

**ENERO
2024**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



ENERO
2024



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

Portada de la revista: Margas del Mioceno superior de la unidad Dar Pahn, en el área de la costa de Makran (SE Irán). La exposición de los sedimentos es el resultado de la subducción de la Placa Arábica. Foto modificada de Hampe et al. (2019), tomada desde el afloramiento en donde fue encontrado un misticeto (ballena). Photo by **Dr. Mehdi Hadi**, Mashhad, Irán.

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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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 is an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of the Americas. He is a

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

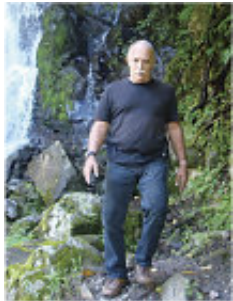
COLABORADORES



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

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

soaortuno@gmail.com



Ing. Humberto Álvarez. 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



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

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



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

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

poletpinzon@gmail.com



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



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

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

lup@comunidad.unam.mx



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

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

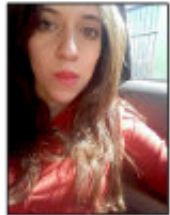
jonblickwede@gmail.com



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

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

naticasilvacruz@gmail.com



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

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

hidrográficas y riesgos geológicos.

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

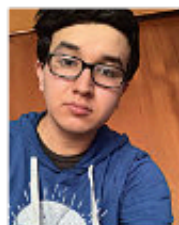
itzelleon2909@gmail.com



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

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

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

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

Estimados colegas,

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

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



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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





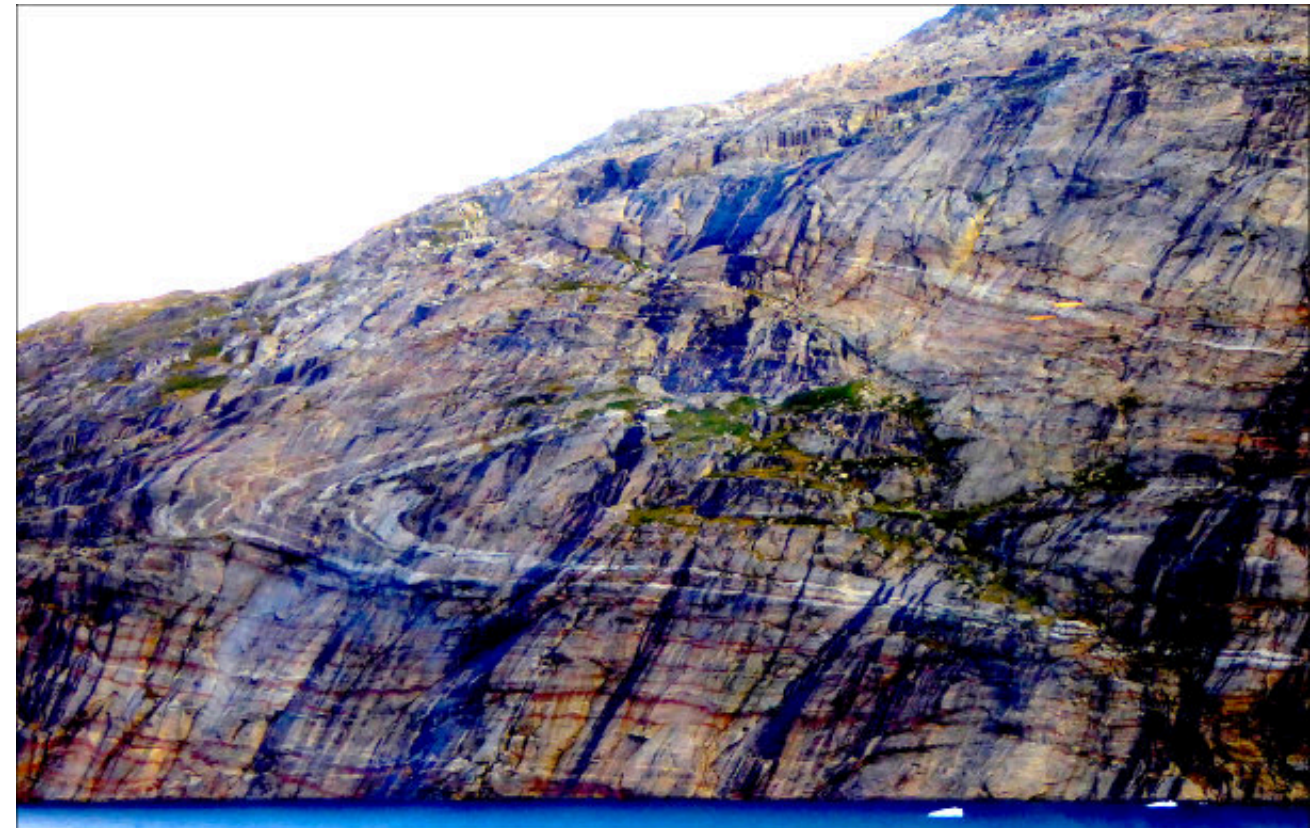
Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

Estimados Colegas

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

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

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



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

Esteemed colleagues

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

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

Basic Instructions for Authors

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

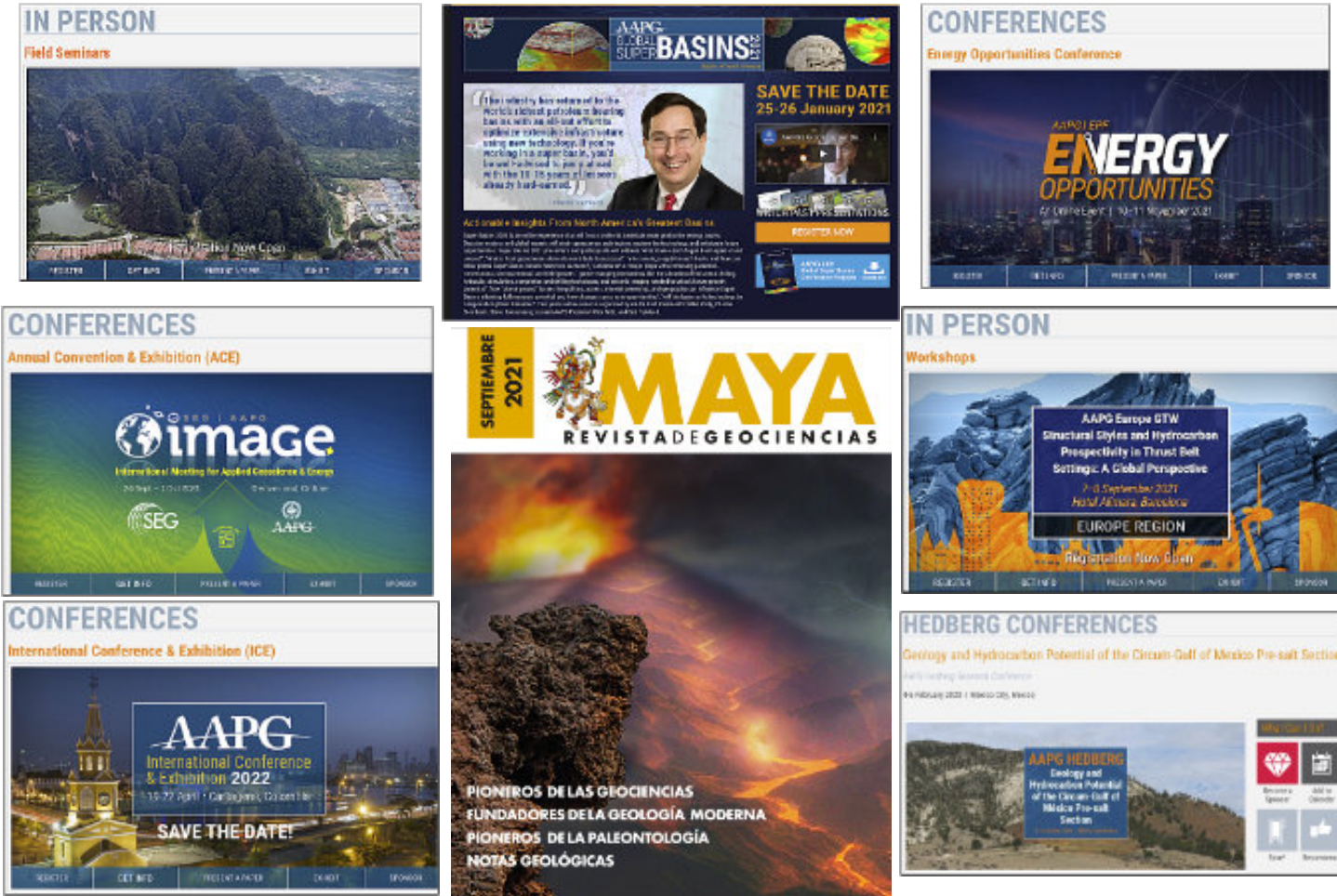
(biographical sketches): a maximum of 3 pages

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

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

Geological notes: a maximum of 10 pages

Lazos de colaboración y amistad con la AAPG



<https://www.aapg.org/global/latinamerica/events/workshop/articleid/64337/maturing-sustainable-solutions-to-explore-develop-and-produce-oil-and-gas-across-the-guyana-suriname-basin>

Maturing Sustainable Solutions to Explore, Develop and Produce Oil and Gas Across the Guyana Suriname Basin.

Wednesday, 17 January – Thursday, 18 January 2024, 8:00 a.m. – 5:00 p.m. | Paramaribo, Suriname

NEW DATE

SURINAME 2024

Technical Symposium

Maturing Sustainable Solutions to Explore, Develop and Produce Oil and Gas Across the Guyana Suriname Basin

17-18 January 2024
Paramaribo, Suriname

Co-hosted by

Silver Sponsor

Principal Sponsor

Lanyards, Platinum

Poster Sessions, Gold

Gold Sponsor

Details	Program	Venue	Lodging	Pricing	Sponsors
---------	---------	-------	---------	---------	----------

The AAPG Latin America & Caribbean Region and the SPE Suriname Section invite you to join us for Maturing Sustainable Solutions to, Explore, Develop and Produce Oil and Gas Across the Guyana Suriname Basin, an in-person technical symposium designed to facilitate learning, sharing, and open discussion among all attendees.

The two-day in-person only event features a series of technical presentations, panels, roundtable discussions and networking opportunities with industry leaders, government representatives and technical experts.

The symposium provides an ideal space for geologists, geophysicists, engineers, managers, and business development professionals to learn first-hand about recent activity and exploration opportunities in one of the world's most prolific basins.

CONTENIDO

ENERO
2024

Semblanzas.....	13
Miscelánea de imágenes.....	16
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	18
Los libros recomendados.....	25
Temas de interés.....	28
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	31
Notas geológicas.....	34
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	87
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	88
La casa de los desiertos.....	89
Congreso Geológico de América Central.....	90
Revista enseñanza y comunicación de las Geociencias.....	93
Caverna del Arte.....	94
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	97
Parque Nacional del Desierto Blanco.....	98
Asociaciones geológicas hermanas.....	99

SEMBLANZAS

Everette Lee DeGolyer: 1886 - 1956

Everette Lee DeGolyer (Octubre 9, 1886 - Diciembre 14, 1956) geofísico, geólogo petrolero, innovador y líder de la industria de los Estados Unidos. Por su temprana visión de utilizar los métodos geofísicos para la exploración petrolera, con frecuencia es señalado como el padre de la geofísica de prospección en los Estados Unidos.¹ Pero, la influencia de DeGolyer en el desarrollo de la industria petrolera va mucho más allá de la utilización de la geofísica. DeGolyer fue gestor de varias empresas petroleras y decisivo en la adopción de políticas por parte del Gobierno Norteamericano y en la proyección geopolítica de ese país en la segunda mitad del siglo XX.

Sus estudios sobre el petróleo en Cuba

DeGolyer visita Cuba por primera vez en 1913 cuando aún trabajaba para El Águila de Lord Cowdray. Repite la estancia en 1914, en los tiempos que comenzaba a fundar su empresa de consultoría. Luego, en 1915 trabaja durante varios meses en la isla, tiempo que dedica al reconocimiento y cartografía geológica de las montañas de Pinar del Río y, además, varios sectores del anticlinal Habana-Matanzas y la zona limítrofe entre Matanzas y Villa Clara. El artículo "The geology of Cuban petroleum deposits." publicado en el AAPG Bulletin fue resultado de todos estos estudios². Fue testigo de excepción de los primeros intentos de establecimiento de las empresas petroleras internacionales y en particular de la fiebre petrolera de 1915 que acompañó al descubrimiento y desarrollo del yacimiento Bacuranao por parte de la Union Oil.

En Cuba, DeGolyer se encuentra con su antiguo compañero de estudio en la Universidad de Oklahoma y de trabajo en Mexican Eagle, Ben C. Belt. Belt era jefe de geología de la Cuban Petroleum Company S.A. Esta empresa realizó trabajos de campo y de reconocimiento geológico y perforó varios pozos: uno al oeste de Bahía Honda con profundidad final de 1811 pies en ofiolitas y otros en el propio yacimiento Bacuranao. Belt compartió



con DeGolyer mucha de la información acopiada hasta el momento. Años después colaboran en el libro "Geology of salt domes oil fields" una de las obras fundamentales en el origen, la estructura y la geología de los domos salinos en América del Norte.

Otro importante colaborador de DeGolyer en Cuba fue E. B. Hopkins que era el geólogo de la Tropical Brewery Company empresa que perforó un pozo productor de gas a los 718 pies el 6 de diciembre de 1913 en los Jardines de la Tropical en Puentes Grandes. También Víctor E. Gothe de Pure Oil Co y Edwing B. Hopkins quienes poseían información propietaria sobre asfaltos y manifestaciones de petróleo. Por último, el ingeniero cubano Guillermo Alonso de la Standard Oil quien le hizo llegar varias muestras de petróleo de varias locaciones de Matanzas.

El artículo de DeGolyer hace una pormenorizada exposición de la historia del petróleo en Cuba comenzando por el descubrimiento de "bitumen líquido" por el navegante gallego Sebastián de Ocampo en la Bahía de la Habana, así como el reporte de Oviedo, en 1535, de las manifestaciones cerca de Camagüey. Se reconoce que la primera producción de petróleo es en las cercanías a Guanabacoa a mediados del siglo XIX y luego las aventuras productoras de Motembo y del sur de Varadero a finales

del propio siglo. Con posterioridad, menciona los eventos petroleros de principio de siglo comenzando por el reventón de gas el 5 de diciembre de 1913 en los Jardines de la Tropical y el muy sonado descubrimiento de petróleo en Bacuranao por parte de la Union Oil.

DeGolyer conocía bien la geología de México lo cual, indudablemente, le sirvió para interpretar la cubana describiendo con mucho acierto las mayores unidades estratigráficas y estructurales. Dividió toda la sección en cinco grandes grupos: el basamento continental de edad desconocida, posiblemente Paleozoico, y otro basamento más joven del Cretácico representado por las serpentinitas. El segundo grupo consiste de enormes secuencias de calizas Jurásicas, al que suma varias formaciones Cretácicas intensamente plegadas y falladas. El tercer grupo lo integran las formaciones Terciarias que cubren toda la secuencia plegada. El cuarto grupo lo componen las rocas volcánicas más jóvenes que las ofiolitas y el quinto grupo son las rocas del Cuaternario. La sección cortada por los diferentes pozos perforados hasta el momento fue referida en el artículo a cada una de los grupos en que había sido dividida la sección geológica de Cuba. Esta división en cinco grandes grupos estratigráficos tiene todavía vigencia.

DeGolyer hace una explicación de la estructura general de la isla como de un gran anticlinorio paralelo al eje geográfico de la isla. formado como consecuencia de una orogenia Terciaria. Dada tal complejidad, considera que no es posible utilizar la cartografía geológica como una práctica confiable para la ubicación de pozos exploratorios. Esto incluye limitaciones en la existencia de secuencias sellantes con la excepción de arcillas del Terciario inferior. Finalmente, considera que las acumulaciones en los reservorios carbonatados, de existir, deberían ser muy limitadas en su extensión lateral y muy difícil de encontrar con la perforación.

La descripción que se brinda en el artículo, de todos los emprendimientos y pozos perforados hasta 1917 es de gran valor para reconstruir los inicios de la industria petrolera en Cuba. El artículo destaca especialmente la enorme cantidad de manifestaciones superficiales lo que evidencia la existencia de hidrocarburos en el subsuelo: **“En Cuba se puede encontrar toda la gradación desde asfalto sólido, petróleos pesados, petróleo ligero y gas en todas y cada una de las seis provincias”**; **“dada la asociación de diferentes tipos de petróleos a las rocas ígneas, en particular las serpentinitas, Cuba pudiera ser**

un paraíso para aquellos que promueven el origen ígneo del petróleo”.³ Sin embargo, DeGolyer se manifiesta, de forma inequívoca, que el petróleo cubano proviene en su totalidad de las calizas del Jurásico y el que está presente en las serpentinitas ha migrado desde las rocas sedimentarias infrayacentes. De esta teoría se deduce que el mejor escenario exploratorio de Cuba es en aquellos lugares donde la serpentinita tiene poco espesor.

Sin embargo, DeGolyer considera en su artículo que, con tantas manifestaciones de petróleo pesado y asfalto en superficie, la mayor parte del petróleo generado se ha perdido. Esto, unido a su opinión negativa con relación a la limitación de sellos y pobre desarrollo lateral de las trampas, hace de Cuba un lugar poco viable para la exploración petrolera: **“... la probabilidad de desarrollar un gran campo de petróleo en la isla no es buena y el operador debe enfrentar condiciones que incrementa varias veces el riesgo de la más peligrosa de todas las operaciones – la perforación de exploración”**⁴

Las opiniones de DeGolyer influyeron decisivamente en la actuación de las empresas petroleras que emprendieron proyectos exploratorios en Cuba en años posteriores. Sus geólogos desarrollaron tanto los elementos positivos como los negativos, en especial su escepticismo y el llamado a la cautela extrema en la perforación de pozos exploratorios. Los reportes de las empresas, investigadores científicos y consultores destacan una y otra vez los elementos de riesgo por encima de las bondades. Estos elementos son en síntesis los siguientes: muchas manifestaciones superficiales, lo que quiere decir que se escapó la mayor parte del petróleo; estructura altamente fallada o sea pequeñas acumulaciones y, por último, pocos niveles de lutitas y arcillas lo que significa, falta de sello regional, pobre energía y ausencia de sellos intermedios profundos.

Ninguna de las empresas de DeGolyer, particularmente Amerada, tuvo participación en la exploración de hidrocarburos en Cuba. Sin embargo, en los artículos e informes publicados por su consultora se reportan frecuentemente las actividades en nuestro país: en los años treinta y cuarenta en el escenario de las serpentinitas y luego en los años cincuenta en el escenario del borde saliente de la plataforma de Bahamas en Cuba Central. En 1955 poco antes de su deceso, DeGolyer afirma que **“obviamente el petróleo (en Cuba) no se ha originado en las serpentinitas. Por lo tanto, es posible pensar que el petróleo que hoy se encuentra en las serpentinitas**

estuvo originalmente atrapado en profundidad y luego migrado hasta la posición actual durante la orogenia que perturbó el reservorio original y aún debe haber grandes acumulaciones en la profundidad”. Pero, estas opiniones que diferían de las expresadas a principio de siglo no tuvieron impacto en las actividades petroleras en Cuba. A

finales de los años cincuenta el estado de ánimo general de las empresas petroleras en Cuba era de franco pesimismo y luego de decenas de pozos secos la mayor parte de ellas había interrumpido o disminuido considerablemente su actividad exploratoria.

¹Branson, Carl C. "E. L. DeGolyer, 1886–1956," Oklahoma Geology Notes 17 (January 1957). A. Rodger Denison, "Everette Lee DeGolyer," in Biographical Memoirs, National Academy of Sciences, Vol. 33 (New York: Columbia University Press, 1959).

²DeGolyer, E. 1918. "The geology of Cuban petroleum deposits." American Association of Petroleum Geologists Bulletin 2: pag. 133-167.

³DeGolyer, E. 1918. Ib Idem

⁴DeGolyer, E. 1918. Ib Idem



Rafael Tenreiro 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. tenreiro2015@gmail.com

Miscelanea de Imágenes



Ejemplo de un abanico aluvial (2023). Los abanicos aluviales son depósitos producidos por el avance de residuos granulares que se extienden desde la base de una montaña hacia una zona llana ubicada en un nivel topográfico menor. Varios canales emitidos desde un frente de montaña forman abanicos individuales que se unen formando un accidente geográfico mayor. Cada abanico irradia hacia afuera desde el canal central. <https://www.criba.edu.ar/geolarg/aluvial.html>



García, M (2021). *Cenote Sambula en Pebá, Abalá Yucatán* [Fotografía]. La península de Yucatán se compone casi en su totalidad de suelo afectado por procesos cársticos. En estos procesos las rocas calizas y dolomitas se erosionan y disuelven, formando paisajes característicos. La disolución de la roca está definida por elementos climáticos como la temperatura y la cantidad e intensidad de la lluvia. Los tipos de vegetación y su estado de conservación contribuyen a que los suelos presenten diferentes grados de disolución. ATmex. <https://atmex.org/2021-el-ano-internacional-de-las-cuevas-y-el-karst/>



Cooper T. (2017). Hoodoos en desierto de Ah Shi Sle Pah. [Fotografía]. San Juan. Nuevo México. Ejemplo de hoodoos. Estas estructuras geológicas se encuentran en el desierto de Ah Shi Sle Pah, en el condado de San Juan, Nuevo México. También se les conoce como chimeneas de hadas, suelen ser de la parte inferior de un material más blando, en cambio en la parte superior encontraremos un material más rígido, la cual ayuda a dar peso y proteger la parte de abajo. Se van a formar por erosiones verticales, ya sea de agua o viento, que arrastran principalmente la parte inferior (el material más blando). En esta imagen podemos ver claramente la separación de los materiales con solo ver el color y la textura. La geología de este lugar está dominada por areniscas principalmente. <https://www.redbull.com/mx-es/10-rocas-mas-grandes-a-punto-caer-equilibrio>



Sader M. (2016). Montañas Danxia, Provincia de Cantón. [Fotografía]. Provincia de Cantón. China. Estas asombrosas y coloridas montañas son las "Montañas Danxia" ubicadas en la provincia de Cantón, China. Están declaradas como Patrimonio de la Humanidad desde el 2010 y forman parte de las cuatro montañas sagradas de China. Estas montañas recuerdan a la montaña "Vinicunca" en Perú, solo que en estas montañas dominan los colores rojizos, su geomorfología de barrancos acantilados y valles por ser un paisaje escarpado. La geología de este lugar está compuesta principalmente de areniscas. <https://www.traveler.es/naturaleza/galerias/los-paisajes-naturales-mas-espectaculares-de-china/1409>

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Selene J. Vargas Yana

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MODELOS HIDRÁULICOS HEC-RAS E IBER PARA LA ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES EN EL DISTRITO DE LUCRE - PROVINCIA DE QUISPICANCHIS – CUSCO - 2022

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Geólogo. Junio 2023.

Sustentante: **Br. Selene Judith Vargas Yana.**

Asesor de tesis: *Mg. Ronald Luis Lopez Zapan.*

Resumen

Este proyecto de tesis tiene como objetivo realizar un análisis comparativo entre dos modelos hidráulicos, HEC-RAS e IBER; estos dos modelos se crearon para realizar simulaciones de eventos de inundaciones. El caso de la aplicación fue el distrito de Lucre, en la cuenca del Huatanay identificado con el código 49949776, posee un área de 3665.45 km² y un perímetro de 128.78 km. Así mismo se hizo la estimación de caudales máximos con los datos de precipitaciones máximas, obteniéndose valores de 88 m³/s (TR =50 años) y 118 m³/s (TR=100 años). La primera parte del estudio consistió en un estudio geológico y caracterización lito estratigráfica, luego el análisis de modelos hidráulicos donde observamos que el modelo HECRAS se basa en diferencias finitas para resolver las ecuaciones hidrodinámicas que nos permitan pronosticar el comportamiento del agua. Por otro lado, IBER utiliza volúmenes finitos. Ambos modelos se realizaron para dos períodos de retorno de 50 y 100 años.

Finalmente se concluye que HEC-RAS nos brinda información más rápido que IBER al menos 1 hora de diferencia, aunque IBER es más propio de simulación en ríos con comportamiento meándrico donde HEC -RAS tiene una tendencia a sobreestimar algunos parámetros hidrodinámicos para proporcionar una información adecuada.

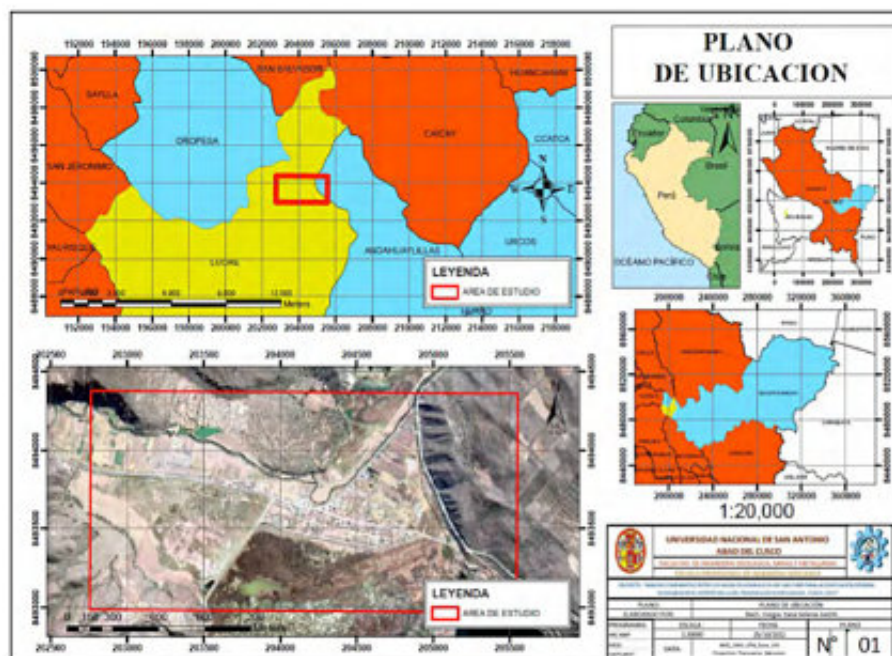


Figura 1.1 Mapa de ubicación.

TECTÓNICA DE LA PORCIÓN CENTRAL DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE CALOR EN LA CORTEZA SUPERIOR: CASO DE ESTUDIO SEMIGRABEN DE SANTIAGO PAPASQUIARO

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para optar por el grado de: Doctor en Ciencias de la Tierra.

Enero 2023.

Sustentante: **Juan Carlos Castillo Reynoso.**

Asesor de tesis: Dr. Luca Ferrari (Centro De Geociencias, UNAM).

Resumen

En el centro y sureste de la provincia ígnea silícea Sierra Madre Occidental (SMO), dentro de cuencas extensionales, se encuentran varias zonas con manifestaciones termales donde las temperaturas en aguas superficiales alcanzan hasta 74°C. Estas cuencas extensionales se desarrollaron desde el Eoceno tardío hasta el Oligoceno coetáneamente con actividad magmática que produjo grandes volúmenes de rocas silíceas de la SMO en su porción central (p. Ej. Durango, Sinaloa y Zacatecas) y cuyo pico volcánico culminó hace ~30 Ma. Por lo tanto, la actividad hidrotermal actual no se puede asociar a vulcanismo reciente o cámaras magmáticas en proceso de enfriamiento y/o adelgazamiento cortical, como ocurre en zonas geotérmicas convencionales. La hipótesis que se propone para explicar el origen del termalismo en la porción centro-oriental de la SMO es que las aguas termales son calentadas por una corteza superior enriquecida en elementos radiogénicos y por lo tanto productora de calor, además de una posible convección a lo largo de fallas profundas.

En este trabajo se estudió el área hidrotermal del Semigraben de Santiago Papasquiario, ubicado al norte de la ciudad de Durango, sobre el borde oriental de la SMO. En esta región, se cruzan porciones de dos sistemas de fallas regionales: el sistema de fallas con orientación NO-SE San Luis-Tepehuanes, representado en el área de estudio por los grábenes de Santiaguillo y Tepehuanes y el sistema de fallas NNO-SSE del Graben Río Chico-Otinapa, representado en el área de estudio por el Semigraben de Santiago Papasquiario. En este trabajo se detalló la estratigrafía regional, con base en trabajo de campo y geocronología U-Pb en zircones y se obtuvieron datos estructurales y perfiles magnetotelúricos para caracterizar la estructura regional en el área de estudio. Para determinar la posible asociación de una corteza radiogénica con la fuente termal, se realizaron mediciones de contenidos de radioelementos in-situ en todas las unidades litoestratigráficas usando un espectrómetro portátil de rayos gamma. Además, se analizaron isótopos de He y Ne en aguas termales para determinar el origen de la composición de isótopos de gases disueltos.

Las nuevas edades muestran que el área de estudio registra cuatro eventos volcánicos representados por: 1) una sucesión vulcanosedimentaria continental del Cretácico Tardío-Paleoceno (Grupo Garame) asociada al Arco Magmático Mexicano, 2) ignimbritas y lavas riolíticas del Ypresiano, 3) extenso vulcanismo silíceo del Priaboniano-Rupeliano conformado por ignimbritas silíceas y en menor medida domos riolíticos asociados al pulso principal de la gran provincia silícea de la SMO y 4) pequeños volúmenes de lavas basálticas del Mioceno tardío. Además, se reconocen los eventos de sedimentación que acompañan o sobreyacen los eventos volcánicos: 1) en el Cretácico Tardío (Coniaciano-Santoniano)-Paleoceno dentro del Grupo Garame, 2) en el Priaboniano asociado al inicio de la tectónica extensional, 3) en el Ypresiano, registrado en areniscas intercaladas con rocas del pulso volcánico principal y 4) en el Oligoceno tardío- Mioceno temprano en rocas sedimentarias que conforman el relleno de las estructuras de graben y semigraben, las cuales se encuentran intercaladas a la cima con basaltos de ~12-11 Ma. En este trabajo también se reconocieron y fecharon cuerpos intrusivos de composición intermedia con edades del Cretácico Superior (~66 Ma) y del Eoceno Tardío (~39 Ma).

De manera general, las unidades volcánicas se encuentran enriquecidas en radioelementos, es decir, los valores medidos y su producción de calor resultante sobrepasan los valores esperados para una corteza continental superior y para rocas ígneas silíceas. Además, los valores de producción de calor son comparables con rocas graníticas conocidas como "granitos productores de calor".

La caracterización de los isótopos de He y Ne en las aguas termales muestra una componente cortical importante (79.4 – 96.1%) y una componente menor de origen mantélico (1.9 – 9.4%).

Estos componentes difieren de los sistemas hidrotermales asociados a zonas geotérmicas con vulcanismo reciente (P. Ej. Los Humeros o Los Azufres, en México) y también difiere del sistema no convencional del Graben de Juchipila, en el sur de

la SMO. La caracterización de la estructura regional muestra que los sistemas de fallas que se cruzan en el área de estudio se desarrollaron de manera contemporánea y que estos sistemas NO-SE y NNOSSE se desarrollaron posteriormente al depósito de cuencas continentales y fallamiento del Cretácico Tardío-Paleoceno. La interacción de los sistemas de fallas juega un papel importante en el ascenso y calentamiento por convección de las aguas termales.

En conclusión, los datos obtenidos muestran que las rocas del Eoceno-Oligoceno se encuentran enriquecidas en radioelementos debido al continuo reciclaje de la corteza continental y evidentemente al voluminoso magmatismo silíceo. Las rocas mapeadas y caracterizadas en el área de estudio representan la expresión superficial de la corteza continental a nivel local, por lo que se infiere que, si las rocas volcánicas en superficie son productoras de calor, entonces las rocas asociadas a profundidad también lo son y contribuyen al calentamiento de las aguas que se infiltran a través de las fallas profundas, principalmente en las zonas de intersección de los sistemas de fallas.

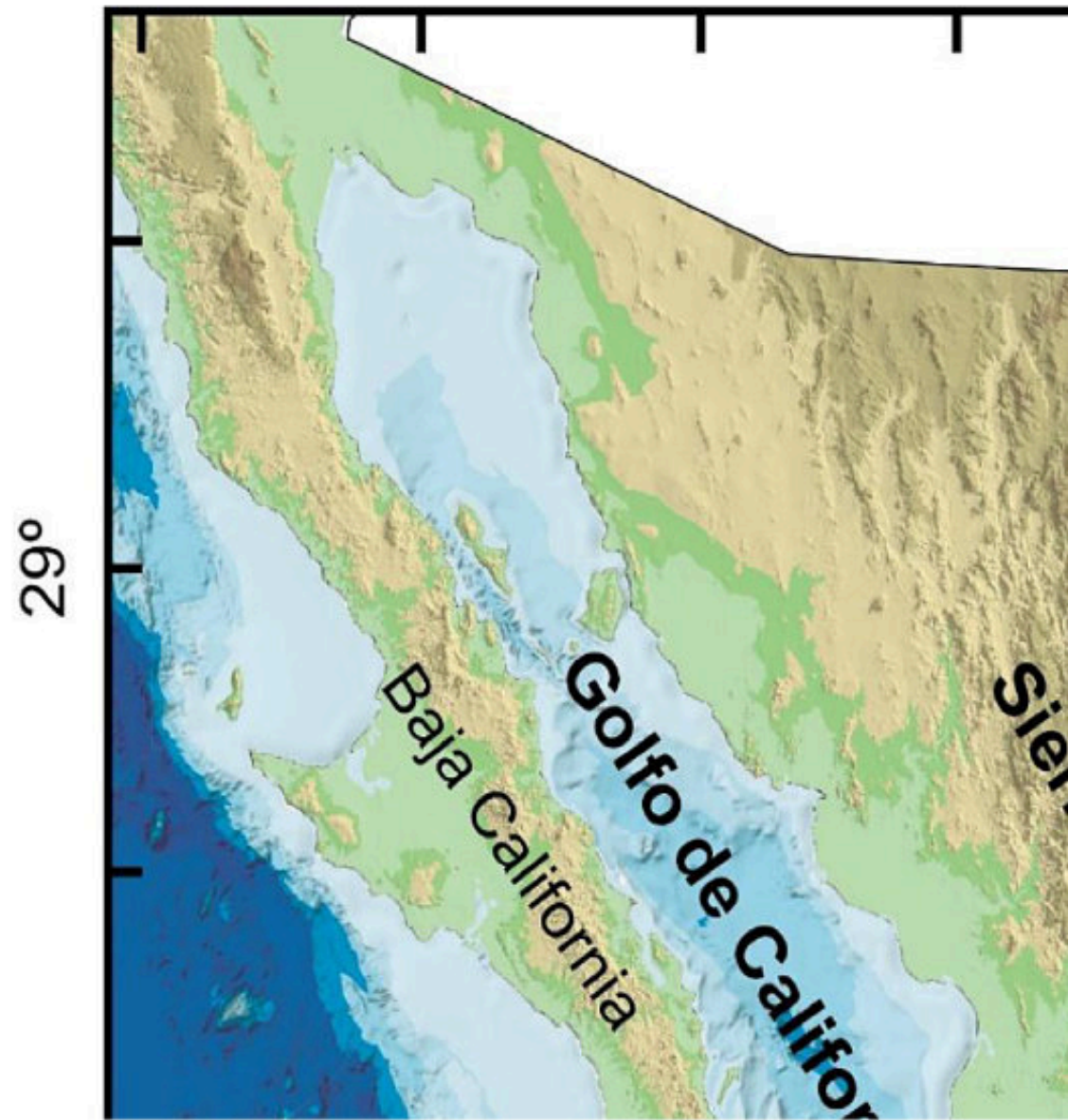


Figura 1.1 Contexto tectónico y localización del área de estudio. BJ–Bloque Jalisco, FVTM–Faja Volcánica Transmexicana, GT–Graben Tepehuanes, SGSP–Semigraben Santiago Papasquiari, GS–Graben Santiaguillo, CVD–Campo volcánico Durango, GRCO–Graben Río Chico-Otinapa, GJ–Graben de Juchipila, SFSLT–Sistema de fallas San Luis-Tepehuanes.

Petrología y geoquímica isotópica del complejo alcalino La Vasca, noroeste de Coahuila

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. 2023.

Sustentante: **Edgar Alan Martínez Salinas.**

Asesores de tesis: *Dr. Bodo Weber y Dr. Roberto Díaz Martínez.*

Resumen

En el complejo alcalino La Vasca (CALV), afloran cuerpos ígneos con afinidad peralcalina y mineralizaciones de eudialita, los cuales no se habían considerado previamente en el magmatismo regional, en especial respecto a la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM). La Vasca estaba pobremente documentada y no se conocía su vínculo con esta provincia magmática, además que los minerales del grupo de eudialita son de elevado interés por su contenido de elementos de tierras raras. En este trabajo se realizaron descripciones petrográficas, análisis geoquímicos de elementos mayores, traza, e isótopos de Sr, Nd, y Pb, así como geocronología U-Pb en zircones. En el CALV, se identificaron granitoides ferroanos, alcalinos, clasificados en dos grupos por su saturación de alúmina: metaluminoso y peralcalino. Un grupo de diques, sills y rocas volcánicas vistas en el Ejido San Miguel, localidad cercana al CALV, muestran semejanzas con las rocas metaluminosas, mientras que los diques y sills que afloran en las periferias del CALV son casi exclusivamente peralcalinos. Las rocas metaluminosas muestran firmas geoquímicas de ambiente post-colisional e intraplaca, mientras que las peralcalinas poseen firmas intraplaca. Ambos grupos muestran poca contaminación cortical, afinidad con una fuente de manto tipo OIB, y atravesaron un basamento Fanerozoico a Precámbrico asociado a la zona interior de la sutura Ouachita. Zircones en las rocas metaluminosas arrojan edades de ca. 48 y 45 Ma, y las condiciones de formación de las rocas indican que las rocas peralcalinas son cogenéticas. Las rocas del CALV se ajustan al modelo de formación de magmas en la PAOM, en el que se propone que el retroceso de la subducción plana de la placa Farallón ocurrió debido a la ruptura del conjugado de Hess, causando el ascenso de la astenósfera y la fusión de un manto litosférico modificado por subducción. Concluida la ruptura y el hundimiento del conjugado de Hess, comienza a contribuir un manto astenosférico metasomatizado a la formación de magmas. El CALV marca la extensión de la PAOM en el noroeste de Coahuila.

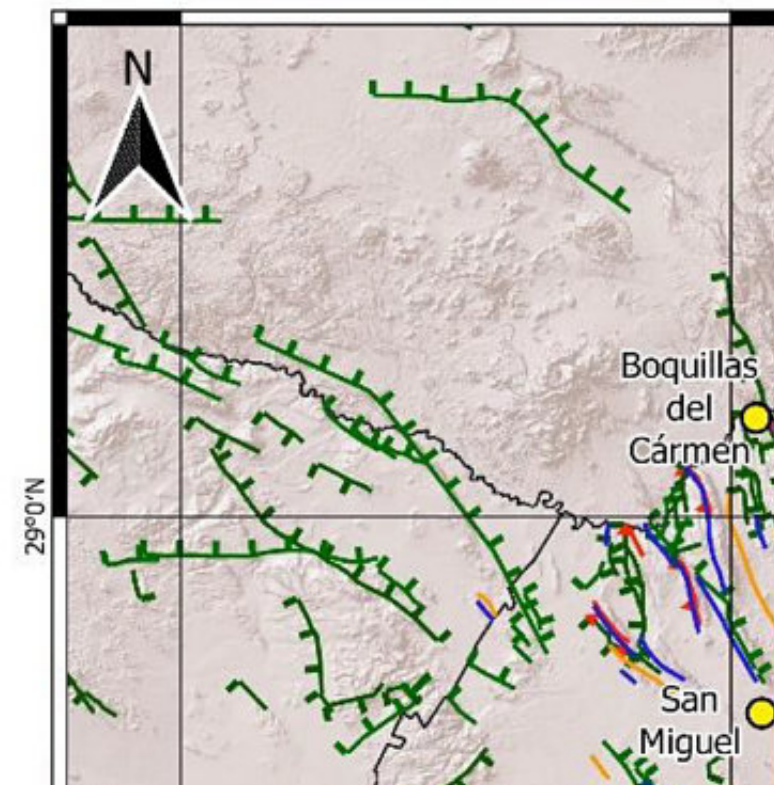


Figura 1.1 Estructuras principales de la región, donde las orientaciones predominantes en dirección NW-SE se asocian a la extensión de Cuencas y Sierras. Estructuras tomadas de Servicio Geológico Mexicano (2006), y O'Neill et al. (2017).

Remoción de arsénico por medio de filtro de diatomea.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para obtener el título de Ingeniero de Minas y Metalurgista. 2023.

Sustentante: **Arnold Misraim González Eufrazio.**

Asesora de tesis: *Dra. María del Rosario Iturbe Argüelles.*

Resumen

La importancia del agua en el desarrollo y prosperidad de una sociedad es fundamental, conocer maneras de purificación es y ha sido tema de interés y debate a lo largo de la historia de la humanidad. En el caso concreto de México, una de las principales problemáticas relacionadas con el agua para consumo humano es el alto contenido de metales pesados como el arsénico. Este elemento puede ser encontrado de manera natural (asociado a unidades geológicas) o ser de origen antropogénico (contaminación por actividades mineras). Varios estudios sustentan esta problemática, ejemplos de esto son los estados de Colima, Coahuila y Guanajuato, por mencionar algunos.

Por esta razón, encontrar métodos eficaces para la remoción de sustancias tales como el arsénico resultan importante. La investigación en este rubro es extensa, desde la búsqueda de métodos viables como los materiales necesarios para llevar a cabo la remoción de este tipo de sustancias hasta la implementación de programas en las zonas afectadas por esta problemática.

Ahora bien, el arsénico como elemento es común en gran cantidad de minerales, por su parte, en las aguas naturales subterráneas se encuentra como especie disuelta. Las propiedades tóxicas de este elemento son altamente conocidas en el mundo de la farmacéutica y sus usos no sólo se relacionan con esta industria, sino que se extienden desde el sector industrial hasta el sector agrícola.

Mientras tanto, la importancia de las diatomeas radica en sus propiedades y características. Las diatomeas son organismos unicelulares presentes en el planeta desde hace millones de años y las rocas asociadas a ellas son llamadas diatomitas. Algunas de las propiedades de las diatomeas es su capacidad de filtración y su uso es bien conocido, además de esto, las diatomeas pueden ser utilizadas como indicadores ambientales y ser un parámetro para conocer las condiciones de cuerpos de agua.

Los mecanismos que existen para la remoción de arsénico en la actualidad son muy variados, estos van desde la precipitación del elemento o compuesto de interés, la adsorción de este, la coagulación y floculación; hasta métodos por cambio iónico.

Sin embargo, gran parte de estos métodos no son aplicables o viables en zonas donde la población no tiene forma de acceder ellos. Ya que generalmente los problemas relacionados con altos contenidos de arsénico se encuentran en poblaciones con escasa actividad económica o con un nivel de desarrollo bajo, lo cual imposibilita la incorporación de estos sistemas a la sociedad que los requiere.

Así pues, en este trabajo se estudia una metodología sencilla llevada a cabo bajo condiciones controladas, además de los factores que intervienen en la eficacia para la remoción de arsénico disuelto en agua por medio de una capa de diatomeas.

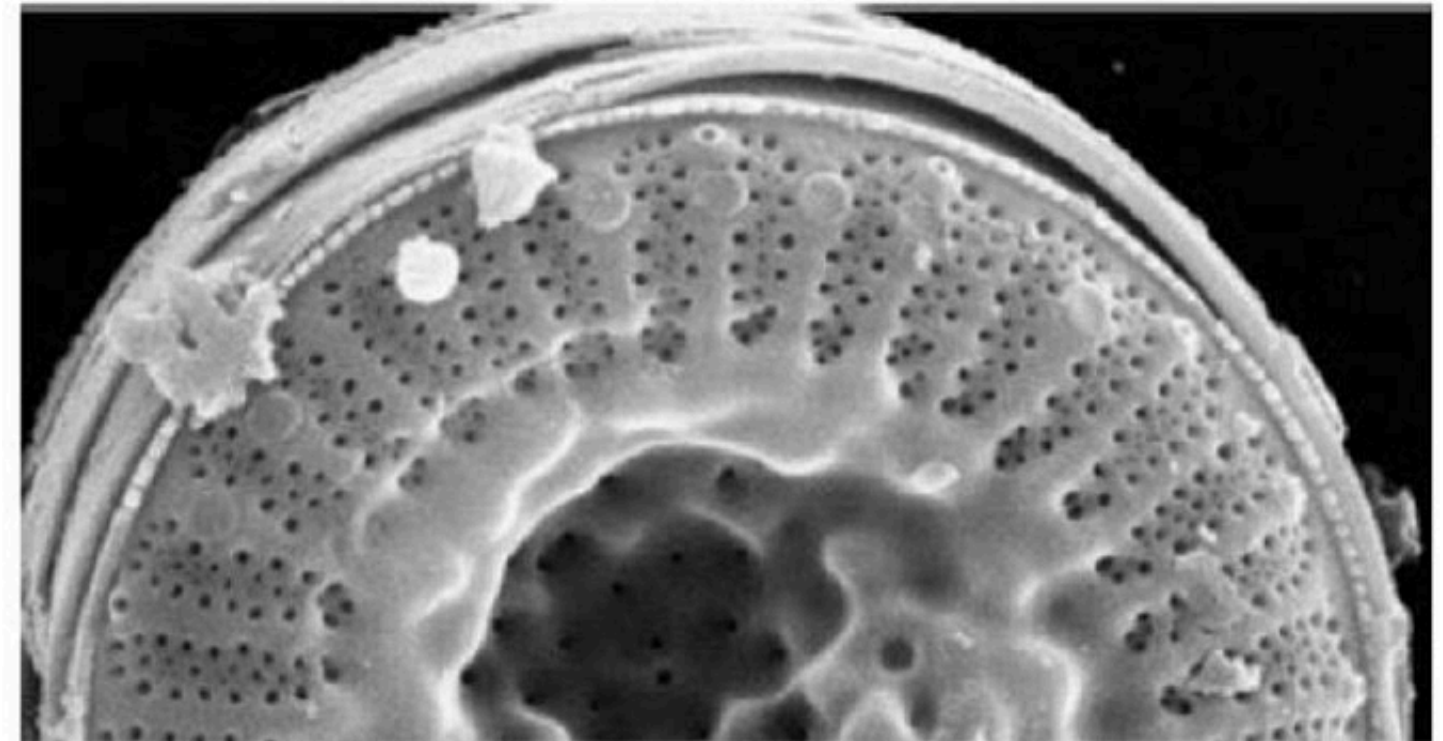


Figura 1.1 Diatomeas utilizadas en la experimentación. (A) Diatomea HYCEL, (B) Diatomea CELITE.

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

Evaluación del aporte hidrológico superficial en el sistema de bloque de montaña de la subcuenca Ojos Negros

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

Tesis para para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2023.

Sustentante: **Ricardo Adolfo Hidalgo Rodríguez.**

Asesor de tesis: *Dr. Thomas Gunter Kretzschmar.*

Resumen

Este trabajo se realizó en la sección de la subcuenca Ojos Negros, sobre el bloque de montaña de la Sierra de Juárez (denominado Sistema de Bloque de Montaña de la Subcuenca Ojos Negros, SBMON), en el estado de Baja California, México. Se llevó a cabo un modelado hidrológico del escurrimiento en el periodo 1981-2020 para cuantificar el aporte hidrológico de salida hacia el Valle de Ojos Negros. En cumplimiento del objetivo, se diseñó una base de datos meteorológicos compuesta por los registros diarios de las estaciones meteorológicas en la región y del modelo de forzamiento de superficie NLDAS2. Se recopiló un conjunto de información edafológica, forestal, geológica, satelital y topográfica dentro del área de estudio. Con la información recolectada, se elaboraron dos modelos de escurrimiento empleando el método de las curvas numeradas (CN) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Los modelos fueron ajustados con los valores de sustracción inicial, I_a , de 0.2 (modelo A) y 0.05 (modelo B). Las series generadas se compararon con los resultados del modelo GCN250, basado en los datos edafológicos y forestales de la Agencia Espacial Europea (ESA). A nivel regional, se observó un aporte de escurrimiento anual de 9.2 Mm^3 (GCN250), 10.9 Mm^3 (modelo A) y 4.7 Mm^3 (modelo B). La sección oriental del SBMON mostró el mayor potencial de infiltración, pero también fue la zona con mayor producción de escurrimiento en todos los modelos. Desde la perspectiva estacional, se identificaron periodos donde los escurrimientos formados a partir de las lluvias en verano superaron a los generados en la temporada invernal. Con base a los resultados obtenidos, el aporte de escurrimiento dentro del SBMON es significativa, no obstante, los procesos de escurrimiento subsuperficial y subterráneo pueden tener un papel todavía más importante en la recarga hacia el Valle de Ojos Negros. Se recomienda dar seguimiento a la variación del contenido de humedad en los suelos del SBMON, a los patrones anuales y estacionales de precipitación, así como la contribución hídrica del derretimiento de la nieve en la Sierra de Juárez.

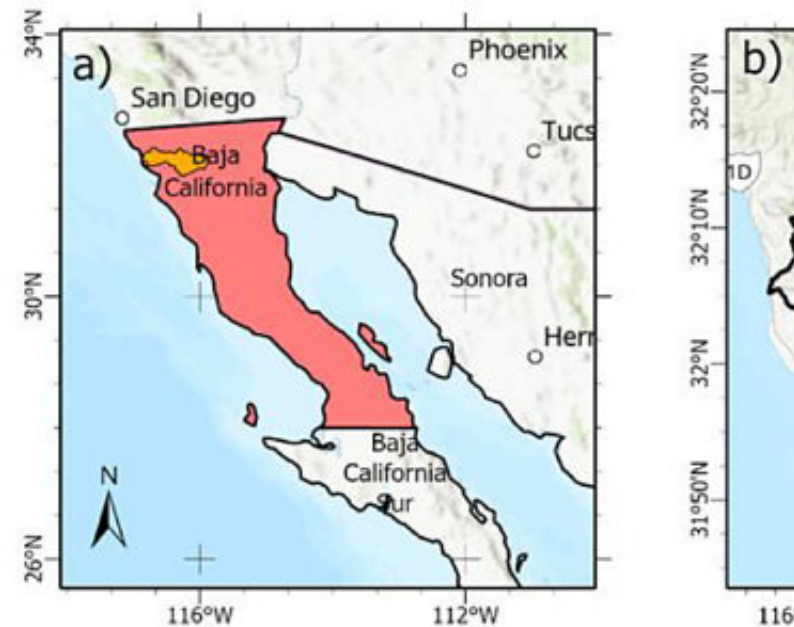
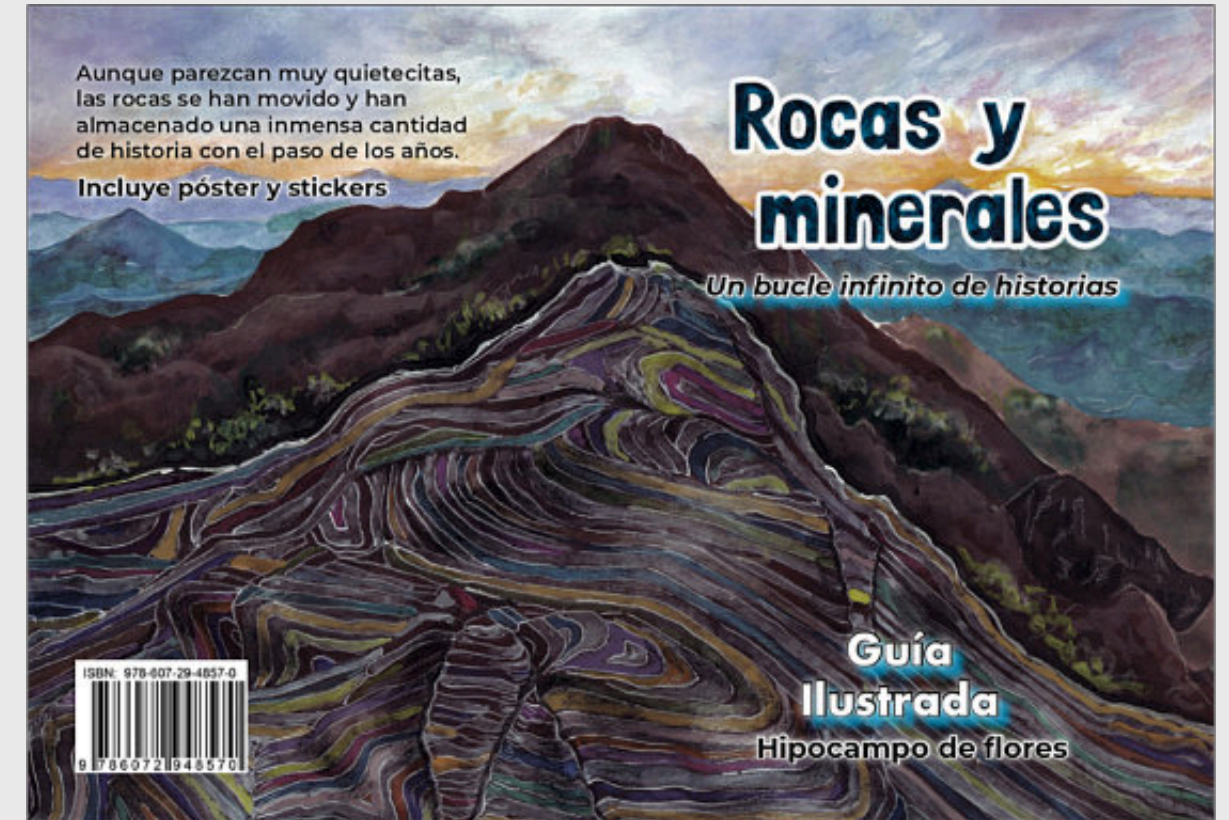


Figura 1.1 a) Ubicación de la cuenca Guadalupe en el estado de Baja California. b) Ubicación del área de estudio. c) Red de drenaje y topografía del Sistema de montaña de la subcuenca Ojos Negros.

El libro recomendado

<https://sites.google.com/view/hipocampoglass>



Links para la adquirir el libro:

IG <https://instagram.com/hipocampo.de.flores>

FB <https://www.facebook.com/Hipocampodeflores>

Web: <https://sites.google.com/view/hipocampoglass>

Whatsapp: 5560613982

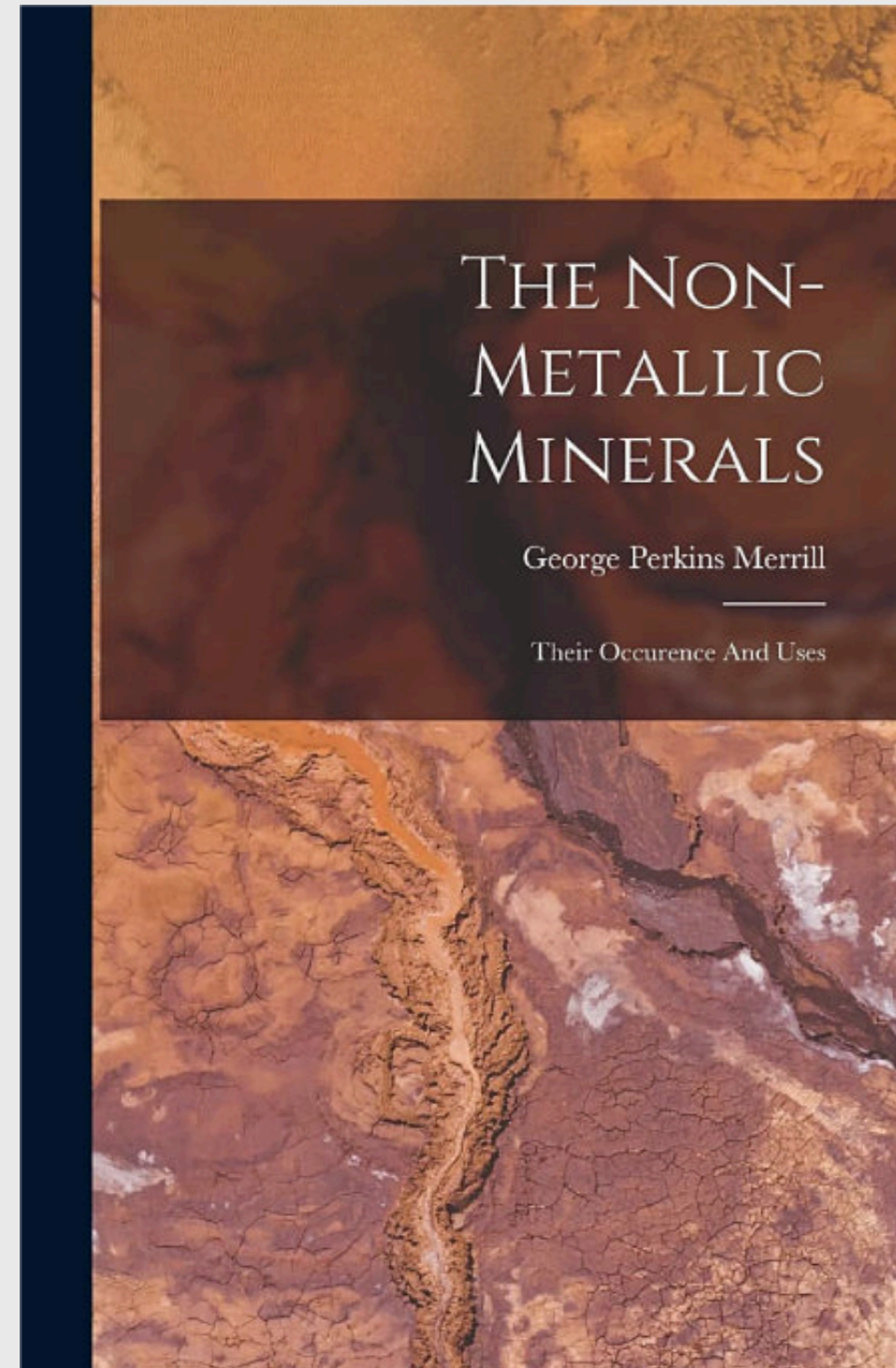
Semblanza

Clara Flores y Silvana Flores, egresadas de Ciencias de la Tierra conforman la Colectiva Hipocampo de Flores que tiene como objetivo difundir la ciencia a través del arte. Autoras del libro Rocas y minerales un bucle infinito de historias.



El libro recomendado

https://www.amazon.com/Non-metallic-Minerals-Their-Occurence-Uses/dp/1016017138/ref=sr_1_1?crid=U0BFZ4ALELS2&keywords=The+Non-Metallic+Minerals+%3A+Their+Occurence+and+Uses+by+George+Perkins+Merrill&qid=1703613099&srefix=%2Caps%2C125&sr=8-1



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. Geoingeniería solar.

Natalia Silva Cruz

Colaboradora de la Revista

Existen temas que ganan relevancia cuando el pesimismo sobre el calentamiento global gana terreno, hoy hablaremos sobre uno de ellos, que es muy controversial pero que siempre reaparece cuando llegan las cumbres climáticas (como la Conferencia del Cambio Climático de las Naciones Unidas, COP28, que se está llevando a cabo mientras escribo este artículo y de la que hablaremos en un próximo artículo). Resulta frustrante para quienes ven con preocupación el calentamiento global, que muchos de estos acuerdos climáticos sean muy flexibles y poco vinculantes, y que cuando lo son (como la Enmienda de Doha del Protocolo de Kioto), simplemente no son ratificados por los miembros firmantes ante las inminentes multas que acarrearían por no cumplir lo pactado porque no se realizan acciones relevantes por temor a la desaceleración económica local, entre otros motivos.

Siempre comentamos sobre cómo el calentamiento global se debe abordar desde todos los aspectos posibles, y el enfoque más común gira en torno a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, no obstante, existen propuestas para disminuir el volumen de estos gases que ya se encuentran en la atmósfera, por ejemplo, capturando CO₂ de manera artificial directamente del aire (que no es lo mismo que atraparlo en la fuente) mediante plantas que toman el CO₂ del ambiente para su posterior almacenamiento, esto se conoce como geoingeniería. Originalmente, se consideraba que reducir las emisiones sería suficiente para controlar el calentamiento global, sin embargo, las hojas de ruta de los diferentes institutos que soportan los acuerdos climáticos, como la Agencia Internacional de Energía, con base en París, están incluyendo metodologías de geoingeniería para el atrapamiento de carbono directamente en la atmósfera, aumentando desde menos de 0.01 millones de toneladas de CO₂ al año (MtCO₂/año) en la actualidad a alrededor de 70 MtCO₂/año en 2030, y a aproximadamente 600 Mt CO₂/año en 2050¹. Este mecanismo es costoso, pero ha

demostrado su viabilidad como medio para la descarbonización de la atmósfera.

Grosso modo, el efecto invernadero tiene básicamente los siguientes actores: 1) el sol que emana radiación, 2) la atmósfera que refleja parte de esa radiación de vuelta al espacio mientras permite que el restante llegue a la superficie terrestre, 3) el planeta que refleja una parte y absorbe el remanente para posteriormente emitir radiación infrarroja, y 4) los gases de efecto invernadero en la atmósfera que se calientan por la radiación infrarroja que emite el planeta, transmitiendo ese calor hacia el resto de componentes presentes, dando lugar al efecto invernadero. El método de geoingeniería que explicamos anteriormente se enfoca en el cuarto componente, que son los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera, por otro lado, los métodos de geoingeniería solar, que son de los que hablaremos hoy en detalle, van a actuar directamente sobre la radiación, dependiendo de la técnica empleada, puede ser utilizada para que los rayos solares incidentes sean reflejados o para que la radiación infrarroja que emite el planeta salga del sistema y no sea retornada, evitando de esta manera la generación del efecto invernadero. La Figura 1 muestra un diagrama donde describe el efecto invernadero y el lugar destinado a implementar la geoingeniería solar. A continuación, veremos las propuestas más divulgadas (hago la salvedad de que divulgación no es sinónimo de aceptación, especialmente aquellas que parecen salidas de la lista de pendientes de un villano de ciencia ficción).

Inyección de aerosoles en la estratosfera. Los efectos de esta técnica no son desconocidos para los amantes de la Geología Histórica, el planeta ha tenido múltiples eventos con suficientes evidencias que permiten concluir que ciertas partículas en la atmósfera bloquean la radiación solar, enfriando el planeta. Las cenizas liberadas durante actividades volcánicas tienen dicha característica, tal como la geológicamente reciente erupción del Krakatoa en 1883, que se estima, enfrió el planeta un promedio de 0,6°C durante los meses posteriores²; o como algunos impactos de meteoritos, como el Chicxulub, que lanzó tanto polvo a la atmósfera que alcanzó a enfriar el planeta en unos 15°C³. Y no tenemos que ir tan lejos en el tiempo, es posible que nuestros esfuerzos por minimizar nuestros desechos en forma de aerosoles que liberábamos a la atmósfera estén promoviendo el efecto invernadero,

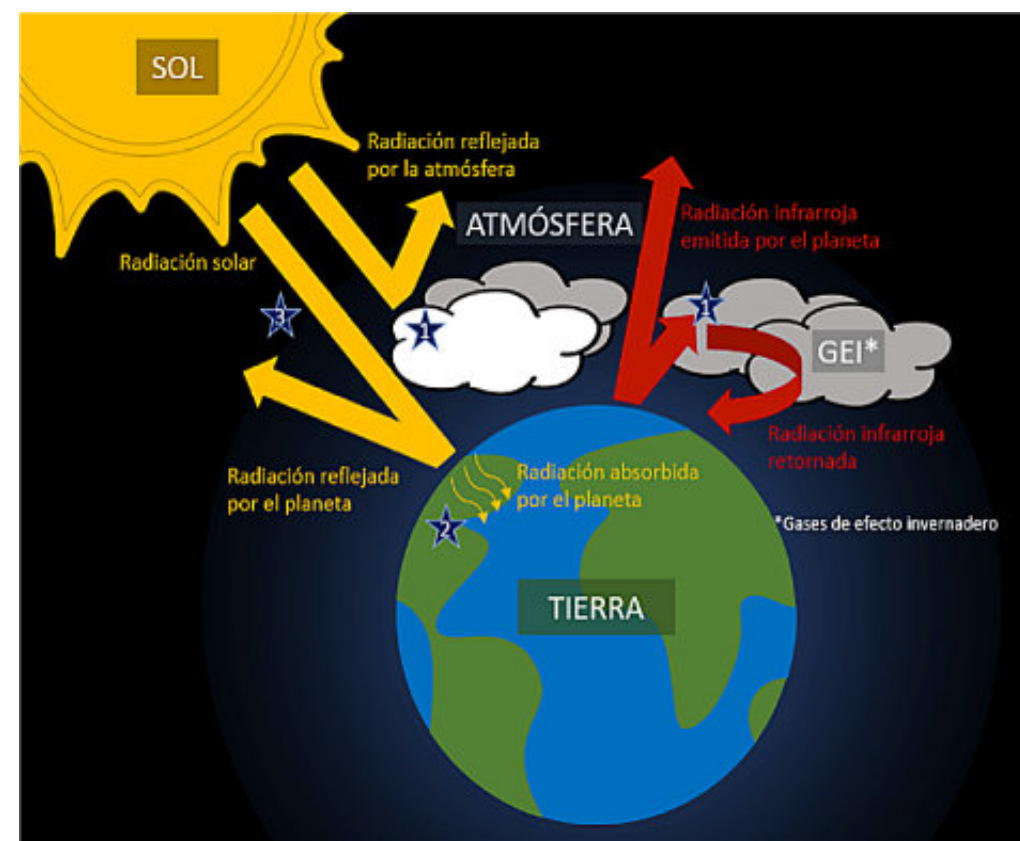


Figura 1. Diagrama del efecto invernadero. La geoingeniería solar tiene como objetivo promover la reflexión de la radiación solar incidente o la trasmisión de la radiación infrarroja ascendente para que salga del sistema terrestre, minimizando la probabilidad de generación del efecto invernadero. Las estrellas indican los lugares potenciales para su implementación: en la atmósfera (1), en la superficie terrestre (2) o fuera del sistema planetario (3).

porque cuando los utilizábamos de manera indiscriminada, ellos bloqueaban la radiación solar. El plan en papel es sencillo, consiste en lanzar aerosoles en la estratosfera, que pueden estar conformados por sulfatos (tal como los que se presentan en las erupciones volcánicas). Ahora, lo que todavía no sabemos con precisión es en dónde se haría el lanzamiento, cuál es la cantidad necesaria, ni la frecuencia, ni el impacto en el ecosistema, ni quién debería pagarlo. Por mucho, es la técnica de geoingeniería solar más aceptada por el público, la academia y agencias gubernamentales.

Incrementar el albedo de las nubes sobre el mar. No todas las nubes son iguales, algunas son beneficiosas para prevenir el calentamiento global, otras no. Las nubes que se desean son aquellas que tienen tonos más blanquecinos, porque son las que reflejan mejor la radiación solar. Para conseguir este objetivo, se propone rociar en la atmósfera agua de mar, que contiene diminutos minerales que actúan como núcleos de condensación (sobre cuya superficie se posa el aire húmedo saturado para dar lugar al cambio de fase), el

resultado son nubes de tonos muy claros que reflejan mucho más la radiación solar gracias al efecto Twomey. Aunque existen casos exitosos de procesos similares, como la formación artificial de nubes en áreas donde se necesita precipitación, todavía no existe suficiente conocimiento sobre las propiedades particulares de las partículas necesarias para el objetivo específico de generación de nubes de tonos claros.

Modificación o eliminación de cirros. Los cirros son las nubes que más promueven el calentamiento global por excelencia. Son nubes a una relativa gran altitud, cerca de la tropopausa, están compuestas por cristales de hielo que cuentan con características ópticas que actúan como barrera para la radiación infrarroja que emite el planeta, manteniendo el sistema caliente. La técnica propuesta consiste en disminuir el volumen de estas nubes o inclusive eliminarlas por completo cuando sea posible, lo que conseguiría alterando su estructura, haciéndolas inestables y reduciendo su período de vida. Existen algunas propuestas que no han sido completamente probadas, no se han realizado los experimentos mínimos y

se tiene un nivel de incertidumbre demasiado alto sobre el efecto real en el efecto invernadero, de manera que no veríamos su aplicación en el futuro cercano.

Métodos para aumentar el albedo en la superficie terrestre. Estas técnicas están principalmente encaminadas a modificar las propiedades ópticas en la construcción. Por ejemplo, contamos con tecnologías como los conocidos “techos fríos”, que consisten en la utilización de superficies reflectantes que tienen una alta emisión térmica y reflectancia solar. Desde la antigüedad el hombre ha implementado métodos con estas características para mantener temperaturas bajas en las edificaciones de manera exitosa, es una técnica muy extendida y avanzada, sin embargo, no es barata, lo que limita ampliamente su ejecución a gran escala. También podemos mencionar el uso de pinturas especiales (que tampoco son baratas frente a otras técnicas) que reflejan la radiación solar y que emiten infrarrojos de bajas frecuencias, menos susceptibles a ser interceptados por la atmósfera, permitiendo su salida del sistema planetario.

Técnicas ubicadas en el espacio exterior. En pocas palabras, la idea general es establecer un arreglo de objetos fuera del sistema terrestre que se interponga entre el sol y el planeta, haciéndonos sombra. Los planes más comunes incluyen espejos, polvo espacial, o pequeños satélites. Para cualquiera de las propuestas analizadas, las restricciones más significativas son el tiempo y el dinero, estamos hablando probablemente de decenas de años para empezar a ver resultados significativos, de manera que importantes organismos, como la Real Sociedad de Londres para el Avance de la

Ciencia Natural, han desestimado casi por completo la utilidad de estos métodos.

Las técnicas de geoingeniería solar se mantienen todavía fuera de los planes de acción para el control del calentamiento global más aceptados, principalmente, porque existe una incertidumbre muy alta sobre los efectos secundarios que se pueden presentar. La interacción de las diferentes partículas con la capa de ozono y otros componentes de la atmósfera debe ser entendida en su totalidad, así como el impacto en todo el ecosistema. En principio, todo el planeta se beneficiaría, pero poner de acuerdo sobre algo tan controversial a múltiples países, comunidades, institutos, academias, gobiernos, no es nada sencillo, especialmente cuando se toca el tema de financiación. Afortunadamente, existen grupos de estudio, como el Programa de Investigación de Geoingeniería Solar de la Universidad de Harvard y en muchas otras universidades, donde se están asegurando de tener un entendimiento avanzado de estas técnicas para que, llegado el caso, sean puestas en práctica minimizando riesgos, costos y tiempos de ejecución. Absolutamente todos los académicos que estudian la geoingeniería solar sobre los cuales me basé en este artículo, están de acuerdo con que la principal opción es dejar de emitir gases de efecto invernadero como mecanismo de control del calentamiento global y que la geoingeniería solar solo debe ser utilizada como método secundario de apoyo, con seguridad, ninguno de estos métodos será implementado en el futuro próximo siempre y cuando se cumplan los planes de ruta estipulados en los acuerdos climáticos.

¹IEA. Unlocking the potential of direct air capture: Is scaling up through carbon markets possible? 2023

<https://www.iea.org/commentaries/unlocking-the-potential-of-direct-air-capture-is-scaling-up-through-carbon-markets-possible>

²Begum, T. The 1883 Krakatau eruption: a year of blue Moons. The Natural History Museum, London. <https://www.nhm.ac.uk/discover/the-1883-krakatau-eruption-a-year-of-blue-moons.html>

³Sci.News. Study: Asteroid Impact-Generated Dust Played Key Role in Dinosaur-Killing Mass Extinction, 2023. <https://www.sci.news/paleontology/chicxulub-asteroid-dust-12406.html#:~:text=They%20inputted%20the%20measured%20size,much%20as%2015%20degrees%20Celsius>



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

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

naticasilvacruz@gmail.com



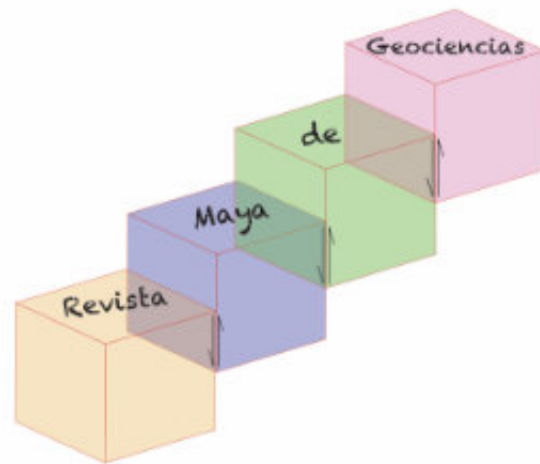
Vista panorámica de un pequeño poblado al sur de Chihuahua-México. Fotografía tomada por **María Guadalupe Cordero Palacios**.



Mineral grosularita con cristalización en rombododecaedros y algunos trapezoedros, Chihuahua-México. Fotografía tomada por **María Guadalupe Cordero Palacios**.

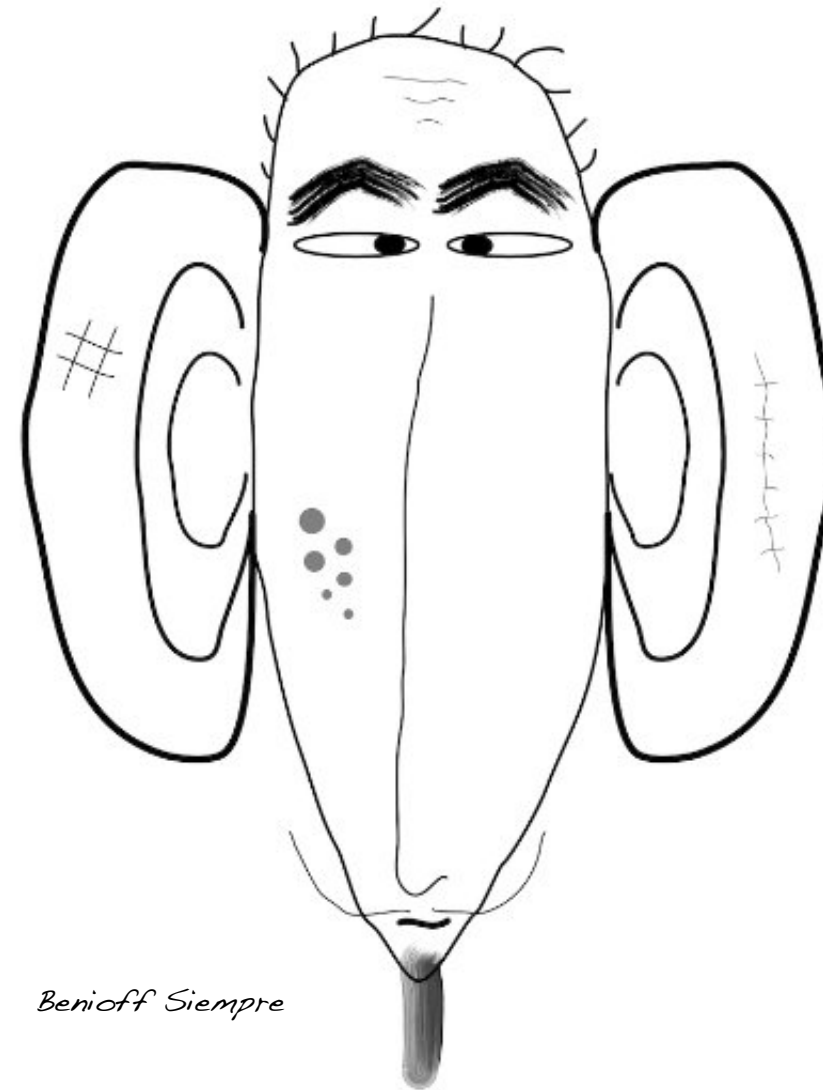


Bandas de Liesegang, Chihuahua-México. Fotografía tomada por María Guadalupe Cordero Palacios.



Se puede quitar a un general su ejército, pero no a un hombre su voluntad.

Confucio



Benioff Siempre

A nosotros los estudiantes 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 de geología y tienes fotografías de afloramientos de tu área de estudio o de viajes de campo?

Comunícate con

Saúl Humberto Ricardez Medina

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

La importancia de la evaluación del sello en el funcionamiento del sistema petrolero.

Marisol Polet Pinzón

Colaboradora de la Revista

Existen cinco elementos críticos necesarios para que un sistema petrolero funcione, donde se puedan encontrar hidrocarburos, siendo estos: una roca generadora madura, una ruta de migración, una roca almacén, una trampa y un

sello, es decir se precisa un sistema petrolero completo (Magoon y Dow 1994).

¿Qué es un sello? Sabemos que un sello, en términos del sistema petrolero, es una capa relativamente impermeable (figura 1), conforma una capa de roca que funciona como una barrera sobre y alrededor de una roca almacén, la cual comúnmente consiste de lutita, sal, entre otros, la cual evita que los fluidos migren más allá del yacimiento (Downey, 1984).

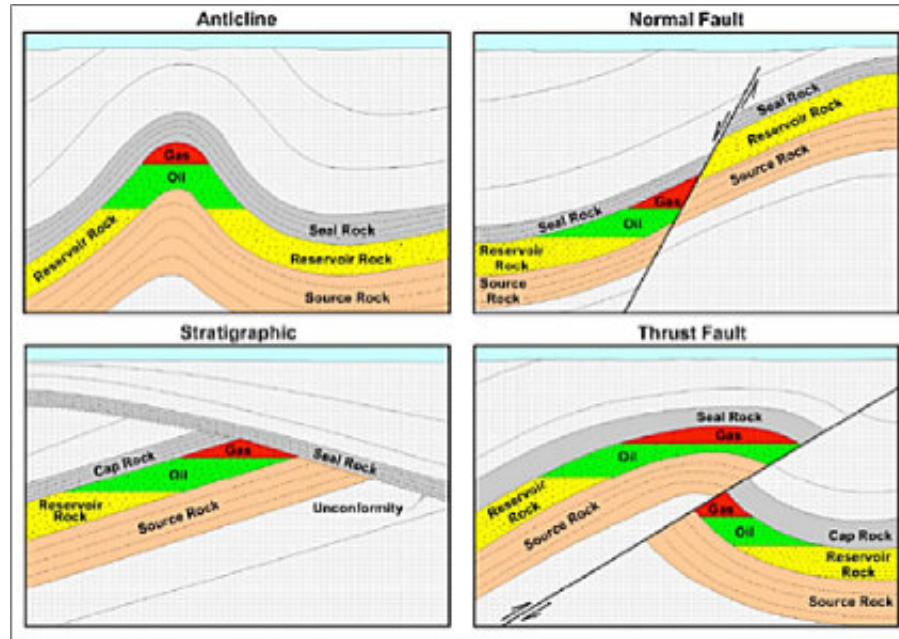


Figura 1. Principales tipos de sello y trampas de hidrocarburos asociadas (Tomado de SAGE, Seismological Facility for the Advancement of Geoscience).

Los sellos están estrechamente relacionados con las trampas hidrocarburos, algunas de estas incluyen: trampas estructurales (como pliegues, anticlinales, fallas, diapiros) y trampas estratigráficas, combinadas. Las trampas pueden tener sello superior, lateral e intraformacional. En la figura 2 (a), los hidrocarburos se encuentran atrapados en un anticlinal, mediante un sello superior, lateral e inferior; la figura 2 (b) muestra hidrocarburos atrapados por una falla, nuevamente se observa la presencia de sellos superior, lateral e inferior; la figura 2 (c) muestra hidrocarburos atrapados en una

cuña estratigráfica, donde el cambio de facies lateral funciona como sello; finalmente la figura 2 (d), muestra hidrocarburos atrapados mediante una discordancia, con presencia de sellos superiores y laterales.

La figura 3 muestra una trampa de sal, en la cual, los hidrocarburos quedan atrapados contra el cuerpo de sal y debajo del sello superior.

Finalmente, la figura 4 ilustra una trampa conformada por un cuerpo de lutita, en la que los hidrocarburos se

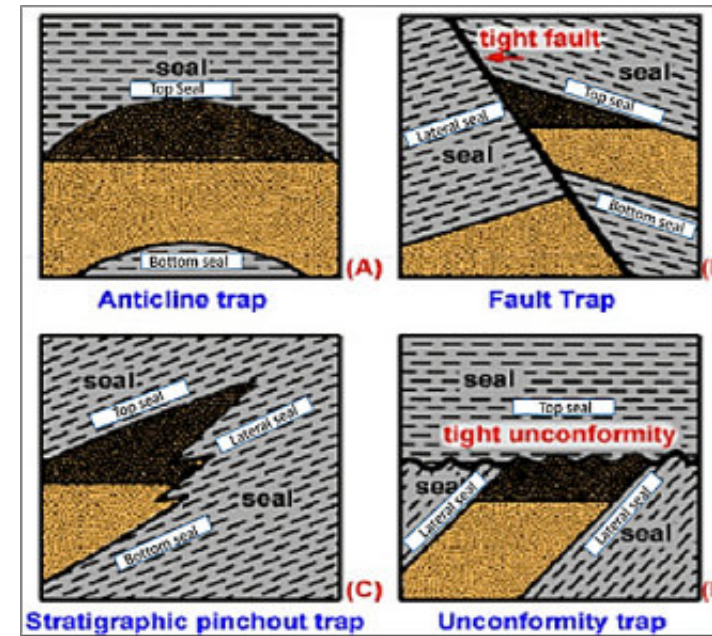


Figura 2a, 2b, 2c, 2d. Principales tipos de sello y trampas de hidrocarburos asociadas (Mustafa y Khalil, 1995).

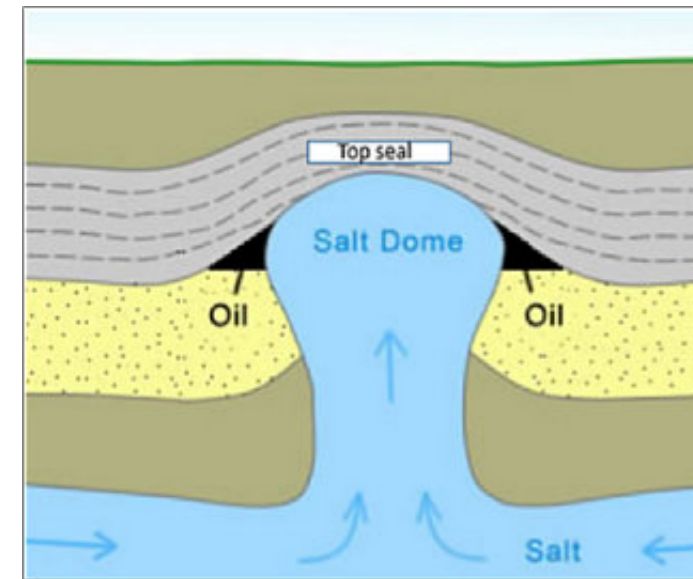


Figura 3. Sello conformado por un cuerpo de sal (Tomado de SEG WIKI, 2023).

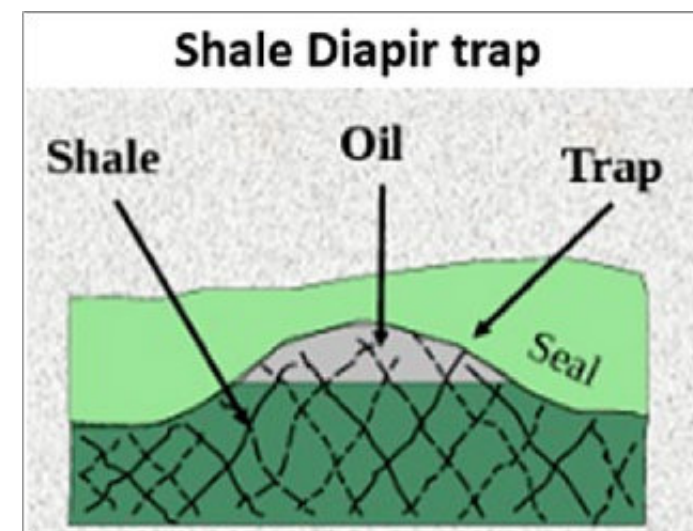


Figura 4. Sello conformado por un cuerpo de arcilla (Bjorlykke, 1989).

encuentran atrapados en la parte superior (muy fracturado por la presencia de sellos superiores y laterales).

¿Cuál es la importancia del sello? El sello es un elemento importante y subestimado en la evaluación de una posible acumulación de hidrocarburos. Los sellos eficaces para las acumulaciones de hidrocarburos suelen ser rocas de carácter dúctil, de espesor potente para soportar la columna de hidrocarburos, lateralmente continuas, con presiones capilares suficiente. El sello puede ser evaluado en dos diferentes escalas: una escala "micro" y una escala "mega", donde los datos cuantitativos medidos a escala de muestra de mano son extrapolar a la escala de la superficie sellante. El análisis de la eficacia del sello puede centrarse en caracterizar los sellos de acuerdo con el tipo de trampa asociada, por ejemplo, los anticlinales, presentan relativamente un riesgo bajo, porque cualquier capa que sirva como sello superior también será un sello lateral, las trampas estratigráficas y los prospectos con fallas representan un riesgo mayor. Es importante realizar la evaluación del riesgo del sello en un prospecto de exploración ayudan en la estimación del éxito de la exploración.

Existen diversos casos donde se ha documentado la importancia del funcionamiento del sello en la evaluación de una posible acumulación de hidrocarburos, sin embargo este tema ha sido comúnmente abordado en análisis de tipo post-perforación de un pozo, donde se ha considerado el denominado "fallo en el sello". Recientemente, especialistas en el análisis de sistemas petroleros, como David Rajmon, Zhiyong He, entre otros han compartido sus experiencias sobre el tema.

Rajmon, D. (diciembre de 2023) analiza el uso del término "fallo en el sello", por ejemplo cuando se tiene presencia de filtraciones de hidrocarburos, para ello toma en consideración dos situaciones, un sello que falla debido a la presión del fluido o un sello que se rompe mecánicamente. Recordemos que el sello es una roca que tiene una presión de entrada capilar más alta en relación con otras rocas adyacentes, entonces cuanto mayor sea el contraste, mayor será la columna HC que podrá contener. Una vez que una columna de HC genera suficiente presión

(por flotabilidad o generación de HC), el fluido de HC ingresa y fluye a través del sello, ya sea a través de la garganta de poro o a través de fracturas abiertas, de esta manera el flujo continúa siempre y cuando haya suficiente presión para impulsarlo, entonces los sellos actúan como válvulas y no hay daños permanentes por presión, que drenen la trampa. Sin embargo, el sello simplemente libera el fluido/presión que excede su capacidad de sellado. Entonces, el uso del término "fallar" en esta situación representa un error. Por otro lado, el análisis del fallo en el sello mecánico, muestra que los sellos conformados por arcillas tienen comportamiento dúctil bajo deformación mecánica, entonces se tienen lutitas asociadas a fallas (*shale smear*) y las rocas más frágiles tenderán a triturarse y podrán convertirse en una roca sello. Aunado a esto se considera el aspecto tiempo, ¿podemos hablar de una falla en el sello si la falla estaba activa mucho antes de la primera carga de hidrocarburos? Con el tiempo suficiente, las fracturas y las rocas asociadas a falla pueden cementarse (bajo condiciones de temperatura de sepultamiento elevadas), por lo tanto, las fallas tienen una gama de posibles capacidades de sellado que pueden ser mayores o menores que la capacidad de sellado sedimentario adyacente. De esta manera se reserva el término "fallo del sello" para casos en los cuales el sello sellaba algo de hidrocarburos antes de fallar. Finalmente, resulta importante cómo llamamos a las cosas, el término "fallo del sello" parece usado en exceso y engañoso. La presión no falla en un sello (ya sea sedimentario o de falla). Por otro lado, el movimiento sobre una falla puede modificar la capacidad de sellado y para destruir verdaderamente una trampa se requiere una combinación específica de tensión, propiedades mecánicas de la roca y tiempo. Lo anterior parece limitante para que ocurra una falla del sello. Entonces es posible que muchos de los casos en los que se citó la "falla" del sello como motivo de un pozo seco fueron, de hecho, malinterpretados, viendo inconscientemente las filtraciones de hidrocarburos que ocurren como un signo de un sello roto "comúnmente". LinkedIn <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7141054249160933376/>.

Z, He (Diciembre de 2023) Muestra la ecuación que relaciona la altura máxima de la columna de hidrocarburos con la presión de entrada del sello capilar, donde señala que incorporar un volumen de petróleo adicional, aumentará la presión de flotabilidad, lo cual se traduce en presión capilar (es decir, la diferencia entre la presión del petróleo y el agua, $P_o - P_w$). Cuando se excede la presión de entrada capilar del sello, las gotas de aceite se conectan a través del sello y pueden escaparse. Entonces, la presión de flotación disminuye y el petróleo que se encuentra conectado en la lutita se vuelve a separar, manteniendo una columna que equilibra las fuerzas. Menciona también

que existen ciertas cosas a tener en cuenta que pueden no ser intuitivas para los geólogos, tales como: 1) el espesor del sello no está en la ecuación (sólo importa el tamaño de la garganta del poro); 2) la parte superior de la columna es la zona con gargantas de poro más pequeñas en la lutita, que puede no estar en la interfaz lutita-arena; 3) la presión del agua tampoco está en la ecuación, por lo que la sobrepresión no afecta la columna; 4) obviamente, el tiempo no es un factor: la columna permanecerá para siempre mientras la roca no cambie. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7142894764231647232/>.

Seal Capacity and Column Height

Column Capacity

$$H = \frac{2\gamma \cos(\theta) \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right]}{g(\rho_w - \rho_o)}$$

γ interfacial tension (N/m)
 r radius of pore throat in seal
 R radius of pore in reservoir
 g acceleration of gravity
 ρ_w water density
 ρ_o oil density
 θ contact angle (wettability)

- Buoyancy of the column in equilibrium with capillary entry/displacement pressure of seal
- **Seal thickness is not one of the parameters, nor is water pressure**
- Question: Can we measure any of these parameters from seismic?

Norway Petroleum Systems Network Group Webinar

¿Qué lecciones hemos aprendido sobre análisis del sello dentro del sistema petrolero en el ejercicio de la labor geológica exploratoria?

- Se considera que es un elemento con múltiples variables, altamente dependiente de la litología y estrechamente relacionado con el tipo de trampa, así como con el tiempo de formación de esta.

- Su evaluación ocasionalmente es subestimada y tiende a ser abordada de manera general, con poco análisis de su relación con los procesos de migración y preservación.
- El análisis de sello representa un área de gran oportunidad en la evaluación de oportunidades exploratorias.

Referencias

Downey, M.W., 1984. Evaluating seals for hydrocarbon accumulations, AAPG, V. 68, N. 11, pp. 1752-1763.

Hydrocarbon Seal and Migration, 2023. SAGE, Seismological Facility for the Advancement of Geoscience. https://www.iris.edu/hq/inclass/lesson/hydrocarbon_seal_and_migration.

Hydrocarbon_seal, 2023. https://wiki.seg.org/wiki/Hydrocarbon_seal.



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

Magoon, L.B., and W.G. Dow, 1994. The petroleum system, in L.B. Magoon and W.G. Dow, eds., The Petroleum System--From Source to Trap: AAPG Memoir 60, p. 3-24.

Moustafa, A. R. y Khalil, M. H, 1995: Superposed deformation in the northern Suez Rift, Egypt: relevance to hydrocarbon exploration, J. Petrol. Geol., 18, 245–266,

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

poletpinzon@gmail.com

PRÁCTICAS DOCENTES: DEL AULA AL TERRENO

Wilmer Pérez Gil
Departamento de Geología
Universidad de Pinar del Río, CUBA.
"Hermanos Saíz Montes de Oca"

Fotos cortesía: Mónica Matos Giralt, Jefry Juan Alexis Zegarra López y Wilmer Pérez Gil

La carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad de Pinar del Río (UPR) se encuentra transitando actualmente por el nuevo Plan de Estudios E, el cual se inserta en el Programa y Plan de carreras para 4 años del Ministerio de Educación Superior de Cuba (MES).

Nuestra carrera tiene identificado varios escenarios naturales para el desarrollo y ejecución de la Práctica Docente, que constituye el principal ejercicio académico formativo e integrador del futuro profesional de la ciencia geológica en el país. Esta actividad complementaria da continuidad a lo aprendido en el aula, permitiendo la adquisición y desarrollo de habilidades indispensables en los estudiantes de pregrado. Constituye un entrenamiento fundamental que brinda la posibilidad a la o el joven de formarse como investigador del entorno natural, pasando de espectador contemplativo a palpar la realidad directamente con las manos.

Son primordiales para ganar en experiencia, aclimatarse al rigor y ritmo del trabajo de campo, interpretar los diferentes fenómenos y procesos que se le presentan. El uso de implementos y herramientas de trabajo son esenciales para lograr este propósito, que por lo general le son desconocidos. El empleo de la brújula, la lupa de mano, el uso y orientación de la hoja cartográfica y por supuesto el método de cómo extraer muestras empleando un martillo, son tareas básicas que todo geólogo debe aprender a poner en práctica y dominar. Asimismo, la descripción de un afloramiento no solo ayuda en la redacción ecuánime de un texto geológico, sino que contribuye en la pericia del futuro investigador. Los estudiantes se distribuyen por grupos o brigadas de hasta cinco integrantes, fomentando el trabajo en equipo y facilitando el colectivismo, además de que teje lazos de cooperación y enseña más que todo, que la geología es una ciencia grupal y multidisciplinaria, muy lejos de la visión en solitario que a veces se promueve. Se necesita el debate para comprender la complejidad de los enrevesados sortilegios líticos que nos ofrece Gea.

La Práctica Docente se desarrolla a través de visitas organizadas a varios senderos o itinerarios previamente explorados por el grupo de profesores a cargo, los cuales establecen aquellos puntos de interés geológico de mayor

relevancia para el aprendizaje de la o el estudiante. A su vez, esto ayuda al joven a ganar visión de campo, a deducir, incluso dónde buscar, ofreciendo elementos para la interpretación de aquello que observa.

En el primer caso, por ser el primer contacto con el terreno, las visitas se realizan a lugares o sitios próximos a la institución universitaria, ya sea caminando si el itinerario incluye unos pocos kilómetros o en bus si se encuentra a más de 20 km, dentro de los límites geográficos de la provincia de Pinar del Río. Son la complementación de asignaturas impartidas como Geología General, Topografía, Mineralogía, Fotografía y Dibujo Geológico Básico. En ellas se hace hincapié en el reconocimiento de tipos de rocas y minerales, procesos de meteorización, fenómenos costeros, fluviales y lacustres, de problemática ambiental, características morfológicas del relieve, entre otros elementos. En el segundo ejemplo, se dispone de un polígono de prácticas docentes bien establecido, enclavado en las proximidades de la comunidad rural Las Terrazas, un escenario natural de la Sierra del Rosario, localizado en el extremo oriental de la Cordillera de Guaniguanico, provincia de Artemisa, en el occidente del país. Destacar, este lugar alberga una Reserva de la Biosfera, declarada por la UNESCO en febrero de 1985.

La PD de 2do año se realiza por espacio de 3 a 4 semanas seguidas, tiempo suficiente para que el estudiante logre aclimatarse al trabajo de campo. Los senderos primero se visitan bajo la guía y conducción de los profesores y una semana después, lo hacen los estudiantes a través de brigadas. Son la complementación de asignaturas como: Geología Estructural, Geotectónica, Geoquímica, Petrografía, Sistema de Información Geográfica (SIG), entre otras. Los itinerarios se centran propiamente en la cartografía geológica y el reconocimiento y descripción de estructuras: fallas, pliegues, discordancias, unidades litoestratigráficas, paleoeventos, etc. Al final de cada jornada, se realiza un trabajo de gabinete entre los miembros del equipo o brigada y los profesores, con el objetivo de puntualizar aspectos vistos en el terreno.

Una vez concluido el período de Prácticas Docentes, para ambos casos, los estudiantes disponen de un tiempo no mayor a dos semanas para preparar y presentar un informe final ante un tribunal de docentes de las asignaturas referidas. La evaluación es individual, en tanto la participación en la PD es de carácter obligatorio. En caso de no presentarse por causas debidamente justificadas, el estudiante, previa autorización del coordinador de la Práctica Docente, deberá incorporarse en el próximo cronograma en que éstas sean planificadas. Solo queda exonerada (o) si su ausencia se ve condicionada por problemas de salud y/o familiares de carácter urgente que

imposibilite la estancia y continuidad del educando en el polígono de PD.

Sin dudas, la realización de la Práctica Docente, más allá de formar al futuro profesional de las geociencias, representa la actividad de mayor importancia y trascendencia durante su etapa universitaria, sencillamente porque cambia la percepción de la o el joven para siempre, logrando enamorarle definitivamente

de la profesión que ha seleccionado para desempeñar. En pocas palabras: es pasión, sacrificio, autoconocimiento y superación de obstáculos (y no solo por las empinadas cuestas), sino por el hecho de promover un estilo y también una filosofía para la vida.

Las imágenes corresponden a las Prácticas Docentes de 1er año y 2do año, respectivamente (ver fotos abajo).



Práctica de geología en El Salvador

Universidad de El Salvador

Dr. Miguel Ángel Hernández Martínez

Correo: miguel.hernandez@ues.edu.sv

Director de la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad de El Salvador.

Introducción

La carrera de Ingeniería Geológica es de reciente creación en la Universidad de El Salvador (UES), tuvo su primer ingreso en 2021 con 14 estudiantes, al 2023 con una población cercana a 50, dividida en tres cohortes. A pesar de que El Salvador se localiza en un contexto que demanda mucho conocimiento geológico, por su alta sismicidad que es originada por la subducción de las placas Cocos-Caribe y de la Zona de Falla de El Salvador (ZFES) (DeMets, 2001; Canora et al., 2014), sus volcanes activos, grandes depósitos de explosiones caldéricas con problemas de cárcavas en la ciudad capital, lluvias extremas provenientes del Atlántico y del Pacífico que desencadenan movimientos en masa, inundaciones y tsunamis, con cuantiosas pérdidas económicas y de vidas humanas; sin embargo, no se contaba con una carrera en Geología, aunque existió hace más de 50 años en UES.

La nueva carrera fue instaurada en 2021, a pesar de la pandemia de COVID19, con el apoyo de la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo, Proyecto CASTES, dándole el impulso inicial para su funcionamiento, capacitando docentes y proveyendo equipamiento mínimo para la investigación científica y didáctica; creándose de esta manera las condiciones y oportunidades para que la juventud salvadoreña con vocación a las geociencias puedan estudiar Geología en su país, aportando así, los profesionales necesarios en esta rama de la ciencia que acompañarán la evaluación de los riesgos geológicos y el uso sostenible de los recursos en El Salvador.

La Ingeniería Geológica ha despertado el interés de la juventud salvadoreña, se imparte en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, con una planta docente conformada de maestros de varias Facultades de la Universidad de El Salvador, que se suman al esfuerzo de la enseñanza geocientífica desde las áreas básicas de la Física, Química, Matemática y

Estadística, como también de áreas especializantes como la Vulcanología, Geotermia, Tectónica, Geofísica, Geomorfología, Hidrogeología, Paleontología, entre otras. así como también se ha abierto a la colaboración de maestros extranjeros, que en modalidad semipresencial han aportado a la formación profesional de estudiantes y docentes.

En apoyo a este esfuerzo, en la semana del 6 al 11 de noviembre de 2023, con la visita del Maestro Bernardo I. García Amador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), los estudiantes conocieron metodologías de geología de campo para la caracterización de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas; planos de fallas, juntas y vetas; reconocimiento de minerales y alteraciones, así como su representación con base en técnicas estereográficas.



Figura 1. Estudiantes de Ingeniería Geológica analizando indicadores cinemáticos en un plano de falla en la localidad de Metapán, El Salvador.

La visita del Maestro Bernardo I. García Amador, por segundo año consecutivo a la Universidad de El Salvador, es parte del seguimiento al curso de Tectónica impartido por él mismo en modalidad virtual desde México y al curso de Geología Estructural correspondiente al cuarto semestre de la carrera. Esta

metodología de trabajo, heredada de la pandemia de COVID19, permitió canalizar las enseñanzas a los estudiantes y fortalecer el conocimiento de áreas de la Geología muy importantes para el desarrollo del país.

En 2023, se visitaron 4 localidades dentro de El Salvador: (1) Metapán, en el que se reportaron rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, correlacionables con la estratigrafía del centro de Honduras (Rogers et al., 2007); (2) San Isidro Cabañas, donde se observaron vetas de cuarzo cortando una suite ígnea, principalmente de composición basáltico-andesítica con edad del Mioceno Tardío, y correspondiente a un depósito epitermal de baja sulfuración (Au-Ag), con antecedentes de actividad minera (Richer et al., 2009); (3) la caldera de Ilopango, sitio emblemático de interés científico por sus antecedentes eruptivos explosivos de composición principalmente félsica desde el Pleistoceno y Holoceno (Suñé-Puchol et al., 2019); y por último, terminando la semana de trabajo en (4) el cráter del volcán de Santa Ana, estratovolcán con antecedentes eruptivos en el 2005, un colapso estructural (Sieber et al 2004) y estratigrafía aún pendiente de caracterizar (Figura 2).



Figura 2. Estudiantes con el Maestro Bernardo I. García Amador reconociendo las estructuras volcánicas del volcán Santa Ana. Al fondo el volcán de Izalco.

Visita a Metapán

La primera práctica fue desarrollada en el municipio de Metapán, una localidad al noroeste de El Salvador. Según el mapa geológico Wiesemann (1978), Metapán es el único sitio con rocas pertenecientes al Jurásico-Cretácico como las formaciones Todos Santos (ahora Tepemechín; Rogers et al., 2007), Valle de Ángeles y el Grupo Yojoa. Los ambientes sedimentarios expresados en afloramientos de canteras y bordes de carretera, mostraron estratos de areniscas de cuarzo de grano fino, intercaladas con horizontes, areniscas de grano grueso y conglomerados rica en bloques de pórfidos de basalto y andesita, con espesor expuesto de ca. 100 m (Figura 3). Esta sucesión sedimentaria posiblemente está asociada a depósitos recientes (Plio-Cuaternarias?). Cerca a estos afloramientos se observa una cantera expuesta que muestra rocas dacíticas ricas en cuarzo, biotita y plagioclasa, e incorporación de fragmentos líticos de composición ígnea intermedia a máfica. Tanto los minerales como los fragmentos líticos en algunos puntos del afloramiento se observan bandeados, sugiriendo un arreglo de la fábrica mineral del emplazamiento de este cuerpo ígneo. Asimismo, se observaron y midieron las juntas y vetas en roca, también un par de fallas que se arreglan en forma sigmoidal, con un núcleo compuesto de fragmentos de vitrófido y brecha de la misma dacita.



Figura 3. Estudiantes caracterizando los diferentes horizontes sedimentarios basculadas en Metapán, Santa Ana.



Figura 4. Estudiantes analizando el desarrollo de un sistema de fallas que forman un núcleo en sigmoide en el afloramiento de la dacita.

San Isidro

En el municipio de San Isidro, fue desarrollada una práctica de caracterización de estructuras geológicas y vetas de cuarzo y en menor abundancia de calcita, dentro de un sistema epitermal de baja sulfuración (Au-Ag) de edad del Plioceno (Richer et al.2009), cortando una suite de rocas basálticas y andesíticas porfíricas, así como algunas peperitas(?), evaluadas en el cauce de la quebrada Gualuca. La práctica de procesamiento y análisis de los datos de campo fue desarrollada en las instalaciones de una mina abandonada, que sirvió de aula para la interpretación de los planos estructurales, mediante proyecciones estereográficas (Figura 5 y 6).



Figura 5. Estudiantes caracterizando evaluando indicadores cinemáticos en fallas.



Figura 6. Estudiantes de Ingeniería Geológica en San Isidro Cabañas, junto a los maestros Bernardo García Amador (UNAM) y Miguel Hernández (UES).

Domo La Tigra, caldera de Ilopango

El domo La Tigra es uno de muchos domos dacíticos que fueron emplazados en la parte interna de la caldera de Ilopango. Su litología es dominada por rocas félsicas de color gris y textura perlítica, con presencia de bandeados de cizalla intraflujo debido al proceso de emplazamiento del domo (Figura 7), además de abundantes fenocristales de plagioclasa. Mann (2003), se adjudica al miembro c1 de la formación Cuscatlán (Wiesemann 1978). Tiene un volumen aproximado de 6.68 millones de m³ y un área de 10.7 hectáreas. Se estima que ha perdido 1.5 millones de metros cúbicos por explotación de materiales pétreos.



Figura 7. Estudiante de Ingeniería Geológica obteniendo una muestra de roca del domo La Tigra. Obsérvese el bandeo típico de un domo félsico (i.e., emplazamiento de un flujo de alta viscosidad).

Volcán Santa Ana

Subir al cráter del volcán de Santa Ana fué la culminación de la campaña de campo, sin embargo no pudo obtenerse medidas estructurales por la dificultad que representa la topografía del cráter. Evidentemente la estratigrafía del volcán expresa una secuencia multicolor de miles de años de depósitos piroclásticos y flujos de lavas, y una laguna de tonalidad turquesa en ebullición y olor característico de los volcanes activos con emanaciones de azufre (Figura 8).



Figura 8. Estudiantes en el cráter del volcán de Santa Ana con el Maestro Bernardo I. García Amador.

Agradecimientos

A la Alcaldía Municipal de Metapán en especial el Sr. Naum González y todo el Departamento de Medio Ambiente. Al Ingeniero Rafael Alejandro Andrade, Doña Loly y Don Rigoberto del municipio de San Isidro, Cabañas. Al maestro Bernardo I. García Amador de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en su segunda visita a la Universidad de El Salvador..

Bibliografía

- Canora, C., Martínez-Díaz, JJ., Villamor, P., Staller, A., Berryman, K., Álvarez-Gómez, JA., Diaz, M. (2014). Structural evolution of the El Salvador Fault Zone: an evolving fault system within a volcanic arc. *Journal of Iberian Geology*, 40(3), 471-488.
- DeMets, C. (2001): A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central American volcanic arc. *Geophysical Research Letters* 28, 4043-4046. doi: 10.1029/2001GL013518.

Mann, C.P. (2003). Intracaldera Geology of the Ilopango Caldera, El Salvador, Central America.

Richer, M., Tosdal, R. M., & Ullrich, T. (2009). Volcanic framework of the Pliocene El Dorado low-sulfidation epithermal gold district, El Salvador. *Economic Geology*, 104(1), 3-18.

Rogers, R. D., Mann, P., Scott, R. W., & Patino, L. (2007). Cretaceous intra-arc rifting, sedimentation, and basin inversion in east-central Honduras. In P. Mann (Ed.), *Geologic and tectonic development of the Caribbean plate boundary in northern Central America* (Vol. 428, pp. 89–128). Geological Society of America Special Paper. [https://doi.org/10.1130/2007.2428\(05\)](https://doi.org/10.1130/2007.2428(05)).

Suñe Puchol, I; Aguirre Díaz, J; Pedrazzi, D; Dávila Harris, P; Miggins, DP; Costa, A; Ortega Obregón, C; Lacan, P; Gutiérrez, E; Hernández, W. 2019. The Ilopango caldera complex, El Salvador: Stratigraphic revision of the complete eruptive sequence and recurrence of large explosive eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 100-119 p.

Wiesemann, G. (1978). Mapa geológico de la República de El Salvador, escala 1:100 000. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

NOTAS CORTAS DE EXCURSIÓN GEOLÓGICA A LA SIERRA MADRE ORIENTAL, EN LA REGIÓN DE XICOTEPEC DE JUÁREZ ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

Luis Angel Valencia Flores

Editor de la Revista

Una parte importante de la Geología es la observación y la interpretación fundamentada, habilidades que se desarrollan a través de la práctica de campo. El objetivo de esta excursión fue la aplicación de los conocimientos teóricos de Geología del Petróleo y otras disciplinas relacionadas en el estudio de los yacimientos de gas y/o aceite.

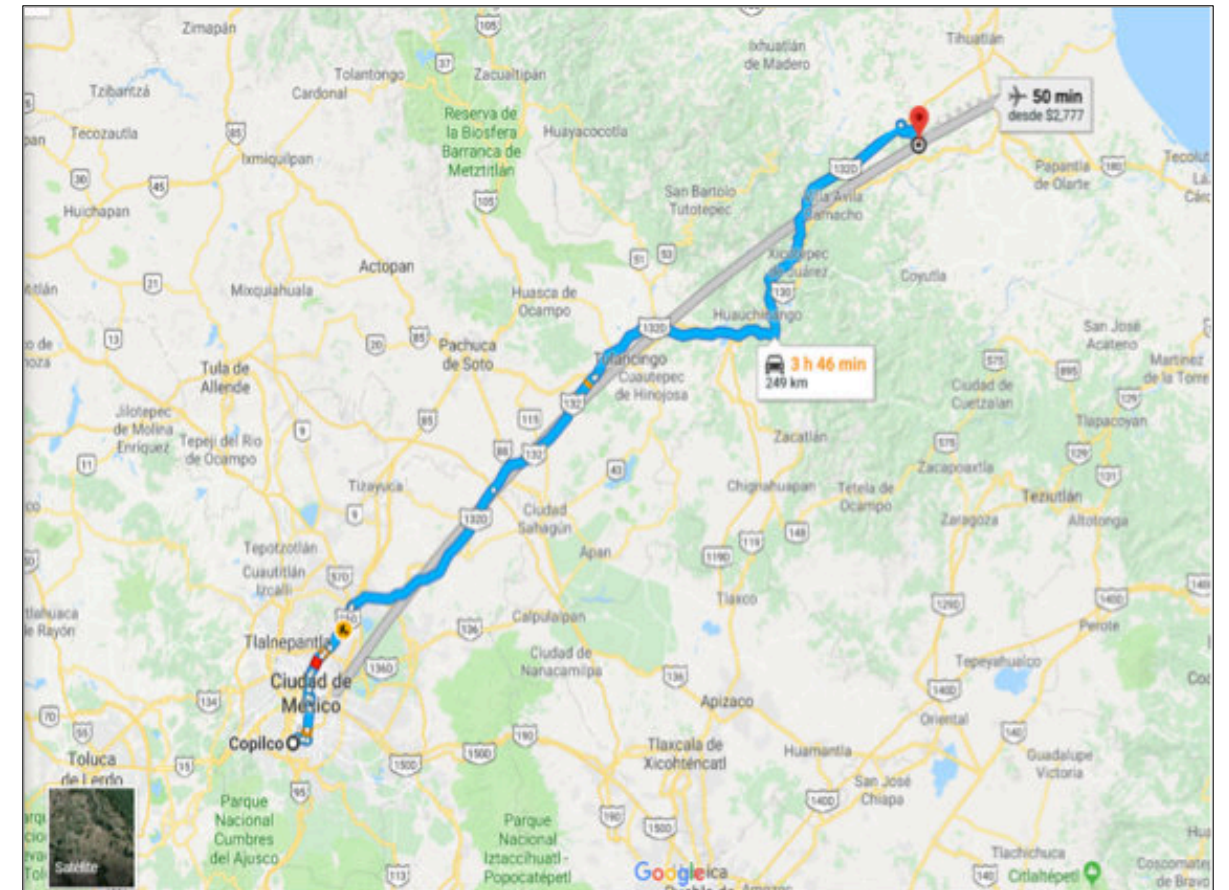
La excursión geológica se llevó a cabo en las localidades próximas a las comunidades de Nuevo Necaxa,

Huachinango, Xicotepec de Juárez y Venustiano Carranza en el Estado de Puebla.

El acceso al área de la excursión se logró por la autopista México-Tulancingo- Huachinango de donde parte la carretera Federal No. 132, para posteriormente incorporarse a la carretera Federal 132D, en el Estado de Puebla.

La zona vista se ubica en la parte centro-oriental del territorio mexicano, en el Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental, zona que expone un relieve topográfico mayor a los 1500 msnm.

Los participantes realizaron trabajo geológico de campo relacionado al análisis de cuencas enfocado a la evaluación de secuencias sedimentarias con potencial de contener gas y/o aceite. Aplicaron sus conocimientos para reconocer los rasgos litológicos, petrológicos, estratigráficos y estructurales de la secuencia sedimentaria Mesozoica que aflora en la región.

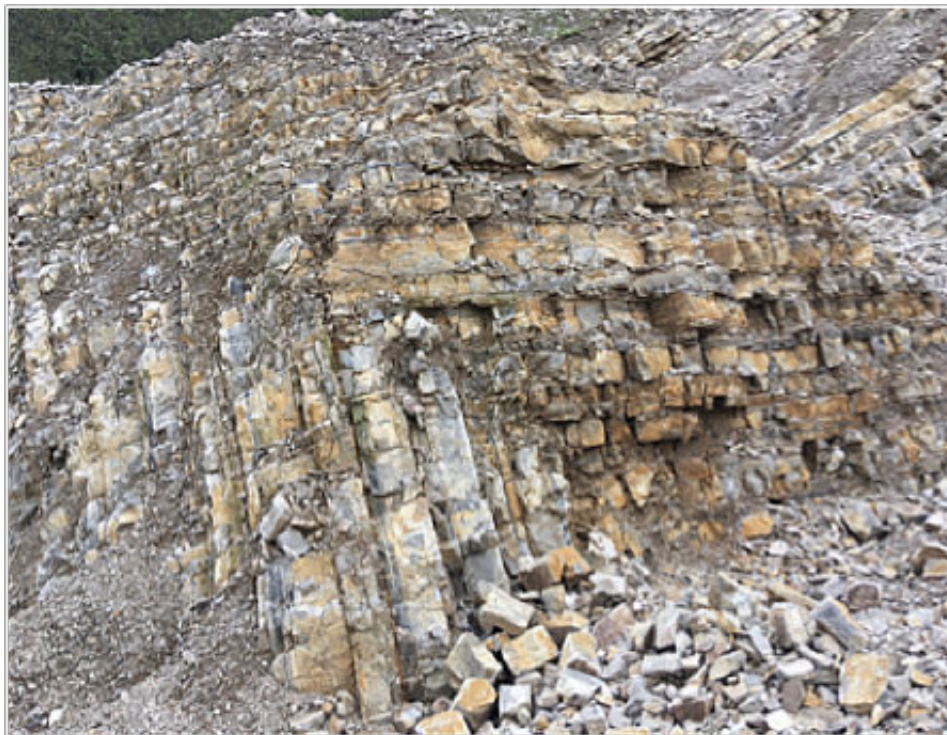
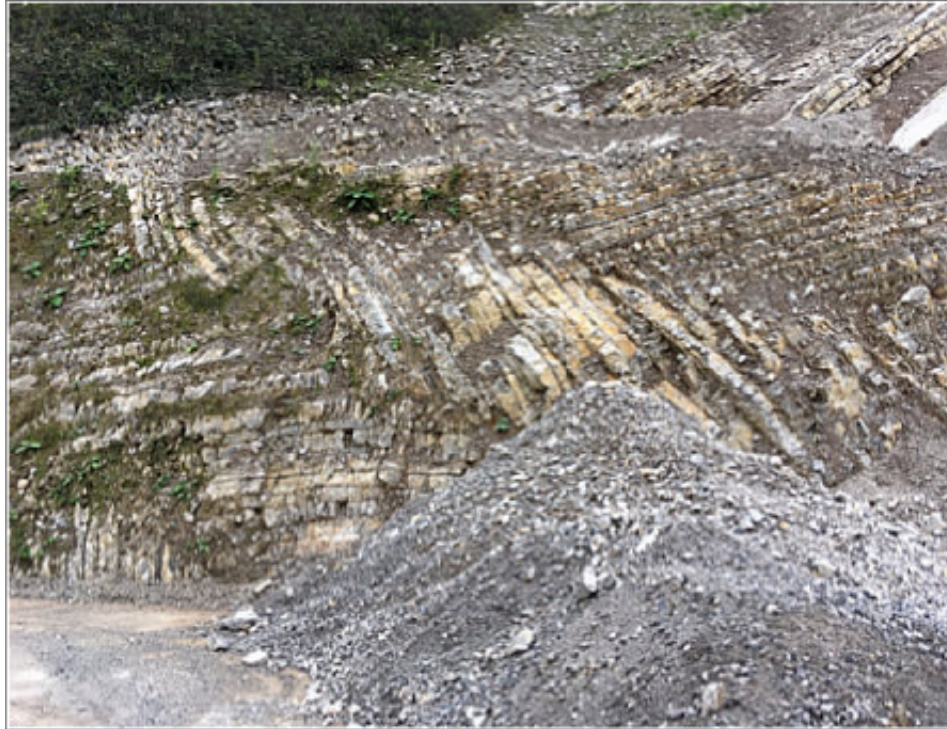


Mapa de localización de la excursión.

Localidad 1: Muy cerca la cortina de la presa de Nuevo Necaxa (Formación Pimienta, Jurásico superior Titoniano).

Se compone de una secuencia de calizas arcillosas oscuras en capas delgadas con bandas de pedernal negro. Presenta algunos estratos de calizas mudstone-wackestone de color negro a gris oscuro, intercaladas con capas delgadas de lutitas calcáreas y lutitas laminares negras, con abundante materia orgánica; contiene lentes

de pedernal negro y algunos horizontes de bentonita. La secuencia se está intensamente plegada. Esta formación geológica es la responsable de una gran parte del petróleo generado en México, con un Kerógeno de tipo Sapropélico.



Localidad 2: Sobre la carretera Federal México-Tuxpan, a un costado de la Presa Nuevo Necaxa, Puebla (Formación Tamaulipas inferior, Cretácico inferior Neocomiano).

Compuesta de wackestone y mudstone de color gris y gris oscuro, con microfósiles planctónicos; incluye lentes y bandas de pedernal gris oscuro a negro, con intercalaciones de lutitas negras laminares. Contiene en su parte basal, greinstone calcarenítico con oolitas, biocláston y peletoides, seguidos por un wackestone con

horizontes bentoníticos, después se compone de wackestone grueso con oolitas, de color gris y diseminaciones de hematita; finalmente mudstone-wackestone con disolución. El espesor de los estratos varía de 60 centímetros a 2 metros.



El reconocimiento de estas rocas en afloramiento es muy importante para el desarrollo del futuro profesionalista de la industria petrolera, se refuerza el aprendizaje y se genera una idea mas clara acerca de las rocas existentes en el

subsuelo. A continuación se muestran algunas fotografías con estudiantes del Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Nacional Autónoma de México en prácticas de campo:



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

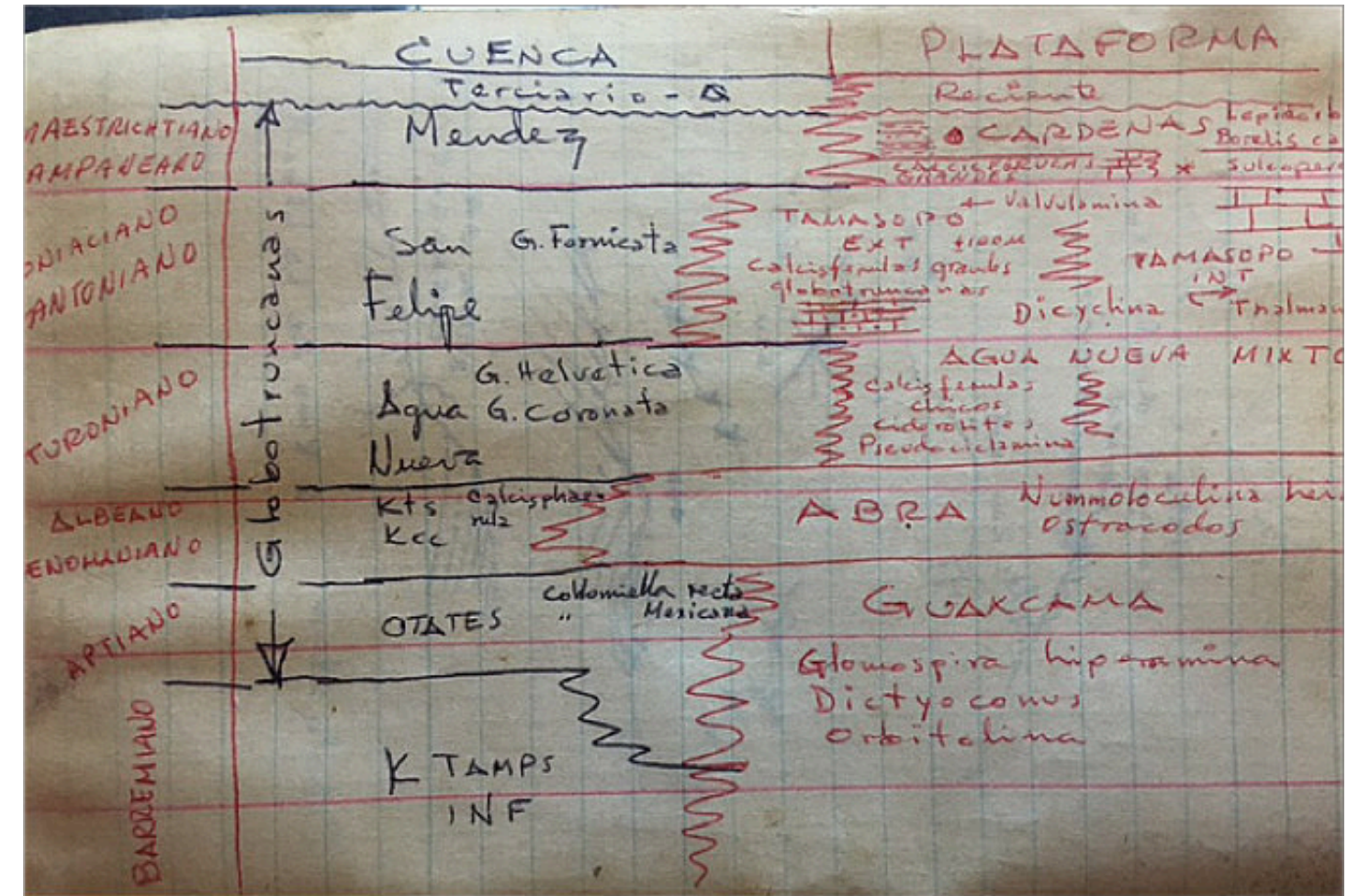
Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



De mis libretas de
Campo en la S.M.O.

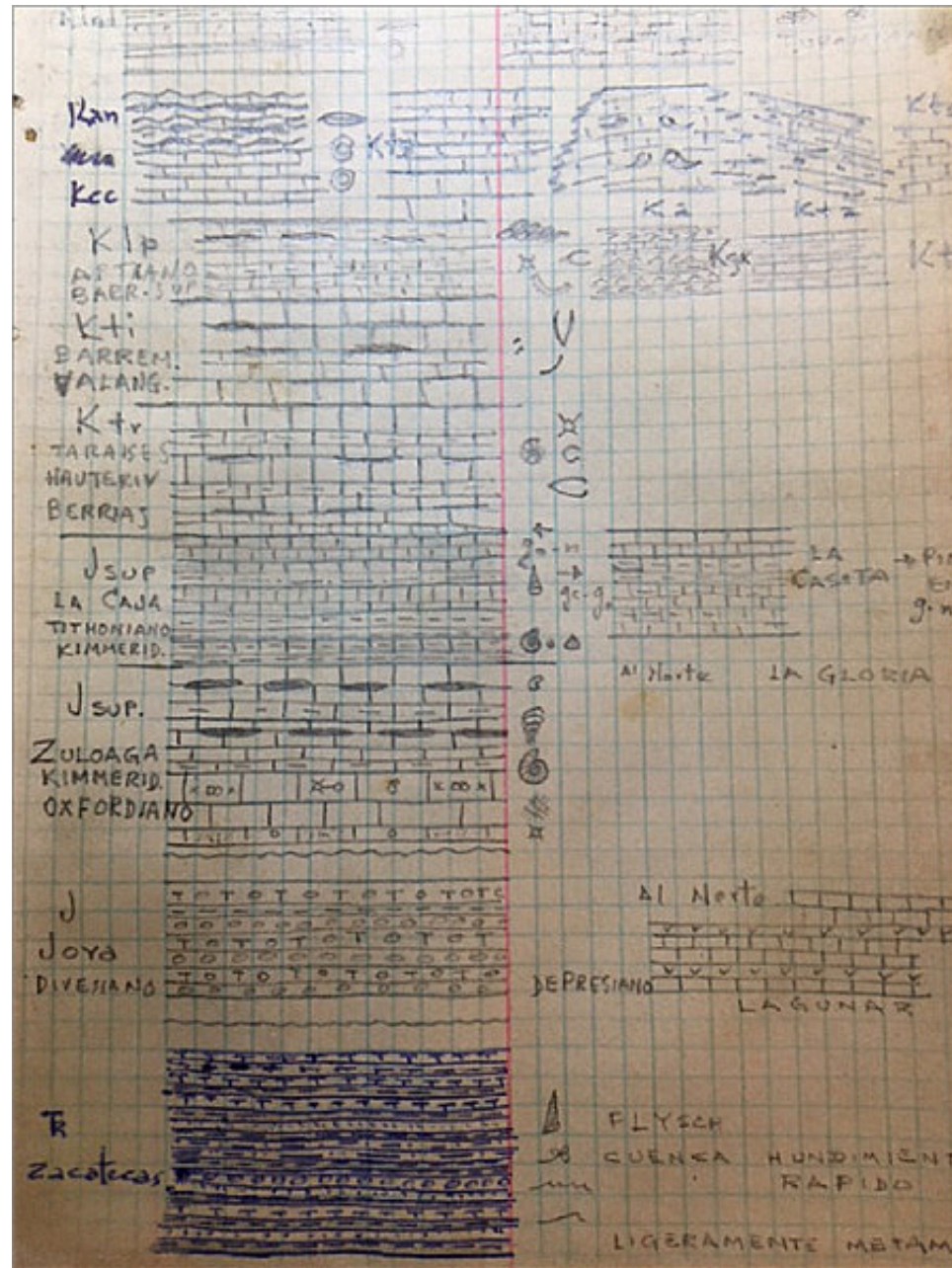
Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos Icnofósiles que fueron clave para interpretar 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 travesía 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.



Cambio de facies Plataforma Valles S.L.P. Cuenca Tampico Misantla.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo, es muy importante conocer la columna estratigráfica del área que se va a investigar, lo mejor es primero medir una columna en el mejor lugar e idóneo para conocerla mejor y además de conocer sus características litológicas se deberá complementar con sus contenidos paleontológicos y si ese análisis se lleva gráficamente a tu libreta de campo, tendrás a la mano los detalles que se observaron y que otros autores han proporcionado al estudio de la misma

Descripción del Dibujo. En esta Columna Geológica con énfasis en la Bioestratigrafía de la Plataforma de Valles-S.L.P. con la transición de sus cambios de facies con la Cuenca Tampico Misantla. se presentan los géneros y especies que están presentes en las secuencias sedimentarias.



Estratigrafía del área central de la Sierra Madre Oriental.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo, es muy importante conocer la columna estratigráfica del área que se va a investigar, lo mejor es primero medir una columna en el mejor lugar e idóneo para conocerla mejor y además de conocer sus características litológicas se deberá complementar con sus contenidos paleontológicos y si ese análisis se lleva gráficamente a tu libreta de campo, tendrás a la mano los detalles que se observaron y que otros autores han proporcionado al estudio de la misma

Descripción del Dibujo. Esta es una Columna Estratigráfica de la porción meridional de la Sierra Madre Oriental, donde se interpretan sus componentes desde la región occidental hasta su porción oriental, aquí se ponen la simbología litológica y de las formaciones, es valida desde el Jurásico superior hasta el Cretácico medio, nótese que se ponen los símbolos de sus contenidos fosilíferos, como moluscos tipo turrítelas, gasterópodos amonitas, pelecípodos tintinidos, radiolarios y horizontes y nódulos de pedernal. así como algunas estructuras sedimentarias.



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 GEOLOGICO 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 GEOLÓGICO MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

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

1990 “DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENTE DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP”
IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA 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

El océano frente a Gaza: el gas en las rocas sedimentarias del fondo marino como otro elemento de disputa en el conflicto.

Ramón López Jiménez

Colaborador de la Revista

El conflicto entre el Estado de Israel y el pueblo palestino no solo se centra en el control de la tierra y sus fronteras, sino que también se extiende al océano, particularmente a las rocas sedimentarias bajo el lecho marino. Este artículo tiene como objetivo analizar el aspecto geológico, específicamente las rocas sedimentarias con potencial de

reservorio de hidrocarburos en la costa frente a la Franja de Gaza, en el contexto de los trágicos acontecimientos en curso en la región.

La licencia marina de Gaza, otorgada en 1999, abarca toda el área marina frente a Gaza y fue inicialmente concedida a British Gas (BG) y CC Oil & Gas. El prospecto de gas, descubierto mediante tecnología sísmica 3D en la Cuenca del Levante, se encuentra aproximadamente a 35 km de la costa de Gaza. El pozo de exploración, Gaza Marine-1 (GM-1), perforado en 2000 a una profundidad de agua de 603 metros, confirmó reservas de gas comercialmente viables. Posteriormente, el pozo Gaza Marine-2 (GM-2) evaluó el descubrimiento, estimando reservas que superan los 1

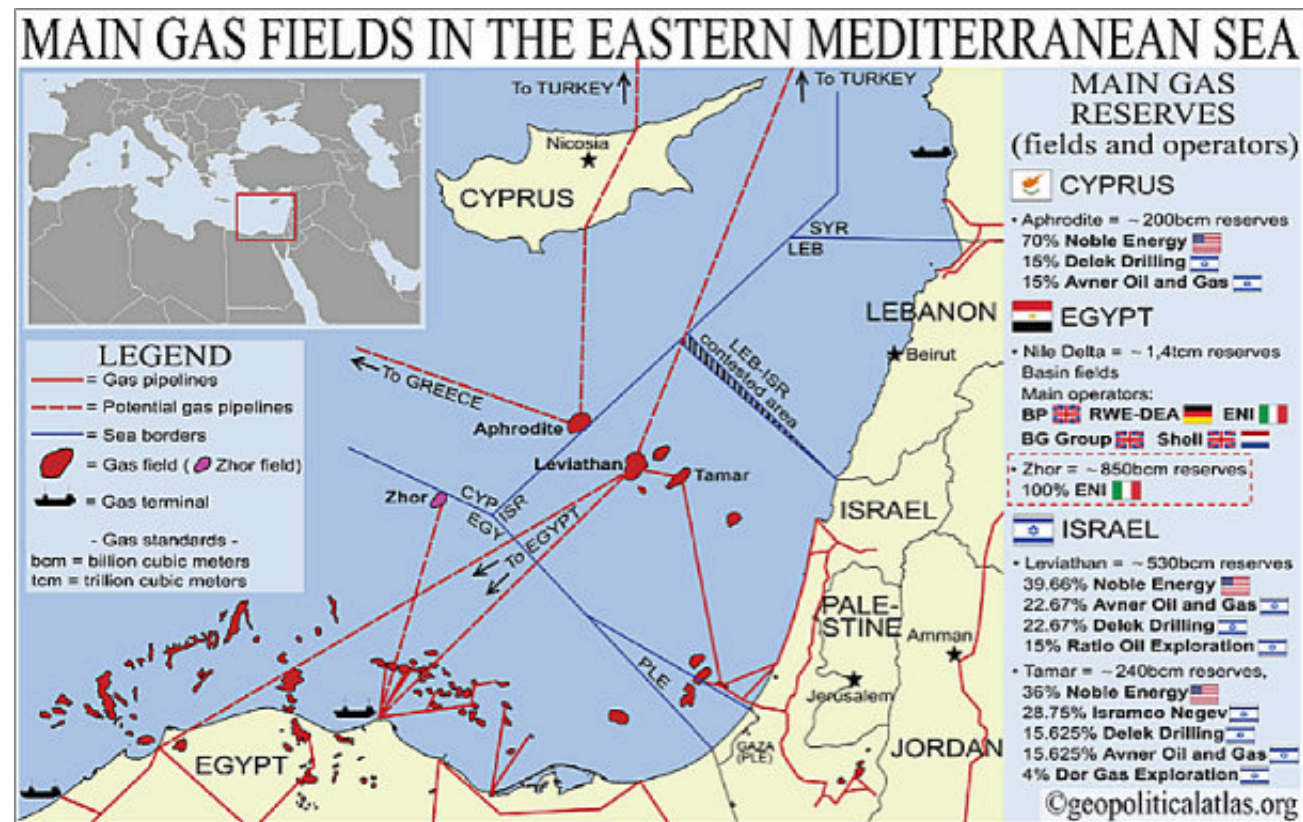


Figura 1. Mapa con la posición de campos de hidrocarburo en el este del Mediterráneo. Referencia: Akarçay and Ak (2019).

billón de pies cúbicos a una profundidad de agua de 535 metros. Después de la adquisición de BG por parte de Shell, CC Oil & Gas y el Fondo de Inversión Palestino

adquirieron el interés de Shell, con cada parte ahora poseyendo el 50%.

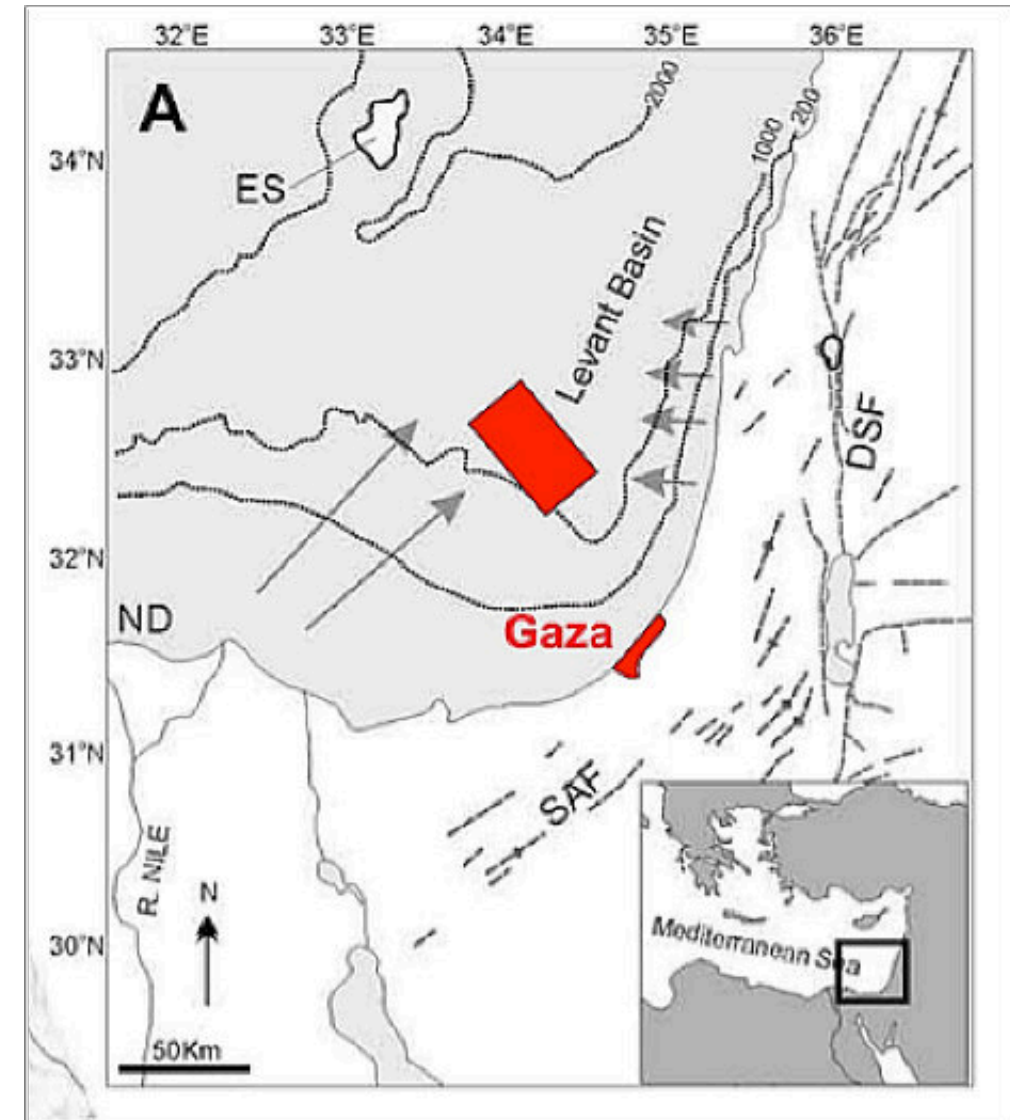


Figura 2. Localización de la exploración sísmica en aguas frente a Gaza e Israel en el 'Levant Basin' (Modificado de Clark and Cartwright, 2009).

A pesar de que los Acuerdos de Oslo otorgan jurisdicción marítima a la Autoridad Palestina, la resistencia del gobierno israelí y las complicaciones políticas han obstaculizado el desarrollo de estos campos de gas. Las negociaciones entre BG, la Autoridad Palestina y el gobierno israelí enfrentaron desafíos, y los intentos de suministrar gas a Israel se encontraron con obstáculos. Hoy, a pesar del descubrimiento de gas, el potencial de Gaza Marine sigue sin explotarse, con batallas en curso entre quienes apoyan y obstaculizan el desarrollo.

La exploración de aguas internacionales frente a Gaza ha revelado sistemas de canales y 'levees' submarinos en

contextos tectónicos de cinturones de cabalgamientos y pliegues de aguas profundas. Los sistemas de canales y levees, típicamente de 500 metros de ancho, muestran características agradacionales con depósitos de levees bien desarrollados; esto es, que estos sistemas acumularon capas de detritos clásticos en el tiempo en todo su área de influencia. La presencia de fallas subyacentes influye en la geometría sinuosa del plano de canales, dando lugar a diferentes patrones de arquitecturas sedimentarias de rellenos de canales que afectan elementos clave del potencial de reservorio: distribución de cuerpos de arena, espesor y conectividad estratigráfica.

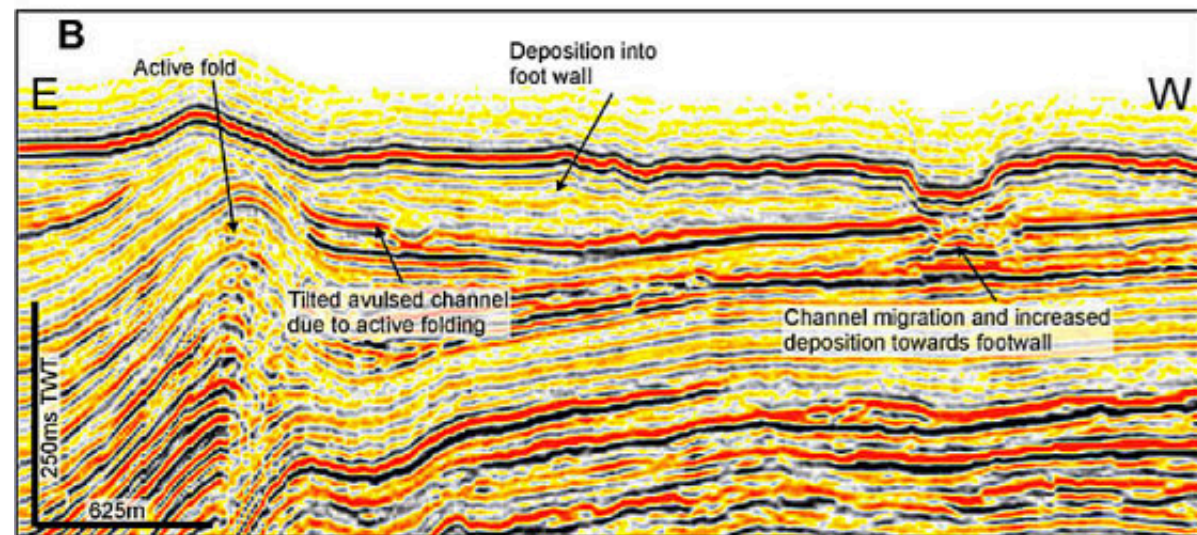
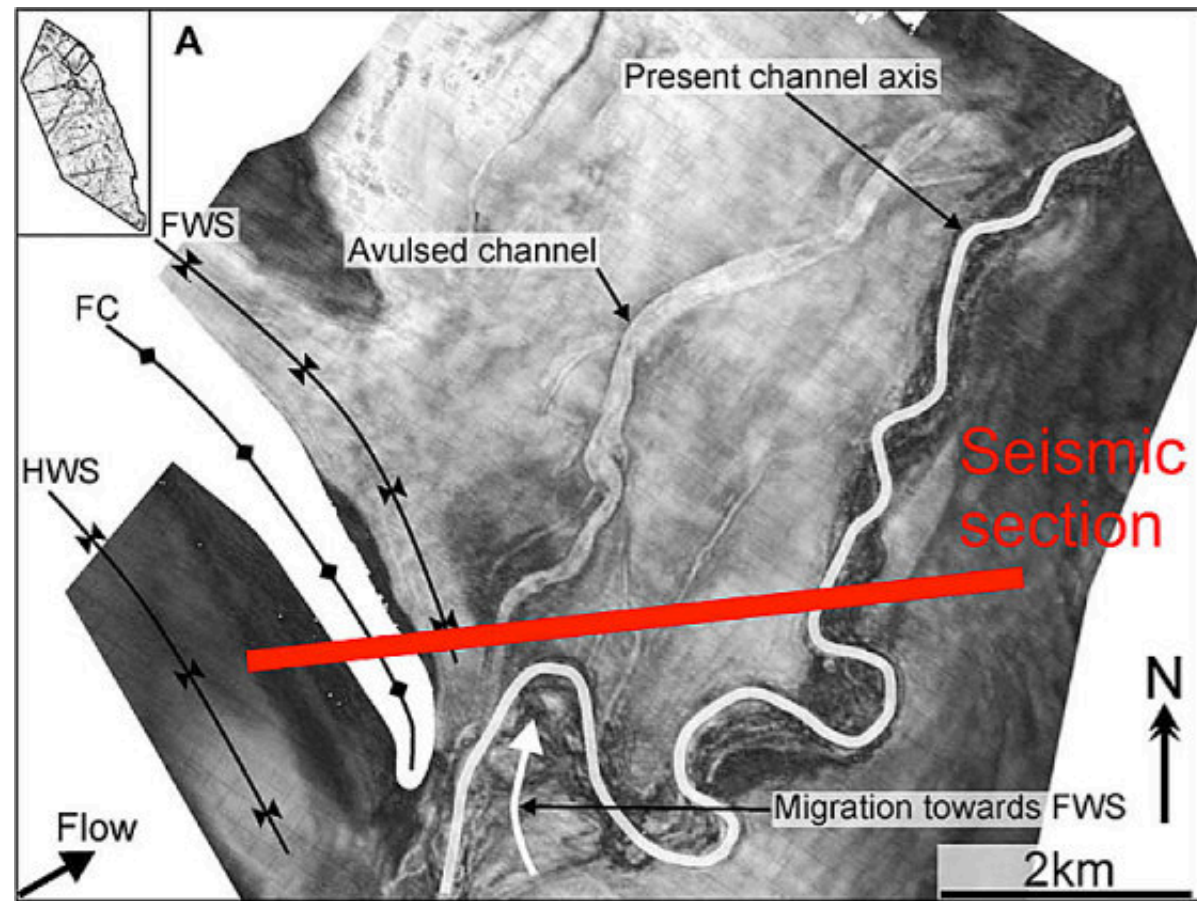


Figura 3. Arriba, un mapa ilustra la amplitud de una superficie sísmica con rellenos de canales submarinos controlada por un cabalgamiento asociado a un anticlinal. FWS significa 'Sinclinal de la Pared Inferior', FC 'Cresta Plegada' y HWS 'Sinclinal del hanging wall'. La sinuosidad inicial del relleno canal muestra una migración lateral desde el cinturón de cabalgamientos y pliegues, moviéndose hacia el sinclinal de la pared inferior hacia el norte. En esta región, se forma un sistema de canales 'avulsionados', lo que significa que después de dejar de transportar sedimento quedando enterrados y conservados en la estratigrafía (ver flecha señalando 'Avulsed Channel'). B: Perfil sísmico que muestra un aumento de la inclinación de los depósitos de relleno de canal en contraste con la superficie superior no deformada del canal. Modificado de Clark y Cartwright, 2009.

La Cuenca del Levante, que abarca las áreas marítimas frente al Mediterráneo Oriental, se estima que contiene 1.7 mil millones de barriles de petróleo y asombrosos 122 billones de pies cúbicos (Tcf) de gas natural. Aunque las contribuciones globales del Mediterráneo Oriental son modestas, los recientes descubrimientos en Israel y Chipre subrayan el potencial transformador de la región. Frente a Gaza, dentro de la prometedora Cuenca del Levante, se ha convertido en un punto focal para posibles descubrimientos de hidrocarburos, desplazando la atención de cuencas históricamente eclipsadas como la del Delta del Nilo y la de la Provincia del Oeste Árabe.

El control de los recursos de gas agrega complejidad al conflicto entre Israel y Palestina. El poder del gas de Israel, alimentado por descubrimientos como Tamar y Leviatán, contrasta con los desafíos de Gaza. La ocupación obstaculiza el desarrollo palestino en el área marina de Gaza, obligando a depender de la energía importada. A

pesar de importantes descubrimientos de gas en 2002, como "Gaza Marine" y "Border Field", disputas y problemas de precios han frenado el progreso. El proyecto de gas en Gaza podría generar ganancias económicas y ambientales, reduciendo la dependencia de las importaciones. Sin embargo, disputas y falta de cooperación hacen poco probable que los gazatíes aprovechen estos recursos en el estado actual del conflicto entre Israel y Palestina.

Referencias citadas

Akarçay, p. and Ak, G., 2019. Gas Fields Offshore Gaza Strip: How Sharp Power Threatens Soft Power in the East-Med? Denizcilik ve Deniz Güvenliği Forumu-2019.

Clark, I.R. and Cartwright, J.A., 2009. Interactions between submarine channel systems and deformation in deepwater fold belts: Examples from the Levant Basin, Eastern Mediterranean sea. Marine and Petroleum Geology, 26(8), pp.1465-1482.



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

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk

THE GREAT STEP PYRAMID OF PHARAOH DJOSER (EGYPT) History, geology and nanoplankton content in the rocks of its casing

JHONNY E. CASAS¹, MAYRA CAÑIZARES² & IVAN BARITTO²

¹ Departamento de Petróleo, Universidad Central de Venezuela, Caracas. jcasas@geologist.com

² Gerencia de Exploración, INTEVEP, Los Teques.



Introduction

The Saqqara (Sakkara) Plateau is located about 40 km southeast of Cairo, Egypt, on the left bank of the Nile River (Figure 1), rising 17-25 m above the modern flood terrace of the river. Since Early Dynastic times, this plateau has been used as a necropolis for over 3,000 years. For the ruling pharaohs, tombs were built as mastabas-like structures and later pyramids. Among the most famous and monumental Egyptian pyramids are those of Khufu (Cheops or Keops), Kafre (Kefrén) and Menkaure (Micerinos); as well as the oldest of all, the Step Pyramid of Djoser (Zoser or Djoser). A limestone sample, most likely used in the casing of Djoser's pyramid, was paleontologically analyzed in order to determine nanoplankton content. The sample was obtained from the lower southeast corner of the pyramid itself, a place where remains of the possible covering of the structure are still preserved.

From Mastaba to Pyramid

The Pyramid of Djoser, often called the Step Pyramid of Djoser, is an archaeological site in the Saqqara necropolis, northwest of Memphis, seat of power of the Old Kingdom. This six-tiered, four-sided structure is the oldest stone colossal building in Egypt, having been built in the 27th century B.C. (between 2630 and 2611 B.C.), during the Third Dynasty, to bury Pharaoh Djoser. According to Hawass [1], initially the structure had the shape of a small mastaba, which contours are currently

visible from the south side, and enlarged on the fly in a second phase. The second mastaba was wider than the first, and in its center the burial chamber and burial pit were dug. The next stage consisted of continuing the construction of the pyramid with the shape we see today (Figures 2 and 3), most probably in order to raise its height, until it became a step pyramid. The large structure is the centerpiece of a vast mortuary complex in a huge courtyard, surrounded by ceremonial structures. Archaeologists like Hawass [1], believe that its chief architect was probably Imhotep, chancellor to the pharaoh, and high priest of the god Ra.



Figure 1. Schematic map of Egypt with location of the main archeological sites and main ancient quarries. In yellow it is highlighted the extension of the Eocene outcrops (Modified from Hassan & Korin [2]).



Figure 2. South face of the Great Step Pyramid of Djoser (First author with his wife as scale).

The transformation of the mastaba into a pyramid led to a change in the design, where the builders used, in addition to the traditional clay or mud blocks, larger and better-quality limestone blocks. But instead of horizontal beds, they built successive inclined layers of 2 to 3 m thick, which supported each other from opposite ends, providing greater stability and preventing possible collapse. Then, the whole structure was covered with fine white limestone, with layers of fill in between. This phase of the pyramid had four steps that rose to a height of approximately 42 m. Imhotep, then probably convinced the pharaoh to extend the pyramid to the north and west from four to six steps, completed with a final layer of limestone casing that gave the pyramid its final shape. When finished, the step pyramid had a rectangular base (121 m by 109 m), rising to a height of about 63 m, occupying a calculated volume of 330,400 m³ [3]. From 2006 to 2019, the pyramid engaged a large-scale restoration project.

Geological setting

From the Late Cretaceous to the Eocene, most of Egypt was under a shallow sea, accumulating carbonate sediments, which today are represented by outcropping Eocene limestones (Figure 1). From the Oligocene to the

Quaternary, most of Egypt continued to be above sea level, receiving predominantly siliciclastic sediments [4]. The Saqqara plateau is made up mostly of rocks from the middle-upper Eocene, with the Mokattam Formation being the most important from the perspective of the main materials used in the construction of the necropolises. The section of this formation is composed of stratified limestone rocks, formed in shallow marine sedimentary conditions. The thickness of each sedimentary cycle is not constant and variations were observed from decimeters to a few meters [4]. The repeated alternation of fifth-order cycles between transgressive and regressive facies implied for authors like El-Azabi [5] and Tawfik *et al.* [6] an eustatic control with relative sea level rises and falls.

The middle-upper Eocene stratigraphy throughout this region of Egypt has been very complex and has changed nomenclature constantly in recent decades [5, 6]. More recent authors such as Al Safia *et al.* [7], who studied the middle Eocene succession at Gebel Mokattam, east of Cairo (Figure 1), defined the Mokattam Formation as consisting of two members, the so-called Building Stone Member (once divided into lower and upper, with a thin intermediate level known as the Nummulites gizehensis

level) and the Giushi Member above. The Building Stone Member consists of thick-bedded, moderately hard, creamy-white bioclastic limestones with very thin muddy beds. At the top is characteristic a dolomitic shell bed. This member is nummulitic at several horizons with poorly preserved mollusks, bryozoans and echinoderms [7].



Figure 3. Detail of the southeast corner of the Great Step Pyramid of Djoser (2007).

The Giushi Member consists of well-developed strata of nummulitic limestones interbedded with yellowish grey marls. The top bed of this unit is very hard, dolomitic, and rich in pelecypod shells belonging to *Macrosolen* sp. [7]. A general stratigraphic column for the middle-upper Eocene in Gebel Mokattam is shown in Figure 4. At the Cairo-Giza area, Gingerich [8] mentioned an average thickness of 75 m for Lower Building Stone and Gizehensis, 65 m for Upper Building Stone and 60 m for the Giushi unit. The Building Stone Member at Gebel Mokattam area (east of Cairo), in the section studied by Al Safia *et al.* [7], contained six species of Nummulites belonging to the upper Lutetian. These species were: *Nummulites farisi*, *N. cf. praegizehensis*, *N. cf. gizehensis*, *N. discorbinus*, *N. crassichordatus*, and *Arxina schwageri*. The Giushi Member contained only

three species, indicating a probable Bartonian age. These species, which continued from their first occurrence in the Upper Building Stone Member, were: *Nummulites discorbinus*, *N. crassichordatus*, and *A. schwageri* [6]. The carbonate sediments of the Upper Building Stone and Giushi members were interpreted by El-Azabi [5] as deposited on a shallow marine platform with high carbonate productivity, where the deposition occurred under warm semi-arid climate and normal seawater oxygenation and salinity.

AGE	ROCK UNITS	LITHOLOGY	DESCRIPTION
PALEOGENE EOCENE	UPPER EOCENE PRIABONIAN	MAADI FORMATION	Dolomitic limestone <i>Anisater gibberulus</i>
			Brownish sandy dolostone and shale with abundant <i>Ostrea clotbeyi</i> and <i>Turritella</i> sp.
	MIDDLE EOCENE LUTETIAN	MOKATTAM FORMATION	Marl and shale with <i>Nummulites ptukhiani</i>
			Yellow-white limestone With Serpulides and Bryozoa. Forams: <i>N. discorbinus</i> , <i>N. bullatus</i> , <i>N. ptukhiani</i>
LOWER EOCENE	MOKATTAM FORMATION	UPPER BUILDING STONE MEMBER	White massive limestones with <i>Echinolampas</i> sp., <i>Ostrea</i> sp., <i>Nautilus</i> sp. and the forams: <i>N. baumonti</i> , <i>N. discorbinus</i> , <i>N. bullatus</i>
		GIUSHI MEMBER	<i>Nummulites gizehensis</i> Limestone
		LOWER BUILDING STONE Mb.	White limestone With molluscan fragments and <i>N. praediscorbinus</i>

Figure 4. General stratigraphic column in Gebel Mokattam area (east Cairo) for the middle-upper Eocene. Modified from Tawfik *et al.* [6] & Allam *et al.* [13].

Origin of the rocks used in the construction of temples, mastabas and pyramids

Limestone and sandstone were the main building stones of ancient Egypt. Since dynastic times, limestone was the preferred material in the region for pyramids, tombs, mastabas and temples. Additionally, structures

built of limestone and sandstone often included ornamental stones, notably Aswan granite and granodiorite, but also basalt and travertine were widely used in the Ancient Period [9].

Klem & Klem [10] described in detail the location and characteristics of building rocks in ancient Egypt. In particular, the Eocene rocks are described by these authors from the area south of Luxor, to the Cairo area, where the Nile River is flanked by limestone escarpments from this geological period. In these rocks of varied characteristics, Klem & Klem [10] stated that the limestone facies range from marly and dense rocks, with numerous flint nodules (cryptocrystalline form of quartz), towards the surroundings of Luxor (where it is called Thebes Formation), to more porous calcareous lithologies to the north, near the town of Sohag (Serai Formation). In the Samalut region, further north, the limestone facies become extremely rich in fossils, dominated by *Nummulites gisehensis* (where it is called Minia Formation, middle Lutetian). Further north to the Helwan locality, only a few quarries of restricted local importance were used during antiquity, but from there to the Mokattam Hills south of Cairo, an impressive number of galleries were carved deeply into the rock, or in open pit quarries. These limestone facies belonging to the Mokattam Formation, were exploited during all the historical periods of Egypt, even in the Roman periods [10].

In this area, the exploitation concentrated on the famous Gebel Tura-Maasara quarry, and Mokattam limestone, a very dense and resistant rock, located on the eastern flank of the Nile valley (Figure 1), relatively close to the Giza plateau [10]. In contrast, on the escarpments and plateaus on the western flank of the Nile Valley, the generally less resistant limestones were heavily mined to yield huge volumes of stone for the core material of many of the mortuary pyramids and temples of the Nile during the Old Kingdom, such as the Step Pyramid of Djoser [10]. At the beginning, the best quality limestone was extracted from the Giza Plateau where the Great Pyramids and the Sphinx stand today, this last monument was carved entirely in the Mokattam Formation by ancient Egyptian stonemasons, but from the time of Pharaoh Snofru (Senefru), founder of the fourth dynasty, and father of the famous pharaoh Khufu (Keops), the revetment of the pyramids required enormous tonnages of strong limestone blocks, which were quarried exclusively

from the quarries on the eastern flank of the Nile, mainly from Tura-Maasara, some 30 km southeast of Giza [10].

Djoser's mortuary complex has been looted and rebuilt several times since ancient times. It is therefore difficult to identify the times of each restoration [2]. In the search for cheap construction materials during the last 2,000 years, the elements used in the construction of the pyramid, as well as the temples and auxiliary buildings of the complex itself, have been partially or totally looted and left in ruins. The very existence of the casing limestone of the step pyramid is a discovery made only in the last decades [3]. This original casing, denotes the high level of skill of the ancient masons in producing comparatively thin and homogeneous stone slabs, transporting them from their place of origin, or even across the Nile, and applying them over the vast surface of the pyramid facades [3].

Many scholars [3, 10, 11], claim that the step pyramid, when completed, had a thin limestone casing. Some of the elements show that aforementioned casing is still visible on some sides of the base of the pyramid. Unfortunately, many of these items have been replaced over thousands of years and therefore, it is impossible to verify their authenticity, as none of the previous reconstruction work has been documented [11]. A certain enigma still persists today as to the origin of the highly resistant calcareous casing material used for the pyramids and temples of Djoser (2690-2640 B.C.) and his successors. Kukela & Senglis [11] stated that some tooled fine grained limestone blocks are from Tura quarry (eastern flank of the Nile), but Klem & Klem [10] studied from a geochemical perspective, the casing limestones from Djoser's pyramid, determining that they are very similar to the limestone and calcareous materials of the Mokattam Formation in the Saqqara area, where these pyramids were built. Unfortunately, extensive fieldwork by the same authors [10], did not reveal any fully identified quarries, but only many loose blocks, found along the Saqqara plateau. Thus, if this calcareous material were almost entirely extracted for hundreds of years, only loose blocks remain that testify to its ancient existence in this area [10].

Previous studies of calcareous nannofossils in the Mokattam Formation

Sadek [12], in a published study of Eocene planktonic foraminifera and nannofossils in the Gebel Mokattam

region (Figure 1), finds that the upper part of the Building Stone Member is dominated by a fossil group called the *Discoaster barbadiensis/saipanensis* association. The faunal group described by Sadek [12], is composed of: *Discoaster aster*, *D. barbadiensis*, *D. niloticum*, *D. saipanensis*, *D. quinarius*, *Braarudosphaera discula* and *B. bigelowi*, all of them indicating an upper Lutetian age. Allam *et al.* [13], studied also the Gebel Mokattam area, from the belt of outcrops beginning at Gebel Ahmar in the northeast and extending to the southwest, including the Cairo citadel. In this area, they defined two nanoplankton zones for the upper members of the Mokattam Formation (Building Stone and Giushi). For the Building Stone Member and the lower part of the Giushi Member, they define the *Reticulofenestra umbilica* zone, corresponding to the middle-upper Lutetian. In this area, the authors mainly identify: *Reticulofenestra umbilica*, *Coccolithus eopelagicus*, *C. pelagicus*, *Cyclococcolithus formosus*, *Cyclicargolithus ftoridanus*, *Neococcolithes dubius*, *Sphenolithus moriformis*, *Braarudosphaera bigelowi* and *Pemma basquensis*. For the upper part of the Giushi Member, Allam *et al.* [13], identify the *Discoaster saiponensis* zone corresponding to the transition between the upper part of the Lutetian and the lower part of the Bartonian. In this area the authors [13] mainly identify: *Coccolithus eopelagicus*, *C. pelagicus*, *Cyclicargolithus ftoridanus*, *C. reticulatus*, *Cyclococcolithus formosus*, *Reticulofenestra bisecta*, *R. reticulata*, *R. umbilica*, *Pontosphaera multipora*, *Rhabdosphaera spinulosa*, *Braarudosphaera bigelowi*, *Micrantholithus inaequales*, *M. vesper*, *Pemma basquensis* y *Discoaster woodringi*.

Sampling location and type of rock analyzed

A sample was obtained from the base of Djoser's pyramid in its southeast corner (Figure 3), where it was possible to appreciate before the major restoration process (2007-2019), the remains of the probable casing that covered the pyramid in its original state. The limestone sample was macroscopically described as a creamy-white bioclastic packstone (Figure 5A), slightly marly, where planktonic foraminifera, ostracods, bryozoan and mollusk fragments, and some large foraminifera, including *Nummulites* sp. (Figures 5B and 5C), can be observed in detail with a microscope [14]. The limestone is medium to coarse grained, and is cemented by sparite-type calcite crystals. It is possible to identify some scattered quartz grains in the rock and the presence of some stylolites (Figure 5D).

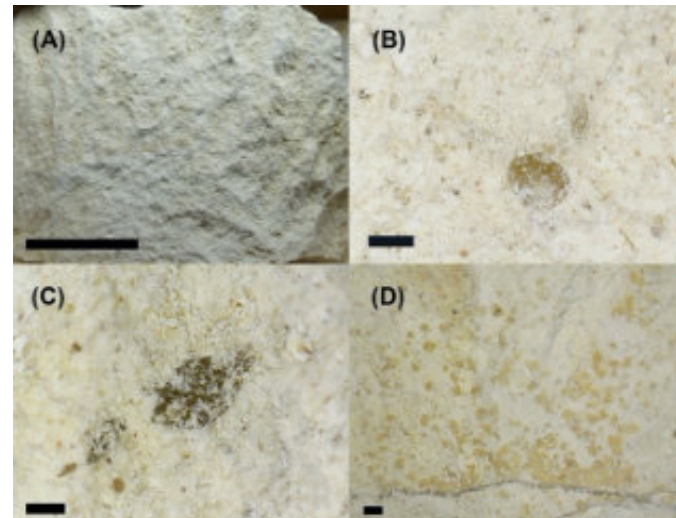


Figure 5. (A) Hand sample view of a bioclastic packstone, corresponding to the probable casing material of the Djoser pyramid. Detailed images (B and C), where some large foraminifera can be observed, identified as *Nummulites* sp. (D) View of creamy white limestone, with darker grains (ostracods) and some stylolites towards the bottom. Scale bar at (A) = 2 cm. Scales in (B, C and D) = 1mm

Sample preparation method

High-quality slides were prepared to visualize and photograph the nanofossils present on each sample. The samples were processed by preparing slides from whole rock samples, following the procedure described in Perch-Nielsen [15]. A small portion of each sample was placed in a 25 ml beaker and allowed to soak in distilled water for about 12 hours. After complete disaggregation of the sediment, the permanent glassy slide was prepared by adding a few drops of slightly turbid suspension to each sample, using a pipette. Drops of suspension were spread on the slide and then allowed to dry using a warm hot plate. After the suspension was dry, the mounting medium (Canada balsam) was placed on the glassy slide. The slide was subsequently cooked on the hot plate at about 120°C for 1-2 min and then a rectangular glassy cover was immediately mounted on top of the Canada balsam to make the slide more durable and easier to store for future studies. The examination of calcareous nanoplankton was carried out in the present study by using the polarized light microscope (Zeiss Axiolmagen 2.0) with 1000X magnification. Samples were counted along a random visual walk over the slide.

The zonation's used in the age interpretation from nanofossils were those from Martini [16] and modified from Perch-Nielsen [15] for the Paleogene, and the latest revision by Gradstein *et al.* [17]. A study of

nanofacies classification following Duran [18], was also applied on the estimation of the paleoenvironmental trend referred to the distance from the coastline and sunlight incidence. Those three levels are:

Nanofacies Type I = level farthest from the coastline and deep.

Nanofacies Type II = internal neritic level.

Nanofacies Type III = transitional level or closest to the coastline.

The relative abundance of calcareous nanofossils was classified as follows:

A (Abundant) = >10 specimen/Field of view.

C (Common) = 1-10 specimen/Field of view.

F (Few) = 1 specimen/10–20 Field of view.

R (Rare) = 1 specimen/20-50 Field of view.

VR (Very rare) = 1 specimen//>50 Field of view.

Nanoplankton content

A biostratigraphic analysis was carried out by identifying calcareous nanoplankton corresponding to the sample from the casing of Djoser Step Pyramid. This allowed the identification of the following nanofossils: *Reticulofenestra bisecta*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Reticulofenestra minuta*, *Ericsonia formosus*, *Clausicoccus subdistichus*, *Reticulofenestra dictyoda*, *R. umbilica*, *R. daviesii*, *Coccolithus eopelagicus*, *Chiasmolithus grandis*, *Sphenolithus* cf. *moriformis* (Figure 6), *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra* cf. *reticulata*, *Reticulofenestra hampdenensis*, *Helicosphaera* sp., *Discoaster* sp., defining a middle Eocene age (upper Lutetian to Bartonian) corresponding to zones NP16 and NP17, between 42.4 and 36.8 Ma [14], even reaching the very beginning of the late Eocene (Priabonian). The age range of the studied sample was given by the first occurrence (FO) of *Reticulofenestra umbilica* (NP16-NP22) and the last occurrence (LO) of *Chiasmolithus grandis* (NP11-NP17) as is shown in Figure 7.

In the study of the sample, an association of very abundant and highly diverse nanoflora was also observed, which is probably associated with an interpreted maximum flooding surface (MFS), equivalent to paleobathymetries ranging from 30-60 m deep (a middle neritic environment). The presence of specimens such as *Helicosphaeras*, *Sphenolithus*, and *Discoaster*, suggested this paleoenvironmental interpretation. In the same way, frequent glauconite and organic matter content was observed in the sample. In the analysis, it was possible to identify the

Type I nanofacies, according to Duran's methodology [18], characterized by a great abundance of nanoflora and counts of other marine material, indicating a far distance from the coastline.

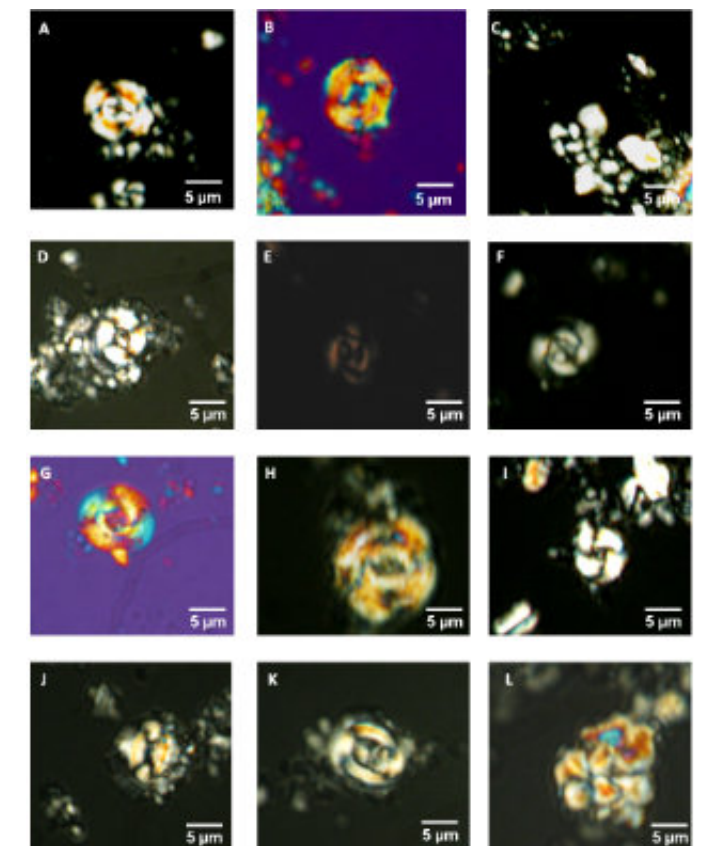


Figure 6. Photomicrographs of the most prominent calcareous nanoplankton identified in the Djoser Step Pyramid sample. A. *Reticulofenestra bisecta* (NP16-NN1); B. *Cyclicargolithus floridanus* (NP15-NN6); C. *Reticulofenestra minuta* (NP13-Pliocene); D. *Ericsonia formosus* (NP12-NP21); E and F. *Clausicoccus subdistichus* (NP14-NN2); G. *Reticulofenestra dictyoda* (NP12-NP25); H. *Reticulofenestra umbilica* (NP16-NP22); I. *Reticulofenestra daviesii* (NP14-NN2); J. *Coccolithus eopelagicus* (NP14-NP23); K. *Chiasmolithus grandis* (NP11-NP17); L. *Sphenolithus* cf. *moriformis* (NP5-NN15).

The sample analyzed showed a great abundance and diversity of calcareous nanoplankton (Figure 7), exceeding up to 300 specimens per field of view. Although there is diversity in the specimens, the most dominant species were *Reticulofenestra bisecta* and *Ciclycargolithus floridanus* [14].

Although only one sample from the Djoser Step Pyramid was analyzed, when placed in a stratigraphic context, it can be stated that the origin of this casing material, according to the age range of the calcareous nanoplankton analysis (Figure 7), corresponded to the

Giushi Member of the Mokattam Formation [14], a unit that has been studied and dated mainly as upper Lutetian to Bartonian (upper part of the middle Eocene) by Allam *et al.* [13], using also calcareous nannofossils. Some species in common with this study were: *Reticulofenestra bisecta*, *R. umbilica*, *R. reticulata*, *Coccolithus eopelagicus*, *C. pelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, and *Sphenolithus moriformis*. Some other authors [19, 20], stated that the Giushi Member is an almost exclusive stratigraphic unit from the Bartonian time, reaching even the beginning of the Priabonian (the transition between upper middle Eocene and late Eocene). As derived from the study carried out on our sample, the age span encompasses from the upper Lutetian to the beginning of Priabonian (Figure 7).

The Lutetian-Bartonian (NP16-NP17) in Venezuela

Despite the fact that in most of the Venezuelan Paleogene, the sediments of the end of the middle Eocene were completely or partially eroded, during the uplifts that preceded the upper Eocene and lower Miocene transgressions, there are a few stratigraphic units with this age range. The Giushi Member of the Mokattam Formation is equivalent in time to the El Datil and Punta Mosquito Formations (Punta Carnero Group), from the middle Eocene of the Margarita Island, which showed Zone NP16, based on studies of calcareous nanoplankton [21]. Also, it is equivalent in age to a section of the Caratas Formation in the Eastern Basin of Venezuela, and with a middle Eocene stratigraphic unit identified at the bottom of the well TOC-1S (located at the Agua Salada Basin, eastern Falcón), where calcareous nanoplankton Zones NP16 and NP17 were identified by Baritto *et al.* [22].

Conclusions

A casing sample obtained from the base of Djoser's pyramid in its southeast corner, was described as a creamy-white bioclastic packstone, containing a high abundance and variety of calcareous nannofossils such as: *Reticulofenestra bisecta*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Ericsonia formosus*, *Reticulofenestra dictyoda*, *R. daviesii*, *R. umbilica*, *Coccolithus eopelagicus*, *Sphenolithus moriformis*, *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra minuta*, *Chiasmolithus grandis*, *Reticulofenestra cf. reticulata*, *Clausicoccus subdistichus*, *Reticulofenestra hampdenensis*, *Helicosphaera sp.*, *Discoaster sp.* The most dominant

species were *Reticulofenestra bisecta* and *Cyclicargolithus floridanus*.

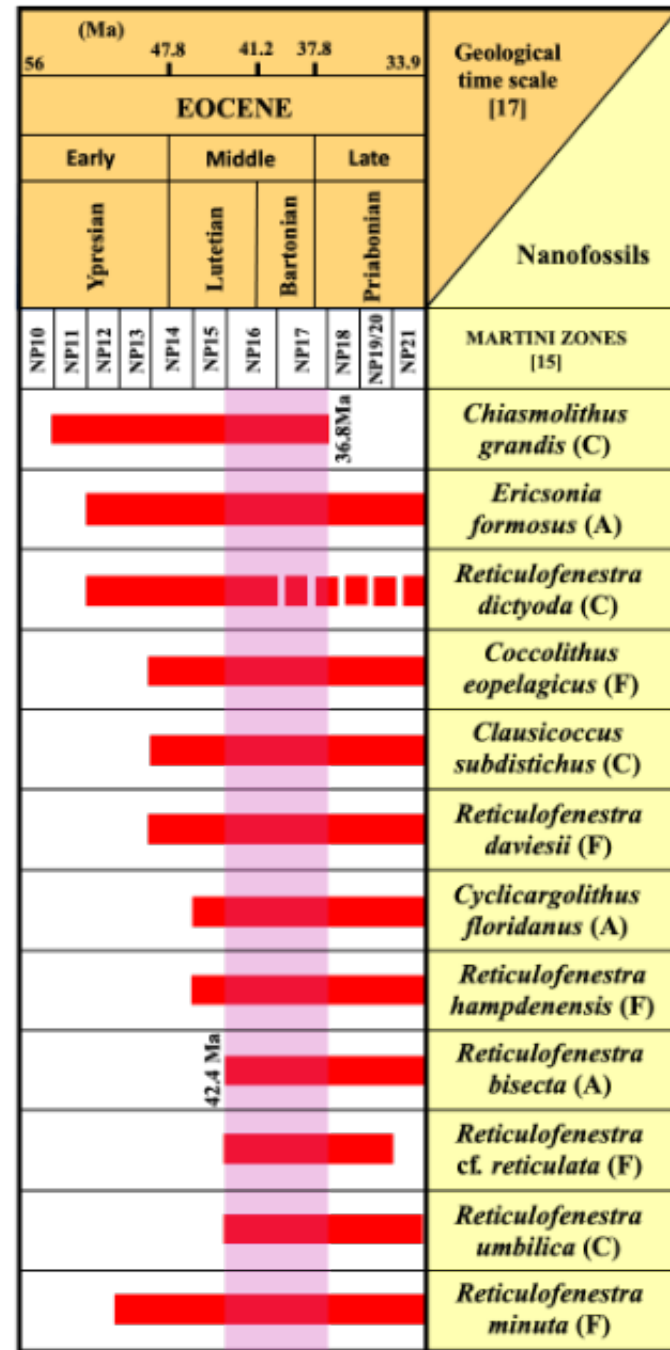


Figure 7. Chronostratigraphic table with the age ranges of the most outstanding calcareous nannofossils from the sample of Djoser Step Pyramid, corresponding to zones NP16-NP17 (purple stripe) of the middle-upper Eocene (upper Lutetian-Bartonian-lower Priabonian), between the 42.4 and 36.8 Ma. Nanoplankton relative abundance: Abundant (A), Common (C), Few (F), Rare (R), Very rare (VR).

The associations of these nannofossils defined a Middle Eocene age (Upper Lutetian to Bartonian), corresponding to zones NP16 and NP17 (between 42.4 and 36.8 Ma), even reaching the very beginning of the Late Eocene (Priabonian). The origin of this casing rock sample, according to the age range from the calcareous nanoplankton analysis, corresponded to the Giushi Member of the Mokattam Formation.

The biostratigraphic analysis carried out through the identification of calcareous nanoplankton in the sample from Djoser's pyramid casing, provides chronostratigraphic information that contributes to elucidate from the geoarchaeological point of view, the possible origin of the carbonatic material used by the stonemasons in the construction or reconstruction of this important architectural monument of the ancient Egypt.

References

- [1] Hawass, Z. (2021) The discovery of the sarcophagus of Djoser and the restoration of the step pyramid. Journal of the General Union of Arab Archaeologists. 6(3): 83-107 <https://digitalcommons.aaru.edu.eg/jguaa/vol6/iss3/6>
- [2] Hassan, H. & Korin, A. (2019). Contribution to the biostratigraphy of the Middle-Upper Eocene rock units at North Eastern Desert; an integrated micropaleontological approach Heliyon 5: 1-15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844018390285>
- [3] Kukela, A. (2012) The development of geological knowledge in the Old Kingdom of ancient Egypt. PhD Thesis, University of Riga, Latvia. 60 p.
- [4] Harrell, J.A. & Storemyr, P. (2009) Ancient Egyptian quarries—an illustrated overview. In Abu-Jaber, N., Bloxam, E.G., Degryse, P. and Heldal, T. (eds.) QuarryScapes: ancient stone quarry landscapes in the Eastern Mediterranean. Geological Survey of Norway Special Publication, 12: 7–50 https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Special%20publication/SP12_s7-50.pdf
- [5] El-Azabi, M.H. (2006) Sedimentological characteristics, palaeoenvironments and cyclostratigraphy of the Middle Eocene sequences in Gabal El-Ramliya, Maadi-Sukhna stretch, North Eastern Desert, Egypt. Intern. Conf. Geol. Arab World (GAW8), Cairo Univ., Giza, Egypt, 459-484
- [6] Tafwik, M., El-Sorogy, A. & Moussa, M. (2016) Metre-scale cyclicity in Middle Eocene platform carbonates in northern Egypt: Implications for facies development and sequence stratigraphy. Journal of African Earth Sciences. 119: 238-255 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.04.006>
- [7] Al Safia, M., Radwan, A. & Marwa, A. (2019) A new hiatus within the Lutetian of the El Basatin section, Gebel Mokattam, Egypt: Field and sedimentological observations, with special emphasis on Nummulites. Acta Geologica Sinica. 93(1): 12-29 <https://doi.org/10.1111/1755-6724.13759>
- [8] Gingerich, P.D. (1995) Marine mammals (cetacea and sirenia) from the Eocene of Gebel Mokattam and Fayu, Egypt: Stratigraphy, age and paleoenvironments. University of Michigan. Papers on Paleontology. 30: 1-84
- [9] Harrell, J. A. (2012) Building Stones. In Willeke Wendrich (ed.), UCLA Encyclopedia of Egyptology, Los Angeles. pags. 1-25 <http://digital2.library.ucla.edu/viewitem.do?ark=21198/zz002c10gb>
- [10] Klem, D. & Klem, R. (2001) The building stones of ancient Egypt - A gift of its geology. African Earth Sciences. 33: 631-642
- [11] Kukela, A. & Senglis, V. (2012) Application of building stone in the Old Kingdom of ancient Egypt as an indicator of changes in knowledge. Material Science and Applied Chemistry. 25: 31-36. <https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/13754>

- [12] Sadek, A. (1971) Nannofossils from the Middle-Upper Eocene Strata of Egypt. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt Sonderbände. 19: 107-130
- [13] Allam, A., Bassiouni, A. & Zalat, A. (1988) Calcareous nannoplankton from Middle and Upper Eocene rocks at Gebel Mokattam, East-Cairo, Egypt. Journal of African Earth Sciences. 7(1): 201-211.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/089953628890067X>
- [14] Casas, J.E., Cañizares, M. & Baritto, I. (2023) The Great Step Pyramid of Djoser - History, geology and nannoplankton content from its rock casing Journal of Geological Resource and Engineering. 11(1): 1-8
- [15] Perch-Nielsen, K. (1985) Cenozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Sanders, J.B. and Perch-Nielsen, K., (eds)., Plankton Stratigraphy, Cambridge University Press, Cambridge, 427-554
- [16] Martini, E. (1971) Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. In: B. U. Haq (Editor). Nannofossil Biostratigraphy. Benchmark Papers in Geology 78 (1984): 264-307
- [17] Gradstein, F., Ogg, J., Schmith, G. & Ogg, G. (2020) The Geologic Time Scale 2020. Elsevier B.V, Cap 28-29, Paleogene-Neogene, 855-978.
- [18] Durán, I. (1995) Nanofacies: Definición de Asociaciones. MARAVEN, S.A. Exploración y Producción. Caracas. Informe Técnico EPC-13740.
- [19] Abedl-Kireem, M. R. (1985) Planktonic foraminifera of Mokattam Formation (Eocene) of Gebel Mokattam, Cairo, Egypt. Revue de Micropaléontologie, 28: 77-96.
- [20] Strougo, A., & Boukhary, M.A. (1987) The middle Eocene - upper Eocene boundary in Egypt: present state of the problem. Revue de Micropaléontologie, 30: 122-127.
- [21] CIEN-Comité Interfiliar de Nomenclatura y Estratigrafía (2022) Código Estratigráfico de las Cuencas Petroleras de Venezuela.
- [22] Baritto, I., Camposano, L., Grande, S., Cañizares, M., Betancourt, O., Araujo, F. & Monsalve, J. (2022) Estudio geológico de la base del TOC-1S, Cuenca de Agua Salada, Estado Falcón, Venezuela. Boletín de la ANIH, 56: 19-64.
https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/BOLETIN_56_ANIH.pdf



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

Autor/Co-autor en 50 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Geos, Journal of Petroleum Geology, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, Caribbean Journal of Earth Sciences y Journal of Geological Resource; incluyendo presentaciones en eventos técnicos como: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración petrolera en la revista Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad del Zulia (1991-1992) y Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de

afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2024), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 11 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).

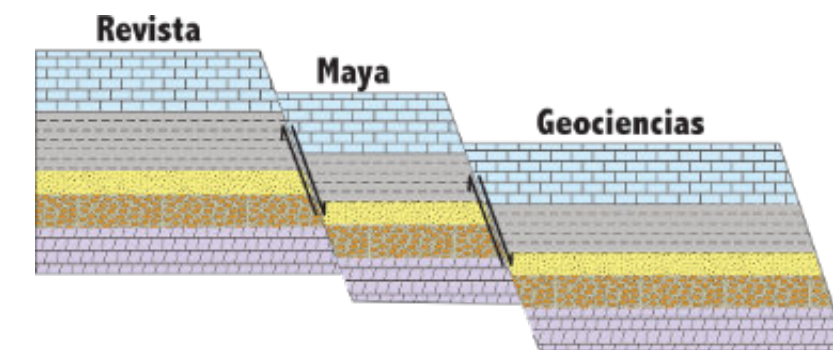


ivanbaritto@gmail.com

Iván Baritto es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad Central de Venezuela (UCV) con Maestría en Ciencias Geológicas de la UCV y especialista en Geociencias Petroleras del Instituto Francés del Petróleo (IFP). Tiene 20 años de experiencia profesional, 18 de los cuales han transcurrido en la industria petrolera venezolana como Geólogo de Exploración en INTEVEP, Centro de Investigaciones Tecnológicas de PDVSA.

Experticia en las áreas de Estratigrafía, Quimioestratigrafía, Geoquímica, Petrofísica, Geoestadística, Interpretación Sísmica, Caracterización Estática de Yacimientos y Análisis de Cuencas. Fue jefe del Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X (FRX) del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) de Venezuela en 2005 y Geólogo de Investigación en el Laboratorio de Petrografía y Geoquímica de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela en 2004.

Ha sido instructor en las áreas de Geoquímica Sedimentaria, Quimioestratigrafía y Geoestadística en la industria petrolera venezolana y asesor en tesis de pregrado y postgrado en estas disciplinas en la Universidad Central de Venezuela, Universidad Simón Bolívar, Universidad de Oriente y Universidad de Los Andes. Es miembro de la Sociedad Venezolana de Geólogos y de la Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias.



Un hombre es tan grande como sus grandes sueños.

Charles Chaplin

Rosenfeld, J. H., 2003, Economic potential of the Yucatan Block of Mexico, Guatemala, and Belize, 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. 340–348.

Economic Potential of the Yucatan Block of Mexico, Guatemala, and Belize

Joshua H. Rosenfeld

Yax Balam, Inc., Granbury, Texas, U.S.A.

ABSTRACT

The Yucatan Block is a rifted continental microplate covering 450,000 sq km in southern Mexico, northern Guatemala, and Belize. The crystalline basement is mantled by a Late Jurassic through Holocene carbonate/evaporite platform up to six-km thick. While the northern and western edges of the Yucatan Block have been passive margins since the Mesozoic, its southern margin was affected by Late Cretaceous suturing to the Chortis microplate, followed by Miocene to Holocene strike-slip faulting. Its eastern margin was modified by Paleogene strike slip against the Cuban Arc Terrane. The Yucatan Block has received very little terrigenous sedimentation since being isolated from nearby landmasses by the Jurassic separation of North and South America.

Major hydrocarbon production exists in Mexico from the area immediately west of the Yucatan Block in the Reforma Trend, Campeche Sound, and the Macuspana Basin. Oil has also been found west and south of the block in the Sierra de Chiapas of Guatemala and Mexico. Only one commercial oil accumulation has been found to date on the stable block itself (Xan field in Guatemala), and mineral exploration without commercial success has been limited to the small area of exposed crystalline basement in the Maya Mountains of Belize.

Based on current knowledge, it is the author's opinion that the economic potential of the Yucatan Block should not be discounted. Hydrocarbon and mineral exploration has been sporadic and generally low-tech, and there is a clear need for high-quality regional seismic data to reveal structural configuration and sedimentary architecture. Among the many geological factors to be understood are:

- 1) geometry of Triassic-Jurassic rift structures (horsts and grabens);
- 2) location and geometries of possible Jurassic and Cretaceous intraplate hydrocarbon source basins, carbonate buildups, and structural traps in the evaporite/carbonate section;
- 3) paleoheatflow as it affected organic maturation;
- 4) effects within the block of tectonics along its margins (tilting, mass wasting, and foreland bulging); and
- 5) possible role of the Chicxulub K/T astrobleme in hydrocarbon and mineral occurrence.

INTRODUCTION

The onshore and offshore Yucatan Block covers approximately 450,000 km² of Mexico, Guatemala, and Belize (Figure 1). The block is a Paleozoic cratonic element whose edges have been extensively modified since it was isolated as a discrete microplate between spreading centers during the Jurassic separation of North and South America. Since the Late Jurassic, the Yucatan Block has been mantled by a variable thickness of carbonates and evaporites comprising the core of the Yucatan platform.

Nomenclature for this rather uniform depositional sequence (Figure 2) varies from country to country; e.g. the Hillbank, Yalbac, and Barton Creek Formations in Belize; the Cobán and Campur Formations in Guatemala; and the Cretácico Medio, Cretácico Superior, Icaiché, Chichén Itzá, and Carrillo Puerto Formations in Mexico. The platform carbonates continue to the west beyond the limits of the Yucatan Block into the Reforma Trend of Mexico and the Sierra de Chiapas of Mexico and Guatemala, where they are named the San Ricardo, Sierra Madre, and Ixcoy Formations.

The southern margin of the Yucatan Block is truncated by Tertiary through Holocene left-lateral displacement of the Chortis Block of Guatemala and

Honduras along the Cuilco-Chixoy-Polochic and Motagua-Cabañas Fault Systems with pieces of the original Yucatan Block possibly dispersed along the Nicaragua Rise as far east as Jamaica. Its eastern edge, or Yucatan Borderland (Marton and Buffler, 1994), was dismembered by Paleogene strike-slip faults during the relative northward motion of Cuba, with displaced fragments of the original Yucatan Block incorporated into western Cuba (Iturralde-Vinent, 1994).

Deformational events that have influenced the petroleum and mineral resource potential of the Yucatan Block include:

- 1) Late Triassic to Middle Jurassic rifting (Marton and Buffler, 1994);
- 2) Late Cretaceous suturing along the southern margin of Yucatan (Beccaluva et al., 1995);
- 3) Cretaceous-Tertiary (K/T) asteroid or cometary impact (Sharpton et al, 1996); and
- 4) Cretaceous to Paleogene(?) westward tilting manifested by the shallow basement (<1 km) in eastern Yucatan (Marton and Buffler, 1994) and wells indicating deep basement (> 6 km) to the west (López-Ramos, 1973).

Depositional episodes related to these tectonic events include:

- 1) Early to Middle Jurassic red bed and eolian deposition;
- 2) Late Jurassic to Early Cretaceous marine transgression;
- 3) Late Jurassic through Holocene carbonate and evaporite (mainly gypsum-anhydrite) accumulation; and
- 4) Mass wasting and brecciation at the K/T boundary as a result of the Chicxulub impact event.

Tertiary sedimentation marked the return of carbonate platform deposition with the local exception of the Macuspana Basin. Despite thick sedimentary section and hydrocarbon production in Guatemala, most of the Yucatan Block has no regional seismic coverage. Exploration wells are sparse (less than one well per 20,000 km²), irregularly distributed, and

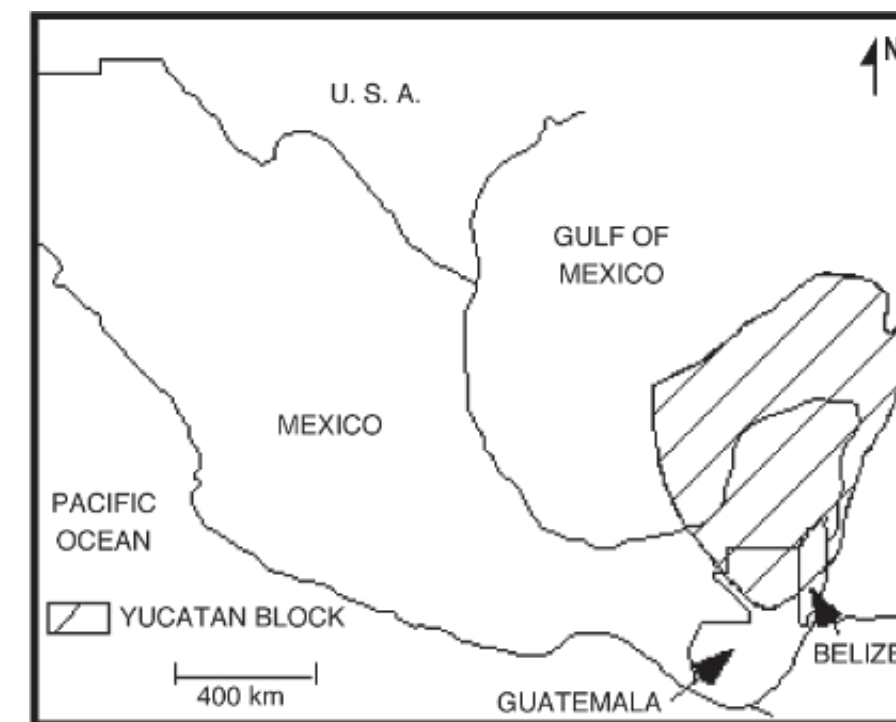


Figure 1. Location map of the Yucatan Block in Mexico, Guatemala, and Belize.

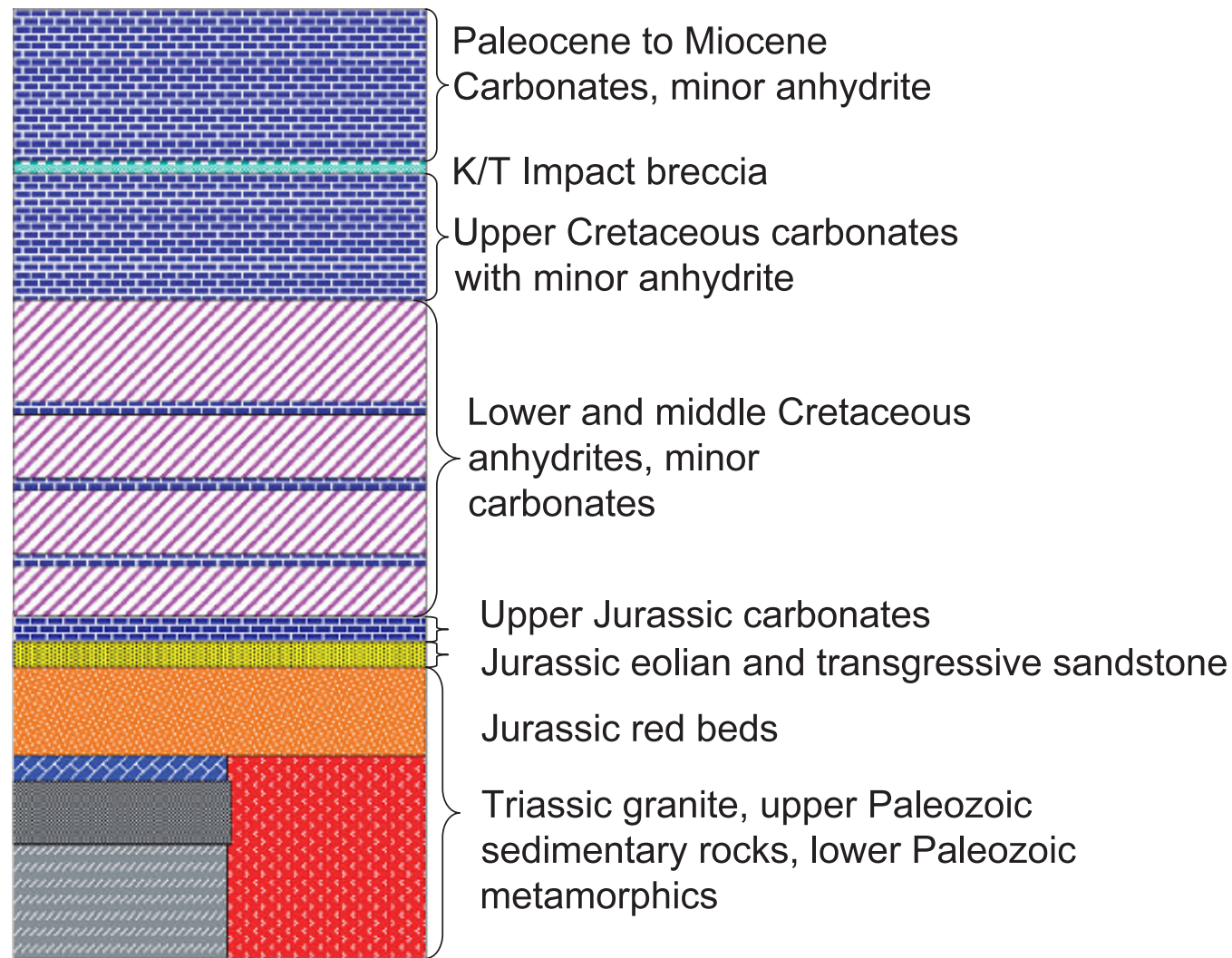


Figure 2. Generalized stratigraphic column for the Yucatán Block.

mostly drilled without seismic control (Figure 3). Prospecting for metallic minerals has not been feasible beneath the generally featureless surface carbonates.

HYDROCARBONS

The presence of one or more hydrocarbon systems in the Yucatán Block is known from the occurrence of oil in Guatemala and Belize. What are these systems, how robust are they, and how are they extensive might they be? Some of the possibilities are discussed below.

Rift Play

Drilling in Mexico and Belize and outcrops in the Maya Mountains indicate that the crystalline crust is generally granitic with pre-Pennsylvanian metased-

imentary and metavolcanic components (López-Ramos, 1973; Steiner and Walker, 1996). These authors also mention low-grade Pennsylvanian and Permian metasedimentary rocks encountered by drilling and in outcrop. This basement complex corresponds to the hinterland of the Ouachita belt of Arkansas, Oklahoma, and Texas, and may be the "Llanoria" of Flawn et al. (1961). The continental basement of Yucatán is stretched, since much of the block is covered by sedimentary overburden as much as six km in thickness; an impossibility on unstretched continental crust at isostatic equilibrium.

Linear gravity anomalies within the Yucatán Block suggest that this crustal stretching produced a series of horsts and grabens in this continental block between the Gulf of Mexico and the Proto-Caribbean Sea spreading ridges in the Jurassic (Marton and Buffer, 1994). Few wells drilled in the Yucatán Block

have reached Jurassic rocks or basement. However, a 36-m-thick section of Jurassic dolomite was described by López-Ramos (1973) at the depth of 3140 m in the Yucatán-1 well (Figure 3).

The horsts would have been source areas for terrigenous clastics that accumulated in the adjacent grabens, and for the Oxfordian eolian and transgressive marine sandstone found in the Ek-Balam field of Campeche Sound (Guzmán-Vega and Mello, 1999). This is analogous to the depositional sequence in the contemporaneous Norphlet and Smackover Forma-

tions of the northern Gulf of Mexico. These grabens would also have been the preferred routes for Late Jurassic to Early Cretaceous marine transgression on the Yucatán Block. Transgressive marine deposits in these grabens would consist of sandstone and marl. The configuration and orientation of these proposed rift basins remains uncertain.

The hydrocarbon source potential of this sequence is confirmed by the presence of light oil in the Eagle-1 well of Belize (Figure 3) whose biomarkers suggest derivation from Late Jurassic or Early Cretaceous marl (J. Zumberge, personal communication, 2000). Exploration objectives of this play would be the syn-rift and early post-rift sandstones on the flanks and crests of horst blocks, and carbonates deposited during transgression and platform building (Figure 4).

Intraplatform Basin Play

Xan field on the central Yucatán Block in Guatemala (reserves of 100 million barrels of oil) is on the curvilinear La Libertad Arch south of the 150- to 200-km-diameter gravity low (López-Ramos, 1973) outlined in Figure 3. This field produces 168 API gravity oil from vuggy dolomite in a carbonate buildup of Turonian age. The reservoir is sealed by anhydrite and overlies organic-rich, oil-prone Cenomanian carbonate source rocks. The broad negative gravity anomaly may represent a temporally persistent intraplatform basin with a central concentration of source rocks ringed by carbonate buildups or calcarenite banks of the Xan type (Figure 4). The author speculates that this may be a "steer's head" basin formed by subsidence over a major graben or failed rift. Hydrocarbon migration out of this basin would be radial, but westward tilt of the Yucatán Block would favor eastward hydrocarbon migration across a wide, unexplored swath of Mexico, Guatemala, and Belize.

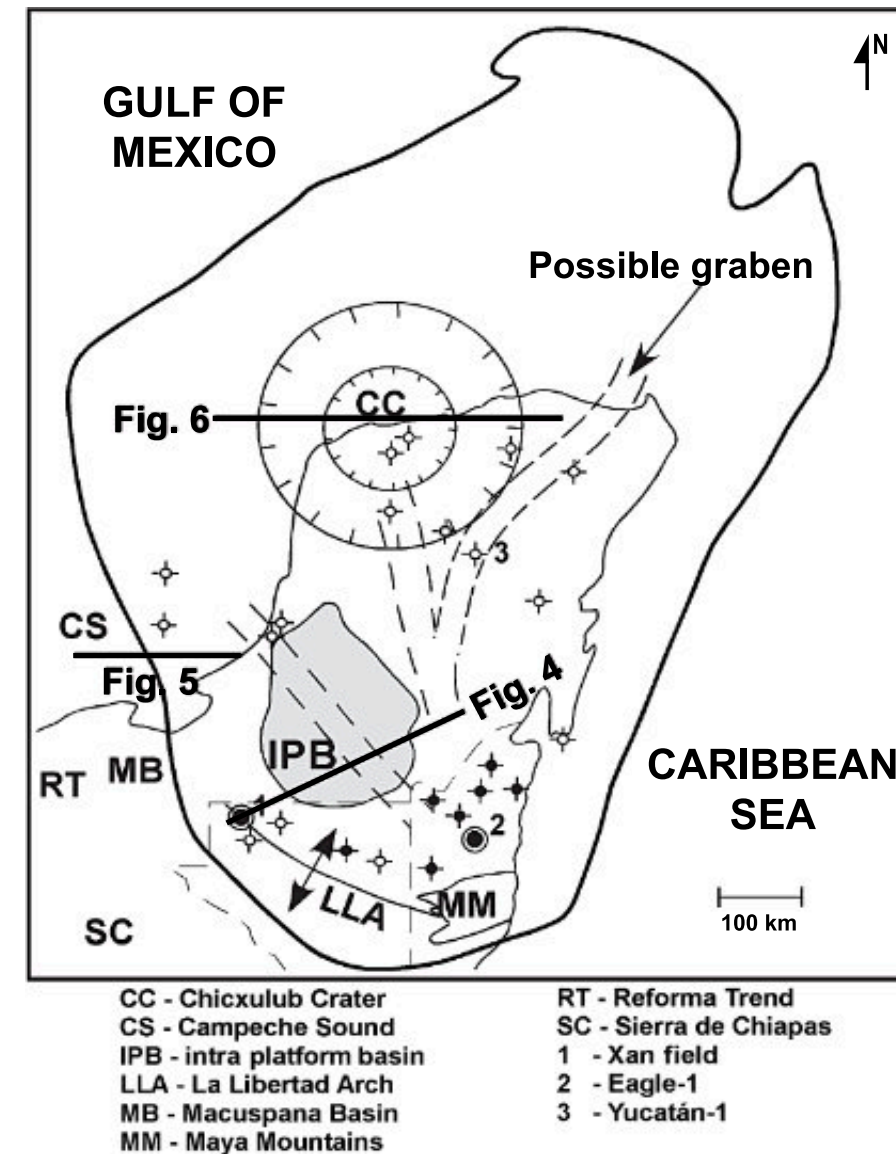


Figure 3. Geological elements of the Yucatán Block. CC = Chicxulub Crater, CS = Campeche Sound, IPB = Intraplatform Basin, LLA = La Libertad Arch, MB = Macuspana Basin, MM = Maya Mountains, RT = Reforma Trend, SC = Sierra de Chiapas, 1 = Xan field, 2 = Eagle-1 well, 3 = Yucatán-1 well. Numbered lines show approximate locations of Figures 3, 4, and 5.

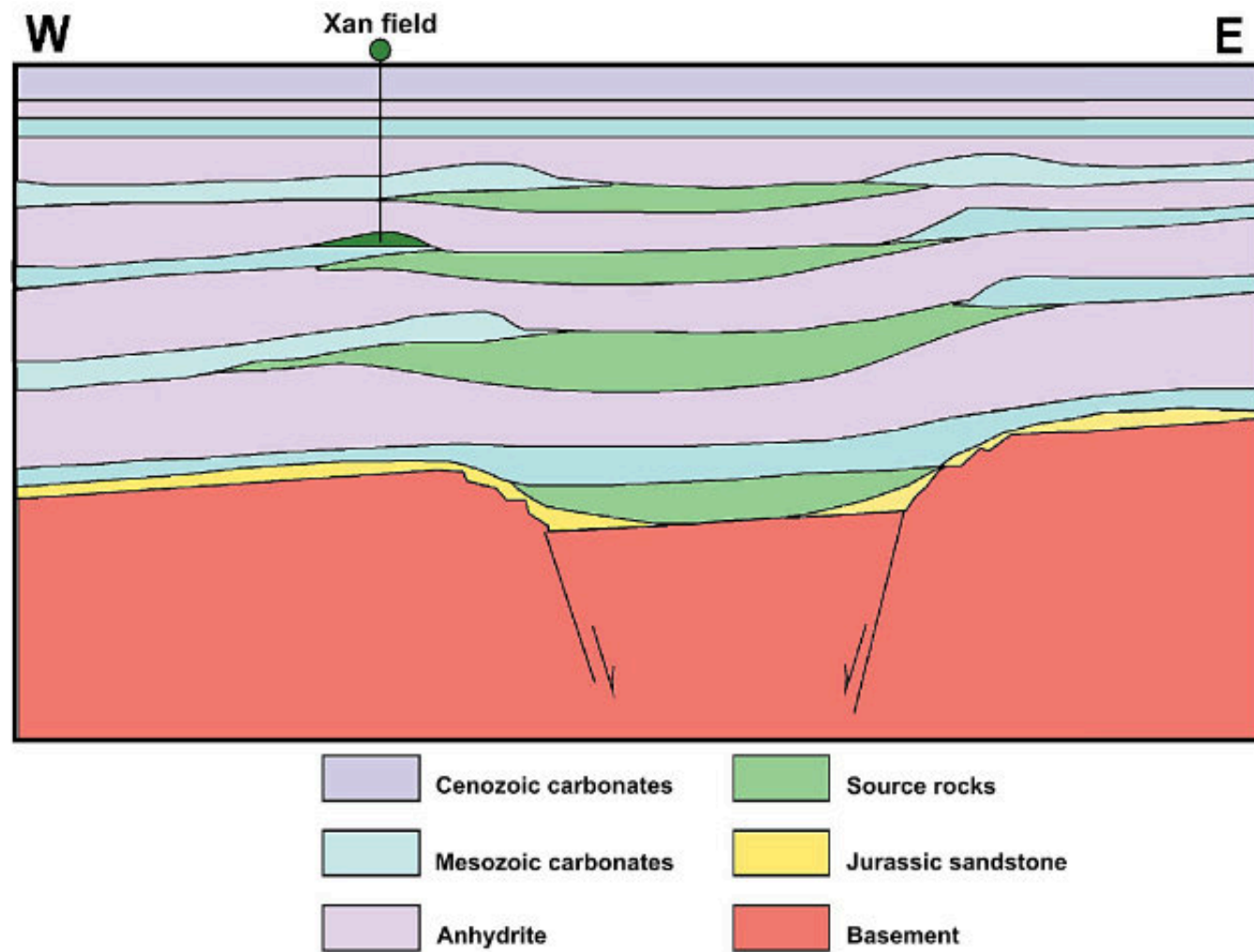


Figure 4. Diagrammatic southwest-to-northeast-oriented section across a gravity low that may represent an intra-platform basin and underlying rift illustrating the possible distribution of source rocks, carbonate buildups, and anhydrite seals, as typified by the Xan oilfield of Guatemala.

Eastward oil migration was confirmed in the Eagle-1 well of Belize, where 398 API gravity oil flowed from Lower Cretaceous carbonates just above the crystalline basement at a depth of 600 m. Several other wells in northern Belize (Figure 3) also had oil shows (unpublished oil company data). Relatively shallow burial depth and low organic contents of the Mesozoic strata in Belize are insufficient for hydrocarbon generation, indicating that the Eagle-1 oil had its origin in a relatively distant hydrocarbon generation kitchen regionally downdip in Mexico and/or Guatemala.

It is probable that the Xan reservoir is not the only carbonate buildup on the inner platform of the Yucatán Block. This facies tract is characterized by laterally extensive, eustatically controlled alternations of carbonate and anhydrite along migration pathways radiating from the proposed intraplatform

basin (Figure 4). This framework is similar to that of the supergiant oil accumulations on the Arabian platform where oil generated in the intraplatform Hanifa Basin is trapped among cyclic carbonates and anhydrites of the Arab Formation beneath the massive Hith Anhydrite (Wilson, 1985).

Lateral Migration of Hydrocarbons from the Gulf of Mexico

The hydrocarbon accumulations of Campeche Sound (>30 billion barrels of oil) and the Macuspana Basin (>10 trillion cubic feet of gas) indicate the presence of a massive hydrocarbon charge in the area bordering the western Yucatán Block. The westward tilt of Yucatán creates a favorable geometry for capturing hydrocarbons that either have bypassed or

spilled from traps in Campeche Sound and the Macuspana Basin. These hydrocarbons could be trapped in carbonate buildups in the platform sequence, or at porosity pinch outs among anhydrite layers that thicken and coalesce towards the central platform (Figure 5).

Astrobleme Related Hydrocarbon System

The K/T impact at Chicxulub, with a final crater diameter estimated to be 200 to 300 km (Figure 3), is among the largest preserved impact features on earth (Sharpton et al., 1996). A compelling case has been made for the impact origin of K/T dolomitic breccia reservoirs in the giant and supergiant Campeche Sound fields (Grajales-Nishimura et al., 2000). The possible existence of an impact-related hydrocarbon system within the Yucatán Block is discussed below.

Several wells were drilled into and around the impact crater prior to 1970. Some of these wells (López-

Ramos, 1973) penetrated igneous rocks and breccias, originally thought to be of volcanic origin, that have since been determined to be melt rock formed by the Chicxulub impact (Sharpton et al., 1996). The wells outside the crater's rim penetrated the typical interbedded carbonate-anhydrite sequence of the Yucatán Block (Figure 6). Although a hydrocarbon system would not be expected to survive within the crater, conditions around its periphery may have been conducive to hydrocarbon generation and accumulation.

Hydrocarbon Generation

The Yucatán-1 well penetrated Paleozoic volcanic basement at a depth of 3200 m. The low geothermal gradient in the overlying carbonates and anhydrite may have precluded hydrocarbon generation from any possible Mesozoic source rocks in that area. Therefore, hydrocarbon presence in the area could depend upon local, impact-induced heating caused by:

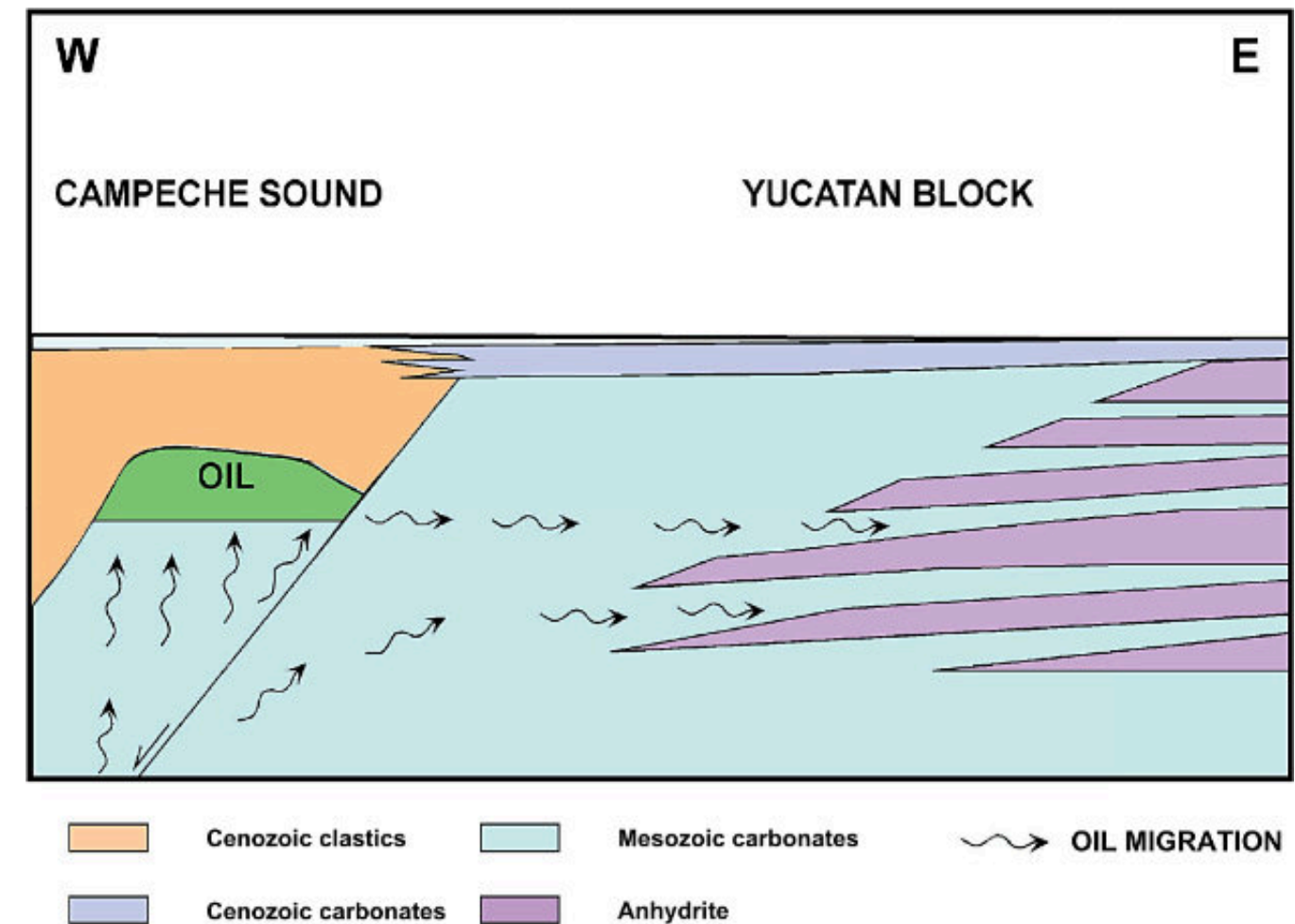


Figure 5. Diagrammatic west-to-east-oriented section showing the possible migration of hydrocarbons from Campeche Sound into the western margin of the Yucatán Block.

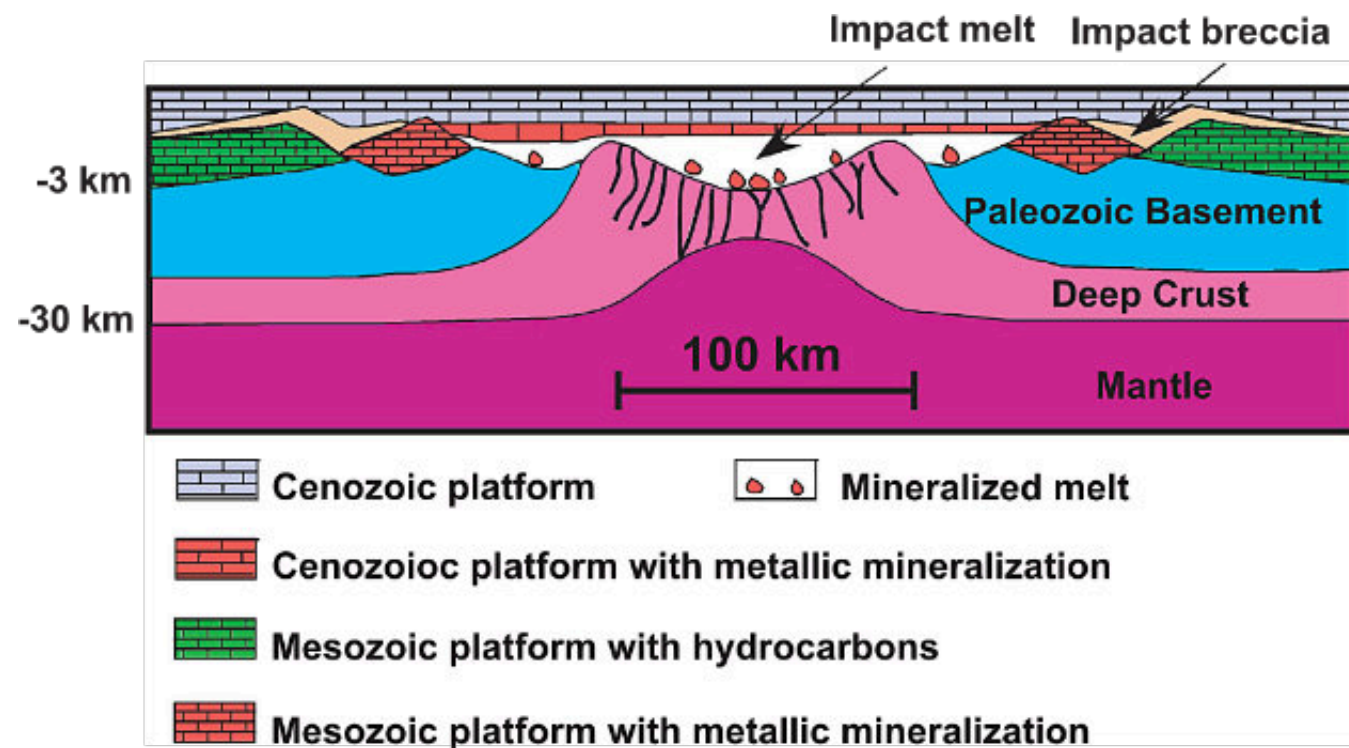


Figure 6. Diagrammatic west-to-east-oriented section across the Chicxulub impact crater with possible locations of metallic ores and hydrocarbon resources. Note the representation of ore bodies in the impact melt and in carbonate-hosted hydrothermal systems adjacent to and immediately overlying the central crater. Carbonates beyond the outer crater may be hydrocarbon-bearing with seals comprising faults, interbedded anhydrites, and the overlying impact breccia. Adapted from Sharpton et al, 1994.

- 1) heat radiating from impact induced melts and increased geothermal gradient caused by the rapid uplift of deep crustal layers;
- 2) "kneading" of a large rock volume by the passage of very high-amplitude impact-induced seismic waves;
- 3) friction along rapidly moving kilometer-scale fault/slide blocks during crater collapse; and
- 4) heat transfer by post-impact hydrothermal systems.

Reservoirs

Dolomite interbedded with anhydrite is well documented in the target section. The dolomite should be extensively fractured over a wide area around the crater, thereby enhancing any matrix porosity.

Traps

Faulted and tilted strata around the periphery of the post-collapse crater could provide structural traps (Figure 6).

Seals

Interbedded anhydrites, although initially fractured, would quickly heal to form internal seals for

the interbedded dolomite reservoirs. Top seal rocks would consist of micritic platform carbonates, intra-platform evaporites, and/or impact breccia similar to welded volcanic tuff (Figure 6). Lateral seals would consist of faults and major fractures made impermeable by fault gouge and frictional melt (pseudotachylite) found as meter-scale dikes in well-exposed major impact structures (Peredery and Morrison, 1984), and by precipitation of hydrothermal minerals in open fractures.

Metallic Minerals

Mineralization at meteor impact sites is well documented, the most notable example being the Precambrian Sudbury Crater in Ontario, Canada, containing an estimated 1.65 billion metric tons of ore, averaging 1.2% Ni and 1.05% Cu (Masaitis and Grieve, 1994). The metals originated as an immiscible sulfide segregation in the impact melt. An additional 6 million metric tons of hydrothermal ore, averaging 4.4% Zn, 1.4% Cu, and 1.2% Pb, also occur in a thin, post-impact carbonate. The pre-erosion Sudbury and the buried Chicxulub impact craters are nearly the same

size (200 to 300 km in diameter), and it is conceivable that a quantity of metal similar to that of Sudbury is present in the Chicxulub melt sheet at mineable depths between one and three km. (Figure 6).

A second, and perhaps even more extensive objective, would be mineralized veins, stockworks, and replacement bodies created by a robust hydrothermal system in the thick carbonates around and above the transient crater. This system may have persisted for thousands of years following the impact. Elements of this system would include:

- 1) a cylinder of fractured and uplifted deep crustal rocks about 100 km in diameter;
- 2) a cauldron of cooling melt and hot rock in the central impact area exposed to a constant influx of seawater;
- 3) formation of hydrothermal brine, rich in dissolved chlorides derived primarily from seawater and sulfides derived from reduced sulfate from seawater and anhydrite;
- 4) deep convection through the abundant fracture systems;
- 5) dissolution of available metallic ions from fractured wall rocks of the system as soluble chloride and sulfide complexes;
- 6) precipitation of metallic sulfides from cooling and oxidizing metal-bearing brine in fractures in and around the crater; and
- 7) metallogenetic zonation as the hydrothermal system cooled.

The economic potential of such ore bodies would depend on their present-day depth and the feasibility of mining in an environment with abundant ground water.

CONCLUSIONS

The basic structural framework and stratigraphic architecture of the Yucatán Block are poorly understood. This is a complex geological province mantled by a deceptively simple carbonate platform. This perceived "simplicity" may lead to the conclusion that existing exploration work has sufficiently revealed the salient geological characteristics of the province, and that these indicate high exploration risk.

On the positive side, there are at least two documented oil types generated on the Yucatán Block: one from Middle Cretaceous restricted-marine source

rocks found at Xan field, and another, in the Eagle-1 well, generated from Upper Jurassic to Lower Cretaceous marl. Hydrocarbons may also have migrated into the western edge of the block from the Campeche and Macuspana Trends.

Although the Yucatán Block may contain important hydrocarbon and metallic resources, surface conditions provide little help to the subsurface explorer. On the contrary, the surface presents challenges to exploration because of its featureless geology, thick vegetation, high velocity rocks, thick caliche crust, shallow caverns, karst topography, environmentally sensitive areas, abundant archeological sites, and poor infrastructure. Therefore, the discovery of economic resources will require careful application of state-of-the-art seismic and potential field geophysical methods, and drilling technology.

In order to properly evaluate the economic potential of the Yucatán Block, the following steps are recommended:

- 1) Assemble, integrate, and interpret all available geological, geophysical, and geochemical information from the Yucatán Block in Mexico, Guatemala, and Belize.
- 2) Acquire a grid of deep-imaging seismic data to be integrated with modern potential field (gravity, magnetic, and magneto-telluric) and well data in order to provide an accurate regional framework for the Yucatán Block.
- 3) Evaluate samples from the deep-drilling program at Chicxulub undertaken by the International Continental Scientific Drilling Program (IGCP) and the Universidad Nacional Autónoma de México in early 2002, and incorporate the data obtained into the regional framework.
- 4) Perform electromagnetic and/or induced polarization surveys over the onshore portion of the Chicxulub crater to determine where large metallic concentrations might exist.
- 5) Carry out detailed seismic surveys over selected areas determined to have exploration potential.
- 6) Drill economically feasible and environmentally manageable hydrocarbon and mineral prospects.

ACKNOWLEDGMENTS

Many geoscientists and companies have expended both energy and financial resources in order to provide the basis for our current understanding of the Yucatán Block. The author acknowledges, among

others, the contributions of Ernesto López-Ramos, Francisco Viniegra, Antonio Camargo, Glen Penfield, Virgil Sharpton, and Richard Buffler.

Among companies whose investments in the exploration of Yucatan resulted in the acquisition of critical data are Petroleos Mexicanos, Texaco, Amoco, Shell, Gulf, Phillips, Sohio, Esso, Marathon, and Anschutz.

The author thanks Veritas Geophysical Company for support during the preparation of this work. This paper has benefited from discussions with Hector Palafox of the Instituto Mexicano del Petroleo. Arthur Berman, a friend and colleague, was generous with his time and knowledge during this work. Constructive comments of Ronald Phair and others were very helpful during the final preparation of the manuscript.

REFERENCES CITED

Beccaluva, L., S. Bellia, M. Coltorti, G. Dengo, G. Giunta, J. Mendez, J. Romero, S. Rotolo, and F. Siena, 1995, The northwestern border of the Caribbean Plate in Guatemala: New geological and petrological data on the Motagua Ophiolite Belt: *Ofioliti*, v. 20, no. 1, p. 1–15.

Flawn, P. T., A. Goldstein Jr., P. B. King, and C. E. Weraver, 1961, The Ouachita System: Austin, The University of Texas Publication No. 6120, 401 p.

Grajales-Nishimura, J. M., E. Cedillo-Pardo, C. Rosales-Domínguez, D. J. Morán-Zenteno, W. Alvarez, P. Claeys, J. Ruíz-Morales, J. García-Hernández, P. Padilla-Avila, and A. Sánchez-Ríos, 2000, Chicxulub Impact: The origin of reservoir and seal facies in the southeastern Mexico oil fields: *Geology*, v. 28, no. 4, p. 307–310.

Guzmán-Vega, M. A., and M. R. Mello, 1999, Origin of oil in the sureste basin, Mexico: *AAPG Bulletin*, v. 83, no. 7, p. 1068–1095.

Iturralde-Vinent, M. A., 1994, Cuban geology: A new plate tectonic synthesis: *Journal of Petroleum Geology*, v. 17, no. 1, p. 39–70.

López-Ramos, E., 1973, Estudio Geológico de la Península de Yucatán: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 25, nos. 1–3, p. 23–75.

Marton, G., and R. T. Buffler, 1994, Jurassic reconstruction of the Gulf of Mexico Basin: *International Geology Review*, v. 36, p. 545–586.

Masaitis, V. L., and R. A. F. Grieve, 1994, The economic potential of terrestrial impact craters: *International Geological Reviews*, v. 36, p. 105–151.

Peredery, W. V., and G. G. Morrison, 1984, Discussion of the origin of the Sudbury Structure, in E. G. Pye, A. S. J. Naldrett, and P. E. Giblin, eds., *The geology and ore deposits of the Sudbury Structure: Ontario Geological Survey Special Volume 1*; p. 491–511.

Sharpton, V. L., L. E. Marín, and B. C. Schuraytz, 1994, The Chicxulub Multiring Impact Basin: Evaluation of geophysical data, well logs, and drill core samples: *Lunar and Planetary Institute Contribution No. 825*, p. 108–110.

Sharpton, V. L., L. E. Marín, J. L. Carney, S. Lee, G. Ryder, B. C. Schuraytz, P. Sikora, and P. D. Spudis, 1996, A model of the Chicxulub impact basin based on evaluation of geophysical data, well logs, and drill core samples: *GSA Special Paper 307*, p. 55–74.

Steiner, M. B., and J. D. Walker, 1996, Late Silurian plutons in Yucatan: *Journal of Geophysical Research*, v. 101, no. B8, p. 17,727–17,735.

Wilson, A. O., 1985, Depositional and diagenetic facies in the Jurassic Arab-C and -D reservoirs, Qatif Field, Saudi Arabia, in P. O. Roehl and W. Choquette, eds., *Carbonate petroleum reservoirs*: Berlin, Springer-Verlag, p. 321–340.



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

Potencial Económico de Yucatán – Actualización

Joshua Rosenfeld - Editor de la Revista

Introducción

El potencial geo-económico de Yucatán, tanto del petróleo como de minerales metálicos, fue discutido por Rosenfeld (2002 y 2003) que están disponibles en el sitio red de la Revista Maya de Geociencias <https://revistamaya.com>. Las recomendaciones en estos trabajos son las siguientes:

- 1) Ensamblar, integrar e interpretar toda la información geológica, geofísica y geoquímica disponible sobre el Bloque de Yucatán en México, Guatemala y Belice.
- 2) Adquirir una malla abierta de información sísmica profunda para integrarla a los datos de campos potenciales y de pozo, con la meta de elaborar un marco regional actualizado.
- 3) Evaluar las muestras de pozos profundos planeados alrededor de Chicxulub con respecto a su relevancia económica, e incorporar estos datos al marco regional.
- 4) Conducir levantamientos electromagnéticos o de polarización inducida sobre la parte terrestre del cráter de Chicxulub para determinar la posible existencia de concentraciones metálicas.
- 5) Hacer estudios sísmicos detallados sobre áreas seleccionadas de potencial exploratorio.
- 6) Perforar los prospectos de petróleo y de metales.

El motivo de este papel es actualizar los acontecimientos sobre recursos petroleros y minerales del área, y proponer algunos pasos para adelantar el conocimiento geológico de esta extensa área que sigue siendo bastante desconocida.

Minerales metálicos

Los efectos de un fuerte sistema hidrotermal en el cráter de impacto de Chicxulub fue observado en núcleos del pozo de la Expedición 364 perforado en el anillo pico del cráter (Figura 1) (Kring et al, 2020). La similitud de Chicxulub con el cráter metalífero de Sudbury en Canadá (Rosenfeld 2002, 2003) sigue vigente y se reitera la recomendación #4 de la Introducción (arriba).

Petróleo

En 2002 ya era conocida la presencia del petróleo en cantidades comerciales sobre la Plataforma de Yucatán en los dos campos del noroeste de Guatemala; el Campo Xan con alrededor de 115 millones de barriles, y el Campo Chocop con aproximadamente 5 millones de barriles (Figura 1). Aunque no son muy grandes, comprobaron la presencia de un sistema petrolero en Yucatán.

En 2005 se descubrió el Campo Spanish Lookout en Belice que últimamente producirá alrededor de 15 millones de barriles. Esto fue seguido por el Campo Never Delay de ~5 millones de barriles, y en 2015 se principió a producir gas

y petróleo líquido en el Campo Ocultún de Guatemala. Este campo contiene reservas alrededor de 11 millones de barriles equivalentes (Figura 1). Estos tres campos (Figura 1) tienen trampas estructurales a lo largo del Sistema de Falla del Centro de Yucatán (Rosenfeld, 2021), mientras los Campos Xan y Chocop son trampas estratigráficas de bancos carbonatados sobre la plataforma.

La sección sedimentaria del norte de Belice es delgada y los campos Spanish Lookout y Never Delay fueron cargados por migración a larga distancia de petróleo desde México y Guatemala donde la sección sedimentaria es suficientemente gruesa para generar aceite de rocas del Cretácico, y posiblemente del Jurásico (Peterson et.al., 2012). Estos nuevos descubrimientos sugieren que la mayoría de la Plataforma de Yucatán, tanto terrestre como marino, y aun sin investigar puede almacenar reservas importantes del petróleo.

Prácticamente no hay datos sísmicos regionales en Yucatán. Sin embargo, una línea sísmica en Guatemala en la zona de El Mirador junto a México muestra un anticlinal de baja amplitud. El eje de este anticlinal parece seguir adentro de México en la zona de Calakmul (Figuras 2 y 3). El Proyecto del Tren Maya, actualmente en desarrollo en Yucatán (Figura 4), proveerá avenidas aptas para la adquisición de sísmica regional que iluminará la estructura profunda de Yucatán, y el segmento entre Escárcega y Chetumal puede comprobar la existencia del Anticlinal de Calakmul.

Referencias

Ensley, R., R.D.Hansen, C. Morales-Aguilar, J. Thompson, 2021; Geomorphology of the Mirador-Calakmul Karst Basin: A GIS-based approach to hydrogeologic mapping: *PLOS ONE*, p. 1-48.

Kring, D.A. y 37 co-autores, 2020, Probing the hydrothermal system of the Chicxulub impact crater: *Science Advances*, v. 6, p. 1-9.

Petersen, H.J., B. Holland, H.D. Nytoft, A. Cho, J. Piasecki, J. de la Cruz y J.H. Cornec, 2012; Geochemistry of crude oils, seepage oils and source rocks from Belize and Guatemala: Indications of carbonate-sourced petroleum systems: *Journal of Petroleum Geology*, vol. 35(2), p. 127-184.

Rosenfeld, J.H., 2002, El potencial económico del Bloque de Yucatán en México, Guatemala y Belice: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo LV, número 1, p. 30-37.

Rosenfeld, J.H., 2003, Economic Potential of the Yucatan Block in Mexico, Guatemala and Belize: 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. 340–348.

Rosenfeld, J.H., 2021, Pre-Spreading History of the Cayman Transform Fault Preserved in Middle America: *Revista Maya de Geociencias*, octubre, p.24-27.

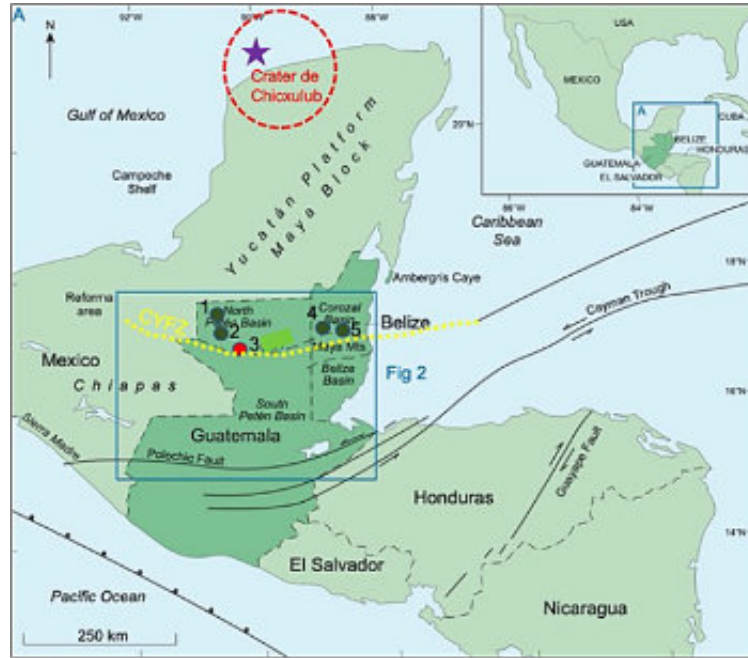


Figura 1. 1-Campo Xan, 2-Campo Chocop, 3-Campo Ocutún, 4-Campo Spanish Lookout, 5-Campo Never Delay, Estrella purpura es el sitio de núcleos de la Expedición 364. Modificada de Petersen, et al., 2021.

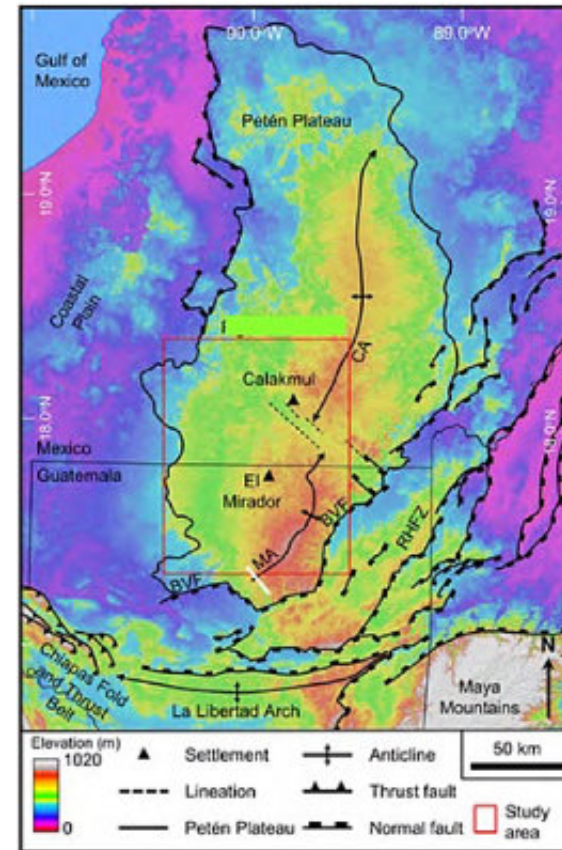


Figura 2. MA=Anticlinal Mirador, CA=Anticlinal Calakmul. Línea blanca es la ubicación aproximada de la línea sísmica en Figura 3. Modificada de Ensley, et al., 2021.

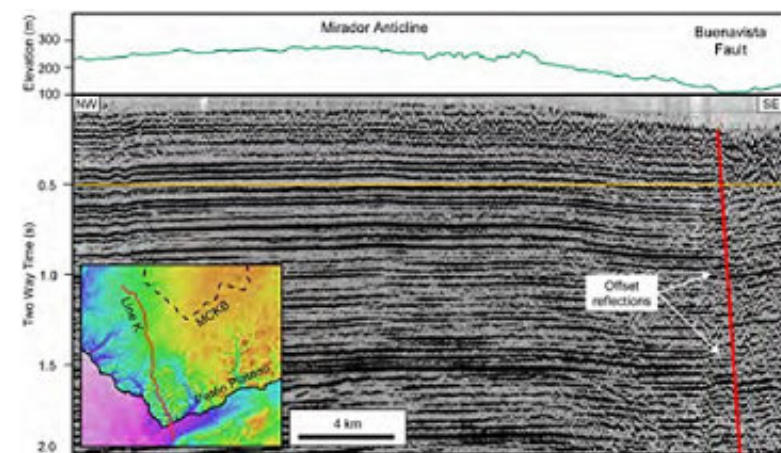


Figura 3. Línea sísmica mostrando el extremo sur del Anticlinal Mirador. De Ensley et al., 2021.



Figura 4. Ruta del Tren Maya.

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.

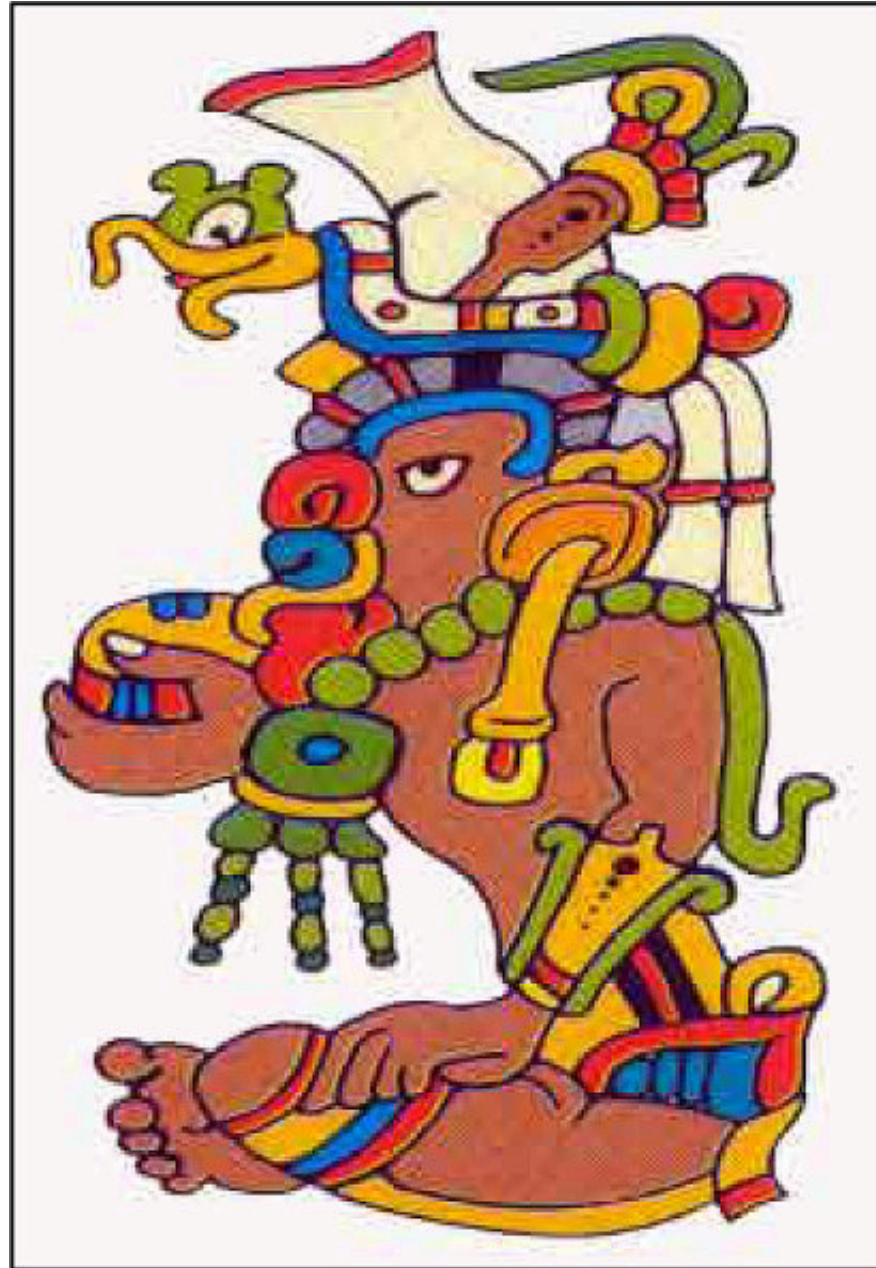
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

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

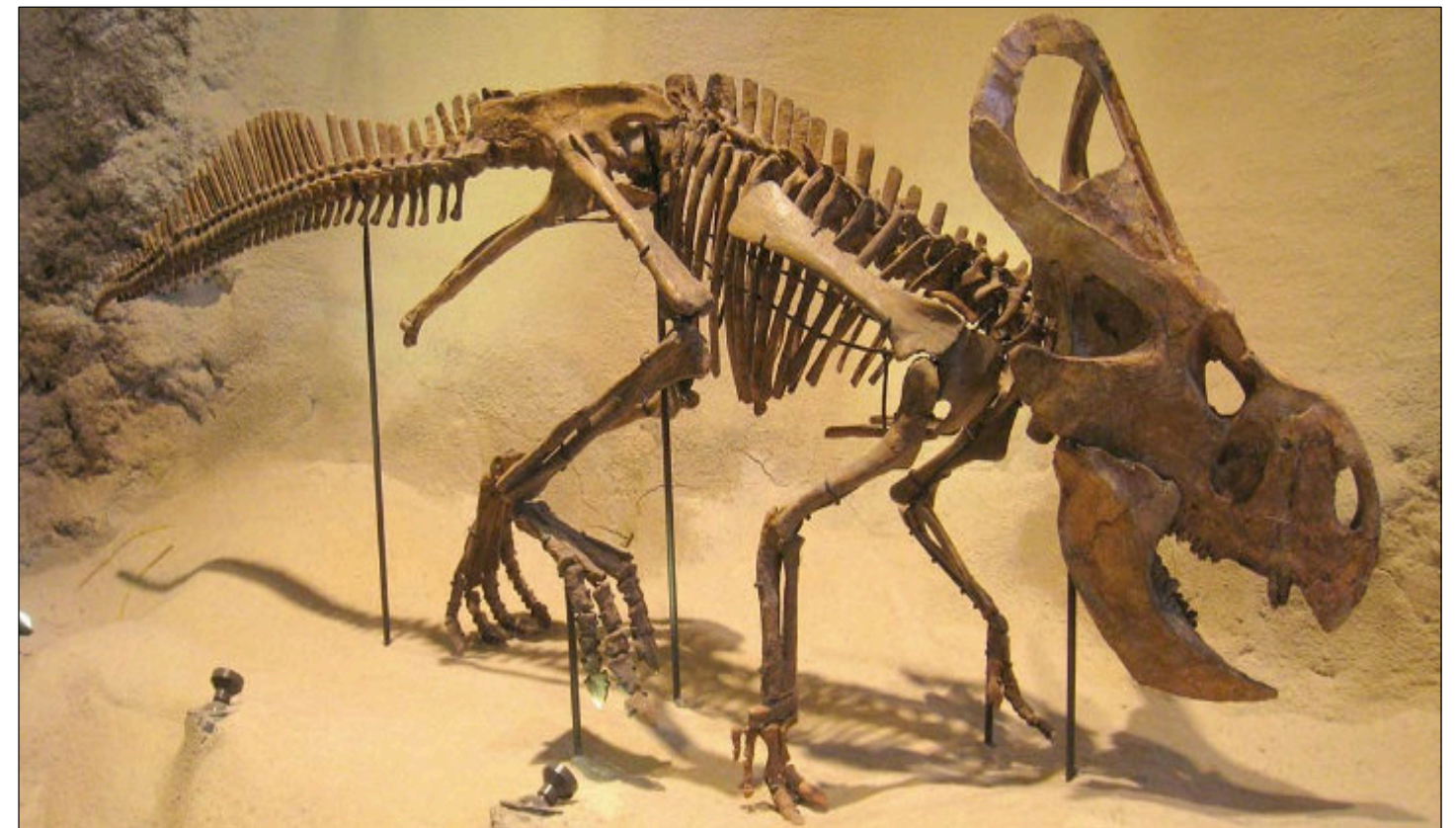
Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



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, Londres, Inglaterra

Haz click en la imagen



GeoLatinas involucra a las/los científicas/cos de la Tierra y el Espacio, facilitando colaboraciones y relaciones entre estudiantes, profesionales y académicos, incluso fuera de las Geociencias, es una organización inclusiva, colaborativa y dirigida por sus miembros, trabajamos mediante subcomités dirigidos por pequeños equipos permitiendo alcanzar nuestros objetivos, e impactar más allá de la comunidad científica llegando al público en general.

Queremos presentarles nuestra iniciativa de GeoSeminarios en su edición en español y para trabajos de tesis, formando parte del área de Educación y Divulgación, con esta iniciativa abrimos un medio más para la divulgación y promoción de los trabajos de investigación, así como también para que se presenten los proyectos de tesis de grado de todos los niveles académicos, ofreciendo un espacio para que nuevos investigadores desarrollen sus habilidades de comunicación científica a todo tipo de público, permitiendo que tengan un alcance nacional e internacional, destacando la participación principalmente de las mujeres. Desde el 08 de octubre del 2021 que realizamos el primer GeoSeminario a la fecha hemos llevado a cabo 26 presentaciones de temas variados con impacto científico, social, y en la salud. Te invitamos a presentar en nuestro espacio tu trabajo en Geociencias ya sea de tema especializado tanto de interés para la academia como para la industria o tu proyecto de grado de cualquier nivel académico. **Sigue nuestros GeoSeminarios, ya sea en vivo o visitando nuestras redes sociales y viendo las grabaciones:** <https://geolatinas.org/> <https://www.facebook.com/GeoLatinasFace/>

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios

COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

En **GeoLatinas** estamos por comenzar la temporada 2023 de **GeoSeminarios**

Una iniciativa creada para la divulgación técnica y científica de las Ciencias de la Tierra y Planetarias*.

¡Y nos encantaría dar a conocer tu trabajo de

- Investigación
- Tesis
- Campo laboral
- etc...!

Si te interesa participar te invitamos a llenar nuestro [formulario](#).

Escaneame!

O envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.

(*Esta iniciativa está abierta a todo género, raza, edad, etc.)

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

geolatinasinsto
GeoLatinas_por_mexico
GeoLatinas

La casa de los desiertos

<https://www.britannica.com/science/desert>

<https://geology.com/records/largest-desert.shtml>

<https://geojango.com/blogs/explore-your-world/largest-deserts-in-the-world>

<https://www.oldest.org/nature/deserts/>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/deserts>

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/desert/>

<https://www.nationalgeographic.org/video/deserts-101/>



PRIMERA CIRCULAR



XV Congreso Geológico de América Central
& **V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**



La Carrera de Geología de la Universidad de San Carlos y la Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales - ASGA- invitan a participar en el *XV Congreso Geológico de América Central y el V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales* a realizarse del 25 al 29 de noviembre de 2024 en Antigua Guatemala.

"Compartiendo conocimientos para construir el futuro geocientífico de América Central"

OBJETIVO

Ofrecer un espacio de encuentro, reflexión y conexión entre Geólogos que trabajen en América Central para presentar y compartir los últimos avances en la investigación geocientífica y en estimular colaboraciones interinstitucionales en Ciencias de la Tierra.

COMITÉ ORGANIZADOR

Rudy Machorro Sagastume	Presidente
Silvia Cortez Bendfeldt	Vicepresidente
Alejandra Mendoza M.	Secretaria
Luis Carrillo	Tesorero
Jaime Requena F.	Vocal 1
Andrea Reiche de la Cruz	Vocal 2
Sergio Morán I.	Vocal 3
Luciano López L.	Representante Estudiantil

ACTIVIDADES

Sesiones – Cursos Cortos – Giras de Campo
EJES TEMÁTICOS

- 1: Geofísica
- 2: Geoquímica
- 3: Geotecnia
- 4: Exploración de recursos naturales
- 5: Tectónica y riesgos naturales
- 6: Inteligencia Artificial y Tecnologías en Geociencias
- 7: Hidrogeología, recursos hídricos y energéticos
- 8: Mapeo geológico de Centroamérica
- 9: Patrimonio geológico, geoturismo y conservación

No excluye otros temas de interés que sugieran los Geólogos de América Central. Abierta la convocatoria para proponer tópicos geocientíficos especializados para el XV CGAC.

COMITÉ CIENTÍFICO REGIONAL DEL XV CONGRESO GEOLÓGICO DE AMÉRICA CENTRAL

País	Nombre	Institución
México	Eloísa Domínguez Mariani	Universidad Autónoma Metropolitana de México
	Luigi Solari	Universidad Nacional Autónoma de México
Costa Rica	Gerardo Soto	Universidad de Costa Rica
	Ingrid Vargas	Universidad de Costa Rica
Nicaragua	Wilfried Strauch	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
El Salvador	Marcia Barrera	Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas.
	Walter Hernández	Universidad de El Salvador Escuela de Posgrado de Educación Continua.
Honduras	Tania Peña	UNAH. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra
	Lidia Torres	UNAH. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra
Panamá	Eduardo Camacho Astigarrabia	Universidad de Panamá

INSCRIPCIONES (US\$)

	Antes del evento	Durante el evento
Profesional	100.00	200.00
Estudiantes	50.00	100.00

ANTIGUA GUATEMALA – SEDE DEL XV CGAC Y DEL V CGGA

Fundada el 10 de marzo de 1543, **La Antigua Guatemala fue declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en el año 1979.** Esta bella y mágica ciudad colonial guarda casi quinientos años de historia, con un clima privilegiado y una excepcional vista hacia los volcanes de Fuego y Acatenango. Los principales atractivos turísticos de la Antigua son El Palacio de los Capitanes Generales, El Convento y Arco de Santa Catalina, La Plaza Mayor, El Museo de Jade, La Antigua Catedral de Guatemala, el museo de la Universidad de San Carlos, la Ruta Santa del Hermano Pedro, entre otros. La ciudad también es rica en artesanías tales como tejidos típicos, cerámica, productos de plata y oro, cerería, productos metálicos, dulces típicos y gastronomía. Para llegar a La Antigua Guatemala desde la Ciudad de Guatemala debe tomar la carretera CA-1, saliendo por la Calzada Roosevelt, pasando por San Lucas Sacatepéquez y girar hacia la derecha. La Antigua está situada a 40 Kilómetros del centro de la ciudad capital

XV Congreso Geológico de América Central. V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales.



<https://www.visitcentroamerica.com/visitar/la-antigua-guatemala/>

Información adicional:

geologiausac@gmail.com	Síguenos en Facebook	
comunidadesga@gmail.com		

XV Congreso Geológico de América Central. V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales.

<http://encomunicacionct.geociencias.unam.mx/>

Revista
**ENSEÑANZA Y COMUNICACIÓN
DE LAS GEOCIENCIAS**

<http://encomunicacionct.geociencias.unam.mx/>

NUEVO NÚMERO
DICIEMBRE 2023

- Excursión geológica al Parque Ecológico de la Huasteca en Nuevo León, México, diseñada para estudiantes de primaria.
- Testimonio de un superviviente del megaterremoto registrado en Chile en 1960
- Estudio sobre la contaminación por ozono y su vínculo con el programa "Hoy no Circula" de la Ciudad de México
- Estudio petrológico del deterioro de un monumento histórico de la ciudad de Aguascalientes.
- Enseñanza de la Geografía con el Aprendizaje Basado en Problemas para Preparatoria.
- Propuesta de la UNESCO para combatir la desigualdad y la violencia de género en la enseñanza de la Geografía a nivel licenciatura.
- Importancia de los hongos y su compleja pero frágil relación con el cambio climático.









Caverna del arte

Mateo el Paleontólogo

Nava Lopez José Raymundo, Ramírez Gómez Metzi Irais, Reséndiz Murcia Jazmín, Serrano Rocha Itzel Paulina, Verde Miranda Ana Paola

Estudiantes de la carrera de Ing Civil de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Con motivo de la práctica final de la materia de Geología de los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Querétaro se realizó una excursión

geológica en la Sierra Gorda en el Centro de México, específicamente en los alrededores de la comunidad de Camargo, Qro a finales de mayo del 2023. Dentro de las actividades se llevó a cabo un evento de divulgación de la ciencia en dicha comunidad. Los estudiantes realizaron varios experimentos y juegos centrados en explicarles a los niños de la escuela primaria Ignacio Zaragoza. Entre las actividades diseñadas por los estudiantes escribieron un cuento que fue narrado y actuado por los propios estudiantes. A continuación, se presenta dicho cuento.



Cuento Mateo El Paleontólogo narrado en la escuela Primaria Ignacio Zaragoza.

En lo alto de las montañas de la comunidad de Camargo vive un pequeño niño llamado Mateo, quien desde muy temprana edad tenía una gran pasión por los dinosaurios. Su habitación estaba llena de libros sobre paleontología, maquetas de dinosaurios y carteles con ilustraciones de estas criaturas prehistóricas. Mateo soñaba todas las

noches con viajar al pasado y encontrarse cara a cara con los dinosaurios.

Cuando Mateo creció, su pasión por los dinosaurios no disminuyó, sino que se hizo aún más fuerte. Decidió que

quería convertirse en paleontólogo para estudiar las rocas y los fósiles en busca de pistas sobre el pasado de la Tierra.

Con el tiempo, Mateo comenzó a trabajar en diferentes lugares del mundo, excavando y descubriendo antiguos tesoros. Un día, mientras exploraba una cueva remota en las montañas de Camargo, Mateo encontró algo asombroso: ¡un fósil!

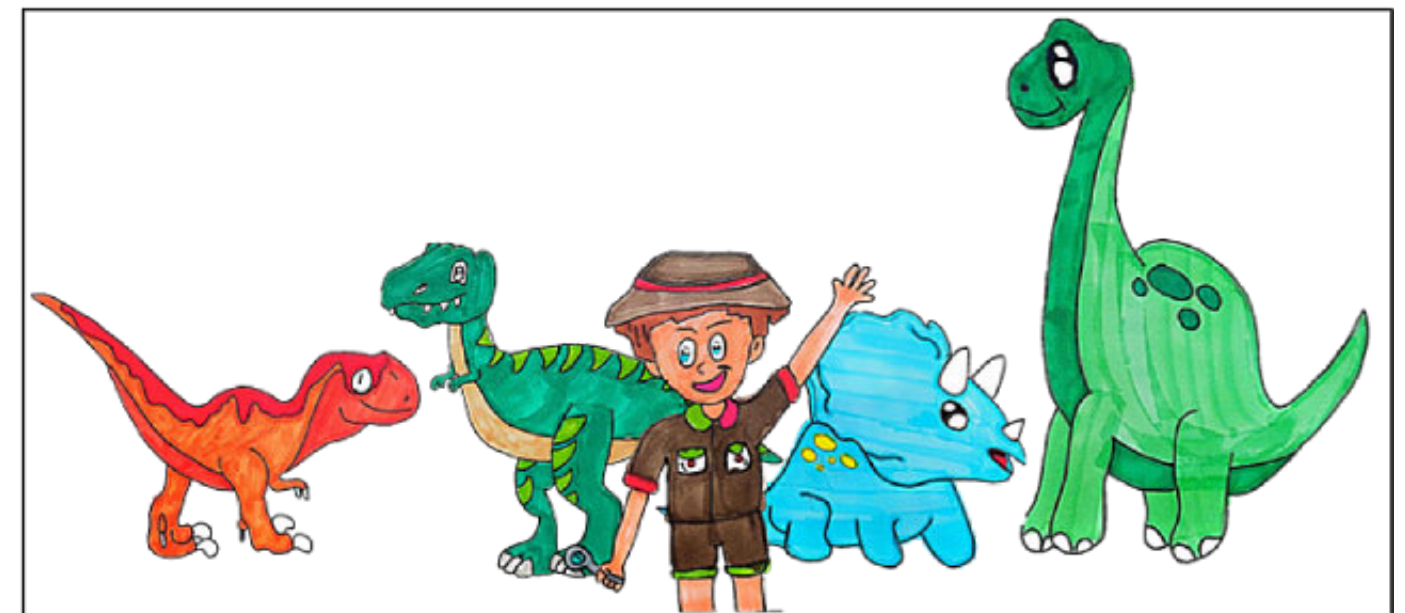
El fósil que encontró era una huella de un dinosaurio. Estaba maravillado al ver cómo, después de muchísimos años, la huella había quedado impresa en la roca, como un mensaje del pasado. Mateo sabía que había descubierto algo especial y decidió llevar el fósil a su laboratorio para estudiarlo.

En su laboratorio, comenzó a investigar sobre los fósiles y su origen. Descubrió que los fósiles son restos o evidencias de seres vivos que existieron en el pasado. Pueden ser huesos, dientes, conchas o incluso huellas, como el fósil que acababa de encontrar. Mateo estaba emocionado de compartir su descubrimiento con el mundo. Organizó una exposición en su ciudad natal, donde mostró el fósil y

explicó a las personas lo que era y cómo se formaba. Entre los visitantes de la exposición había dos pequeños dinosaurios que habían oído hablar de la exposición y no podían esperar para ver los fósiles de sus antepasados.

Miila, un carismático triceratops con sus distintivos cuernos y su coraza protectora, y Lucho, un encantador braquiosaurio, con su largo cuello y su pequeña cabeza, se acercaron a Mateo emocionados. Siempre habían soñado con ver fósiles de dinosaurios y aprender más sobre su historia.

Mateo, encantado de conocer a los pequeños dinosaurios, decidió llevarlos en un viaje a través del tiempo. Juntos, se aventuraron en un emocionante viaje que los llevó desde la época actual hasta la época mesozoica, la era de los dinosaurios. A medida que viajaban hacia el pasado, Mateo, Miila y Lucho quedaron maravillados por la vista de paisajes prehistóricos llenos de exuberante vegetación y gigantescos dinosaurios. Mateo les explicó que los dinosaurios fueron algunos de los seres más impresionantes que poblaron la Tierra hace millones de años.



De izquierda a derecha Trina, Max, Mateo, Miila y Lucho.

Aprendieron sobre diferentes tipos de dinosaurios, cómo vivían y cómo se alimentaban. Les enseñó sobre la importancia de la paleontología en la comprensión de nuestro pasado y cómo los fósiles nos ayudan a reconstruir la historia de la vida en la Tierra.

Miila y Lucho estaban fascinados con cada nueva lección y descubrimiento. Durante sus viajes en el tiempo, Mateo, Miila y Lucho tuvieron la fortuna de encontrarse con otros dinosaurios fascinantes. En una de sus aventuras, conocieron a Max, un imponente tiranosaurio rex. A pesar de su apariencia aterradora, Rex resultó ser amigable y curioso. Juntos, jugaron a perseguirse entre los árboles y exploraron la densa jungla prehistórica. Mateo, Miila y Lucho aprendieron mucho sobre la vida de los temibles depredadores y descubrieron que, aunque algunos dinosaurios fueran feroces, también tenían sus momentos de diversión y camaradería.

En una última aventura, se encontraron con Trina, una ágil velociraptor. Trina demostró su destreza y astucia al cazar presas más pequeñas y evadir a los depredadores más grandes. Todos quedaron impresionados por su inteligencia y agilidad. Exploraron la vastedad de la época mesozoica, mientras Trina les enseñaba cómo sobrevivir

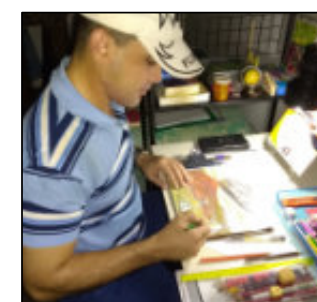
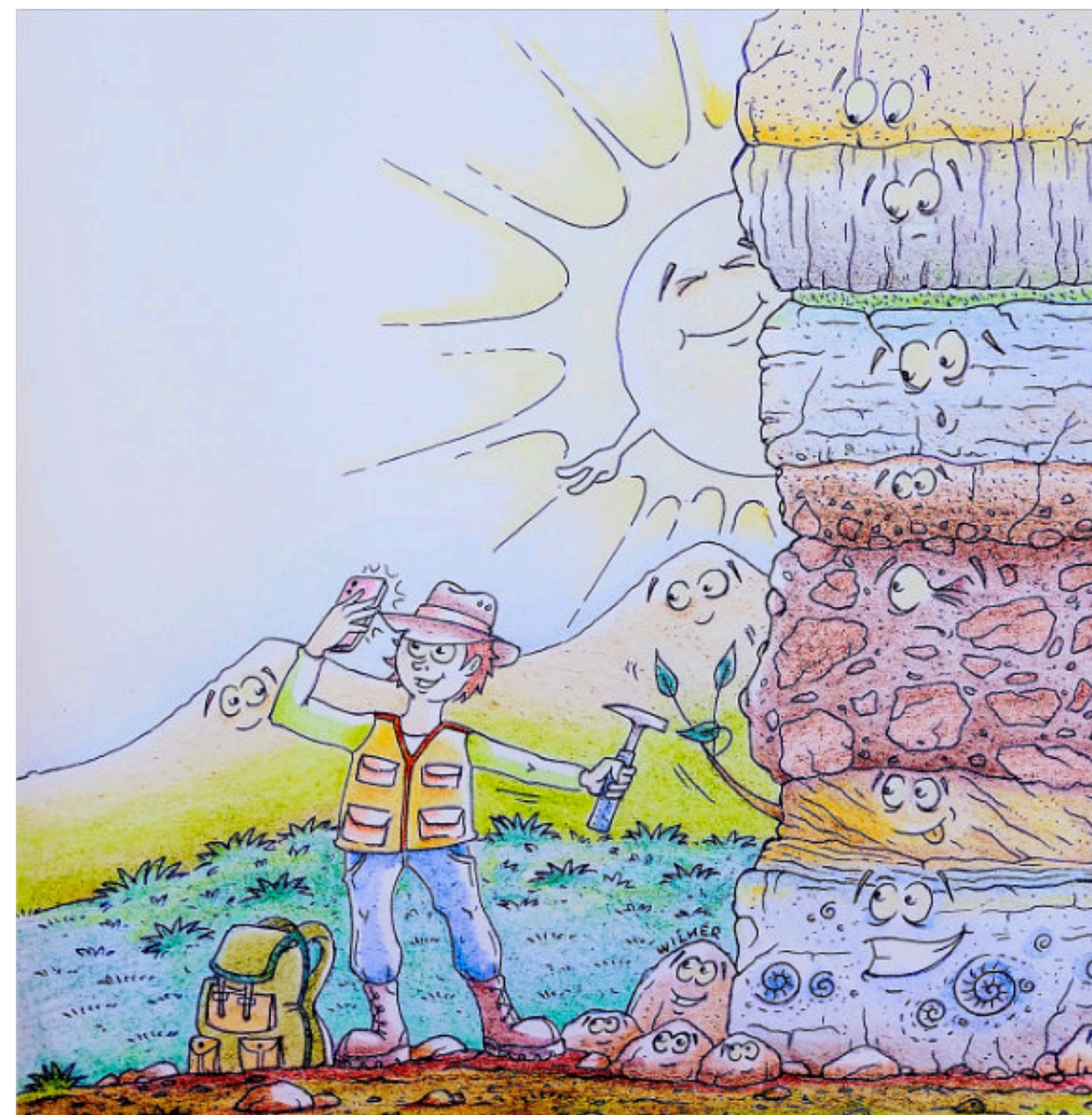
en un mundo lleno de desafíos y peligros. Fue un encuentro que les dejó una valiosa lección sobre adaptabilidad y perseverancia.

Finalmente, llegó el momento de regresar al presente. Mateo, Miila y Lucho se despidieron de la época mesozoica con tristeza, pero también con un nuevo aprecio por la historia del planeta y su increíble diversidad.

De vuelta en la actualidad, Mateo decidió compartir su conocimiento con otros niños y niñas que, al igual que él, amaban los dinosaurios.

Así como él desde niño soñaba con los dinosaurios y se convirtió en un gran científico que estudiaba los dinosaurios, así como él cada uno de nosotros tiene un mundo de posibilidades esperando ser explorado. Si tienes un sueño o una pasión, no tengas miedo de perseguirlo. Atrévete a investigar, aprender y descubrir más sobre ello.

No importa cuán grandes o pequeños sean nuestros sueños, lo importante es creer en nosotros mismos y trabajar arduamente para alcanzarlos. No te desanimes si encuentras obstáculos en el camino, recuerda que cada paso que des te acerca más a hacerlos realidad.



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos 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

WHITE DESERT NATIONAL PARK (EGYPT)

Upon first glimpse of the 300-sq-km national park of the White Desert, you'll feel like Alice through the looking-glass. About 20km northeast of Farafra, on the east side of the road, blinding-white chalk rock spires sprout almost supernaturally from the ground, each frost-coloured lollipop licked into a surreal landscape of familiar and unfamiliar shapes by the dry desert winds.

<https://www.tourcounsel.com/2021/05/white-desert-national-park-egypt.html>

<https://www.lonelyplanet.com/egypt/western-desert/attractions/white-desert-national-park/a/poi-sig/1498679/355269>

<https://www.inside-egypt.com/the-white-desert.html>

<https://www.egypttourportal.com/en-us/blog/egypt-attractions/deserts/the-white-desert/>

https://en.wikivoyage.org/wiki/White_Desert_National_Park

<https://national-parks.org/egypt/white-desert>

<https://www.britannica.com/place/Al-Wadi-al-Jadid>

<https://www.cnn.com/travel/article/egypt-white-desert/index.html>

<https://www.nationalgeographic.com/photo-of-the-day/photo/moon-rock-egypt>

https://www.youtube.com/watch?v=-d_RFnGnjZM

<https://www.youtube.com/watch?v=T35B2NiforU>

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.

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

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

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



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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

Asociación de Geólogos y Geofísicos
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



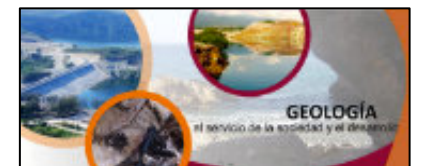
Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica
del Cibao Oriental,
República Dominicana

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





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