de la Formación Cobrito en la región Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus; considerados como "Formación San Juan" en Stanik et al. (1981) (Foto de B. Koverdinsky, en 1980. Expedición Escambray I).

En la Formación Cobrito, las intercalaciones, observadas de lugar a lugar; ora como esquistos verdes, granato-anfibólicos o eclogitas; o su falta; como de hecho ocurre en diferentes cortes; no cambia su composición esencial, que no se basa en tales intercalaciones. Tampoco cierto grado de más intensa recristalización, visible en localidades, produce cambios significativos en el aspecto organoléptico de la unidad; condición básica en la definición de una formación litoestratigráfica, que no depende de su edad, ni del tiempo consumido en su construcción, ni de la historia geológica relacionada, ni del mecanismo de su formación; sino de la litología observable y esencial y su viabilidad de ser delimitada en cartas geológicas. Si la Formación Cobrito, muestra

algunas variaciones de su grado metamórfico⁸; en tanto sus rasgos característicos y propios se mantienen reconocibles; no tiene justificación ni utilidad práctica⁹ distinguirla como una formación diferente, sin importar si aflora en una unidad tectónica "de orden superior", "nappe", o "zona metamórfica" caracterizada por sus parámetros.

De acuerdo con lo anterior, surgen varias cuestiones a considerar, que parecen inevitables, de donde estimamos que se pueden sustentar los siguientes juicios de términos:

- La Formación La Llagueta (Millán y Somin, 1985b y en Franco Álvarez et al., 1992, pag. 291) es la misma Formación La Chispa.
- La Formación Herradura (Millán y Somin, 1985b y en Franco Álvarez et al., 1992, pag. 258) es la misma Formación La Chispa; o la Formación Loma La Gloria¹⁰, o es cualquiera de las dos; si aceptamos los criterios de mayor grado metamórfico y presencia variable de ciertas intercalaciones, empleados por sus autores.
- La Formación Boquerones (Millán y Somin, 1985b y en Franco Álvarez et al., 1992, pag. 125) es la misma Formación Cobrito.

Luego, ¿qué pueden ser, en esencia, las Formaciones Loma La Gloria y La Chispa¹¹? Su litología es muy similar. Sus protolitos son idénticos en la práctica: La Chispa en las Zonas metamórficas 1 y 2. Loma La Gloria en la Zona 3 y en la transición a la Zona 2 en la Cúpula de Sancti Spiritus (Millán y Somin, 1985a, pag. 11). Ambas contienen manifestaciones vulcanógenas básicas; recristalizadas en condiciones de alta a muy alta presión en un caso y en el otro, en su mayoría, en la facies de los esquistos verdes, pero también de alta presión. Ambas yacen bajo la Formación Cobrito, en una relación estratigráfica normal e incluso de transición. La asociación entre Formación Loma La Gloria y Formación La Chispa con la Formación Cobrito es íntima y regular en ambas cúpulas.

Luego; La Chispa y Loma La Gloria, ¿pueden ser el mismo intervalo estratigráfico original, diferenciado solo por encontrarse en distintas posiciones respecto al agente principal y mecanismo del metamorfismo? Luego, las Formaciones La Chispa, La Llagueta y Herradura ¿pueden resultar tres formaciones diferentes? ¿Existe suficiente justificación para diferenciar unidades tectónicas, basándose en la presencia en ellas de una misma formación, pero nombrada de un modo diferente? ¿O el nombre diferente es producto de la intención de fundamentar a la unidad tectónica? La distinción de unidades tectónicas ¿se basa en el contenido estratigráfico o en el grado metamórfico?

Con el fin de ilustrar la realidad del problema y lo sustancial de lo cuestionado; cabe recordar que la Expedición Escambray I (Stanik et al. 1981) unificó la totalidad de los metaterrígenos jurásicos del Escambray bajo el nombre de Formación Sopapo; sin que las diferencias en el grado metamórfico y la correspondiente transformación de las rocas subordinadas en cada región, fuera obstáculo para separarla, cartografiarla y deducir conclusiones estructurales en gran parte acertadas sobre la historia geológica de este macizo; realizada por parte de geólogos cuya experiencia directa en la región se encuentra fuera de toda discusión.

⁸ **Roca metamórfica.**- Las formaciones constituidas por rocas metamórficas de bajo grado (definidas a propósito como rocas en las cuales las estructuras primarias son claramente reconocibles) son, iguales que las formaciones sedimentarias, diferenciadas principalmente por sus características líticas. Las facies minerales pueden cambiar de un lugar a otro, pero estas variaciones no requieren de la definición de una nueva formación. (Artículo 24. Inciso C. CEN).

⁹ Para ser válida, una nueva unidad debe cumplir con un propósito claro y estar adecuadamente propuesta y descrita; además la intención de establecerla debe ser especificada (pag. 10). Artículo 5.- Propósito y Utilidad. CEN.

¹⁰ Somin (Somin et al., 1992) en su descripción de la Formación Loma La Gloria, indica lo siguiente: *Tracing of the Caracusey lithofacies to the west and the east indicates that this lithofacies is replaced by carbonate metallysch unit, the Cobrito Formation, which is widespread in Escambray 2. Fossils of Nasselaria (Albaillelaria 2) radiolarians were found by Somin and Millan in carbonate rocks analogous to those of the Caracusey lithofacies but belonging to the Boquerones unit [19]. 'The difference between this unit and the Loma la Gloria Formation consists only in a lack of metabasite bothes and a finer alternation of rocks of different composition; the basic lithological background, degree of metamorphism and structure are identical.* (Boquerones Unit es la Unidad 6 de Millán y Somin, 1985b. (Nota de los Autores).

¹¹ La más polémica es La Chispa que para mi no está bien representada ni caracterizada. Los sectores internos del Escambray representados como esa formación en una y otra cúpula tienen que cartografiarse mejor Al respecto, en los cortes internos de ambas cúpulas, que es donde está representada La Chispa, el grado de meteorización es más intenso. Me preocupa que dentro de La Chispa realmente existan distintas formaciones difíciles de representar por el grado de meteorización. (Millán, carta de fecha 7-05-2012 a Humberto Álvarez).

Si renunciamos al convenio de aceptación universal, que establece que cualquier geólogo visitante, después de cierta familiarización, pueda identificar las formaciones litoestratigráficas, con solo la inspección de los afloramientos y también diferenciarlas con eficiencia; llegaremos al caos. Observaciones críticas sobre el reconocimiento de campo en la estratigrafía del Escambray, ya se han producido (Stanek *et al.* 2006); sin que al citarlas esto signifique que las compartimos en todos los aspectos de su formulación, en gran parte no debidamente justificadas.

Es evidente que la esencia del problema consiste en lo que puede llamarse "**magnificación del papel del metamorfismo**" en la definición de las unidades de la categoría de formación litoestratigráfica. Unas veces el grado metamórfico se toma como el factor determinante para la definición de las diferencias y fronteras entre unidades litoestratigráficas. Otras y en el mismo espacio, el papel principal se adjudica a la litología, propiamente dicha.

De nuevo: Si dos unidades de nappe, muestran grados metamórficos diferentes, pero poseen un perfil estratigráfico-facial equivalente o el mismo y el grado de metamorfismo contrasta y esto no impide equiparar sus perfiles litoestratigráficos constituyentes durante la cartografía; puede no existir suficiente justificación para nombrar otras unidades litoestratigráficas nuevas, en uno de ellos, solo por esa circunstancia. Incluso, si la equivalencia de los respectivos perfiles es estrecha y las unidades de nappe ocupan un mismo nivel estructural y solo contrastan entre ellas por transgredir zonas metamórficas limítrofes, su distinción en dos unidades de nappe diferentes, puede ser errónea, o en todo caso simple convención o motivada por alguna intención de reflejar con mayor claridad la estructura local, supuesto que no es estrictamente geológico; pero no una realidad física.

En realidad, los problemas asociados a una final definición de los mantos tectónicos del Escambray, se encuentran en estrecha relación con la sección estratigráfica basal. Y no puede eludirse que existen numerosos motivos de duda respecto a la definición sin ambigüedades de las formaciones metaterrígenas. Un ejemplo elocuente es la historia de la Formación Naranjo (Millán y Somin, 1981), su eliminación posterior y sustitución por las Formaciones Loma La Gloria y La Chispa (Millán y Somin, 1985a), a causa de las incoherencias litológicas y la importancia atribuida por sus autores al grado metamórfico, en dos regiones separadas de sus afloramientos.

El ejemplo que hemos utilizado para la anterior exposición se limita a las formaciones metaterrígenas jurásicas. Sin embargo, en un trabajo de mayor extensión, sería posible incluir en el análisis una parte de las formaciones de las secciones medias (Grupo San Juan) y cimera (Grupo La Sierrita), tarea que debe realizarse en el futuro.

No es nuestro propósito aquí, argumentar porque la unidad Grupo Naranjo debe mantenerse a pesar de todo; sino destacar la violación de las reglas de nomenclatura estratigráfica, en el establecimiento de nuevas unidades; sus características distintivas críticas que deben cumplirse, por cuya omisión se crean importantes problemas en la nomenclatura estratigráfica del Escambray, con repercusión directa en la aclaración de la estructura tectónica, como se refleja a continuación.

Estratigrafía y unidades estructurales.

Durante años se realizan esfuerzos por profundizar en la división de unidades tectónicas del Escambray. Millán y Somin (1985ab) presentaron las primeras ideas al respecto. También fue intentado durante la Expedición Escambray II¹². El proceso continúa por Millán (1990, 1997a) con la esperanza de establecer una base para la consiguiente separación y cartografía de los nappes; como juntos emprendimos en 1991 para un sector patrón de la Cúpula de Trinidad (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, inédito). Es así que, en trabajos sucesivos, se conciben tres agrupamientos diferentes de unidades, tanto en su número¹³ como en su perfil estratigráfico facial.

¹² En Escambray II existe un mapa tectónico de la parte Norte del Escambray (Mapa Tectónico Esquemático. Anexo 14) donde se distinguen dos Unidades Tectónicas: Unidad Tectónica Carlota y Unidad Tectónica Crucecitas. La Unidad Tectónica Carlota comprende los nappes con las formaciones metaterrígenas del Jurásico, la Formación Cobrito, los Esquistos Algarrobo y rocas cristalinas. La Unidad Tectónica Crucecitas los nappes y escamas con las formaciones del Grupo La Sierrita y parte de los mármoles del Grupo San Juan. El Mélange Los Guapos de matriz antigorítica y otros cuerpos de serpentinitas y rocas verdes, separan ambas unidades. (Nota de los Autores).

¹³ Millán emplea los términos "unidades tectónicas"; "unidades estructurales" "unidades litotectónicas" (en un trabajo inédito) y finalmente "unidades tectónicas de orden principal" (Nota de los Autores).

En Millán y Somin (1985b) se propuso una división de "unidades tectónicas" del macizo Escambray: En concreto, 6 unidades tectónicas para la Cúpula de Trinidad. 6 unidades para la Cúpula de Sancti Spiritus. 8 unidades tectónicas en total, según las equivalencias. Con el fin de intentar comprender el sentido de esta división, cabe recordar que, en el trabajo citado, estas unidades tectónicas no son equivalentes con las llamadas "Zonas Metamórficas", definidas con anterioridad o mencionadas en trabajos anteriores (Millán y Somin, 1976; Millán y Myczyński, 1979; Millán y Somin, 1981; 1985ab; Stanik *et al.*, 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1986), si bien Millán y Somin (1985b) establecen ciertas relaciones con dichas zonas metamórficas (Tabla 1).

Tabla. 1. Resumen de Unidades tectónicas del Macizo Metamórfico Escambray según Millán y Somin (1985b).

Unidades tectónicas Cúpula de Trinidad.	Unidades tectónicas Cúpula de Sancti Spiritus.	Formaciones	Zona metamórfica
1	-	La Llagagua. Narciso. Mayarí	1
2	-	Loma Quivicán. Charco Azul. La Sabina. Yaguanabo. El Tambor. Collantes.	2
3	3	Mármoles del Grupo San Juan, (Mayarí más abundante)	2
4?	4?	La Chispa	2 y 1
5	5	Loma La Gloria. Esquistos Algarrobo. Cobrito.	3 y 2
6	6	Herradura. Boquerones	3
-	7	Anfibolitas Yayabo	3
-	8	Cobrito	2

Estas "Unidades Tectónicas", ¿son nappes?; ¿son restos de zonas litológicas faciales? No es posible encontrar una aclaración a esta pregunta en el citado trabajo (1985b), donde se realiza este primer intento de división. De hecho los conceptos alrededor de estas unidades tectónicas fueron de nuevo descritos y modificados en dos trabajos posteriores por Millán (1990) y Millán (1997a).

En efecto. En el trabajo de 1990, presentado a la 12 Conferencia Geológica del Caribe, Millán denomina a estas unidades estructurales (unidades estructurales = mantos tectónicos) como "nappes" (6 nappes principales). En este trabajo, la Unidad 1 deviene ahora en sustitución de la unidad 6 de Millán y Somin (1985b). La unidad 2, a su vez, ahora sustituye a las unidades 5 y 7 y; la unidad 3 resulta la unidad 2 de la división de 1985b. Al final las unidades 4, 5 y 6, equivalen a las anteriores unidades 3, 4 y 1 (Tabla 2).

Tabla. 2. Resumen de Unidades estructurales del Macizo Metamórfico Escambray según Millán (1990).

Unidades estructurales. Cúpula de Trinidad.	Unidades estructurales. Cúpula de Sancti Spiritus.	Formaciones integrantes	Zona metamórfica y/o transiciones.
1	1	Herradura. Boquerones.	3
2	2	Loma La Gloria. Cobrito. Esquistos Algarrobo. Anfibolitas Yayabo.	3 (a 2)
3	-	Collantes. Loma Quivicán. Charco Azul. La Sabina. Yaguanabo. El Tambor.	2 (a 1)
4,5,6	4,5,6	La Chispa. Grupo San Juan. La Llagagua.	1 (a 2)

Millán (1997a) retoma a continuación la división en unidades (Tabla 3) (primero tectónicas; más tarde estructurales y de nuevo "tectónicas), ahora denominadas "Unidades Tectónicas de Orden Principal"; pero esta vez, en número de 4 (Figura 6). La "Primera Unidad Tectónica de Orden Principal" (definida en ese trabajo como integrada por 8 nappes de mayor orden, por lo menos); concuerda en su contenido litoestratigráfico con las unidades 1 y 2 de Millán y Somin (1985b) (ver Tablas 1 y 3).

Tabla. 3. Unidades estructurales del Macizo Metamórfico Escambray según Millán (1997a).

Unidades Tectónicas de Orden Principal.	Formaciones integrantes	Zona metamórfica y/o transiciones.
Primera Unidad Tectónica de Orden Principal	La Llamagua. Grupo San Juan. Los Cedros ¹⁴ . Loma Quivicán. La Sabina. Yaguanabo. El Tambor.	1
Segunda Unidad Tectónica de Orden Principal	La Chispa. Grupo San Juan. Cobrito. Los Cedros. Loma Quivicán. La Sabina. Yaguanabo. El Tambor ¹⁵ .	1 (a 2)
Tercera Unidad Tectónica de Orden Principal	Loma La Gloria. Cobrito. Anfibolitas Yayabo. Esquistos Algarrobo. (Mélange formado por esquistos Algarrobo, eclogitas, antigoritas).	3
Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal	Herradura. Boquerones. Los Cedros. La Sabina.	3?

La Segunda Unidad Tectónica de Orden Principal, compuesta según Millán por 6 mantos de orden mayor, por lo menos; reúne las formaciones de las unidades 2, 3, 4, 5 y 8 de Millán y Somin (1985b) y también, ahora, las formaciones de la unidad 2 de Millán (1990).

La Tercera Unidad Tectónica de Orden Principal, coincide ahora con el contenido de las unidades 5 de Millán y Somin (1985b) y 2 (de Millán, 1990). La Cuarta Unidad Tectónica de Orden Principal corresponde, en parte, con la unidad 6 de Millán y Somin (1985b) y con la unidad 1 de Millán 1990, pero contiene otros elementos añadidos.

Resulta difícil llegar a una comprensión clara del origen de los cambios y ajustes en la composición litoestratigráfica de las unidades tectónicas (nappes) y en el número de ellos. Se puede asumir que estas sucesivas adiciones, substracciones y cambios, es el producto de la marcha natural del progreso. Sin embargo, el progreso necesita acreditarse con investigaciones en el terreno, para cada caso y explicaciones suficientes sobre los motivos inherentes; pero en realidad, nuevas investigaciones con el detalle suficiente, abarcadoras del total del ámbito regional, no se realizan en muchos años.

Existencia de la tectónica tangencial y los intentos de su definición.

A pesar de que una estructura de mantos tectónicos en el Escambray es materia discutida desde la época de Stanik y los trabajos de Millán y Somin de los 70s y 80s y las descripciones de estos autores tempranos proporcionan algunos conceptos sobre su composición interna y sus fronteras (Millán y Somin, 1995ab; Millán, 1990, 1997a); no deja de ser una generalización, basada en los rasgos de ciertas localidades y escasas pruebas concretas.

Ninguno de los trabajos previos realizados en esta región (Thiadens; 1937; Hill, 1959; Maximov, *et al.*, 1968; Bolotin *et al.* 1970; Tolkunov *et al.* 1974), algunos de ellos con levantamiento de mapas regionales de detalle; presentó información de desciframiento de este tipo de estructuras o la suposición de que existieran¹⁶. Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de mapas geológicos de escala media que contienen suficientes detalles y de otros locales con un alto grado de resolución (Figura 2, Millán, 1997); hasta hoy no existe un mapa completo de los mantos tectónicos del Escambray, con una nomenclatura apropiada, secciones de sus integrantes rocosos y diagramas de sus parámetros dimensionales. Incluso, en la actualidad, no se registra en la literatura una sección regional representativa con cierto detalle, de los mantos tectónicos del Escambray, fuera de la representada en la Figura 9, de Iturralde-Vinent (1994, pag. 17), preparada por Álvarez-Sánchez (1993).

Esto no significa que la tectónica de mantos se niega en este trabajo. Opinamos que constituye la verdadera estructura básica del Escambray. Sin embargo, las consecuencias que se derivan de la situación descrita en las páginas anteriores, que se resume en las contradicciones entre la definición litoestratigráfica y metamorfismo, no

¹⁴ Los Cedros es una nueva formación definida por Millán y Álvarez-Sánchez (1992, inédito). Ver también Franco Álvarez et al., 1992. (Nota de los Autores).

¹⁵ En esta segunda unidad también se exponen las mismas formaciones cretácicas reseñadas en la primera unidad (Millán, 1997a, pag. 277).

¹⁶ Thiadens (1937) fue el primer geólogo que sometió a discusión este tema, que pudo conducirle a la primera interpretación de la existencia de nappes en el Escambray. Sin embargo, las limitaciones en el conocimiento de la región se lo impidió (Nota de los Autores).

pueden dejar de reflejarse en la definición de los límites, las dimensiones de las unidades tectónicas mayores, el número de nappes individuales y su estilo tectónico.

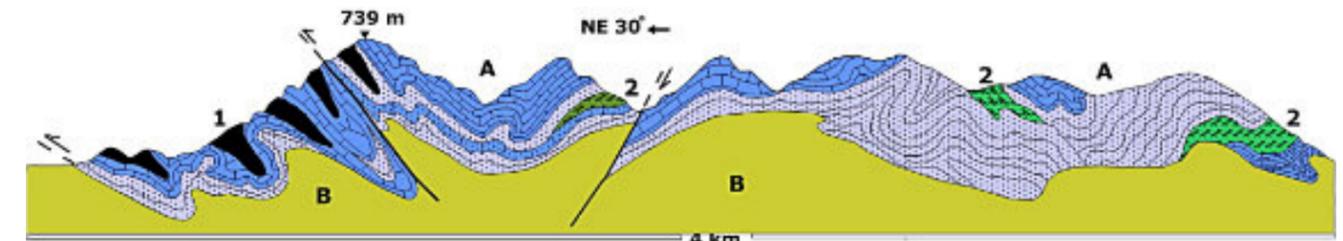


Figura 6. Manto Tectónico Monforte en las Lomas de San José, al Sur-Oeste de la Cúpula de Trinidad. A. Formaciones Loma La Gloria y Cobrito con metamorfismo de alta presión (esquistos glaucofánicos y eclogitas frescas: 1 y retrogradadas: 2). B-Yacente integrado por formaciones del Grupo La Sierrita (Yaguanabo, La Sabina; El Tambor), metamorizadas en la facies de los esquistos verdes de alta presión. (Según Álvarez-Sánchez, 1992, inédito).

Existen lugares en el Escambray donde la inversión estratigráfica, por causa de tectónica tangencial se ha descrito con fundamentos¹⁷. Entre ellos se encuentran sitios donde con todo detalle, esto se puede observar en un corte por completo aflorado. Sirva de ejemplo, la localidad de las Lomas de San José en La Sierrita, al SW de la Cúpula de Trinidad (recuadro 1 en la Figura 10), donde las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito (de edad jurásica principal), descansan a lo largo de kilómetros sobre las Formaciones Yaguanabo, La Sabina y El Tambor, (de edad cretácica principal) (Figuras 6 y 7). O donde la Formación La Sabina se observa cabalgada por la Formación Cobrito (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) (Figura 8); o en el sitio de un espléndido ejemplo de apilamiento de escamas tectónicas que yace por completo expuesto, como en la región de El Nicho, al Sur de la Mina Carlota (Figura 9).

El traslado tectónico de los nappes; ya sea que antecedió al metamorfismo o que ambos eventos, traslado y metamorfismo, coincidieran en el tiempo¹⁸, tuvo una dirección preferente que aún se desconoce, a causa de que varias fases de metamorfismo y varios eventos de plegamiento, con removilización de los mantos tectónicos, agregan más complicación. Este cuadro representa lo esencial de la estructura tectónica de este macizo, sin considerar las deformaciones adicionales por fallas sufridas en conjunto, durante la formación de las cúpulas. No se sabe si los nappes del Escambray son, en gran medida, paraautoctonos; de modo que las unidades más bajas, con cierta probabilidad no se han despegado de su substrato. O si, al contrario, la aloctonía es completa y la columna de mantos carece de una relación primaria con su actual yacente. O si existe una combinación de ambas situaciones. Y cualquier opinión al respecto, hoy por hoy, es pura especulación; tanto a favor como en contra, a causa de que ninguna información directa supera en esta región 500 m de profundidad, a partir de la cual todos los datos son estrictamente provenientes de los campos físicos.

En términos especulativos, es posible que los nappes inferiores del Escambray sean del tipo "mantos plegados". Los nappes más elevados, pudieron ser mantos de empuje en su etapa temprana. Incluso, bajo el aumento de las pendientes durante el ascenso del núcleo metamórfico, pudieron desarrollarse deslizamientos gravitacionales, como forma eficiente en el demantelamiento de la cobertura tectónica (Álvarez-Sánchez, 1991). Algunas de esas unidades reconocidas como mantos, pero con desplazamiento desconocido, se enmarcan por fajas de mélangé tectónico.

¹⁷ Como apoyo a la posición estratigráfica invertida sirven los siguientes hechos: a) La Loma San José y sus alrededores, situada al sureste del poblado La Sierrita, está formada por una placa de mármoles de la f. San Juan, sobre la cual aparecen aislados restos de la f. Sopapo. Esta placa está casi completamente rodeada por la f. Yaguanabo, que aflora a un nivel más bajo. Los elementos de yacencia indican que esta formación se encuentra debajo de los mármoles y esto además está confirmado por la presencia de ellas en las ventanas erosivas de esta zona. (Stanik *et al.*, 1981; pag. 50).

¹⁸ Millán y Somin refieren (Millán y Somin, 1985 a y b y Millán, 1990) contactos tectónicos premetamórficos entre nappes y a contactos postmetamórficos; también entre nappes. Millán y Somin (1981) interpretaron la estructura formada por nappes premetamórficos y la zonación metamórfica como resultado posterior, de manera que no existirían saltos de grado en la zonación. Stanik (*et al.* 1981) al contrario consideró que los nappes son posteriores al metamorfismo y estas unidades, ya metamorizadas, remontaron desde la profundidad, así la zonación debe ser "a saltos" e invertida, como es coherente con ese último concepto. (Nota de los Autores).



Figura.7. Perspectiva del Macizo de La Sierrita, región SW de la Cúpula de Trinidad, mirando desde el NE. Paquete de nappes de complicada construcción. La unidad cimera es el Nappe Monforte (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992) con metamorfismo eclogítico, descansando sobre el Nappe La Sierrita, de esquistos verdes de alta presión.

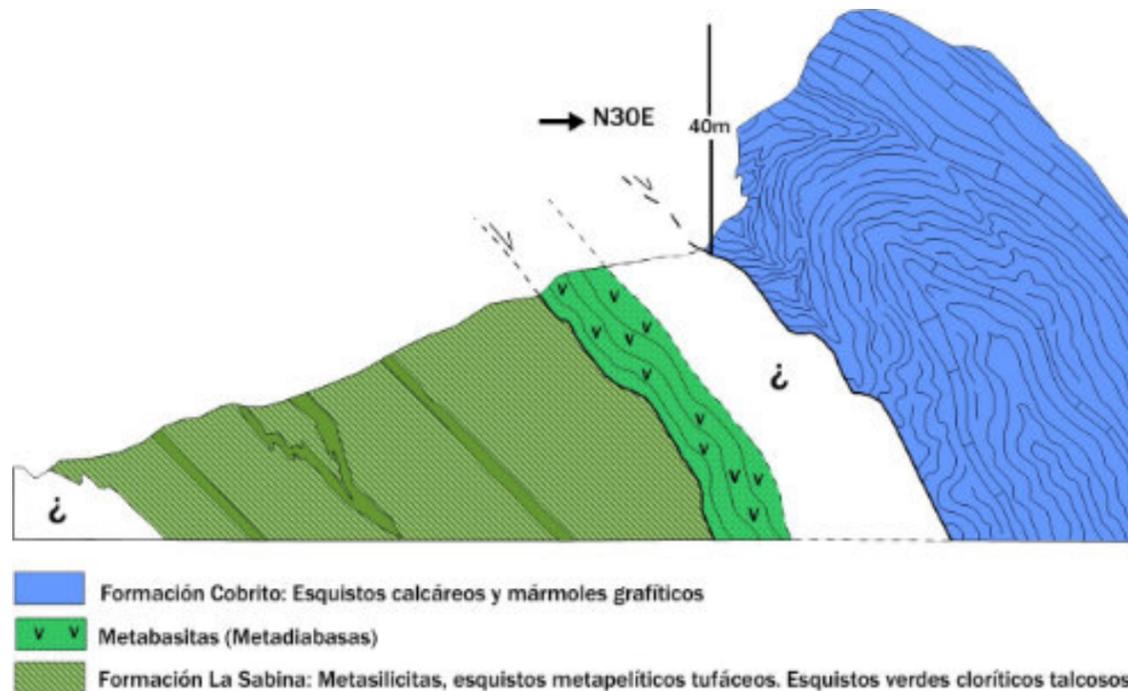


Figura. 8. Cabalgamiento de la Formación Cobrito (Jurásico Inferior a Cretácico Inferior) sobre la Formación La Sabina (Cretácico Inferior?) en la región de El Mamey, parte Norte de la Cúpula de Trinidad (Según Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986).

En conclusión, lo cierto es que la imagen actual que poseemos del Escambray, no contiene una cartografía de resolución de las unidades físicas de nappe¹⁹. Y es así que se puede afirmar que las campañas de levantamiento de mapas geológicos en esta región han fracasado en finalizar esta principal tarea y se deduce que el trabajo realizado en cuanto a este tema, no es suficiente.

Es evidente que se requiere un análisis adicional con intervención de muchos elementos, entre ellos la geofísica regional, el perfil geoquímico detallado de las unidades de rocas, nuevas campañas de cartografía y la comparativa precisa con los macizos de Isla de Pinos y Guaniguanico. Esto no se ha hecho y en la actualidad, como se ha dicho, tampoco se conocen datos directos de la composición del basamento Escambray; aunque, como se puede demostrar, existen indicios significativos al respecto que deben intervenir en la consideración del problema.

Estilos y dimensiones.

Como se sabe, existen muchos estilos de tectónica de mantos. No tenemos en geología una "canónica" para un manto tectónico genérico. Todos los mantos tectónicos, de un modo u otro, son específicos. Las secciones estratigráficas integrantes, las relaciones con el yacente, la morfología de la unidad, el desplazamiento relativo y el estado interno de las láminas rocosas; o el metamorfismo en los complejos recrystalizados; son muy importantes variables de cualquier ecuación. La edad de las rocas y la cronología del desplazamiento, así como los mecanismos desencadenantes son esenciales en su definición. La suma de estos conocimientos, permite la delimitación cartográfica de las fronteras y constituyen las bases fundamentales de la aclaración de lo ocurrido y de la confiabilidad de las conclusiones.

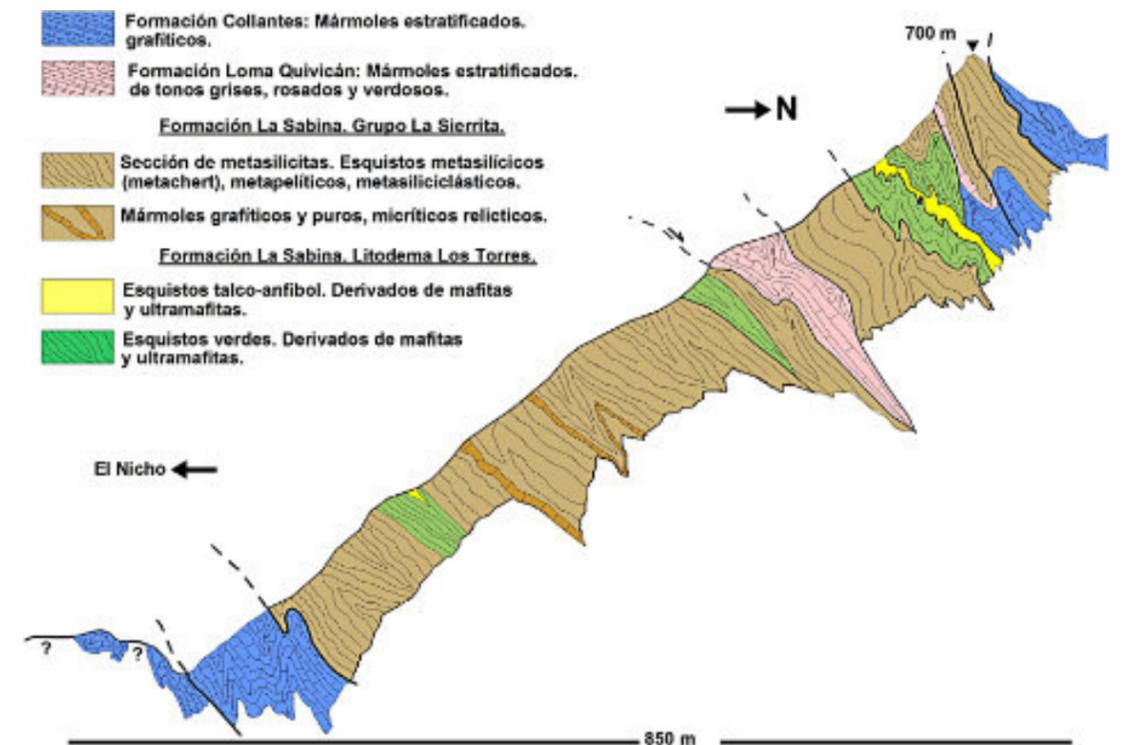


Figura. 9. Estructura de escamas tectónicas en la región de El Nicho, al SE de la Mina Carlota. Parte Norte de la Cúpula de Trinidad (Según Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986).

¹⁹ Las observaciones estructurales demuestran que el estilo de las deformaciones es similar en diferentes unidades tectónicas del macizo. Sin embargo, aún no está definido el carácter de su estructura nappe-escamada, principalmente en el caso de las deformaciones premetamórficas y los nappes sinmetamórficos (Millán y Somin, 1985b, pag. 36).

Es de lamentar que todos estos requisitos existen solo en el nivel especulativo, con buenas demostraciones parciales; solo locales y restringidas a sectores determinados del Escambray. Un hecho notable que no tiene una buena explicación, pero que da que pensar sobre las posibles causas

Precisamente respecto a dimensiones, una precaución muy importante a tener en cuenta es el sentido práctico de la división de unidades de orden superior. Los Alpes y otras cordilleras con una marcada estructura tangencial, fueron modelos en la construcción de la tectónica de nappes y sus parámetros dimensionales y estilos. En los Alpes, es empleada una división en "superunidades"; entre ellas las superunidades Helvética; Penninica y Austroalpina: Cada una contiene varios nappes de distinta configuración y estilo. Pero estas superunidades alpinas se extienden por más de 240.000 km², mientras que el área aflorada del Escambray, disponible para establecer categorías dimensionales, es minúscula en comparación. Luego; porque no se ha probado el continuo geológico entre (al menos) el Complejo Metamórfico Pinos y el Escambray, aunque tal vínculo es altamente probable²⁰; resulta demasiado para denominar unidades tectónicas "de orden principal" en cualquiera de los dos dominios metamórficos o para la suma de ambos.

Lo referido a las dimensiones de las unidades tectónicas no es insustancial. El término "**Unidad Tectónica de Orden Principal**" es ambiguo sin una explicación previa de su contenido. Ya la terminología de unidades geológicas en Cuba, cuenta con una larga historia de creación de "categorías regionales", bastante discutidas: Zona Estructuro-Facial (Khudoley y Meyerhoff, 1971); Unidades Tectonoestratigráficas (UTE) (Álvarez-Castro *et al.* 1998); Asociaciones Estructuro Formacionales (AEF) (Quintas, 1992); Terreno Tectonoestratigráfico (Quintas y Blanco; 1993; Blanco y Proenza, 1994; Iturralde-Vinent, 1994). En las regiones con mantos tectónicos bien identificados se cuenta con muchas otras terminologías variadas (ver Hatten, 1957; Ducloz y Vuagnat, 1962; Rigassi-Studer, 1963; Piotrowka, 1978 y otros) aplicadas a zonas lineales de estructura tangencial y a mantos tectónicos concretos.

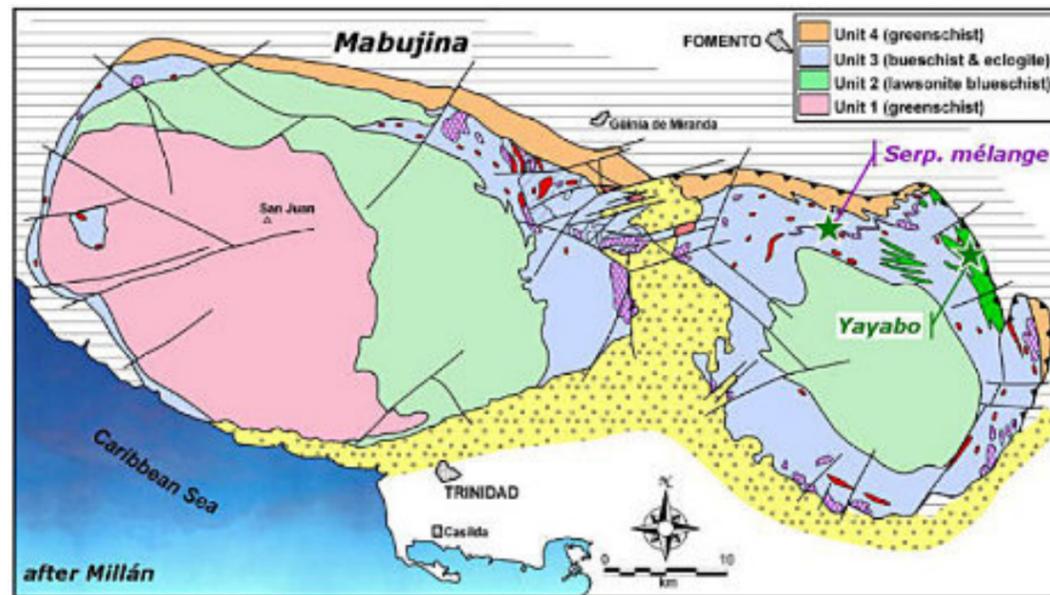


Figura.10. Unidades Tectónicas de Orden Principal según Millán (1997a; modificada por García-Casco *et al.* 2006). En amarillo punteado la Cuenca de Trinidad. El recuadro 1 corresponde con la Figura 7 en este trabajo.

Como puede advertirse de la Figura 10, las denominadas "unidades tectónicas de orden principal" delimitan en realidad, zonas de grado metamórfico. Pero queda claro que la mayoría de las unidades mencionadas (tectónicas, estructurales, nappes) se encuentran definidas de forma problemática o con un grado de incertidumbre considerable. Sus límites reales, con excepción de localidades específicas, refleja con claridad un esfuerzo neto provisional.

²⁰ Muchos autores mencionan esta relación y posible continuo (Thiadens, 1937; Baie, 1970; Boitteau y Michard, 1974; Millán y Somin, 1976; Draper & Barros, 1994; Pardo, M. *et al.* 1989; Blanco Moreno y Proenza Fernández, 2000; Cobiella, 2005; Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009; García-Casco, com. escrita, 2016).

Según datos de cartografía detallada en áreas locales de la Cúpula de Trinidad es posible apreciar que "las zonas de metamorfismo" no son por necesidad equivalentes a unidades físicas de mantos tectónicos y escamas-nappes con un perfil estratigráfico-facial propio²¹. En términos más simples; ocurre que las zonas de metamorfismo regional conocidas en la actualidad "cortan" unidades de nappes²². Es decir, los mantos tectónicos no coinciden con las llamadas zonas metamórficas²³ llamadas "concéntricas" en ciertas regiones y el perfil estratigráfico de los nappes, por supuesto, tampoco. Si esta condición se puede generalizar al resto del Escambray mediante una cartografía de mayor detalle, es tarea del futuro. Al respecto cada estudiante de la geología del Escambray puede extraer sus propias conclusiones.

Luego, las subdivisiones de nappes integrados por rocas metamórficas en el Escambray, según nuestro punto de vista²⁴, dependen de las siguientes definiciones generales:

- Un nappe, como unidad material, puede constituirse por unidades litoestratigráficas y limitarse a una zona de P-T determinada; o sus límites pueden transgredir las fronteras entre zonas metamórficas, en tanto su identidad pueda continuar reconociéndose. Por lo general un nappe tectónico es un cuerpo de cierta geometría con un eje longitudinal mayor, delimitado, al menos, por una superficie mecánica inferior y otra superior de la misma naturaleza o por el corte de erosión y contiene una sección estratigráfica específica.
- Un nappe puede estar integrado por unidades litoestratigráficas reconocibles y contener, además, litodemas, como parte de sus secciones constitutivas. O puede estar constituido solo por litodemas, en tanto sus límites puedan ser definidos y su desplazamiento respecto a las unidades contiguas pueda ser determinado.

Si una masa de rocas de extensión regional se conforma por fragmentos de escamas con diferentes parámetros P-T, adquiridos en sitios apartados del dominio geológico, que terminan unidos a causa de desplazamientos tangenciales en una unidad material, las diferencias en el grado metamórfico de sus componentes testimonian el mecanismo de su origen. Si su grado de deformación final es extremo pueden ser llamados un mélangé tectónico. Si las deformaciones no son extremas y las unidades que lo integran pueden ser distinguidas de forma individual, entonces es una unidad perteneciente a la segunda de las definiciones dadas. En todo caso se trata de fronteras conceptuales poco definidas y depende del entendimiento personal. No hay reglas al respecto.

Como un nappe, en cualquiera de las definiciones; contiene o puede contener formaciones o litodemas, o ambos; son, casi siempre, heterogéneos y, por tanto, un hecho de conocimiento trivial. Todos los nappes del Escambray son litológicamente heterogéneos y la mayoría desplazados sucesivamente en diferentes niveles de recristalización de sus rocas integrantes a lo largo de su desarrollo material y cronológico. Por eso el intento de delimitar una unidad de nappe, concediendo prioridad principal a sus parámetros de T-P en el Escambray; lo único que ha conseguido es delimitar unidades, por fronteras caracterizadas por unas cifras de T-P (y P-T-t, según el caso) dentro de ciertos rangos determinados; testigos de ciertos procesos físico-químicos enlazados con ciertas condiciones de deformación tectónica. No son unidades materiales "manejables" de rocas, cuando no se dispone de una estratigrafía real y una delimitación precisa de sus límites materiales unitarios.

²¹ Se debe tener en cuenta además que pueden existir unidades con el mismo grado de metamorfismo aunque sus protolitos pueden ser diferentes y viceversa (Despaigne Díaz, 2009).

²² La notable falta de correspondencia entre la configuración de las megaestructuras de cúpulas (y su zonación metamórfica concéntrica), y la disposición irregular de las diferentes secuencias litológicas dentro del macizo. Esto se destaca principalmente en la presencia de numerosos puentes litológicos (compuesto cada uno por un mismo horizonte, ya sea de un mismo tipo de mármol o de secuencias de esquistos metaterrígenos) que atraviesan o cortan abruptamente distintas zonas metamórficas. (Millán y Somin, 1981, p.56).

²³ Los datos obtenidos comprobaron los resultados de Somin y Millán de que la zona tiene una zonalidad metamórfica invertida (la zona de metamorfismo más elevado está en la franja marginal de las antiformalas Trinidad y Sancti Spiritus) y que su rumbo es diagonal al rumbo de los estratos. Stanik *et al.* 1981.

²⁴ Para García-Casco (com. pers. 2015): Un nappe se define por dos contactos mecánicos en los cuales ha ocurrido un fuerte desplazamiento que han posicionado al nappe en cuestión adyacente a otros nappes u unidades geológicas autóctonas, paraautóctonas o aloctonas. Lo que haya dentro de ese nappe, en sentido litológico y/o metamórfico, es circunstancial y no es importante para la definición del nappe. Una vez definido el nappe de esta manera (puramente estructural), el desciframiento de su estructura interna depende esencialmente de cuestiones igualmente mecánicas (pliegues, lineaciones, etc). En esta tarea puramente estructural se utilizan por igual criterios litológicos (formaciones, litodemas) y petrológicos (condiciones P-T e historia P-T-t).

Sin duda alguna, la petrología, geoquímica y cronología absoluta; son herramientas indispensables para resolver problemas específicos de las regiones metamórficas con estructuras-nappes y la aplicación de estos métodos, de forma razonable, está fuera de discusión. La cuestión inquietante, desde nuestro punto de vista en esta situación de conceptos contrastantes es: ¿el desciframiento de su estructura interna la haremos depender de definir unidades de grado metamórfico, o unidades materiales de nappe integrados por formaciones, formaciones y litodemas, o litodemas; separadas por superficies mecánicas reales que forman parte estricta de su definición?

Ejemplo de las consecuencias. Discusión.

Como damos mucha importancia a esta cuestión y creemos que es sustancial para avanzar en el conocimiento de los problemas, citaremos un párrafo completo de un grupo de autores (Stanek *et al.* 2006) que, en época más reciente, dedicaron un trabajo al Escambray:

[La evolución de las ideas sobre el complejo Escambray esbozado aquí destaca las dificultades asociadas con la búsqueda de subdivisiones significativas para las pilas de nappes heterogéneas de rocas metamórficas. Los conceptos modernos indican que, el análisis de la temperatura-presión-tiempo (P-T-t) son indispensables para la reconstrucción de series de rocas con historias metamórficas similares en unidades manejables y para diferenciar estos de unidades con historias contrastantes. Sin embargo, un estudio multi-parámetro interdisciplinario debe acompañar a este enfoque. Se requiere la caracterización del protolito porque rocas con muy diversos orígenes pueden haber sido amalgamadas en una etapa temprana y por lo tanto mostrar historias metamórficas similares. Por el contrario, las rocas con orígenes similares pueden haber seguido muy diferentes trayectorias PT durante la subducción, acreción y exhumación. Los problemas de escala y de precisión de P-T-t, complican todos estos esfuerzos. Unidades reconocibles a gran escala pueden en sí mismos ser críticamente heterogéneas, y la escala de una discontinuidad tectónica puede ser difícil de determinar, especialmente si las rocas de tipo protolítico y grado metamórfico similar resultan ser yuxtapuestas.]

En este párrafo se resumen la mayoría de los problemas discutidos en este trabajo, sobre la definición de unidades de roca, su metamorfismo y el grado de conservación de sus propiedades primitivas. La interpretación de las propiedades de unidades litológicas grandes determinadas por parámetros petrológicos-metamórficos, provenientes de muestras localizadas e incluso los mismos principios de base para la definición de mantos tectónicos en el macizo.

Stanek *et al.* (2006) presentan una subdivisión de los mantos tectónicos del Escambray en la Cúpula de Sancti Spiritus, en tres unidades denominadas: Pitajones; Gavilanes y Yayabo.

En particular, la unidad Yayabo es reconocida como una escama-nappe independiente desde mucho tiempo atrás (Millán y Somin, 1981; Stanik *et al.* 1981; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986; Millán, 1992; 1996; 1997a) representativa de un vulcanismo basáltico casi puro y edad jurásica presumible. No obstante, Yayabo, supuesto como el nappe más alto del paquete de mantos del Escambray (Stanik *et al.* *ibid*; Grafe *et al.* 2001), es una afirmación sin fundamentos: Basados en el contacto de las anfibolitas Yayabo con las anfibolitas Mabujina y su reelaboración mutua, que ocurre solo en la parte oriental de la Cúpula de Trinidad, los autores citados realizan esta suposición. De hecho, esto es una circunstancia pura incidental en la geología de este macizo. Otras unidades del Escambray también se han "yuxtapuesto" con la unidad Mabujina. Entre ellas Cobrito, Loma La Gloria, La Chispa, El Mélange Los Guapos; el Litodema Algarrobo. Alrededor del Escambray, la mayor parte de las unidades del Escambray hacen contacto con Mabujina (o viceversa). Otros cuerpos de Yayabo, tanto en la cúpula oriental como en la occidental no mantienen contacto alguno con Mabujina.

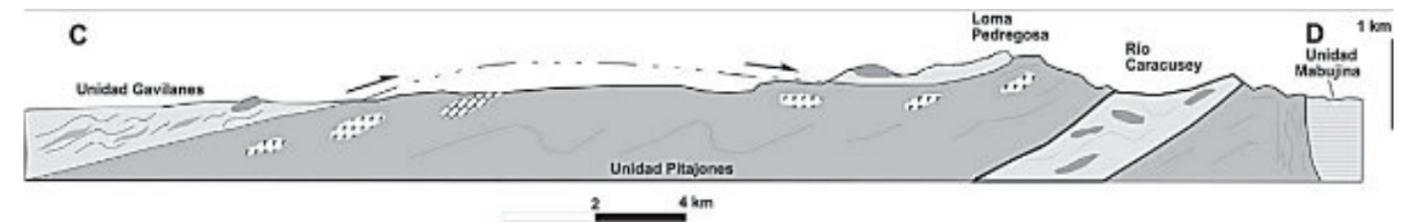
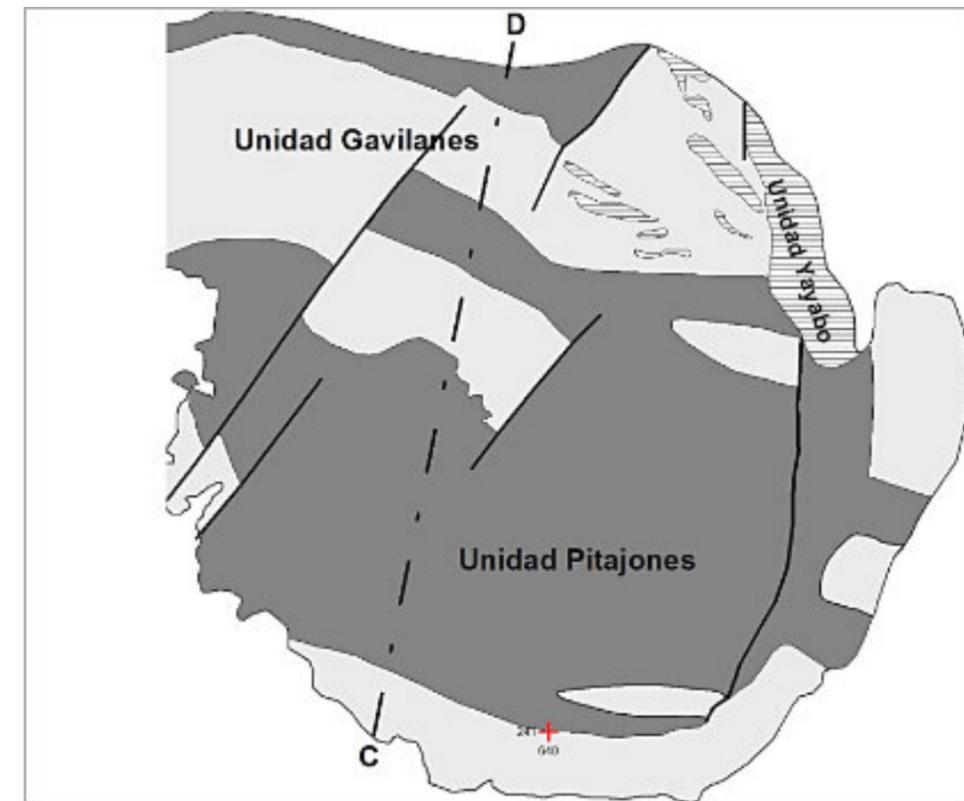


Figura.11. Composición esquemática de las Figuras 4 y 8, de Stanek *et al.* (2006).

Los así denominados "nappes Pitajones y Gavilanes" (Figura 11), formados mediante una construcción de grados metamórficos dispares de la matriz y las inclusiones; geometrías de deformación y unidades mayores de rocas, se integran en unas entidades amalgamadas incoherentes dentro de unos límites que carecen de realidad física en esta región. Es así que se pueden apreciar las consecuencias prácticas de la filosofía, resumidas en el párrafo citado reflejadas en la construcción de nuevas "imágenes cartográficas" del Escambray.

Millán (com, escrita, 2012) en relación al trabajo citado, resume este problema con las siguientes palabras:

"En primer lugar la estructura interna de la cúpula de Sancti Spiritus establecida por él²⁵, es una falacia total ajena a la realidad. En su esquema se pierde la coherencia de la estructura interna, así como la eliminación de importantes unidades estructurales presentes en esa megaestructura. Sus unidades Gavilanes y Pitajones representadas en su esquema, constituyen un amasijo estructuralmente incoherente, ajeno a la estructura interna".

El origen del fracaso de este grupo de autores en su intento de representación de la tectónica de mantos en una parte del Escambray, obedece a tres importantes causas:

²⁵ Se refiere a Stanek *et al.* 2006. (Nota de los Autores).

1. Desconocimiento de la estratigrafía del Escambray.
2. Base cartográfica insuficiente.
3. Ausencia de conocimientos de comparación con los macizos de referencia.

1. Si bien Stanek *et al.* (op cit.), parecen definir la estratigrafía de cada una de las unidades; su escepticismo, claramente manifestado²⁶ sobre la validez y realidad de las unidades litoestratigráficas²⁷; les condujo a ignorar un grupo completo de formaciones del centro de la Cúpula de Sancti Spiritus (ver Figura 12). Como consecuencia, el nappe Pitajones, no refleja en absoluto los contactos entre secciones de paquetes de formaciones, separadas por superficies de sobrecorrimiento; mezcla complejos rocosos netamente separados por límites reales e, incluso, refunde dentro de Pitajones fronteras de grado metamórfico. Creer que las secciones del Grupo La Sierrita no afloran en la Cúpula de Sancti Spiritus, es algo que va más allá de un error.

2. Emplear la base geológica de Stanik *et al.* (1981); después de 25 años de trabajo estratigráfico en el Escambray; sin aceptar ni comprender los progresos consecutivos²⁸, condujo a configurar límites erróneos e inexistentes entre las dos unidades principales, Pitajones y Gavilanes, convirtiendo tales conceptos de nappes, en entes inexistentes.

3. No vemos ningún inconveniente en afirmar que Stanek y sus co-firmantes no estaban familiarizados con la geología del macizo de referencia Cordillera de Guaniguanico de Cuba occidental; un indiscutible comparativo equivalente del Escambray. Allí, la separación de unidades tectónicas de nappe con un perfil estratigráfico facial propio, fue la base de la aclaración de su geología; realizada por investigadores que emplearon muchos años en este esfuerzo²⁹. En el Escambray, la identificación de los cortes de formaciones y litodemas y su posición respectiva y separación precisa es, por lo menos, complicado y requiere del observador una familiarización, que puede consumir semanas en el campo o la guía de un experto; sin importar la calificación ni la pericia previa de cada cual. Esta misma condición sin duda se requiere para la identificación de unidades tectónicas y las superficies que las limitan.

Con el fin de ilustrar, lo discutido en esta sección final, presentamos en la Figura 12, un ejercicio de delimitación de los mantos tectónicos de la Cúpula de Sancti Spiritus. El mapa de los mantos tectónicos, con un carácter muy esquemático y que no debe ser tomado como una propuesta definitiva; se basa en el nuevo mapa geológico oficial a escala 1:100,000 del Instituto de Geología y Paleontología del Ministerio de Energía y Minas de la República de Cuba y se corresponde con la experiencia de años de trabajo de los autores, en el Escambray.

Los nombres de las unidades son provisionales y deben permanecer en esa condición, mientras un trabajo más definitivo en preparación y generalizado a las dos cúpulas metamórficas, será presentado. La descripción sucinta de las unidades se da a continuación.

Manto Banao.

En su columna estratigráfica, el Grupo La Sierrita³⁰ se presenta casi completo, con las Formaciones Los Cedros, Yaguanabo y La Sabina. Numerosos y extensos cuerpos de mármoles del Grupo San Juan (Oxfordiano a Tithoniano), con ejes mayores al NW, yacen fuertemente plegados, por lo general en posición normal; cabalgados sobre las secciones de las formaciones cretácicas, bien estratificadas y de mayor plasticidad. La unidad se interpreta como una ventana tectónica, probablemente en el nivel más inferior del paquete de nappes, tal como se observa en la

²⁶ The model of Millan and Somin (1985a) divided the metamorphic complex into at least 12 lithostratigraphic formations (Figs. 2B and 3), necessitating the definition of stratigraphic contacts according to the definition of lithostratigraphic formations (Boggs, 1987). Such a contact was discussed only for the boundaries between the Loma La Gloria and the Cobrito Fms which together comprise the largest outcrop area in the Escambray massif (Stanek *et al.*, 2006).

²⁷ We commenced field work in the eastern part of the Escambray in 1994 together with G. Millan Trujillo of the Institute de Geología y Paleontología in Havana and encountered considerable difficulties in identifying in outcrop the lithostratigraphic limits, tectonic units and metamorphic zones defined previously (Stanek *et al.* 2006).

²⁸ The first super unit ("primera unidad tectónica de orden principal") comprises rock suites of Cretaceous protolith age affected only by greenschist-facies metamorphism. The outcrop area of this first super unit is localized in the center of the Trinidad dome. This super unit consists of metasandstones (La Llamagua Fm.), marble (San Juan Group), garnet-bearing metacherts (La Sabina Fm), basic metavolcanics (Yaguanabo Fm) and greenschist-facies metaterigenous schist (El Tambor Fm). **This first super unit is not exposed in the Sancti Spiritus dome.** (Stanek *et al.* 2006; pag. 156).

²⁹ Vermunt, 1937; Palmer, 1945; Pardo, 1953, 1975; Truitt y Brönnimann, 1955, 1956; Hatten y Meyerhoff, 1956; Hatten, 1957; Rigassi-Studer, 1963; Psczółkowski *et al.*, 1975; Piotrowska, 1978, 1987; Psczółkowski, 1994; y otros.

³⁰ El nombre correcto de la unidad de categoría de grupo, que reúne las formaciones de edad principalmente cretácicas es "Grupo La Sierrita". Denominadas "Grupo Crucecitas" por Álvarez-Sánchez (en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986), el nombre fue rectificado a Grupo La Sierrita por Millán y Álvarez-Sánchez (1992, inédito). Ver Franco Álvarez *et al.* 1992. (Nota de los Autores).

Cúpula de Trinidad, donde primero fue definida y delimitada bajo el nombre de Nappe La Sierrita (Unidad B de la Figura 6), donde se ha estudiado con gran detalle (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992; Despaigne, 2009) y donde yace cabalgado por el Nappe Monforte (Millán y Álvarez-Sánchez, *ibid.*), metamorizado en facies eclogítica (Unidad A de la Figura 6).

El Manto Banao es un equivalente ajustado del Manto La Sierrita. Los detalles de estratigrafía se encuentran mejor aclarados en la región de La Sabina, al Sur de Crucecitas, en excelentes cortes típicos donde las formaciones del Grupo San Juan cabalgan a las formaciones del Grupo La Sierrita a lo largo de varios kilómetros (Figura 13). Vistas las características del Manto Banao: composición de su corte fundamental y su posición en la columna de nappes; podemos decir que se trata de una misma unidad y las nomenclaturas correspondientes deben unificarse en un trabajo futuro.

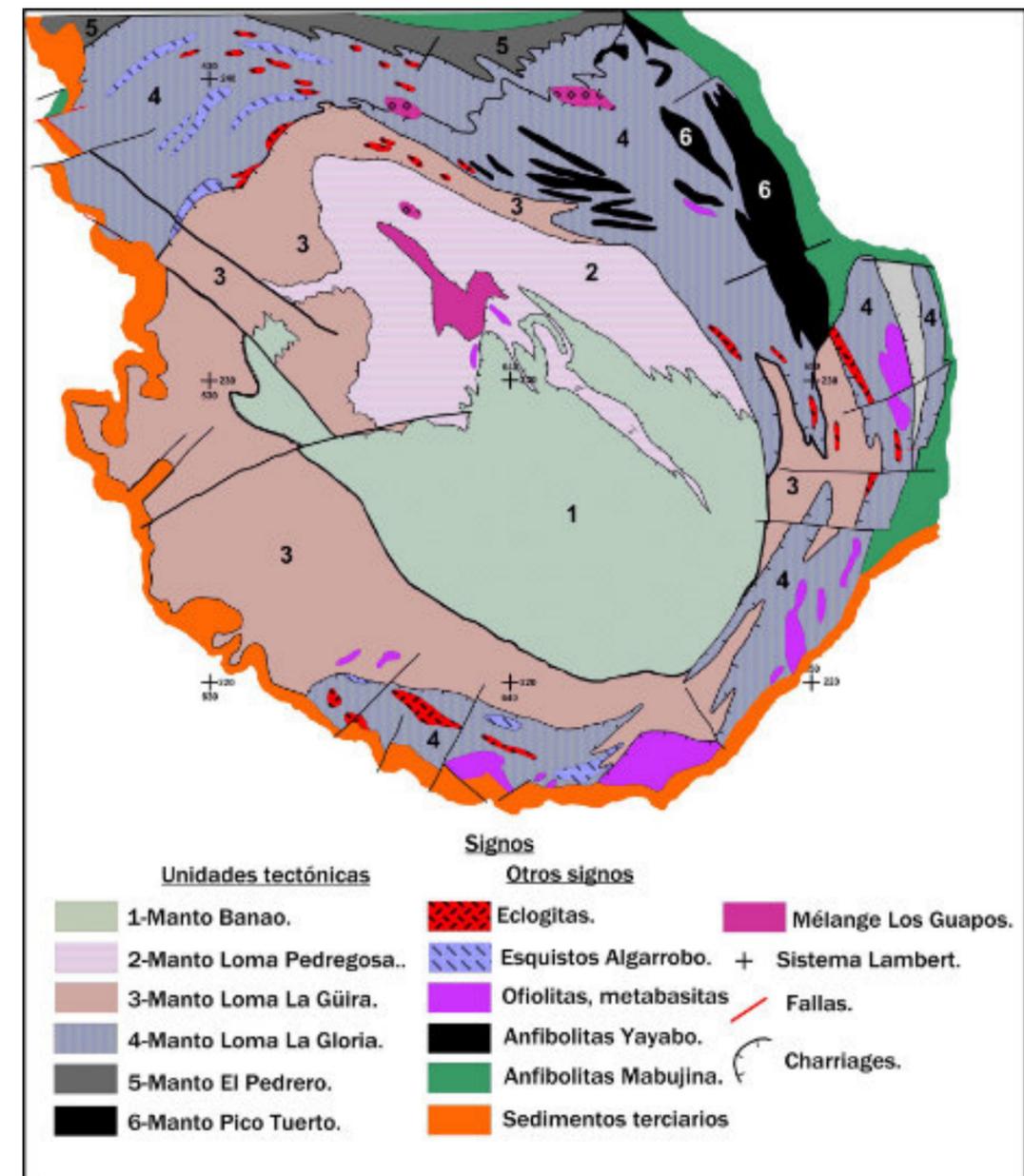


Figura.12. Esquema de la división en mantos tectónicos de la Cúpula de Sancti Spiritus (580 km²), más oriental del Macizo Metamórfico del Escambray. Esquema basado en el Mapa Geológico Oficial 1:100,000 del Instituto de Geología y Paleontología del Ministerio de Energía y Minas de la República de Cuba. (Explicaciones en el texto).

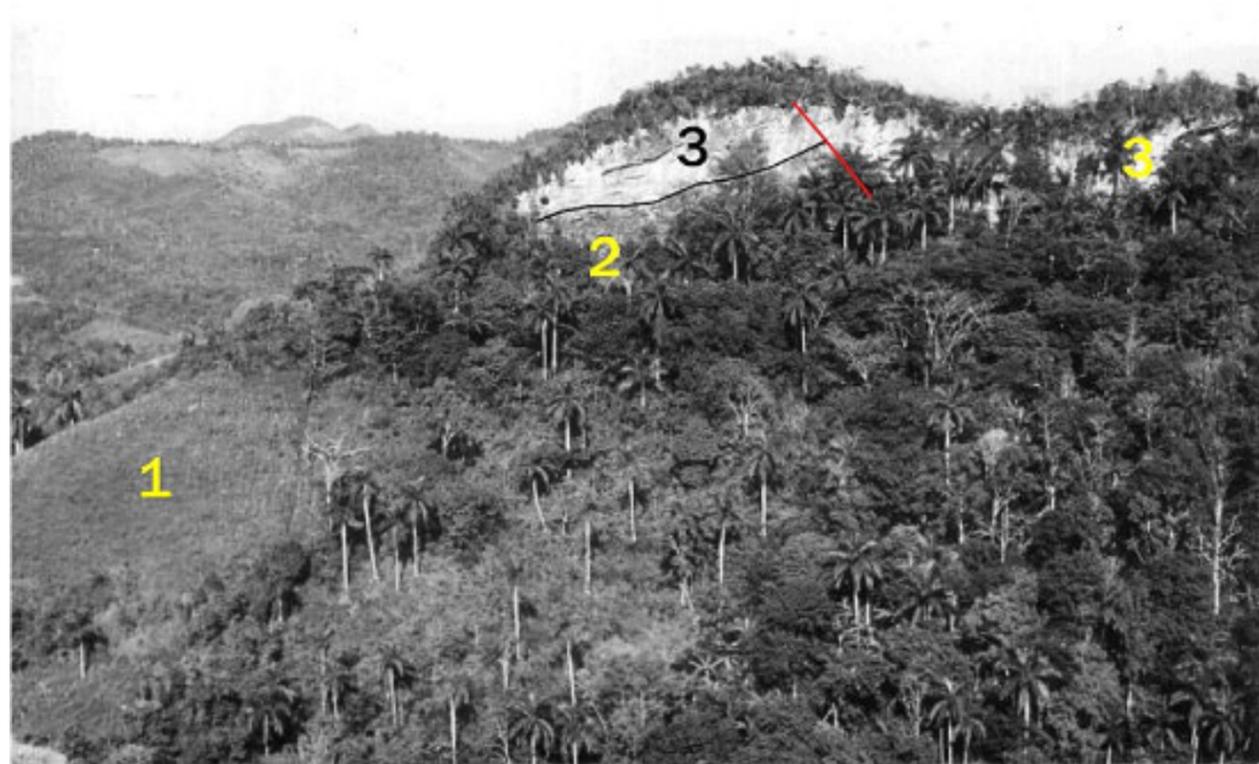


Figura.13. Corte invertido en la Región de La Sabina. Mantos calcáreos del Grupo San Juan, sobrecorren un complejo de formaciones pertenecientes al Grupo La Sierrita: 1-Formación La Sabina. 2-Formación Loma Quivián. 3-Formación Collantes. (Foto: Humberto Álvarez-Sánchez; 1981).

La complejidad tectónica que pueden alcanzar las secciones de las rocas plásticas del Grupo La Sierrita en el substrato cabalgado por las rígidas placas de los mármoles, se reflejan en la Figura 14, para ilustración del lector.

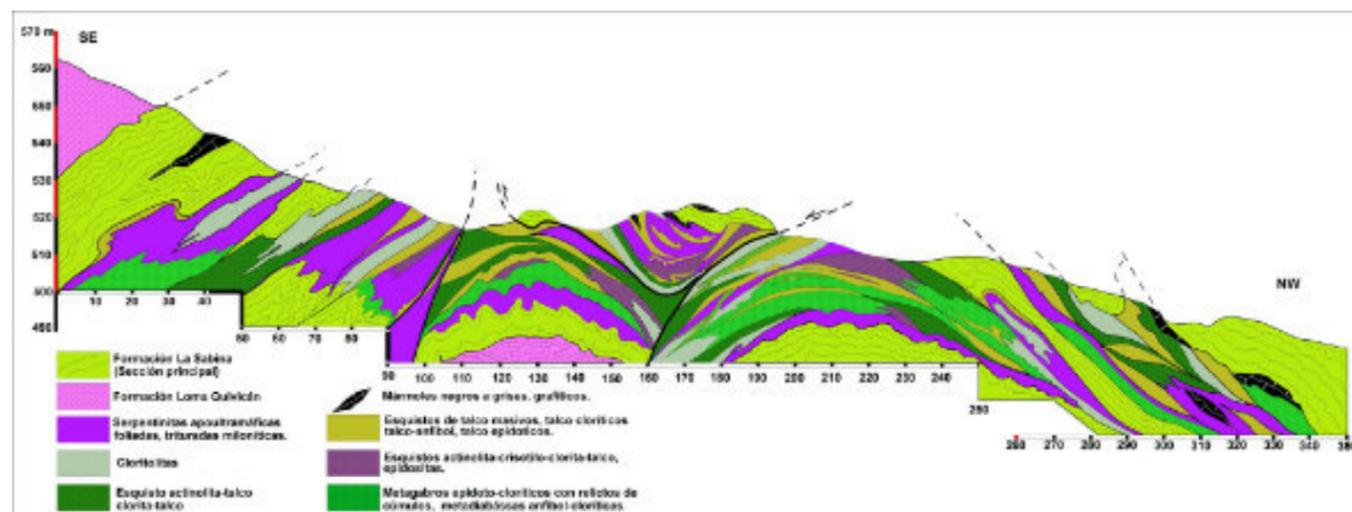


Figura.14. Perfil geológico de las formaciones cabalgadas bajo los mármoles de la Figura 13, en la región de La Sabina. Cúpula de Trinidad. Sección por perforaciones y excavaciones mineras. El complejo de rocas verdes pertenece al Litodema Los Torres de la Formación La Sabina (según Álvarez-Sánchez, 1981), con aspecto de un mélange de escamas, producto de la ruptura de un complejo ofiolítico coherente y las silicitas superiores.

Manto Loma Pedregosa.

Esta unidad está integrada por las Formaciones La Chispa (metasiliciclástica), con su Miembro Felicidad (metavulcanógeno) muy desarrollado. Varios cuerpos de los mármoles San Juan y de la Formación Cobrito muy plegados, en algunas figuras de interferencia, yacen en aparente posición normal sobre los metaterrígenos. En la parte central de la unidad se expone un extenso cuerpo de mélange serpentinitico (Mélange Los Guapos; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986) asociado con algunos cuerpos de serpentinitas y metabasitas. Este cuerpo de mélange parece flotar sobre la Formación La Chispa. Pero no está claro si se trata de una ventana abierta sobre una unidad inferior o, al contrario, restos del Manto Lomas de La Gloria.

El manto Loma Pedregosa cabalga al Manto Banao y se encuentra plegado en conjunto con este en formas muy complicadas. Localmente las rocas de ambas unidades aparecen entrelazadas, en la posición alternativa superior o inferior, en estrechas corridas en forma de estructuras cortantes o pliegues de charnelas sumamente estrechas. Esta unidad es muy semejante a las expuestas en la parte central de la Cúpula de Trinidad, o es prácticamente la misma.

Manto Loma La Güira.

Esta unidad se compone en casi la totalidad de su volumen por la Formación Cobrito (del Grupo San Juan) y ocupa vastas áreas al SW de la cúpula. Por largas distancias en esta unidad se observan cortes monótonos de los esquistos calcáreos con lechos de mármoles, metasilicitas y esquistos verdes metatufáceos subordinados. Dispersos en su interior se destacan aislados y relativamente pequeños cuerpos de eclogitas, esquistos verdes metavulcanógenos (metalavas básicas), serpentinitas. Se destacan escamas de la Formación La Chispa en grupos aislados, plegados conjuntamente con los esquistos calcáreos. Se trata de un cuerpo muy potente, fuertemente deformado, que cabalga a los Mantos Banao y Loma Pedregosa.

Manto Lomas de la Gloria.

La unidad está integrada por la Formación Loma La Gloria con abundantes cuerpos de eclogitas, serpentinitas y metabasitas. Es la única que contiene los mayores cuerpos de los Esquistos Algarrobo; rocas poliminerale de origen dudoso. Los cuerpos de rocas cristalinas eclogíticas y ofiolitas serpentinizadas son los mayores en dimensiones en todas las unidades. En algunos casos la matriz metaterrígena de la unidad encierra cuerpos pequeños de esquistos calcáreos de tipo Cobrito, eclogitas y esquistos verdes, que forman mezclas trituradas estrechamente plegadas. La unidad en la parte Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus se divide en dos escamas separadas por una superficie ocupada por un mélange de matriz antigorítica con clastos de esquistos glaucofánicos y otras metamorfitas de alta presión. Esta parte de la unidad contiene varios cuerpos de metabasitas interpretadas como Anfibolitas Yayabo, conjuntamente plegadas en formas complejas con la Formación Loma La Gloria. La Unidad cabalga a los Mantos Banao; Loma Pedregosa y Loma La Güira.

Este manto tectónico fue caracterizado por Stanik *et al.* (1981) como un mélange como caso de la primera vez³¹ que fue interpretado de este modo.

Por su corte estratigráfico, sus complejidades internas y su grado metamórfico que alcanza la facies eclogítica, podría considerarse el manto tectónico más alto en la sección de nappes. Corresponde con el Manto Monforte de la Cúpula de Trinidad (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992), elementos que requieren ser unificados en el próximo futuro.

³¹ El concepto de que unidades del manto tectónico superior en el Escambray estén conformadas por un mélange de escamas tectónicas, pertenece prioritariamente a Stanik (Stanik et al. 1981) y sus asociados. Este concepto se ha expresado en época muy posterior en publicaciones que no han mencionado esta significativa circunstancia, a pesar de las referencias correspondientes al informe Escambray I (véase p. e. Stanek et al., 2006). (Nota de los Autores).

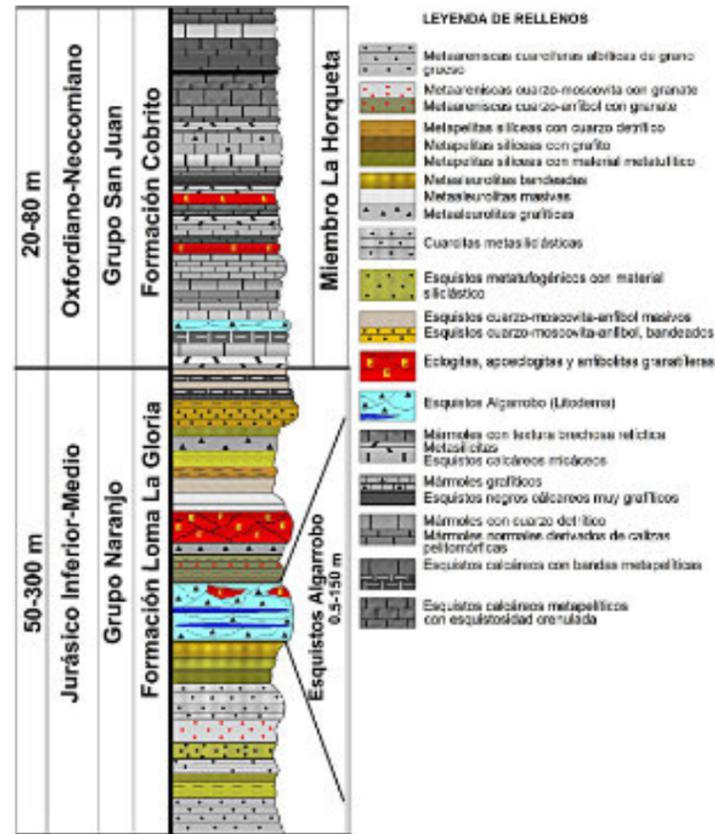


Figura.15. Columna estratigráfica generalizada de los Mantos Monforte (Cúpula de Trinidad) y Lomas de La Gloria, en la región Norte de la Cúpula de Sancti Spiritus (según Álvarez-Sánchez, en preparación).

Manto El Pedrero.

La Unidad Manto El Pedrero corresponde con la Unidad 4 de "Orden Superior" de Millán (1997a). Se compone de la Formación La Chispa (Formación Herradura, según Millán, op cit.) y la Formación Cobrito (Formación Boquerones, según Millán, ibid.), con intercalaciones de metabasitas. De acuerdo a los datos de Millán en el trabajo citado, el Manto El Pedrero también contiene cortes de las formaciones del Grupo La Sierrita (Formaciones Los Cedros y La Sabina) Esta unidad se supone cabalga al Manto Lomas de La Gloria mediante un contacto bastante abrupto con buzamiento general al Norte y en esa misma dirección contacta tectónicamente con el Complejo Anfibolítico de Mabujina por la falla perimetral del Escambray. La posición de este nappe, sobre Lomas de La Gloria, con un grado metamórfico relativamente menor, aunque también de alta presión, plantea varios interrogantes sobre la posición respectiva de los mantos y varias interpretaciones son admisibles en la actualidad. Entre ellas la transposición de los nappes por diverticulación (Lugeon, 1943) tectónica e, incluso, tectónica gravitacional durante el proceso de emersión de las cúpulas.

Manto Pico Tuerto.

Esta unidad está formada por el litodema Anfibolitas Yayabo (Formación Yayabo de Millán y Somin, 1981) en exclusiva. Sobre las Anfibolitas Yayabo (Figura 16) se concentran numerosas dudas respecto a su origen y relaciones con el Escambray. Es así que, la composición petrográfica, edad y posición de estas anfibolitas respecto a las unidades de la sección estratigráfica del Escambray, plantean un conjunto de problemas pendientes de solución en la estratigrafía regional.

Según Millán y Somin (1985ab), las evidencias de campo indican una relación primaria de estas metabasitas básicas con las formaciones metaterrígenas de la base, principalmente con la Formación Loma La Gloria (J_1 a J_3^{Oxf}) y, en

parte, con secciones calcáreas de la Formación Cobrito (J_3^{Oxf} a K_1) y se describen intercalaciones de anfibolitas interpretadas como extensiones estratigráficas, bastante comunes en la proximidad de su cuerpo principal.

En la Cúpula de Sancti Spiritus aflora el cuerpo principal, alargado sobre unos 10 kilómetros por su eje largo, extendido en dirección NNW, con un ancho de 2 km Otros cuerpos mucho más pequeños se encuentran hacia el interior de la cúpula en forma de charnelas de pliegues apretados conjuntamente con los metaterrígenos (Figura 17). Las superficies originales se encuentran obliteradas por el metamorfismo y el plegamiento multifásico y al presente se observan tanto contactos parietales como fallas abruptas, situación que admite muchas interpretaciones.

Lo cierto es que el grado metamórfico de alta presión es común en las dos unidades con las cuales se relaciona y que el estilo de las deformaciones es compartido por ellas. Millán y Somin (op cit.), creen que Yayabo es una unidad independiente conectada con las formaciones de la base del corte durante una tectónica premetamórfica. Tampoco descartaron las relaciones primarias de Yayabo con Loma La Gloria y Cobrito, al suponer que Yayabo es un testigo de un magmatismo sincrónico, activo durante la deposición de ambas Formaciones. Opinión similar también sostenida por Stanik *et al.* (1981) que consideró la posibilidad de que fueran metavulcanitas antiguas pertenecientes a la Formación Sopapo³². Los autores concuerdan con esta interpretación.



Figura.16. Anfibolitas bandeadas en el curso del Río Yayabo, en la Cúpula de Sancti Spiritus. (Foto Luís. Bernal. Inst. de Geología y Paleontología).

El espesor de estas anfibolitas es desconocido y no se dispone de cifra alguna ni siquiera aproximada. Como mínimo es de centenares de metros; más de 300 m según perforación estructural que se abandonó dentro de las anfibolitas (Pozo PE-3, Expedición Escambray I).

³² Estas rocas están en la zona del metamorfismo elevado frecuentemente en las cercanías de las rocas extrañas. Por esto es difícil agregarlas a la nueva concepción estratigráfica de la Zona Trinidad. Por su constitución recuerdan a la f. Yaguanabo J_3 (?) - K_1 (?) pero no está excluido que sean rocas metavolcánicas de composición básica de la f. Sopapo J_1 (?) J_3 , lo que significaría que serían en este caso las metavulcanitas más viejas (ubicadas estratigráficamente) con una posición comparable, en edad, con el magmatismo de la f. Cangre... (sic.) Stanik et al. (1981).

Comentarios finales.

Ya que hemos incursionado en temas, que es probable que induzcan una polémica; consideramos necesario dejar establecidas ciertas premisas sustentadas en este trabajo, al menos en lo fundamental y los motivos de ciertas observaciones:

-El origen, perfil profesional, conocimiento previo de la geología cubana y métodos empleados para extraer datos y formular conclusiones, por parte de los investigadores; no son factores sin importancia en la producción científica de este territorio. En el Escambray han trabajado geólogos de 10 nacionalidades, además de varias instituciones diferentes. Creer que esta particularidad, que llamamos "posturas, perfiles profesionales y escuelas de pensamiento" no influye en los resultados no sería una conclusión acertada-

-Cuando se estudia a profundidad la literatura publicada y los fondos informativos del Escambray, es que se puede notar lo impropio del tratamiento de la nomenclatura estratigráfica: Unidades formalizadas sin estratotipos, sin descripciones estructuradas, cambios injustificados o al menos infundamentados en el ambiente de su desarrollo; ausencia de correlaciones y otras faltas tediosas de relacionar. La nomenclatura estratigráfica es una de las ramas más **legalistas** de la geología, de modo que es casi la única que cuenta con códigos de procedimiento con decenios de esfuerzos de afinación internacional; que pueden considerarse por algunos como poco agradables de observar-

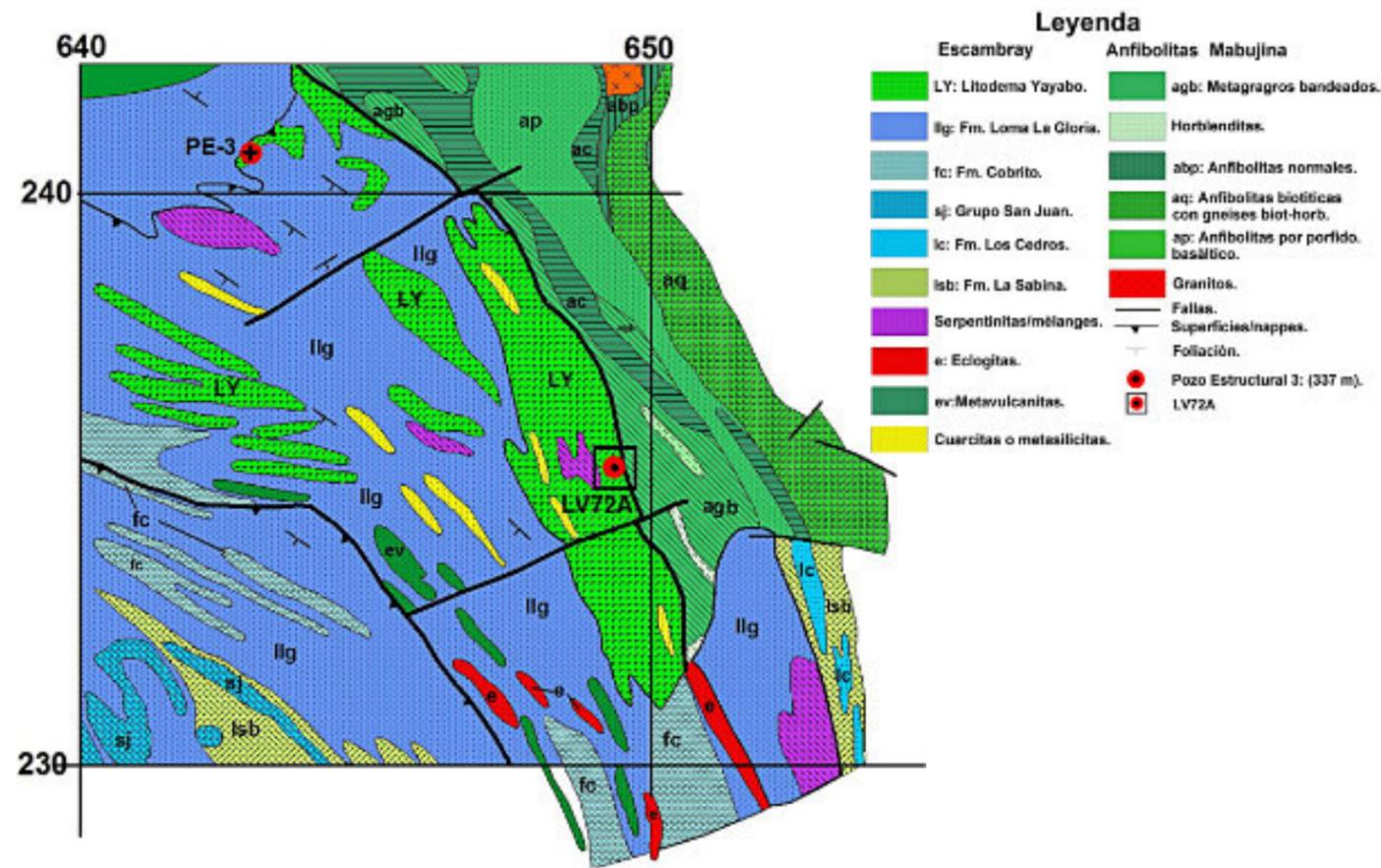


Figura.17. Fragmento del Mapa Geológico a escala 1:100,000 de la parte oriental de la Cúpula de Sancti Spiritus con la situación del pozo estructural (PE-3) de la Expedición Escambray I (Stanik *et al.* 1981). yg: Yayabo. lg: Loma La Gloria. (Esquema de Luís. Bernal).

-El problema que llamamos "estratigrafía y metamorfismo" gana en su comprensión si comparamos Escambray con el Complejo Anfibolítico Mabujina, en el contacto perimetral. Dos campañas de cartografía crearon un detallado

mapa geológico de Mabujina (Mlcoch en Stanik *et al.* 1981 y en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.* 1986) sin ser posible allí una litoestratigrafía de formaciones a causa del tipo de corte magmático y condiciones del metamorfismo. De modo que fue necesario delimitar suites y litodemas y sucesiones temporales basadas en edad absoluta, para convertir este mapa en algo más que un ejercicio de geometría descriptiva. Las condiciones del Escambray fueron sustancialmente diferentes-

-La dependencia existente entre estratigrafía rigurosa y construcción detallada de la columna de mantos tectónicos en esta región la consideramos una condición de principio. Los mantos tectónicos Escambray se componen esencialmente de formaciones litoestratigráficas (secciones estratigráfico-faciales). De hecho un buen conocimiento de la geología de la Cordillera de Guaniguanico enseña una gran equivalencia de ambos dominios. No haber estado al tanto de esta importante realidad, o no aprovecharse de ella, causó muchas confusiones, pérdidas de tiempo, de recursos y no pocos errores-

-La definición de mantos en el macizo metamórfico Escambray, siempre debió considerarse una tarea de gran dificultad, mucho más exigente que la tarea equivalente en su macizo de referencia en Cuba occidental. Las formaciones de rocas son la "**cosa ontológica**". El metamorfismo y la deformación, es lo que le ocurrió a la "**cosa**". Las deformaciones tectónicas, su estudio y clasificación y los procesos de transformación metamórfica, atestiguados por parámetros petrológicos, muestran una sucesión de acontecimientos. Algunos de estos procesos quizá ocurrieron de forma simultánea ¿y por las mismas causas? Pero es posible también "*post hoc ergo propter hoc*".

-En consecuencia, un manto tectónico es una "**unidad de materia**"; **no es una "unidad de propiedades"**. Las propiedades son cantidades medibles que complementan el conocimiento de la historia geológica de la unidad material de que trate. Presión y temperatura, sugieren un tipo de metamorfismo que puede informar del contexto geotectónico. Las deformaciones de pliegue, penetrativas, etc., proporcionan conceptos sobre las fuerzas aplicadas. La cronología, pone a disposición del investigador los datos para establecer el marco temporal de todo lo ocurrido. Por más que cada uno de ellos pueda contener información para relatar la historia completa, eso no cambia su naturaleza esencial-

Agradecimientos.

Los autores expresan su sincero agradecimiento a diferentes colegas anónimos. Al Dr. Claudio Bartolini, de Repsol Houston, por el tiempo dedicado a la lectura del manuscrito y las valiosas observaciones con que nos hemos beneficiado.

Referencias.

Álvarez-Castro, J., García, R., Segura, R., Valladares, S., 1998, Historia geológica del desarrollo de las rocas del margen continental del Dominio Las Villas basada en la evolución sedimentaria de la paleocuenca. *Geol. y Miner.* 98. Vol. I. La Habana. pp. 20-23.

Álvarez-Sánchez, H. F. y Zamashicov, V, 1981, Sobre la búsqueda orientativa y detallada de talco en el sector de La Sabina. Cúpula occidental del macizo metamórfico de Guamuahaya. 65 pags. *Empresa de Geología de Santa Clara (inédito).*

Álvarez-Sánchez, H., (en preparación), Estratigrafía del macizo metamórfico Escambray.

Blanco, J. y Proenza, J., 1994, Terrenos tectonoestratigráficos en Cuba oriental. *Minería y Geología*, Vol. 3. pp.

Blanco Moreno, J. y Proenza Fernández, J., 2000, Sistematización tectonoestratigráfica de Cuba centro oriental. *Revista Minería y Geología* Vol. XVII, No. 1.

Bolotin Y., 1970, Yacimientos de minerales sulfurosos de la serie metamórfica Escambray en la parte noroeste del macizo montañoso del mismo nombre. *Revista Tecnológica.* Vol.8 No.2. 35-48 p.

Boitteau, A., y Michard, A., 1974, Donnes nouvelles sur le socle metamorphique de Cuba. Problemes d'aplication de la tectonique del plaques. *Memoir VII Caribbean Geological Conference, Guadalupe.*

Cáceres Govea, D. y Cruz Gamez, E. M., 2009, Similitud y diferencias entre las unidades Pino Solo, Mestanza, Cerro de Cabras y el manto Alturas de Pizarras del Sur. Clave para el desciframiento metamórfico. *Geociencias 2009. Memorias. III Convención cubana de Ciencias de la Tierra.*

Cobiella-Reguera, J. L., 2005, Emplacement of Cuban Ophiolites. *Geologica Acta, Vol.3, Nº3, 2005, 273-294.*

Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica. 2010. Código Estratigráfico Norteamericano. *Universidad Nacional Autónoma de México. Boletín 117.*

Cobiella-Reguera, J. L. y Olóriz, F., 2009, Oxfordian–Berriasian stratigraphy of the North American paleomargin in western Cuba: Constraints for the geological history of the proto-Caribbean and the early Gulf of Mexico. *In C. Bartolini and J. R. Román Ramos, eds., Petroleum systems in the southern Gulf of Mexico. AAPG Memoir 90, p. 421–451.*

Despaigne Díaz, A. I., 2009, Estructura y metamorfismo del área La Sierrita, Macizo Escambray, Cuba Central. *Tesis de grado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". pp. 192. Pinar del Río. Cuba.*

Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H.; Mlcoch, B.; Mañour, J.; Lledíaz, P.; Molak, B., Vázquez, C.; Snopkova, P.; De los Santos, E., Soucek, J.; Pérez, M.; Mihailova, A.; Bernal, I.; Zoubek, J.; Ordoñez, M.; Soucek, J.; Morousek, J.; Svetska, J.; Marshall, W.; Pérez-Conde, R.; González, E.; Rodríguez, R.; 1986, Informe Final del levantamiento geológico y evaluación de los minerales útiles en escala 1:50,000 del Polígono CAME-I, Zona Centro. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 1,402 Págs. 250 mapas. (Inédito).*

Ducloz, Ch et Vuagnat, M., 1962, À propos de l'âge des serpentinites de Cuba. *Archives des Sciences. Soc. Phys. et d' Histoire Naturelle. Gèneve Vol. 15, Fasc. 2. 309-332.*

Franco-Álvarez, G. L., Acevedo-González, M., Álvarez-Sánchez, H., Artime-Peñeñori, C., Barrientos-Duarte, A., Blanco-Bustamante, S., Cabrera, M., Cabrera, R., Carassou-Agragan, G., Cobiella-Reguera, J. L., Coutin-Lambert, R., Albear, J.F. de, de Huelbes, J., Torre y Callejas, A. de la, Delgado-Damas, R., Díaz de Villalvilla, L., Díaz-Otero, C., Dilla-Alfonso, M., Echevarría-Hernández, B., Fernández-Carmona, J., Fernández-Rodríguez, G., Flores, R., Flores-Abín, E., Fonseca, E., Furrázola-Bermúdez, G., García-Delgado, D., Gil-González, S., González-García, R. A., Gutiérrez-Domech, R., Linares-Cala, E., Milián-García, E., Millán-Trujillo, G., Moncada-Ferrera, M., Montero-Zamora, L., Orbera, L., Ortega-Sastriques, F., Peñalver, L. L., Perera, C., Pérez-Arias, J. R., Pérez-Lazo, J., Pérez-Rodríguez, E., Pifheiro-Pérez, E., Recio-Herrera, A. M., Sánchez-Arango, J. R., Saunders-Pérez, E., Segura-Soto, R., Triff-Oquendo, J., Zuazo-Alonso, A., Psczółkowski, A., Brezsnýánszky, K., Slavov, I., y Myczyński, R., 1992, Léxico Estratigráfico de Cuba. *Centro Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 p. (Primera versión). (Inédito).*

Grafe, F., Stanek, K. P., Baumann, A., Maresch, W. V., Hames, W. E., Grevel, C. and Millan, G., 2001, Rb-Sr and ⁴⁰Ar/³⁹Ar Mineral Ages of Granitoid Intrusives in the Mabujina Unit, Central Cuba: Thermal Exhumation History of the Escambray Massif. *The Journal of Geology, Vol. 109, No. 5 (September 2001), pp. 615-631.*

García-Casco, A., Torres-Roldan, R. L., Iturralde-Vinent, M. A., Millan, G., Nuñez Cambra, K., Lazaro, C., and Rodriguez Vega, A., 2006, High pressure metamorphism of ophiolites in Cuba. *Geologica Acta, Vol.4, Nº1-2, 2006, 63-88.*

Grevel, C., 2000, Druck-und Temperaturentwicklung der metamorphen Deckeneinheiten des Escambray Massives, Kuba (Pressure and temperature history of the metamorphic nappes of the Escambray Massif, Cuba). *Unpublished Dr. rer. nat. Thesis, Ruhr-Universita't Bochum, Germany.*

Grevel, C., Maresch, W. V., Stanek, K. P., Grafe, F. and Hoernes, S., 2006, Petrology and geodynamic significance of deerite-bearing metaquartzites from the Escambray Massif, Cuba. *Mineralogical Magazine, October 2006, Vol. 70 (5), pp. 545–564.*

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

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.*

Hattori, K. and Guillot, S., 2007, Geochemical character of serpentinites associated with high- to ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Alps, Cuba, and the Himalayas: Recycling of elements in subduction zones. *Geophysics, Geosystems. Volume 8 Number 9.*

Hill, Patrick. A., 1959, Geology and structure of the north-west Trinidad Mountains, Las Villas Province, Cuba. *Geol. Soc. Amer. Bull., v. 70, p. 1459-1478. Baltimore*

Iturralde-Vinent, M., 1994, Cuban Geology: A New Plate Tectonic Synthesis. *Jour. of Petrol. Geol. 17 (1), pp.39-70.*

Iturralde-Vinent, M. A., 1994, Introduction to Cuban geology and tectonics. *En M. A. Iturralde-Vinent, editor. Ophiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba. IUGS/UNESCO. Project 364. Special Contribution Nº.1: Págs. 3-35.*

Khudoley, K. M. and Meyerhoff, A. A., 1971, Paleogeography and geological history of Greater Antilles. *Geol. Soc. Am. Mem. 129, 1-199.*

Lugeon, M., 1943, Une Nouvelle Hypothese tectonique: l'diverticulation. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, Nº 62. pags 301-303.*

Maresch; W. V., Grevel, C., Stanek, K. P., Schertl, H. P. and Carpenter, M., 2012, Multiple growth mechanisms of jadeite in Cuban metabasite. *Eur. J. Mineral. 2012, 24, 217–235.*

Maximov. A., Grachev, G., Sosa, R., 1968, Geología y minerales útiles de las pendientes nor-occidentales del sistema montañoso Escambray. (inédito) Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 188 pags. 16 Anexos.

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

Millán Trujillo, G., 1973, Los dos complejos litológicos existentes en las metamorfitas del Escambray. *Provincia de Las Villas. Actas No. 3. Inst. de Geol. y Paleont. pp. 39-50.*

Millán, G.; Somin, M. L., 1976, Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas. *Serie geológica Nº 27. pag. 1-21. Acad. de Cienc. de Cuba. La Habana.*

Millán, G., 1978, Tectónica y metamorfismo de las secuencias mesozoicas de las montañas del Escambray, Cuba. *Tesis del Instituto de Física de la Tierra. Moscú. 134 pp. (en ruso).*

Millán, G. y Myczynski, R., 1979, 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, H., 1992, Geología del sector de La Sierrita. Cúpula de Trinidad. Macizo Metamórfico Escambray. *Inst. de Geol. y Paleont. La Habana y Empresa de Geología de Santa Clara. Cuba (Informe inédito).*

Millán, G., 1992, Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas. *13 Conf. Geol. del Caribe; 1992. P. del Río. Cuba.*

Millán, G., 1996, Metamorfitas de la asociación ofiolítica de Cuba. *En Iturralde-Vinent, M. A., editor. Ophiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba. Project 364. Caribbean Ophiolites and Volcanics Arcs. Special Contribution Nº.1: 131-146.*

Millán, G., 1997a, Geología del Macizo Metamórfico Escambray. *En G. Furrázola-Bermúdez y K. E. Nuñez Cambra (edits.): Estudios sobre geología de Cuba. Inst. de Geol. y Paleont. Centro Nacional de Información Geológica. La Habana. Pags. 271-289.*

Millán, G., 1997b, Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas. *En G. Furrázola-Bermúdez y Nuñez Cambra. Estudios sobre la Geología de Cuba. Centro Nacional de Información Geológica. La Habana. Pags. 251-258.*

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

Pardo, G., 1953, Geologic exploration. *Cuban Gulf Oil Company. CNFG. La Habana. (ined.)*

Pardo, G., 1975, Geology of Cuba. *In The Ocean basins and margins, Vol. 3: Caribbean and Gulf of Mexico, p. 553-613. Plenum Press. New York.*

Pardo, M., Bello, V., Amador, H., Taba, S., Sousin, O., Matamoros, I., Moya de, I., 1989, Interpretación de los datos geofísicos con fines de la cartografía geólogo-estructural de la Republica de Cuba. *Transact. of the 12th Caribbean Geol. Conference. En David K. Larue y Grenville Draper, editores.*

Piotrowska, K., 1972, La tectónica de la Sierra de Los Órganos en el área comprendida entre las localidades de El Cangre, Santo Tomás, Santa Lucía, Baja y San Juan y Martínez. *Actas No. 2, pag. 35-38.*

- Piotrowska, K.**, 1978, Nappe Structure in the Sierra de Los Órganos, western Cuba. *Acta Geol. Polonica*, vol. 28, No 1. p 97-170.
- 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.
- Piotrowski, J.**, 1977, First manifestations of volcanism in the Cuban geosyncline. *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences, Serie de Sciences des la Terre*, 24 (3-4): 227-234.
- Piotrowski, J.**, 1987, Primeras manifestaciones de vulcanismo en el geosinclinal cubano. Versión en Español: En: *Pszczółkowski, A., (Ed. cient.). 1987, Contribución a la geología de la provincia Pinar del Río*. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de la Habana, pp. 163-169.
- 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. N^o. 1. 96 pags. 32 figs. 6 pls.).
- 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. pags. 31-35.
- Pszczółkowski, A.**, 1994, Geological cross-sections through the Sierra del Rosario thrust belt, western Cuba. *Studia Geologica Polonica: Geology of Western Cuba*, 105: 67-90.
- Quintas, F.**, 1992, Las asociaciones estructuro formacionales y la prospección geológica. *Minería y Geología* 3 (3), pp. 57-59.
- Quintas, F. y Blanco, J.**, 1993, Paleogeografía de la cuenca de San Luís y su importancia para la interpretación de la evolución geológica de Cuba oriental. *Minería y Geología* 10 (3), pp. 3-14.
- Rigassi-Studer, D.**, 1963, Sur la géologie de la Sierra de Los Organos, Cuba. *Extrait des Archíves des Sciences, Geneve*, vol 16, fasc 2. pp 339-350, 11 fig., 1 tbl.
- Schneider, J., Bosch, D., Monié, P., Guillot, S., Lardeaux, J-M., García-Casco, A., Torres-Roldán, R. L., Millán Trujillo, G.**, 2004 , HP/LT Rocks Exhumed During Intra-Oceanic Subduction: The Example of the Escambray Massif (Central Cuba). *Journal of Metamorphic Geology* 22 (2004) 227-247.
- Sommer, M.**, 2009, Late Cretaceous to Miocene tectonic reconstruction of the northwestern Caribbean- regional analysis of Cuban geology. *These rerum naturalium. Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald*. 125 p.
- Somin, M. L., Millán, G.**, 1981, Geología de los complejos metamórficos de Cuba (Geologia metamorfisheskich kompleksov, Kuby). *Isdatelstvo Nauka, Moscú*, 219 pp (en ruso).
- Somin, M. L., Arakelians, M. M., Kolesnikov, E. M.**, 1992, Age and tectonic significance of high-pressure metamorphic rocks of Cuba. *International Geology Review*, 34, No. 2, pp. 105-118.
- Somin, M. L., Mattinson, J. M., Rodionov, N. V., Berezhnaya, N.G., Kröner, A., Konilov, A. N., & Sergeev, S. A.**, 2005, The Arroyo Charcon, an unusual eclogite from the Escambray massif, Cuba: Petrology and zirconology. *Mitt. Österr. Miner. Ges.* 150 (2005).
- Stanek, K. P., Maresch, W. V., Grafe, F., Grevel, Ch. and Baumann, A.**, 2006, Structure, tectonic and metamorphic development of the Sancti Spiritus Dome (eastern Escambray massif, Central Cuba). *Geologica Acta*, Vol. 4, N^o 1-2, 2006, 151-170.
- Stanik, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Schovanik, P., Valecka, J., Koverdysnsky, B., Mlcoch, B., Zoubek. J., Vazquez, C., Mañour, J., Vyjidak, B., Holak, J., Prochazka, J., Eisenreich, M.**, 1981, Informe del levantamiento geológico, geoquímico y trabajos geofísicos, realizados en la parte Sur de Cuba Central, en las Provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus y Villa Clara. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. 555 pags. (Inédito)*.
- Thiadens, A. A.**, 1937, Geology of the southern part of the province Santa Clara (Las Villas) Cuba. *Geog. Geol. Mededeelingen, Phys. Geol. Reeks, N^o 12, Min. geol. Inst. Rijksuniv; pp.1-69. Utrecht*.
- Tolkunov, A. E., Bolotin, I. A., Cabrera, R., Maximov, A. A., Zarianov, D. P.**, 1974, Regularidades de la distribución y condiciones de formación de los yacimientos tipo "Lentes piritosas" en el anticlinorio de Trinidad. En: *Geología de los yacimientos minerales útiles de Cuba. Publicación Especial Número 3, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana*.

- 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)*.
- Vermunt L. W. J.**, 1937, Geology of the Province of Pinar del Río, Cuba. *Geogr. Geol. Mededeel, Utrecht, Phys. Geol. Reeks No. 13 pp 1-60, 3 lam. 2 map.*



Ing. Humberto Álvarez Sánchez. Más de 5 décadas dedicadas a la geología de Cuba occidental y central. Cartógrafo en los macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central y editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II. Autor/coautor de 23 unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico. Es el descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de Operaciones de Geotec, S.A.; dirigió exploraciones de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá y Perú para Juniors canadienses. Country Manager de Big Pony Gold de Utah y Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró prospectos de oro en el basamento cristalino de Uruguay y en los Estados de Santa Catarina y Mato

Grosso del Norte. El Ministro de Comercio e Industrias lo nombró Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá. El Banco Interamericano de Desarrollo le encargó de redactar el Proyecto de Geología y Minería y parte de su Misión Especial para su entrega al Gobierno panameño. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del BGS en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia edu, se encuentran 22 artículos suyos.

geodoxo@gmail.com



Luís Ramón Bernal Rodríguez, es ingeniero geólogo con más de 35 años dedicados a la actividad, en el campo de la geología regional y cartografía de la geología de la región central de Cuba. Es autor y coautor de varios de los informes finales de levantamientos regionales y jefe de proyectos. Participó en la generalización del mapa geológico 1:100,000 de la República de Cuba. Ha dedicado muchos años al estudio de los sitios característicos de la geología del país en el marco del proyecto del inventario de los estratotipos de las unidades litoestratigráficas. Es autor de la Instrucción Metodológica para el Mapa Geológico de Cuba 1:50,000 en preparación por el Instituto de Geología y Paleontología del Servicio Geológico de Cuba. Autor del Código Cubano de Estratigrafía y Miembro de la Comisión para la revisión de la traducción al español del Código Estratigráfico Norteamericano. En la actualidad es el director del proyecto Actualización y Completamiento del Léxico Estratigráfico de Cuba, de cuya Comisión Nacional es su secretario.

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.

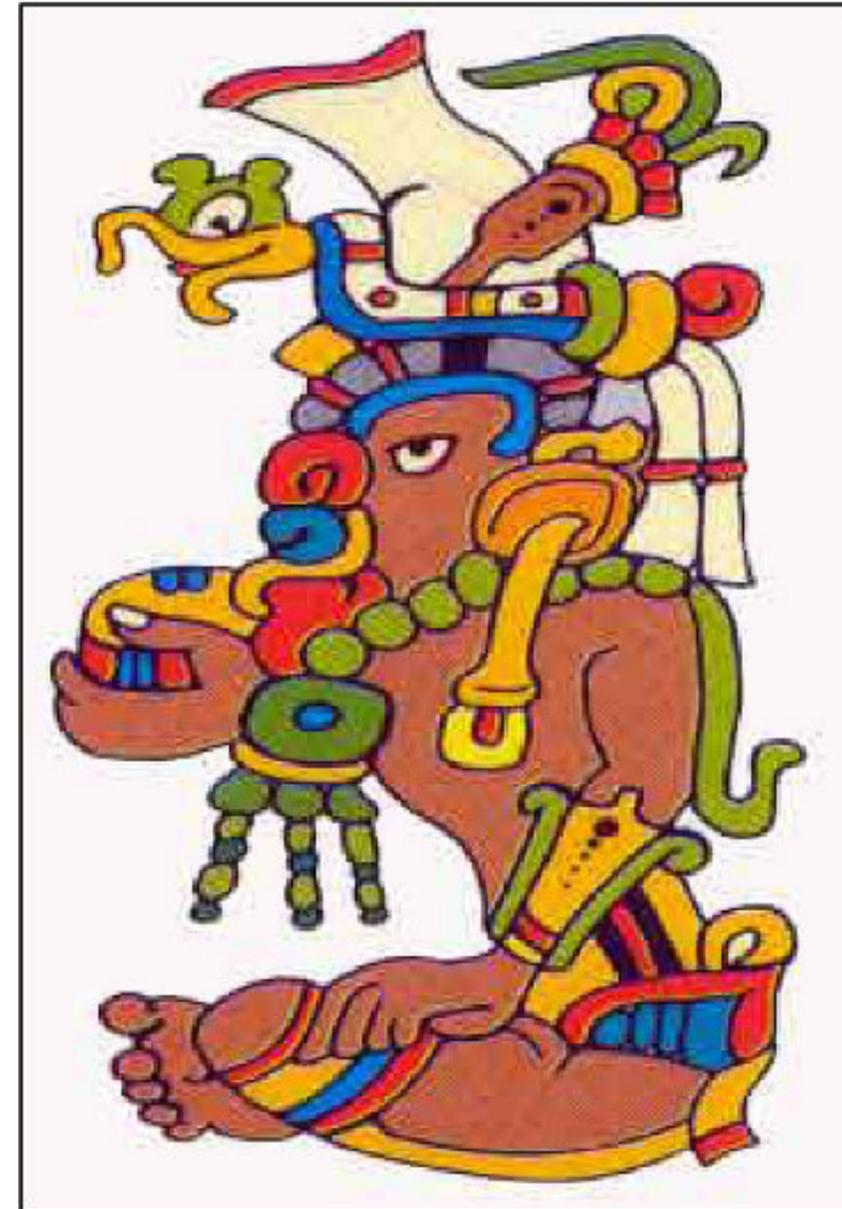
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

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 Geociencias.

MISCELÁNEOS

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

Museo de Historia Natural, Bogota, Colombia

Haz click en la imagen





COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN DE GEOLATINAS

Ven y participa con nosotros en nuestra iniciativa de divulgación técnica y científica:

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

Presenta con nosotros tu:

- + Tesis de licenciatura, maestría o doctorado
- + Especialidad en la industria o academia
- + Proyecto de investigación
- + Etc...

Click aquí o [bitly/GeoSeminarios2025](https://bit.ly/GeoSeminarios2025)

**TE INVITAMOS A LLENAR NUESTRO FORMULARIO
Y SER PARTE DE NUESTRA INICIATIVA!**

¡TE ESPERAMOS!

@Geolatinas





Transmisión 

Checka nuestros GeoSeminarios en




GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences
geolatinas.org/latinas - 124 subscribers - 14 videos



<https://vapa-us.org>



The Venezuelan American Petroleum Association

VAPA is a nonprofit professional organization in the Hydrocarbon industry and other related energies. It was founded in the state of Texas, USA in July 2019 and aims to establish relationships with organizations and institutions that can provide technical support, education and training to help the sustainable development of the Venezuelan energy industry.

VAPA is committed to promote technical events in upstream, midstream and downstream of both Oil and Gas and alternative energies that are of benefit to its members

Our Goal

The main Goal of VAPA is to bring together all the professional talent available in the Venezuelan Energy industry.

Our Purpose

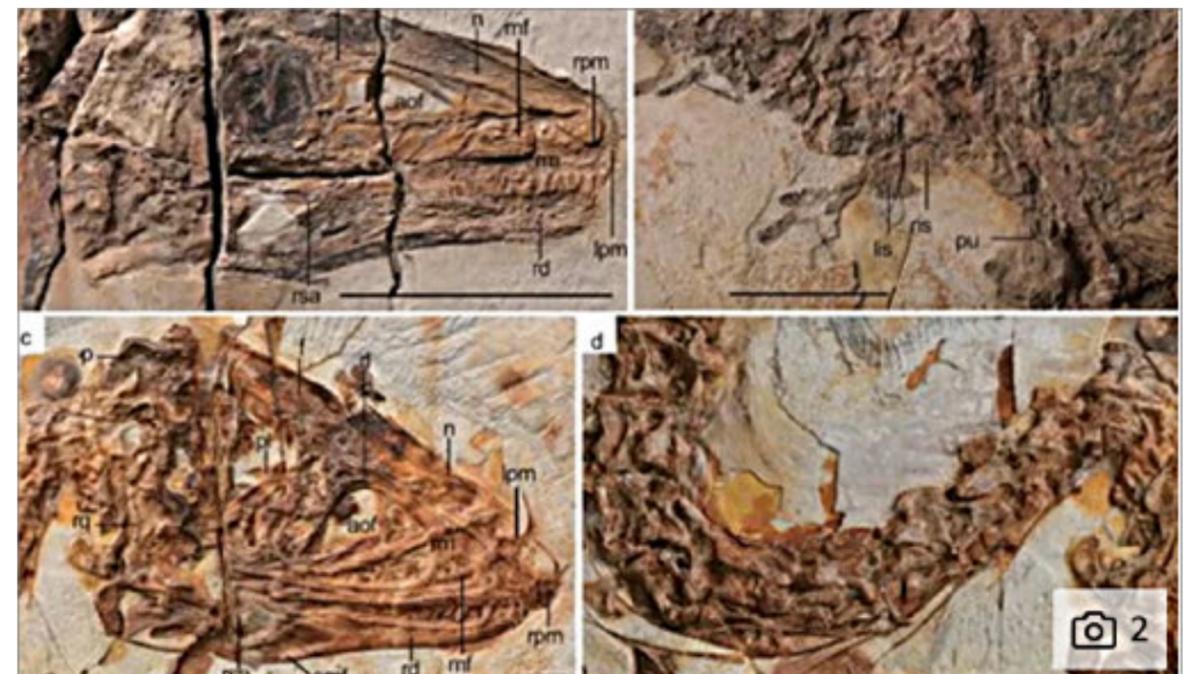
Promote the professional growth of its members in technologies applied to the value chain of the energy sector while maintaining a high standard of conduct

Provide technical support, education, and training for the sustainable development of the Venezuelan Energy Industry.

Descubren una nueva especie de dinosaurio en un fósil de 125 millones de años.

Los investigadores también encontraron restos de dos pequeños mamíferos, similares a roedores, en el intestino del dinosaurio.

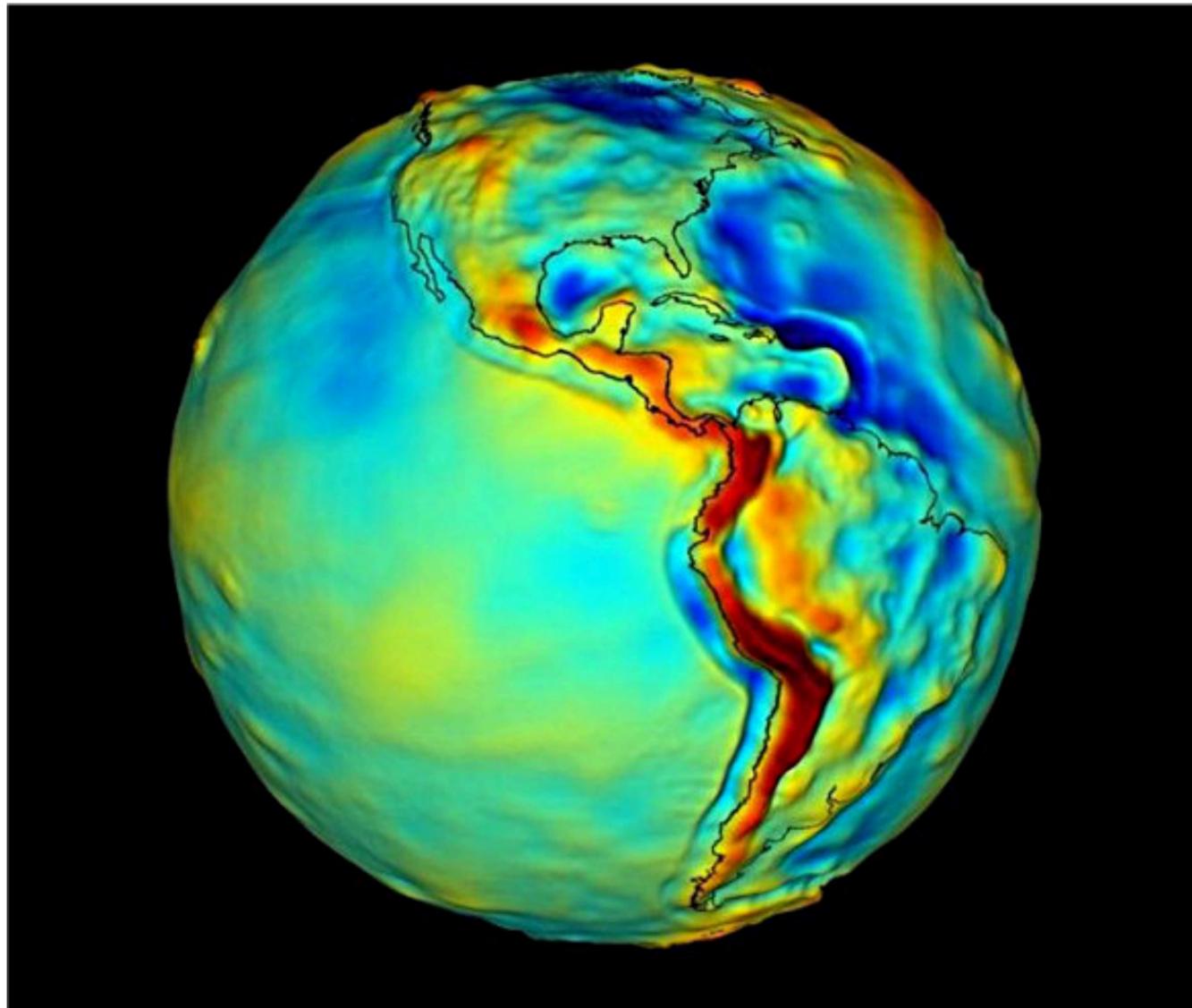
<https://www.independentespanol.com/noticias/ciencia/dinosaurios-china-nuevas-especies-fosiles-b2734716.html>



NASA Aims to Fly First Quantum Sensor for Gravity Measurements.

Researchers from NASA's Jet Propulsion Laboratory in Southern California, private companies, and academic institutions are developing the first space-based quantum sensor for measuring gravity. Supported by NASA's Earth Science Technology Office (ESTO), this mission will mark a first for quantum sensing and will pave the way for groundbreaking observations of everything from petroleum reserves to global supplies of fresh water.

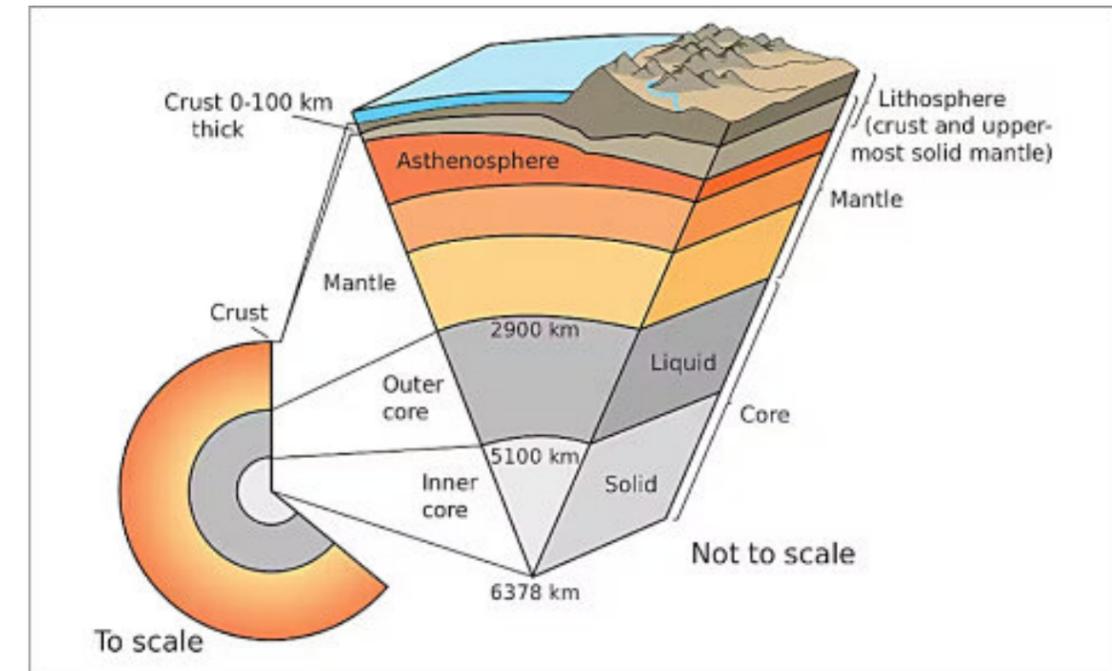
<https://science.nasa.gov/directorates/smd/earth-science-division/earth-science-technology-office/nasa-aims-to-fly-first-quantum-sensor-for-gravity-measurements/>



A map of Earth's gravity. Red indicates areas of the world that exert greater gravitational pull, while blue indicates areas that exert less. A science-grade quantum gravity gradiometer could one day make maps like this with unprecedented accuracy. Image Credit: NASA.

The biggest-ever sample of core material from Earth's mantle could have valuable clues into the origins of life

<https://theconversation.com/the-biggest-ever-sample-of-core-material-from-earths-mantle-could-have-valuable-clues-into-the-origins-of-life-236562>



The research vessel Joides Resolution. IODP, Author provided (no reuse)

<https://www.acatlan.unam.mx/crecursoshidricos/>



CONVOCATORIA 2025
1er Congreso Latinoamericano

RECURSOS HÍDRICOS Y CUENCAS

EXPERIENCIAS, PROYECTOS, INVESTIGACIÓN E INICIATIVAS EN TORNO AL AGUA

La Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM en el marco de su 50 Aniversario

INVITA

A Instituciones de Educación Superior, Investigadores, Docentes, Estudiantes, Organismos Públicos y de la Sociedad Civil, así como Público en General al:

1er Congreso Latinoamericano de Recursos Hídricos y Cuencas a celebrarse en las instalaciones del Centro de Estudios Municipales y Metropolitanos CEMM de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán

Del 27 al 31 de Octubre 2025

Conferencias Magistrales :: Ponencias :: Mesas de Diálogo :: Talleres

<http://congresoagua.acatlan.unam.mx>

<https://sociedadgeologica.org/publicaciones/geotemas/>



Geo-Temas
Inicio | Publicaciones | Geo-Temas

GEO-TEMAS

Publicación no periódica de la SGE

Geo-Temas es una publicación de carácter no periódico de la Sociedad Geológica de España y que se inició en el año 2000. Cada número incluye resúmenes extensos de las comunicaciones presentadas en los **Congresos Geológicos** que, con carácter cuatrienal, celebra la Sociedad Geológica de España, así como en los congresos, simposios y otras reuniones de carácter científico organizados por las Comisiones de la SGE y las asociaciones afiliadas o vinculadas a ésta mediante convenios específicos. Las normas de publicación son las que determinan los Editores de la SGE y los editores invitados nombrados al efecto, siendo regla obligada de la revista la revisión por pares.

Está clasificada dentro de los núcleos temáticos de **Geociencias** y de **Medio ambiente**: Geología, Paleontología. Se encuentra incluida en el catálogo Dialnet y en la Red de Bibliotecas Universitarias (REBIUN).

Índices de Calidad: Según la Matriz de Información para el Análisis de Revistas (MIAR) presenta un índice de pervivencia de 1,3 y un Índice Compuesto de Difusión Secundaria (ICDS) de 1,7.

Al no constituir una publicación periódica, Geo-Temas es distribuida exclusivamente a los inscritos en los actos a los cuales va dirigida la edición, sean socios o no de la SGE. Todos los números están disponibles en formato digital en la

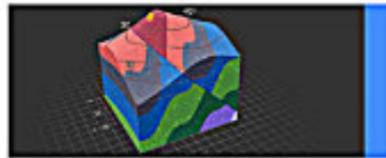
Aplicación sugerida por **Laura Itzel González León**.

A free web application for teaching and exploring geological concepts

Visible Geology helps students grasp fundamental geological concepts in a captivating and fun digital environment. Move beyond traditional 2D and paper-based methods, and empower learning with intuitive 3D modelling, collaborative features for classrooms, and digitised stereonet.

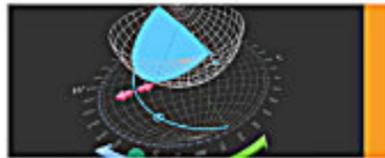
For educators, Visible Geology's simple, intuitive interface makes it effortless to modernise teaching practices and integrate this technology into your curriculum. Plus, it's fun! Enjoy exploring topographies, intrusions, cross-sections, core samples, and even stereonet just as much as students.

<https://www.visiblegeology.com/>



Build conceptual 3D geological models

With features like fixed and custom topographies, adjustable deformation event sequences, and the ability to generate cross-sections and core samples, students will gain valuable insights into geological relationships.



Teach interactive stereonet

Say goodbye to traditional tracing paper and thumbtacks! The stereonet tool blends traditional teaching methods with the convenience of a digital environment. Effortless usability and 3D visualisation helps students understand how the 2D graphical plot relates to real-life 3D structures. Plus, an up-to-date stereonet is no extra work with the dynamic link from your geological model.



Construct and investigate the principles of apparent dip

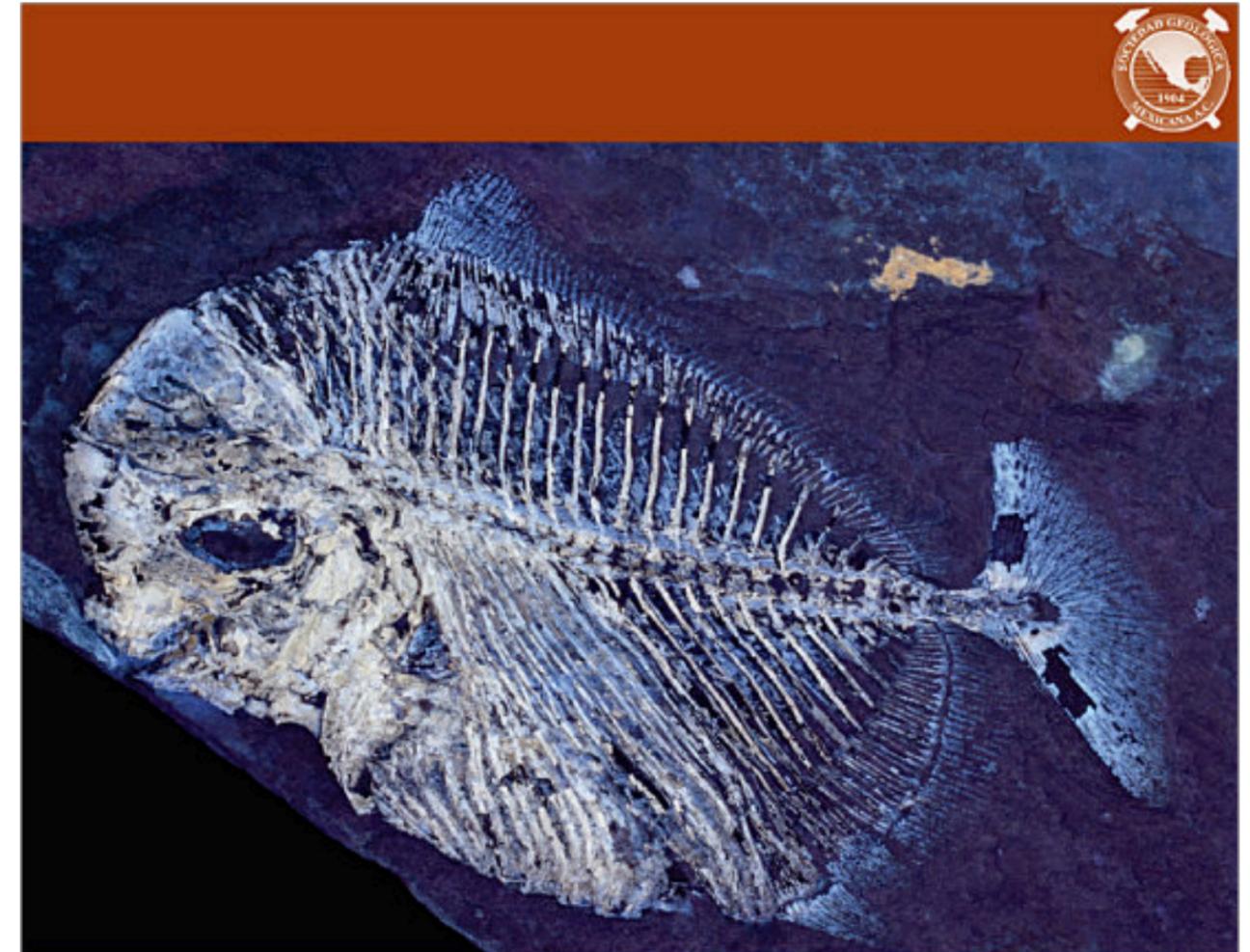
Help students master one of the most challenging concepts in structural geology! Using the Apparent Dip tool, students can create and manipulate 3D geological planes with different orientations and visualise their apparent dip in any cut or exposure face.



Encourage collaboration and learning in groups

Visible Geology simplifies assignment, management for educators, allowing users to quickly create, save, and submit models to groups of students, fostering a collaborative learning experience. With website embedding features, science communication is elevated, enabling seamless sharing of models.

<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/>



Boletín

de la Sociedad Geológica Mexicana

2025

Volumen 77 Número 1

ISSN 1405-3322

INSCRIPCIONES ABIERTAS



**EXCURSIÓN GEOLÓGICA VIRTUAL:
DELTAS DEL OLIGOCENO,
CHAPOPOTERAS, FALLAS Y
DISCORDANCIA.**

Guía: Rogelio Ramos Aracén Ingeniero Geólogo Petrolero.
Fecha del curso: 26 de mayo al 30 de mayo
Horario: 18:00 a 20:00 horas
Duración: 10 horas
Modalidad: En línea a través de Microsoft Teams.



INICIO | 26 DE MAYO DEL 2025

COSTO: \$4,650 MXN

Link de inscripción:



CONTÁCTANOS: ✉ tanis.dvc@ttanis.com

La excursión geológica virtual será un recorrido de Tampico, Tamaulipas a Tuxpan, Veracruz, donde se observan afloramientos de las formaciones Mesón y Palma Real, así como también varias chapopoterías interesantes y algunos pasos de fallas, y una nueva discordancia oficialmente no reportada.

Excursión Geológica Virtual: Deltas del Oligoceno, Chapopoterías, Fallas y Discordancias

INSCRIPCIONES ABIERTAS:

- 24** Fecha: 26 al 30 de mayo
- Horario: 18:00 a 20:00 horas
- Duración total: 10 horas
- Modalidad: En línea (Microsoft Teams)
- Costo: \$4,650 MXN - 50% de descuento para estudiantes
- Certificado con valor curricular y/o constancia DC-3 (para empresas)
- Curso registrado ante la STPS

Dirigido a:

Estudiantes y profesionales en geología, geofísica, geoquímica, petrofísica, ingeniería petrolera o afines a las Ciencias de la Tierra que deseen reforzar sus conocimientos en procesos sedimentarios asociados a Deltas No Constructivos y litofacies de las formaciones Mesón y Palma Real.

Preinscripción abierta hasta el 17 de mayo:

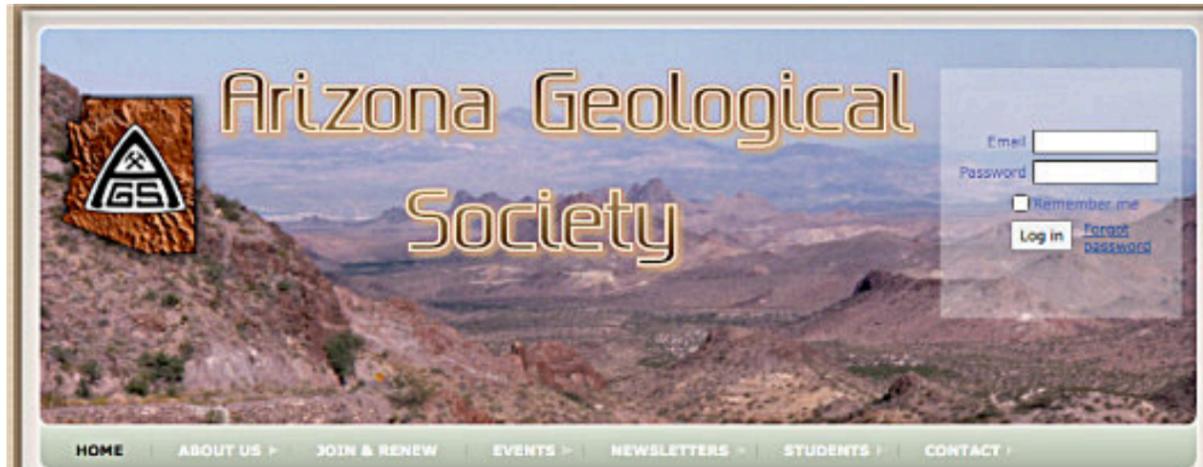
Enlace de preinscripción:
<https://forms.gle/qGMKabgXzoSEWTn2A>

Aparta tu lugar:

- Profesionistas: \$1,000 MXP
- Estudiantes (licenciatura y posgrado): \$500 MXP

#oilgas #geología #CienciasDeLaTierra

<https://www.arizonageologicalsoc.org/>



Welcome to the Arizona Geological Society

Upcoming events - Register Here!

[Understanding the Impact and Value of Publicly Available Precompetitive Geoscience Data for Mineral Exploration: Lessons to be Learned for the U. S.](#)
06 May 2025 5:30 PM (MST) • Hexagon Office at 40 East Congress Street, Suite 150, Tucson, Arizona 85701

[Spring Field Trip - Some Carbonate Rock Alteration Examples from Superior to San Manuel](#)
10 May 2025 8:45 AM (MST) • South end of Apache Leap Road - 3 miles south of Superior on HWY 177

Arizona Mineral Districts v. 4 Graham and Greenlee Counties

**Arizona Mineral Districts v. 4
Graham and Greenlee Counties**



May 2025 Newsletter



May 2025 Meeting Sponsor



Caverna del arte

City Scope

Semiabstracto semioscuro. Acrílico diluido.

Luis C. Restrepo

Ingeniero Petrolero jubilado, Houston, Texas.



"El Cartógrafo"

Minicuentos ilustrados de
Wilmer Pérez Gil



@wilmerarte

El Cartógrafo

Autor: Wilmer Pérez Gil

Janus Cuadrumanoff era considerado el mejor cartógrafo del país. Y no porque ostentara todos esos años como curtido fabricante de mapas, sino porque poseía un inusual don para hacerlo, como si hubiera venido al mundo para hacer éste y no otro trabajo.

Durante sus muchos años de vida, viajó por la tierra, confeccionando las más extravagantes y raras hojas cartográficas, sobre todo de aquellos territorios y parajes "inexistentes", que lejos de estarlo, jamás habían sido descritos en archivo o registro alguno, o al menos que se supiera.

Poseía vastos conocimientos de geodesia, topografía y agrimensura, entre otros saberes, adquiridos a través de la práctica y el tiempo. Sus servicios eran requeridos por personas de enormes fortunas, con muy claras ambiciones, pero sin el más mínimo interés de enrolarse en arriesgadas y desgastantes aventuras por insólitas y lejanas comarcas. Por eso, contrataban al hábil geodesta, quien además era conocido por su fama de andarín e infatigable caminante.

Janus sentía un cariño especial por sus cachivaches, "sus tesoros" como acostumbrada a llamarlos, aquellos que siempre le acompañaban a donde quiera que este fuera. Su gran alforja albergaba todo tipo de utensilios y herramientas, desde instrumentos de medición: la brújula y el compás, su cuaderno de campo, repleto de datos y números. También el portamapas donde alojaba varios pergaminos en blanco, hasta cacharros, incluidos un desvencijado sartén, una herrumbrosa tetera, un oxidado molinillo, la aceitera y su vieja pipa, entre otros avíos. Llevaba siempre su manta de lona añil para las frías noches y su juego de pedernales para encender el fuego. Era costumbre verle ataviado de su saco de lana verde limón, pantalón carmesí y un báculo de cedro sin tallar.

En su opinión, para realizar un buen mapa, lo primero y más inmediato era establecer sus puntos de referencia, aquellos donde fuera más fácil describir la naturaleza del terreno. De manera que éstos debían ser singulares, cuidadosamente seleccionados y no tomados de forma inmediata o precipitada, pues el trabajo podía arruinarse. Y eso era sumamente importante. No se trataba de una trivial cuestión de honorarios, sino de conservar el prestigio, uno ganado con oficio y muchos años en la profesión.

Según se dice, solo tuvo unos pocos aprendices y no porque el oficio declinara, sino porque la mayoría de los iniciados perdía interés o sencillamente no tenían la "madera" suficiente para el trabajo. En ello, Cuadrumanoff era bien objetivo y extremadamente claro: jamás correría el riesgo de perder el tiempo, su tiempo, con vagos o haraganes, de escaso o ningún talento, y mucho menos respeto por el oficio.

Al cumplir sus 191 otoños, y con más surcos en su rostro que un campo recién labrado, emprendió nuevamente viaje. Nadie sabía con certeza su paradero, lo cierto es que esa fue la última vez que se le vió. Se cuentan muchas historias de a dónde pudo haber ido, en lo que la mayoría coincide es que el viejo hacedor de mapas decidió partir a un lugar del que no se regresa. Aunque...todo es posible en este mundo, quizás solo esté de paso por allá, recopilando información para un Nuevo trabajo

Don Quijote de la Mancha, Toledo, España.

Fotografía de Claudio Bartolini (2011).



Niño gaitero, Santiago de Compostela, España.

Fotografía de Claudio Bartolini (2011).



Plaza Mayor, Madrid, España.
Fotografía de Claudio Bartolini (2010).



Artista en calle de Barcelona, España.
Fotografía de Claudio Bartolini (2009).



La casa del núcleo de la tierra



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermandos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. 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. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. 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), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: wilmerperezgil5@gmail.com

[core | National Geographic Society](#)

[Earth - The interior | Britannica](#)

[Internal structure of Earth - Wikipedia](#)

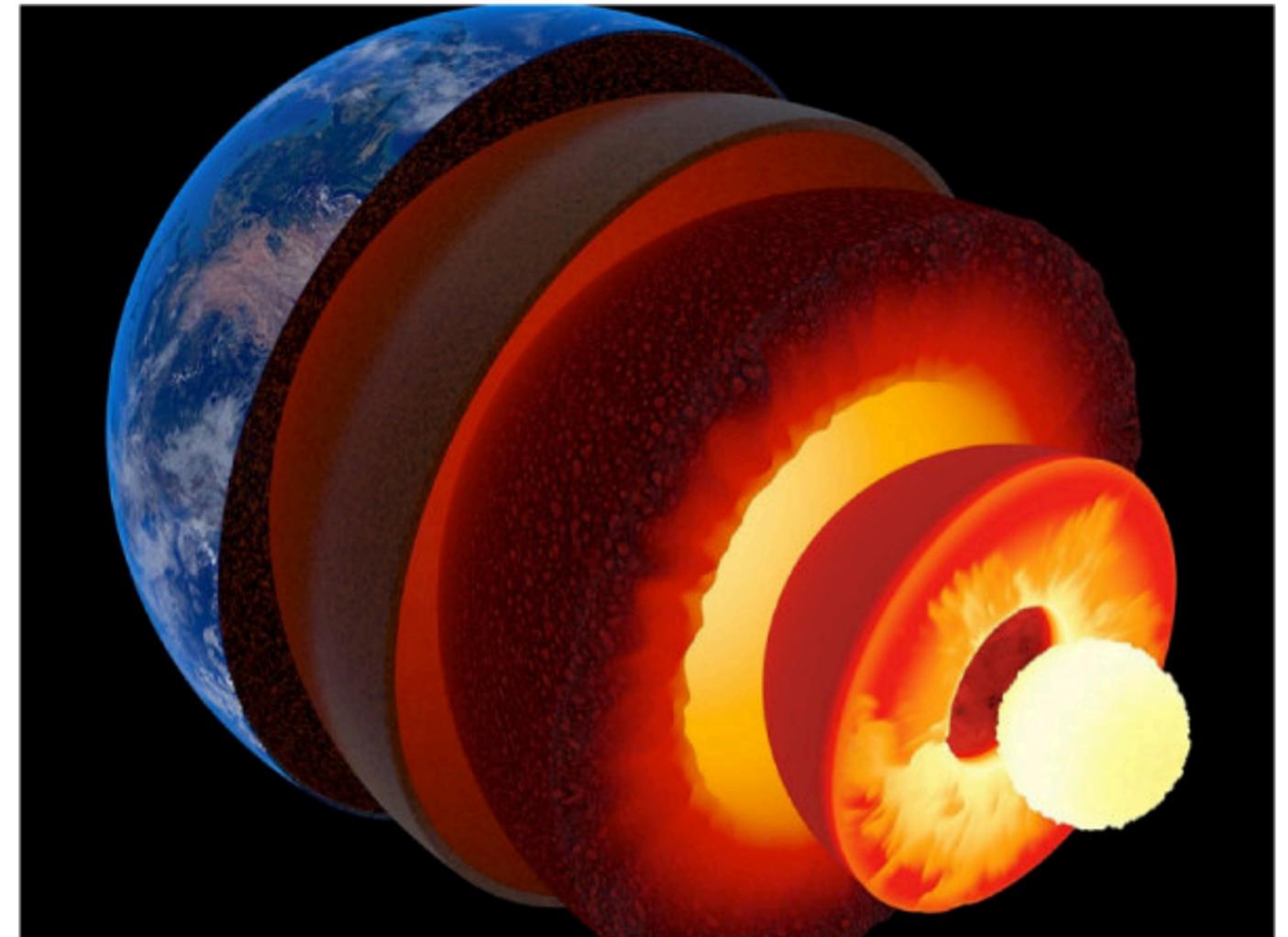
[Núcleo de la Tierra - Información y Características \(geoenciclopedia.com\)](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=0MSoJATITrQ>

[Core of the Earth: Facts, Composition, Layers & Temperature - Video & Lesson Transcript | Study.com](#)

[Crushing Pressures Start to Reveal the Truth About Earth's Core | Science | Smithsonian Magazine](#)

Compilado por **Uriel Franco Jaramillo**.



<https://cdn.24.co.za/files/Cms/General/d/10153/c2d878bd58aa44b1803afc3b3e473b81.jpg>

The Manpupuner Rock Formations, Russia.

Overview: The Manpupuner Rock Formations consist of seven massive stone pillars, each reaching heights of up to 30 meters (98 feet). The rocks are composed of ancient weathered granite and have distinctive shapes that evoke a sense of human or anthropomorphic figures, leading to the nickname “Seven Strong Men.” The geological processes that formed these structures are not entirely understood, adding an element of mystery to their allure. **Geographic Location:** The Manpupuner Rock Formations are situated in a remote and pristine wilderness within the Ural Mountains. Specifically, they are located on the Manpupuner Plateau in the Troitsko-Pechorsky District of the Komi Republic, Russia. The precise coordinates are approximately 65.2745° N latitude and 59.2236° E longitude.

<https://www.sevenwonders.org/manpupuner/#/>

<https://geologyscience.com/gallery/geological-wonders/the-manpupuner-rock-formations-russia/>

<https://www.atlasobscura.com/places/manpupuner-rock-formations>

<https://earthlymission.com/manpupuner-rock-formations-russia-komi-geology/>

<https://www.amusingplanet.com/2015/09/the-manpupuner-rock-formations.html>

<https://www.kuriositas.com/2013/03/the-manpupuner-rock-formations-russias.html>

<https://russiatrek.org/blog/nature/manpupuner-rock-formations-a-natural-wonder-of-russia/>

<https://www.mapsofworld.com/travel/destinations/russia/manpupuner-rock-formations/>

<https://www.youtube.com/watch?v=ptf3FjvHyxU>

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



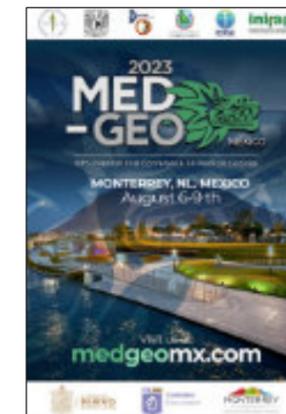
COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

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



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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

Sociedad Venezolana de Historia
de las Geociencias.

SVHGc@yahoo.com



Universidad Tecnológica de la Habana,
- <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/>



Universidad Tecnológica
del Cibao Oriental,
República Dominicana

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





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