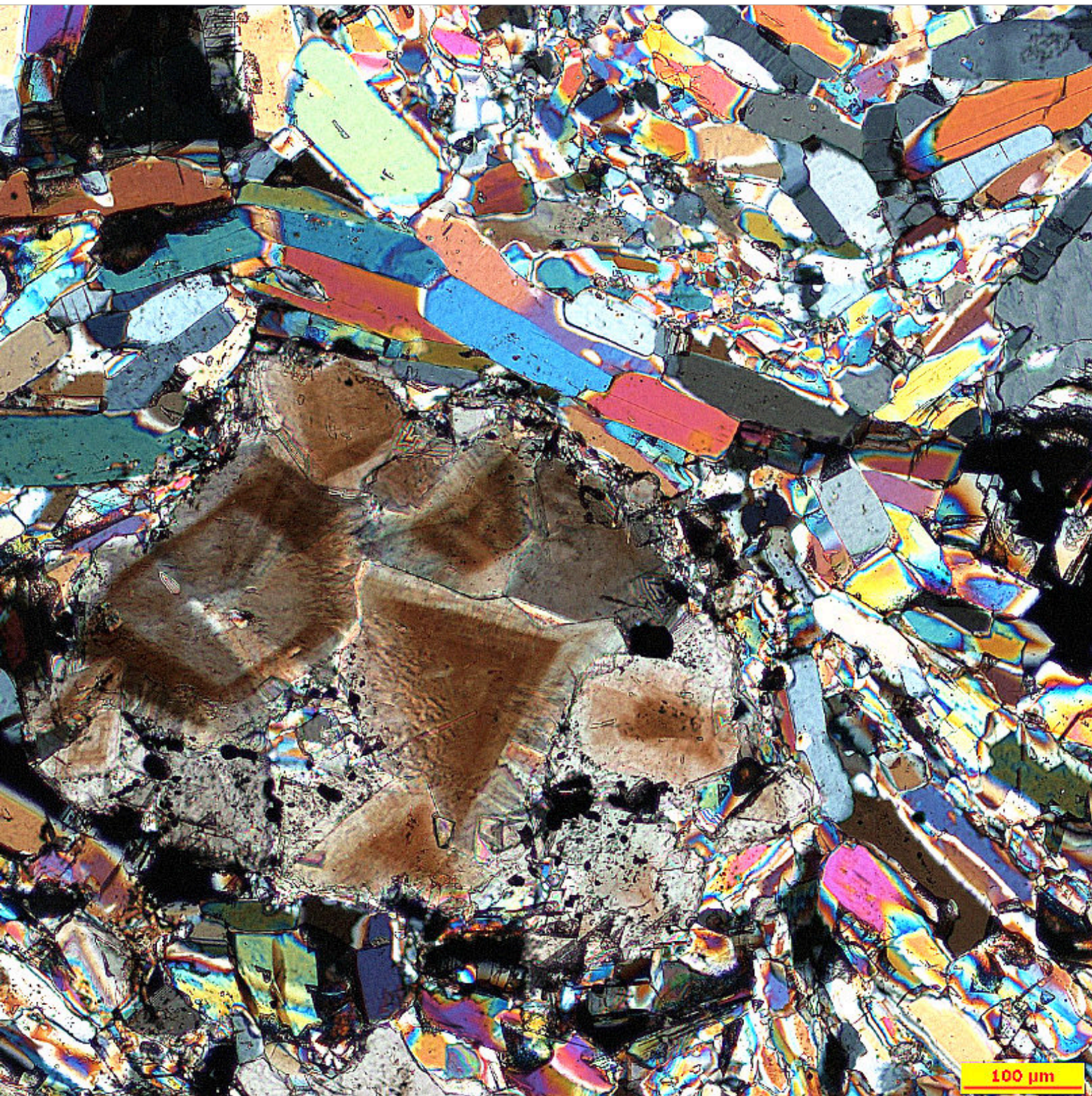


**FEBRERO
2023**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



100 μ m

FEBRERO
2023



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: Zoned planar dolomite crystals within deformed crystalline anhydrite mass. Dolomite is corroded and partially brecciated, indicating that they are most probably xenoliths pulled from the underlying lacustrine beds during halokinetics. Upper Aptian, Campos Basin, Brazil. Crossed polarized nicols. Microphotograph by **Jordi Tritlla Cambra**.

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

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

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

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

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

Revista de divulgación
Geocientífica

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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.

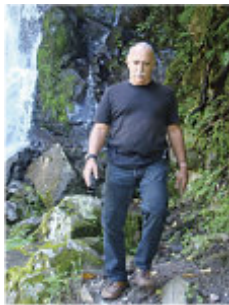
Claudio was made an Honorary Member of the AAPG in 2022 in recognition of his service to the Association, and his devotion to the science and profession of petroleum geology.

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),



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



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



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.

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

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

geodoxo@gmail.com

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

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

itzelleon2909@gmail.com



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

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

poletpinzon@gmail.com



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



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

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

rafaelguardado2008@gmail.com



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

proyectos de geología sobre EEUU, México, Centroamerica y el Caribe para estas empresas. Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC (www.teyrageo.com), 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



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

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

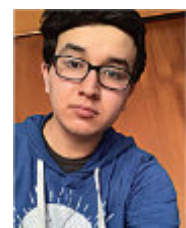
roberto.vidal@unison.mx



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.

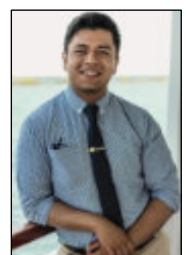
ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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



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

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

urielfranco.unam@gmail.com



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/>*

REVISTA MAYA

El segundo aniversario

"El paso de ser poseído por las ideas a ser poseedor de ellas se logra con un instrumento llamado libertad"

José Abraham Ríos

"The glory of friendship is not the outstretched hand, nor the kindly smile, nor the joy of companionship; it is the spiritual inspiration that comes to one when you discover that someone else believes in you and is willing to trust you with a friendship"

Ralph Waldo Emerson

Si algo caracteriza a la creación y continuidad de la *Revista Maya de Geociencias*, son la libertad y la amistad. Un proyecto que comenzó con una bandada de ideas que fueron transformándose en pedazos de texto, imágenes y recuerdos de las Ciencias de la Tierra a través de colegas de distintas generaciones y trasfondos. La piedra angular de la revista: ser un espacio sin fines de lucro en el que las distintas generaciones de colegas en Ciencias de la Tierra de Latinoamérica y el mundo, pudiesen compartir sus experiencias, ideas e hipótesis, síntesis de publicaciones, fotos inéditas de afloramientos y petrografía, y demás miscelánea sobre las geociencias.

Fue a través de la ejecución en medio de la pandemia de la COVID-19, que hace ya dos años se editó el primer número de la revista, cuyo nombre inicial fue *Revista Chortís de Geociencias*. Para ese entonces, en febrero de 2021, una aventura comenzó con un número que apenas publicaba la recomendación de artículos, tesis, páginas web de interés, y fotografías de afloramientos. Para el número de marzo se decidió cambiar el nombre de la revista a: *Revista Maya de Geociencias*, su nombre actual, que dio un giro a la idea de una cultura milenaria, esplendorosa y vigente, que enlaza el pasado y el presente; dándole así sustantividad e identidad a nuestro quehacer en la revista: enlazar a las nuevas y viejas generaciones de geocientíficos.

Mes con mes, a través de cada número, hemos disfrutado de grandiosas aportaciones realizadas tanto en español como en inglés por distintos amigos y colegas de la comunidad de geociencias. Desde admirables semblanzas de geocientíficas y geocientíficos; hasta las valiosísimas notas geológicas, como el empleo de herramientas de exploración y cartografía, sedimentología, sismología, astrogeología, tectónica, riesgo geológico, cambio climático, geología estructural, petrología metamórfica, geoturismo, yacimientos minerales, geología del petróleo, geotermia, entre muchos otros temas. Además, paso a paso, la revista ha evolucionado y se han añadido secciones como la recomendación de libros, páginas de museos, software libre especializado, glosario geológico, notas sobre pioneros de la geología, sección de arte, y hasta una continua sección de los tipos de energías (geotérmica, eólica, etc.). Pero todo esto ha sido posible gracias al esfuerzo de cada autor y colaborador que han hecho de esta revista números inestimables.

Por ello, de parte de los editores, nos es grato dedicarles esta página a nuestros lectores, autores y colaboradores de Latinoamérica y el mundo; asimismo, agradecerles por cada momento, comentario, crítica y aportación, que han hecho de la *Revista Maya de Geociencias* una revista de libertad y amistad para toda nuestra comunidad de geociencias. Que este año 2023 este colmado de más números llenos de anécdotas, notas geológicas, fotografías y demás material, hecho por ustedes y para ustedes, que será invaluable para nuestra comunidad en las Ciencias de la Tierra.

Atentamente.

Los Editores.

REVISTA MAYA

The Second Anniversary

"The passage from being possessed by ideas to becoming their owner happens through the instrument of liberty"

José Abraham Ríos

"La gloria de amistad no es la mano extendida, ni la sonrisa benigna, ni el regocijo del compañerismo; sino es la inspiración espiritual que llega cuando uno descubre que alguien le cree y tiene la voluntad de confiar en su amistad."

Ralph Waldo Emerson

If anything characterizes the creation and continuity of the *Revista Maya de Geociencias*, it is liberty and friendship. The project began with several ideas from the Earth Sciences transformed into text, images and memories by colleagues of different generations and backgrounds. The key purpose of the magazine is as a non-commercial venue where different generations of colleagues from Latin America and around the world might share their experiences, ideas and hypotheses; and synthesize their publications, unpublished outcrop and petrographic photos and other miscellaneous geoscientific items.

Two years ago, amidst the COVID-19 pandemic, the first issue of the magazine appeared and was initially named the *Revista Chortís de Geociencias*. At that time (February 2021) this adventure began as an issue with articles, theses, interesting web sites and outcrop photographs. In March we changed the name of the magazine to *Revista Maya de Geociencias* in order to reflect the concept of that splendid millennial culture, tying the past to the present and providing substance and identity to the magazine by linking a new generation of geoscientists to those that went before.

Month after month, with each issue, we have accepted contributions in both Spanish and English from distinguished friends and colleagues in the geoscience community. Ranging from biographical sketches of admirable geoscientists through a cornucopia of geological observations related to mapping, sedimentology, seismology, astrogeology, tectonics, geological risk, metamorphic petrology, structural geology, climate change, geotourism, mineral deposits, petroleum geology and geothermal energy, among others. Furthermore, the magazine has evolved with sections added, such as recommendations for books, museum web sites, free software, a glossary of geological terms, notes on pioneers in geology, an art section, and articles on alternative energy sources (geothermal, wind, etc.). This has all been possible thanks to the efforts of authors and collaborators who have made each issue of the magazine uniquely valuable.

Therefore, on behalf of the editors, it is our pleasure to dedicate this page to our readers, authors and collaborators in Latin America and around the world, and to thank them for their comments, criticisms and contributions to the *Revista Maya de Geociencias*, a magazine dedicated to liberty and friendship within our geoscience community. May this year of 2023 be filled with new issues of value to our Earth Science community filled with anecdotes, geological notes, photographs and other material received from, and given to, our readers.

Sincerely,

The Editors

FELIZ



ANIVERSARIO



CONTENIDO

**FEBRERO
2023**

Semblanzas.....	11
Pioneros de las Geociencias.....	24
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	30
Los libros recomendados.....	42
Temas de interés.....	45
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	56
Notas geológicas.....	61
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	93
La Casa del Océano Ártico.....	94
Concurso de fotografía geológica.....	95
Tesis selectas presentadas en la UNAM 2021.....	98
Caverna del arte.....	99
Glosario de términos geológicos.....	105
Maestría en Geofísica Aplicada (CUJAE), Cuba.....	106
AAPG – Latin America and Caribbean Events 2023.....	108
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	109
Explore Iceland.....	110
Asociaciones geológicas hermanas.....	111

SEMBLANZAS

Angelo Pitoni (1924 - 2009)

ANGELO PITONI – GEOLOGO Y EXPLORADOR: TODO UN INDIANA JONES DE LA VIDA REAL

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela

Como mi persona, muchos hemos disfrutado y soñado con aventuras estilo Indiana Jones en sus películas (mi favorita sigue siendo Cazadores del Arca Perdida). Es por ello que este artículo se referirá a la historia de un geólogo cuya vida transcurrió con aventuras de ese estilo, con mayor énfasis en un capítulo de su historia que transcurrió en Venezuela, por lo que constituye una pieza más de la historia de la exploración petrolera en dicho país.

Quiero hablarles acerca de la fantástica y sorprendente vida de Angelo Pitoni, un personaje y una vida de película que bien merecería ser más conocida. Angelo Pitoni nació en la provincia de Rieti (región del Lazio), Italia, en 1924, y a saber, fue una suerte de héroe de guerra, agente secreto, geólogo, arqueólogo, gemólogo, botánico amateur, agrónomo, consultor para las Naciones Unidas (FAO) y finalmente esoterista reconocido. Describir la vida de Pitoni es una tarea titánica ya que existen muy pocas referencias, y la mayoría de ellas se centran en los últimos años de su vida, donde se especializa en temas esotéricos, espiritualistas y de creencias en antiguas civilizaciones avanzadas, aunque esto último no es tema de este artículo.

La Segunda Guerra Mundial

Una de las primeras referencias encontradas, nos habla de un Pitoni de 19 años, en plena segunda guerra mundial. Luego de ser detenido en 1943 por dos soldados alemanes, a los que logra emborrachar, se deshace de ellos y huye a esconderse en las nevadas montañas cercanas a la población de Rieti (Italia Central). En estas montañas se encontró con muchos otros soldados italianos que habían desertado de las filas controladas por los alemanes. Pitoni, un conocedor de toda esa zona montañosa, guió ataques, generalmente contra trenes, con el fin de obtener comida para todos sus compañeros. Finalmente, los alemanes cansados de los ataques, movilizaron una división blindada para darles caza, lo cual hizo huir a toda esta partida de refugiados, hacia las líneas del frente que se encontraban más al sur. Una vez alcanzadas las líneas de los aliados,



Fotografía de Angelo Pitoni en su juventud (fecha desconocida)

supuestamente Pitoni fue recibido como un héroe, por haber logrado llevar a este grupo de soldados italianos a unirse a las filas aliadas.

Al joven Pitoni le fue ofrecido unirse al nuevo ejército italiano reconstituyente o unirse a las líneas aliadas. Luego de evaluar las opciones, Angelo optó por los aliados e inmediatamente se le asignó, debido a su experiencia de montaña, el comando de un pelotón de Sij hindúes bajo mando inglés, con la misión de tomar un pico con nidos de ametralladoras. Angelo Pitoni completó la misión, pero regresó muy consternado por perder a la mitad de los hombres, aun cuando una misión de este calibre implicaba en ese entonces la pérdida de hasta el 70% de la tropa.

A su regreso, sin embargo, fue promovido a un rango de oficial superior, y lo asignaron como agente del comando de la Fuerza Especial Británica, y al OSS americano (*Office Strategic Service*, antepasado de la CIA).

<https://www.ideaginger.it/news/i-100-racconti-della-linea-gotica/oggi-parliamo-della-storia-di-angelo-pitoni.html>

Luego de finalizada la guerra en 1945, fue condecorado con la Estrella de Plata Estadounidense, y continuó como agente al servicio de los Estados Unidos. Después de la Segunda Guerra Mundial, sin embargo, la OSS fue abolida junto con muchas otras agencias de guerra y sus funciones fueron transferidas a los departamentos de Estado y de Guerra respectivos. Luego del nacimiento de la CIA en 1947, fue expulsado de dicha agencia. Pitoni optó por irse a buscar nuevas aventuras luego de capacitarse como geólogo, luego de lo cual comenzó a trabajar para algunas compañías petroleras.

Pitoni en Venezuela

Así aparece Angelo Pitoni en tierras sudamericanas, específicamente en Venezuela, donde realiza algunos trabajos de campo para la Compañía Shell Caribbean, en el estado Zulia, y aparentemente una o varias expediciones del mismo estilo en la selva amazónica. De su tiempo como geólogo explorador en Venezuela se conserva copia de un reporte firmado de su puño y letra, narrando su emocionante aventura en búsqueda de secciones geológicas para ser analizadas, entre los ríos Tucuco y Santa Rosa (Distrito Perijá), durante el mes de agosto de 1949, y del cual narraré algunos extractos a continuación.

El 8 de agosto de 1949 sale una expedición al mando de Angelo Pitoni, desde la población de Machiques en el estado Zulia, con el objeto de hacer una evaluación geológica de la zona comprendida entre los ríos Tucuco y Santa Rosa. Para esa expedición, Pitoni empleó a 8 hombres (1 venezolano, 2 colombianos y 5 indígenas). Con el uso de bestias como medio de transporte, llegan a la hacienda de Elías Martínez en el río Tucuco, donde pasan la noche. Al día siguiente, siguen río abajo y luego de 5 horas de marcha, llegan a la última hacienda de la zona, propiedad de un tal Sr. Pérez. Aquí el propietario les advierte que la casa había sido atacada por indios Motilones hace varias noches, confirmando que todavía se podían ver algunas flechas insertadas en las paredes y en la puerta de madera. Luego de organizar el equipaje para dejar los objetos más pesados en la hacienda y viajar más ligeros, salen la mañana del 10 de agosto y descubren una senda indígena con orientación 200-210 grados, tal cual la dirección que proyectaba seguir. Una vez en la senda ordena que 2 indígenas caminen 100 metros adelante como vanguardia y 2 indígenas más, 100 metros por detrás, para protegerles las espaldas. Mientras, Pitoni y el resto de la expedición hacían medidas de distancia con cinta métrica. Después de cierto tiempo Pitoni cambia el método por ineficiente y ordena a 2 de sus hombres contar pasos y advertirle cada 100 pasos, los cuales iba anotando cuidadosamente en su libreta, así como cualquier cambio de dirección.

Pitoni describe en su informe, que descontaba de las medidas efectuadas, los pasos inútiles motivados a árboles atravesados o huecos. Luego de hacer dos pruebas de

control con cinta métrica, concluye que el método no es preciso, pero sí bastante aproximado. A las 1 pm encuentran una quebrada grande y deciden subirla, con rumbo 270 grados, abandonando así la senda indígena. Luego de 2 horas de marcha, la topografía cambia a colinas accidentadas, de poca altura y donde la quebrada tiene cierta pendiente, encontrando en las curvas, por efecto de la erosión, algunos derrumbes que ponen al descubierto afloramientos con claras estratificaciones que describe de la siguiente manera: en la estación #26 reconoce una arenisca dura, de grano fino, rojiza por oxidaciones de hierro, y con medidas de rumbo/buzamiento de 68/32, luego describe un par de estaciones más con la misma litología y similares rumbo/buzamiento, tomando muestras de las mismas. La quebrada se reduce a un pequeño caño, por lo que lo suben y cambian a otro que, al confluir con otros caños, forman una nueva quebrada, comprendiendo que habían encontrado la cuenca del Río Santa Rosa. A las 6:30 pm Pitoni ordena a sus hombres construir un techo de palma para pasar la noche.

En la mañana siguiente Pitoni desciende por la quebrada que, siendo más grande, ha provocado muchas erosiones a los pies de las colinas, dejando expuestas muchas capas. Los afloramientos descritos en el reporte están compuestos todos por areniscas, la mayoría de las veces, duras, de grano fino a muy fino, y algunas veces con cierto contenido de arcilla. Describe un caso especial para la muestra #24 donde reporta restos de hojas fosilizadas, pero que en el análisis posterior de laboratorio no fue posible encontrar foraminíferos. Concluye Pitoni, en su informe acerca de las muestras colectadas durante 10 estaciones, a lo largo de esta última quebrada, que, por la litología y las oxidaciones de hierro presentes en las mismas, la formación encontrada tiene muchos puntos en común con la formación denominada Los Ranchos, y considerada de edad Mioceno.

A las 5 pm llegan a un punto que denomina estación de medida #49, y es ahí cuando por primera vez escuchan movimientos de indígenas que se comunican entre sí, con una especie de gritos. Se detienen para no hacer ruido, y no delatar su presencia ante los indígenas, cuando de repente se encuentran cara a cara con un indio Motilón, que asustado se aleja rápidamente gritando. Entonces Pitoni y sus hombres abandonan la quebrada, marchando hacia el río Santa Rosa, el cual hallaron luego de marchar durante 1 hora. A pesar de ello, continuamente oían que los indios Motilones los seguían tanto detrás de ellos como desde la orilla este del río Santa Rosa. La noche los sorprende y deciden detenerse. Pitoni describe en el reporte, que, para tener un futuro punto de referencia desde el aire, del lugar donde acampan en ese momento, decide pintar de blanco un árbol caído en el río.

A la mañana siguiente reanudan la marcha, sin incidentes, pero con sumo cuidado de no dejar trazas de su paso.

Luego de 3 horas de caminata, encuentran una quebrada con dirección oscilante entre 20-40 grados, y deciden subirla. Describe muy pocos afloramientos en esta quebrada, pero siempre con la misma litología de las estaciones anteriores. En la estación de medida #72 nuevamente dan cuenta de un intenso movimiento de Motilones, y para evitar inconvenientes, y viendo que era imposible seguir subiendo la quebrada, deciden abandonarla, marchando en dirección al río Tucuco, sorprendiéndolos la noche en la división de las dos cuencas (Santa Rosa-Tucuco). Al día siguiente, continúan caminando en la misma dirección, pero debido a lo lento del avance para no delatar su posición, tienen que pasar otra noche más en la selva.

Finalmente, el día 13 de agosto, encuentran nuevamente la senda indígena original, pero se cerciora de su uso, enviando a 2 hombres por delante a inspeccionar. Poco después los hombres regresan asustados diciendo que es imposible seguir ya que los Motilones los están esperando más adelante, en una clara emboscada. Pitoni decide salir de la senda y seguir la dirección anterior hasta encontrar al río Tucuco. Luego de encontrarlo, lo siguen corriente arriba y en 2 horas de marcha llegan nuevamente a la hacienda del Sr. Pérez. En la noche, a las 8 pm, los Motilones llegan y rodean el patio de la hacienda, pero afortunada e inexplicablemente, luego de 1 hora, se

retiran sin atacar. El día 15 de agosto, Pitoni y su grupo emprende el regreso a la base de Machiques, y con esta acción, finaliza el texto del informe geológico-exploratorio de Angelo Pitoni.

En el libro *L'incognito: Uomo, materia, antimateria*; publicado por Pitoni en 1973, el autor hace algunas referencias adicionales a su paso por Venezuela, pero sin fechas específicas. Menciona haber sido contratado por Shell Caribbean y haber pasado 22 días en una exploración de carácter geológico, en la zona del Caño Paso el Diablo, en el Distrito Mara, un área según él, geológicamente inexplorada y tierra sagrada para los indígenas del lugar. De ese viaje Pitoni nos revela algunos sentimientos internos, como el desarrollo de un creciente amor por todas las cosas de la tierra: plantas, animales, ríos, cielos, y todo lo que represente a la naturaleza virgen.

Más adelante Pitoni nos habla de cuan apreciado fue su trabajo geológico, por lo que no se sorprende cuando el director lo llama para ofrecerle un estudio de campo en un área al suroeste del Lago de Maracaibo, para comprobar la existencia de un gran anticlinal. Pitoni acepta, con la condición de viajar solo, ya que considera que así podría pasar desapercibido para los indios Motilones, mientras que, si viajaba con una caravana, serían un blanco muy fácil para sus mortíferas flechas.



Fotografía del grupo expedicionario que acompañó a Angelo Pitoni a los ríos Tucuco y Santa Rosa.

Una vez acordada la expedición, Pitoni reflexiona acerca de la curiosidad que lo embarga ante los extraños fenómenos que se desatan en el Catatumbo y hace referencia a algunas de las características del Relámpago del Catatumbo. Pitoni aborda una embarcación en el muelle de la Compañía, que se encuentra ubicada en Los Haticos, en Maracaibo. Luego de zarpar y al caer la noche, sube a cubierta a contemplar junto al Capitán de la embarcación Sr. Marcos Pérez, el relampagueo rítmico del Catatumbo que teñía el cielo de colores rojo y púrpura.

Al día siguiente, ya navegando por aguas del río Catatumbo, llegan a la población de Encontrados, donde proceden a desembarcar todo el equipo. A la mañana siguiente se le presenta el Sr. Manuel Osorio, quien lo transportara río arriba en otra embarcación de unos 7 metros de largo, impulsada con motor diésel. Luego de partir, y con cada hora que pasa de navegación, Pitoni nota que las orillas del Catatumbo se estrechan más y más. Luego abruptamente el curso de la embarcación dobla y entran en el río de Oro, navegando unas horas más. Este río discurre buena parte como frontera entre Venezuela y Colombia. Osorio muestra su temor de seguir avanzando y le plantea a Pitoni que debe continuar solo. Osorio le comenta que a pesar de que en esas áreas no viven indios Motilones, con mucha frecuencia hacen incursiones para cazar, por lo que deben permanecer alertas todo el tiempo. Se detuvieron para comer, pero siempre en un estado de alarma y tensión. Finalmente bajaron al agua un bote de aluminio con motor fuera de borda y colocaron dentro, el equipo de Pitoni, combustible, comida, armas, mantas y una lona impermeable.

Pitoni acuerda con Osorio que éste regrese a ese mismo punto en 6 días, y luego de eso lo deberá esperar un máximo de 3 días, luego de los cuales puede volver, siendo señal de que todo salió mal. Aun así, Pitoni le pide que lo espere con 2 botellas de whisky ya que es optimista de que se las beberán juntos. Luego de emprender la navegación del río de Oro él solo, Pitoni lo navega durante varias horas hasta llegar a un punto donde decide continuar a pie. Para ello esconde el bote y lleva consigo un rifle, una pistola, cuchillos y un machete. No lleva alimentos porque sabe por experiencias previas que la caza no faltará. Lleva además brújula y un mapa hecho con fotografías aéreas.

Luego de 6 horas de trabajo incesante con el machete, marchando principalmente con el agua a media pantorrilla, cae la oscuridad y se detiene a pasar la noche, escribe notas y busca algo para comer; pudiendo además contemplar nuevamente el Relámpago de Catatumbo, con la sensación de que está sentado justo debajo de él.

A la mañana siguiente sube a la cima de la cordillera y comienza a descender por el lado opuesto, tomando un arroyo que conduce al río Lora. Con gran satisfacción comienza a encontrar afloramientos con estratificaciones

mostrando ángulos opuestos, y con ello la evidencia que comprueba la existencia del anticlinal que estaba buscando en dicha zona. Luego Pitoni emprende el regreso, y describe la cacería de una lapa, su encuentro con una boa tragavenado y con un oso hormiguero. Por último, describe el hallazgo de huellas indígenas que transitaban por el lugar, y calcula que las huellas quedaron impresas unas 20 horas antes, culminando así su relato.

Más Aventuras

Luego de sus aventuras en el occidente de Venezuela, así como una supuesta expedición a las selvas amazónicas, las andanzas de Pitoni, no dejan huellas fáciles de seguir o corroborar. Según su confidente a partir de 1978, Darío del Buono, Pitoni durante las décadas de los 50s hasta los 80s estuvo involucrado en múltiples y sorprendentes aventuras como descubridor de minas de esmeraldas, descubridor de los restos de una pequeña ciudad maya en la selva guatemalteca, explorador en el sudeste asiático; y hasta haber estado en Afganistán durante la ocupación rusa para organizar la resistencia local de los muyahidines, auspiciado por la CIA.

En 1990, Angelo Pitoni fue enviado al norte de Sierra Leona (África occidental), contratado por una compañía, para inspeccionar la zona de Kono, fronteriza con el sur de Guinea, y comprobar la presencia de yacimientos de diamantes. Ahí descubre la existencia de una gema azul, que denomina piedra del cielo o *skystone*, cuya composición es muy controvertida, y de la cual, luego de numerosos análisis de laboratorio con el correr de los años, se especula acerca de su origen sintético. Desde el punto de vista arqueológico también encuentra en Sierra Leona, numerosas estatuillas semi-humanas de aspecto deformado, a las que los lugareños denominan *Nomoli*. Estas figuras se consideran muy antiguas, pero no hay consenso en el mundo arqueológico acerca de su edad real, su propósito, ni de quienes las fabricaron.

En esa misma época de su vida, Pitoni también descubre y da publicidad (ahora en Guinea), a la llamada "Dama de Malí", una aparente gigantesca escultura femenina de 150 metros de altura que domina la cumbre inaccesible de una montaña. Si bien para el común de las personas y los científicos, esta supuesta dama esculpida en la roca es el simple producto de la acción erosiva del agua y el viento. En este punto, es evidente en la mente de Pitoni, que, en esas áreas del África occidental, existió una civilización antigua, muy avanzada, ahora olvidada, que se extendió por Sierra Leona, Guinea, y Malí.

Las Publicaciones de Pitoni

Sus aventuras en diferentes lugares del planeta, así como su inmersión en el esoterismo, lo llevaron a escribir varios libros sobre sus experiencias, tales como: *Il nostro suolo*, (Roma-Londres, Baton International, 1971); *L'incognito: Uomo, materia, antimateria* (Roma, Edizioni

Mediterranee, 1973); Afghanistan: V anno dalla invasione sovietica. (Fed. Italiana delle ass. Partigiane, 1984); Il mistero della vita, (Roma, Accademia Magistrale Dom, 1995), así como una edición en español denominada El misterio de la raza perdida (Madrid, Ed. Edaf, 1997).

En su libro L'incognito: Uomo, materia, antimateria (1973), Angelo Pitoni hace una dedicatoria a Venezuela, que dice así en su idioma original:

*Dedico questo libro al Venezuela,
che considero la mia patria spirituale.
Infatti in Italia nacque il mio corpo,
ma in Venezuela nacque la mia anima.*

Luego de una larga vida llena de aventuras, Angelo Pitoni fallece en la ciudad de Roma, en el año 2009.

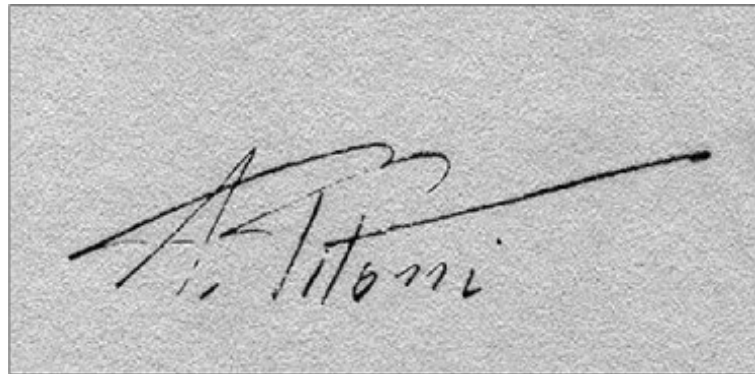
Referencias

<http://ufo-phenomenon2011.blogspot.com/2013/04/le-scoperte-straordinarie-del-professor.html>

<https://www.ideaginger.it/news/i-100-racconti-della-linea-gotica/oggi-parliamo-della-storia-di-angelo-pitoni.html>

Pitoni, Angelo (1949) Tucuco – Sta. Rosa, Edo. Zulia, Perijá. Documento Inédito. 6 p.

Pitoni, Angelo (1973) L'incognito: Uomo, materia, antimateria. Edizioni Mediterranee, Roma. 160 p.



Firma autógrafa de Angelo Pitoni, tomada de su reporte exploratorio en la zona de el Tucuco-Santa Rosa (1949).



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

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

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

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 (2003-2022), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 11 tesis de maestría.

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

jcasas@geologist.com

**Dorothy Kemper Palmer (Bryant) (1897-1947).
La primera geóloga de la industria petrolera en
Cuba.**

Rafael Tenreyro Pérez
Melbana Energy, La Habana, Cuba

Nació en Chicago, Illinois, Estados Unidos el día 14 de abril de 1897. Cursa la enseñanza secundaria en Los Ángeles, California, para ingresar en 1918 en la Universidad de California en Berkeley. Fue una de las tres primeras mujeres que matricula estudios geológicos en esa Universidad. Se graduó en 1920, recibiendo los honores en las materias correspondientes a la paleontología, ciencia a la cual se va a dedicar durante toda su vida.

Después de su graduación, fue asistente del profesor Bruce L. Clark, trabajando en el estudio de los moluscos fósiles. En 1922 recibió el grado de Master of Arts con su investigación referente a la microfauna del Eoceno cerca de Vacaville, California¹. Poco tiempo después, junto con Clark publica un artículo sobre los gasterópodos del tipo *Rimella* del Eoceno². Se casó el 3 de enero de 1923, con el notable geólogo y paleontólogo Robert H. Palmer, en San Antonio, Texas. En el año 1924 comenzó a trabajar en la Río Bravo Petroleum Company, en Houston, junto con Grace Newman. La río Bravo la emplea por recomendación de la micropaleontóloga y compañera de estudios en Berkeley, Esther Applin, quien a su vez fue la primera profesional contratada por una empresa petrolera en los Estados Unidos: Shell Oil, en 1917. La río Bravo se mostró inicialmente reticente a la contratación de Dorothy, porque era política de la compañía no emplear mujeres casadas. Esther que para la época estaba casada, convenció a la gerencia de ignorar esta práctica. Dorothy se dedica a los *Foraminíferos*, cuyo estudio se encontraba en su período inicial de desarrollo en el mundo. En tal sentido, fue pionera en el uso de este grupo para la estratigrafía en la exploración de petróleo y gas³.

En 1925 – 1926, mientras su esposo Robert cursaba su doctorado en la Universidad de Stanford, Dorothy coopera en la redacción del "Micropaleontology Bulletin". Aquí expone sus experiencias en el uso de los foraminíferos en el control geológico de los pozos petroleros. Estos artículos y notas son considerados como los pioneros en dicha publicación norteamericana. En 1927, los Palmers se mudan para el Estado de Washington para dedicarse a las investigaciones geológicas y paleontológicas en este estado. Dorothy simultaneó el trabajo geológico con la



enseñanza en la Universidad del Estado de Washington, donde simultáneamente cursa estudios de post graduado. En esta misma Universidad y en el Puget Sound Marine Laboratory realiza estudios especiales con C.C. Church y completa colecciones de *Foraminíferos* del Mioceno de Astoria. Continúa sus investigaciones posteriormente, en 1929, bajo la guía del doctor Thomas W. Vaughan en el Scripps Institute of Oceanography. Sus primeras investigaciones sobre Cuba las realiza a instancias del propio Vaughan, quien había participado a finales del siglo XIX, durante la ocupación norteamericana, en la evaluación geológica de la isla auspiciada por el USGS⁴.

Dorothy Palmer comienza a prestar servicios para la Cuban Atlantic Oil and Refining Company (Carco), desde 1930, formando parte de un formidable grupo de geólogos y geofísicos que emprendió un ambicioso programa exploratorio en varias zonas de Cuba. Dorothy se traslada junto con su esposo quien a su vez se involucra como consultante en investigaciones geológicas y paleontológicas. Su papel es ayudar a comprender la geología de Cuba y el Caribe utilizando la micropaleontología y en particular los *Foraminíferos*, en las secuencias sedimentarias del Mesozoico y el Cenozoico. En Cuba publica varios trabajos en la revista de la Sociedad Cubana de Historia Natural Felipe Poey, de la Universidad de la Habana.

Dorothy Palmer trabajó en Cuba por espacio de 17 años y se convirtió en una de las principales autoridades en el conocimiento de los microfósiles, de los cuales tenía una sobresaliente colección⁵. Llegó a poseer 3217 ejemplares. Esta magnífica colección de foraminíferos se encuentra conservada en el Paleontological Research Institution and Museum of the Earth en Ithaca, Nueva York. Su labor

excedió la actividad profesional como experta en la aplicación de la paleontología a la estratigrafía y la geología del petróleo. Junto con su esposo fueron determinantes en lograr que jóvenes cubanos se interesaran, adquirieran conocimientos y desarrollaran habilidades científicas en la geología y la paleontología.

Dorothy inspiró y ayudó a muchos jóvenes científicos cubanos. Entre los colaboradores de la doctora Palmer pueden citarse a los cubanos Pedro J. Bermúdez Hernández y E. Camacho. Perteneció a numerosas instituciones cubanas y extranjeras. Falleció en la ciudad de la Habana el día 16 de junio de 1947.



Dorothy Palmer en 1924 en Houston cuando trabajaba para Rio Bravo Petroleum Co. (Cortesía de Robbie Gries).



Los malacólogos cubanos Aguayo y Jaume dedicaron a la memoria de Dorothy Palmer el *Cerion dorotheae*, una de las más características entre las especies de Cerion en Cuba.⁶

¹Palmer D.K., 1923 A fauna from the Middle Eocene Shales near Vacaville, California University of California Publications in Geological Science 14 No 8 (1923) 289=318

²Palmer D.K., B.I. Clark 1923 Revision of the Remella like gastropods from the West Coast of North America. University of California Publications in Geological Science 14 No 7 1923 277 = 288

³Palmer K.V. "Dorothy Palmer 1897 – 1947 Journal of Paleontology 22 (1948) pp. 518-519

⁴Marilyn Bailey Ogilvie, Joy Dorothy Harvey The Biographical Dictionary of Women in Science: L-Z Page 974.

⁵Alvarez-Conde, J., 1957. Historia de la Geología, Mineralogía y Paleontología en Cuba. Publicaciones Junta Nacional de Arqueología y Etnología. La Habana, 248 pág Dorothy K. Palmer pp. 210-212

⁶CERIONIDAE - Cerion dorotheae Aguayo & Jaume, 1951 <http://www.femorale.com/>

Francisco Remírez de Estenoz y Herrera (1763 - 1805?)

Francisco Remírez de Estenoz y Herrera: El primer geólogo en Cuba.

Rafael Tenreyro Pérez
Melbana Energy, La Habana, Cuba

Introducción

Casi todos los libros de historia de la geología de Cuba reconocen a Alexander Humboldt como el primer geólogo. Sin embargo, en honor a la verdad histórica, a finales del siglo XVIII, el primer geólogo fue Francisco Remírez de Estenoz y Herrera. Eran momentos en los que la geología era una ciencia en constitución. Las agrias controversias entre neptunistas y plutonistas, propiciaron los avances en la definición de los principios sobre los cuales se erigió esta disciplina científica. En España, la mineralogía y geognosia comienzan a desarrollarse gracias a figuras tales como Luis de Arguedas, Nicolás Segundo Franqui, Martín de Párraga, Juan López Peñalver, Juan Sánchez Cisneros, Antonio d'Arnaud, Bernabé Canga-Argüelles y el Padre Bernabé Cobos, cuyos trabajos reunidos en siete tomos fueron publicados entre los años 1799 y 1804. Por razones obvias, en la metrópoli española se miraba más hacia la escuela neptunista de Abraham Werner. El sabio Christiano Herrgen era Catedrático de Mineralogía en el Real Gabinete de Historia Natural de Madrid y en muchas de las grandes expediciones científicas a América participaron mineralogistas alemanes como Johann Wilhelm y Heinrich Thalacker y los hermanos Heuland. Hasta América llegaron mineralogistas españoles como Fausto de Elhuyar, descubridor del tungsteno, graduado en Freiberg, donde también se graduó Andrés del Río, descubridor del vanadio, así como Juan José Rodríguez y Juan José de Oteiza. Pero en Cuba, los siglos XVII y XVIII habían sido estériles en la publicación de artículos dedicados a los recursos minerales. Este "oscurantismo geológico" como le llama Antonio Calvache se explica por la consideración

de las autoridades que no era necesario despertar codicias en las coronas enemigas.

Francisco Remírez de Estenoz y Herrera.

Nació en Caracas en diciembre de 1763, hijo de Don Felipe Remírez de Estenoz y Soto, Gobernador y Capitán General, y de Tomasa Herrera y Chacón, hija del IV Marqués de Villalta. Al igual que sus antecesores, Francisco hizo carrera militar hasta llegar al grado de Teniente Coronel de Infantería de los Reales Guardias de La Habana. En 1793, Nicolás Calvo y O'Farril propone en la Sociedad Económica de La Habana, el establecimiento de una escuela de química. Una suscripción pública reúne los fondos necesarios, para adquirir un laboratorio y enviar un becario a la metrópoli. Francisco Remírez, acepta pasar los cursos de química y mineralogía en Madrid. Estando allí se casa con María Josefa Badarán y Aróstegui.

En el siglo XVIII se incrementa el número de expediciones científicas hacia América, principales empresas del reformismo ilustrado en España. En Cuba, lo fue la Comisión Real de Guantánamo o del Conde de Mopox, constituida con dos objetivos: instalar un asentamiento en la bahía que le daba su nombre y estudiar la construcción de un canal de navegación entre las costas norte y sur de la isla a la altura de La Habana. El Conde Mopox solicitó que se incluyera en la comisión al mineralogista Francisco Remírez y su ayudante Félix Bourman. La Comisión partió del puerto de La Coruña el 3 de diciembre de 1796 y llegó a Cuba el día 3 de febrero de 1797. En el extremo oriental de Cuba se estudió el terreno para fundar una ciudad y sus sistemas de defensa portuaria. Terminados los trabajos, Remírez y Bourman se dirigieron hacia Holguín, para reconocer las minas de oro y petróleo y más tarde las minas en Santiago de Cuba, Camagüey, Cuatro Villas, Matanzas, La Habana y Vuelta Abajo. En febrero de 1801, una Real Orden ponía fin a los trabajos de la Comisión. Los miembros de la comisión, formalizaron los diferentes expedientes, partes de la memoria final, zarpando con la excepción de Remírez, nombrado catedrático en la

¹Serrera Ramon Maria, Alejandro de Humboldt and the written sources of the Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España * Chronica Nova, 27, 2000, 217-238

²Rafael Moreno en "La Ilustración mexicana que encontró Humboldt", Ensayos sobre Humboldt, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1962, pp. 217-237.

³Calvache Dorado Antonio. Historia y Desarrollo de la Minería en Cuba Editorial Neptuno, La Habana. 170 pags., 22 láminas, 7 cuadros gráficos.

⁴Santa Cruz y Mallen, Francisco X. Historia de las Familias Cubanas Tomo IV Pag 325.

⁵Bachiller y Morales, Antonio Apuntes para la historia de las letras y de la instrucción pública de la isla de Cuba, Tomo II, Habana, Calle de O'Reilly No. 110. 1859

⁶Puig-Samper, Miguel Ángel Las expediciones científicas españolas en el siglo XVIII. Canelobre, Revista del Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert, nº 57, 2011, pp. 20-41.

⁷Guirao de Vierna, A. et al. (1991), Cuba ilustrada. La Real Comisión de Guantánamo, 1796-1802, 2 vols., Madrid, Lunberg.

Universidad, en abril de 1802 del puerto de la Habana en el buque "El Rey". En la nave viajaba el texto del reporte mineralógico acompañado de dos grandes cajones con muestras de rocas. Pero, el barco fue apresado por un buque de guerra inglés, siendo confiscado el reporte y las muestras de minerales. El Conde de Mopox explica: "La gran colección de minerales de que se habla en este oficio ... formada por el teniente coronel Don Francisco Remírez... no ha venido ... porque la desgracia hizo que el correo de S. M. nombrado El Rey que fue el mismo buque que condujo la comisión de Coruña a Cuba, fue apresado por los ingleses en la travesía".

Alexander Humboldt estuvo en dos ocasiones en Cuba: la primera desde el 19 de diciembre de 1800 hasta el 15 de marzo de 1801 y la segunda del 19 de marzo al 29 de abril de 1804, "principalmente para recoger los materiales que él y su compañero de viaje Bonpland, habían dejado años antes al cuidado de Francisco Remírez". En su "Ensayo político sobre la isla de Cuba" Humboldt dice: "El viajero Don Francisco Ramírez, discípulo de Proust, y muy versado en las ciencias químicas y mineralógicas, me dijo que la parte del oeste de la isla es granítica, y que había encontrado en ella el gneis y la pizarra (Thonschiefer) primitiva." Humboldt habla de la geología de Cuba en otras publicaciones y en ellas siempre cita a Remírez con quien mantuvo correspondencia después de su partida en 1804.

Según Bachiller y Morales, Remírez, nunca llegó a ejercer la cátedra de química en la Universidad, aunque sí parece que trabajó en el laboratorio. Demostración de ello son los análisis a los que somete las aguas de los manantiales de Madruga. Carlos Trelles, refiere dos trabajos de Francisco Remírez: el primero es "Análisis de las aguas de la Fuente Madruga vulgarmente la Paila. Hecha por el Teniente Coronel D. R. R. Francisco Remírez socio numerario de la Real Sociedad Económica de la Havana y encargado del Ramo Mineralogía en la Comisión del Señor Conde de Mopox en esta Isla de Cuba" el segundo, Trelles asegura que es el primer estudio geológico escrito en Cuba,

denominado "Memoria sobre la mineralogía de la Isla de Cuba". Citando a José Antonio Saco, el bibliógrafo matancero agrega: "La escribió en la Habana en 1802 y permanece inédita". También menciona que Ramón de la Sagra extractó los trabajos de Remírez sobre la geología en su "Historia física y política".

En 1826, el sabio Ramón de la Sagra y Periz promovió dictar un curso de mineralogía y geognosia en el Jardín Botánico de la Habana. Entusiasmado, el Capitán General le solicita examinar algunas muestras de rocas colectadas por las comisiones del Conde de Mopox y del Capitán Tirry en la Isla de Pinos y un borrador del reporte inédito de Francisco Remírez de Estenoz. Años más tarde Ramón de la Sagra va a publicar buena parte de los estudios de Remírez en el primer tomo de su obra "Historia Física, Política y Natural de la Isla de Cuba". No se puede acusar al sabio coruñés de plagio, él le dio siempre crédito a su antecesor: "Hemos hallado la curiosa indicación de algunas de éstas, en una memoria inédita, sobre la mineralogía de la isla de Cuba, escrita en La Habana en 1802 por D. Francisco Remírez, alumno de Proust, agregado a la expedición del conde de Mopox y Jaruco; documento interesante, del cual extractaremos todas las noticias que contribuyan a enriquecer esta sección de nuestro trabajo." Señala que Remírez hizo una descripción de los más importantes filones de las minas Santiago del Prado: Mina Blanca, Mina de la Fuente, Mina de las Lechuzas, Mina de Lindran, Mina de la Madalena y la de Aranzibia y el Arroyo de las Minas, que solo contiene pirritas embutidas en un esquisto térreo. La única de estas minas, que en 1802 mereció la consideración de Remírez fue la de las Lechuzas, porque manifestaba más mineral y demostraba haber sido objeto de mayores trabajos. Le atribuye a Remírez la descripción de minas en el poblado del Caney, de hierro y cobre en Canasí, cerca del Caney, hematita al este de Santiago y granitoides en las montañas del Escorial y jaspes en el puerto de Guanacú. Fueron descritos también por Remírez muchos elementos de la

variada geología presente en las cercanías de Holguín, asiento de minas de hierro, oro y otros minerales tales como plomo y antimonio, así como varios parajes con manifestaciones de petróleo.". Gracias a La Sagra no se perdieron las observaciones de Remírez.

Se conoce que Francisco Remírez de Estenoz contrajo enfermedades tropicales durante sus trabajos en la

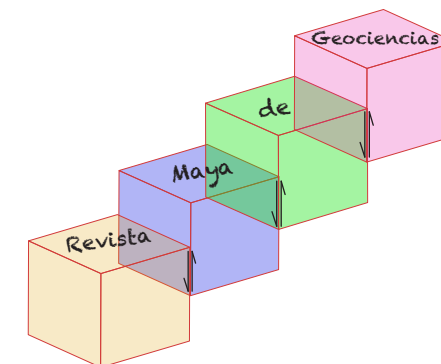
expedición, llegando a la Habana en 1800 con la salud muy quebrantada. Hasta el momento, no ha sido posible encontrar documentos sobre la fecha de fallecimiento, las pocas referencias existentes mencionan que murió poco después de 1805 pero no precisan la fecha.



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

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

tenreyro2015@gmail.com



⁸Rimoy y Medina, Maria de los Ángeles y Maria Jacinta Peramos Mendoza La expedición del Conde de Mompox y de Jaruco y su arribada forzada en Tenerife; Rodríguez Nozal, Raúl La obra impresa del programa expedicionario español en América. Mem. Real Soc. Esp. Hit. Nat III 2004 pag 35-72

⁹Rebok, Sandra Lo público y lo privado en los escritos de Alexander von Humboldt sobre Cuba. Asclepio-Vol. LVI-2-2004

¹⁰Morales, Vidal, „El Barón de Humboldt en la Isla de Cuba [Barón Humboldt in the island of Cuba]“, in: El Fígaro, La Habana, junio 6, núm 9 (1897), p. 258; junio 13, núm 22, p. 286; núm. 24, p. 300, reproducido en: Serie Histórica, núm. 9, La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, 1969, pp. 27-32.

¹¹Bachiller y Morales, Antonio. 1859. Op cit.

¹²Trelles, Carlos M. "Bibliografía cubana (1600-1916)". Matanzas. Imprenta de Juan F. Oliver Vera 92. 1918.

¹³Remírez, Francisco Análisis de las aguas de la Fuente Madruga vulgarmente la Paila. Imprenta de D. Estevan Joseph Boloña. Año de 1802 En 40, M, 20ps.

¹⁴Saco, Jose Antonio. Colección de papeles científicos, históricos, políticos y de otros ramos sobre la Isla de Cuba ya publicados, ya inéditos. Tomo Primero – Paris Imprenta D'Abouisson y Kugelmann. Calle La Grande Bateliere, N. 13 1858.

¹⁵Naranjo Orovio, Consuelo y Puig Samper, Miguel A. -Ramón de La Sagra Naturalista, geógrafo y cartógrafo de Cuba

¹⁶"Comunicación de Ramón de La Sagra al Presidente de la Sociedad Patriótica sobre el curso que impartirá de mineralogía y geognosia. Jardín Botánico, 16 de octubre de 1826", BNC, C.M., Sociedad, T.17, No. 18a. y La Sagra, Ramón de, Oración inaugural a la Cátedra de Mineralogía y Geología abierta en obsequio de la juventud habanera el día 18 de noviembre de 1826, La Habana 1826.

¹⁷Sagra, Ramón de la 1838 y 1857, "Historia Física, Política y Natural de la Isla de Cuba"

**VIDA Y OBRA PROFESIONAL DE OSWALDO DE SOLA
RICARDO (1922-2014): UNA VISIÓN PERSONAL**

José Antonio Rodríguez Arteaga
Colaborador de la Revista



En los lejanos años 40's la vida del geólogo era muy dura en Venezuela, alejada de caminos pavimentados y cuya actividad exploratoria era realizada a pie con todo el equipo personal y de trabajo, mulas y burros cargados y sin cartografía alguna. La geología y la topografía iban a la par y se hacían sobre la marcha del lugar a explorar. De acuerdo a sus primeros años profesionales Oswaldo De Sola recordará en el año 2014:

“Me graduó Medina [se trata del General Isaías Medina Angarita, cuyo mandato iniciado en la época no se discutirá en ésta semblanza, pues el tráfago político se sucedía en forma por demás atropellada]... y me correspondió el N° 810 del Colegio de Ingenieros... eso significa que no había nadie. Venezuela era un país “pelao” y a uno lo utilizaban para todo, si había que componer un pavimento en Valencia [estado Carabobo, región central del país], uno de nosotros iba, si había que hacer una pista en Barcelona, iba uno de nosotros... y por eso yo he participado en miles de cosas sin tener realmente la formación para eso, sino que era una obligación porque no había nada y si uno no lo hacía, no lo hacía nadie”.

¿Por qué geología?

Respondería De Sola a esta pregunta en forma aguda: *...“Porque en ese momento en Venezuela se estaba conociendo el potencial petrolero y necesitábamos gente para desarrollar todos esos depósitos. (...) En mis primeros años de trabajo, nos dedicamos a la formación de la cartografía, porque en Venezuela no había planos y no había cartografía, que, por ejemplo, uniera a Barquisimeto con San Cristóbal. Yo tuve que participar en esa comisión que levantó la cartografía nacional al principio de los años 40's.*

Para la época las únicas hojas cartográficas que existían eran unos cuantas elaboradas por Agustín Codazzi

A modo de introducción

Iniciada Venezuela a la “modernidad” promovida por el General Eleazar López Contreras, Presidente de la República de entonces en su programa nacional del mes de febrero del año 1936, aún no eran decretados los estudios formales de geología en el país, cosa que hará al año siguiente -1937- dando origen al Instituto de Geología de Caracas que comenzaría a dar sus primeros pasos aumentando poco a poco la plantilla docente con el auxilio del personal venido de la industria petrolera repartida en el país.

Sus inicios

Proveniente de familia española y sefardí, según sus palabras, Oswaldo de Sola R. nace en Caracas, Venezuela siendo el menor de 5 hermanos. No conocía De Sola la actividad, aun novedosa para la nación, pero decide cursar estudios geológicos, gracias a las oportunidades de empleo que ella ofrecía. Es así que en 1943, integrará la II promoción de 12 geólogos egresados del Instituto de Geología, obteniendo su primer empleo en la *Socony Vacuum Oil*, precursora de la empresa *Mobil Oil Co.* en donde realiza sus primeras exploraciones en procura de yacimientos petroleros.

De Sola en la exploración petrolera

Así, estudiará 2 importantes áreas: (1) el Piedemonte Andino de los Llanos Occidentales de Venezuela entre Santa Bárbara, estado Zulia y San Cristóbal, estado Táchira y (2) el Piedemonte de la Cordillera del Interior, dedicando igualmente sus esfuerzos geológicos en conocer la Cuenca Alta del Río Guarapiche, uno de los ríos más importantes del estado Monagas e igualmente la zona de San Carlos en el estado Cojedes, así como las localidades de Lezama, estado Guárico además de la ubicada desde Altigracia de Orituco a San José de Guaribe, en la misma localidad, aprovechando la oportunidad en hacer exploraciones en la Cuenca Alta del Río Guarapiche, ya anteriormente mencionado. En definitiva, su misión estaba cumplida, conocer la estratigrafía de las cuencas petrolíferas venezolanas.

Al servicio de la geología nacional

(1793-1859), razón por lo que su primer trabajo fue la reelaboración de planos, vale decir, hizo de cartógrafo. No solamente eran necesarios los pares estereográficos para la geología de campo, sino que además en ese momento en el país se estaba conociendo la viabilidad del petróleo.

Vida universitaria

En el año 1946, y tras recibir una carta del Dr. Santiago Vera Izquierdo, rector de la Universidad Central de Venezuela, acepta un cargo como docente en dicha institución, en donde dictará 3 cátedras: Topografía, Mineralogía y Geología Física. Entre 1947 y 1948 forma parte en la creación de la Oficina de Investigaciones Geológicas, (OIGSA) para estudios geotécnicos en general y en S. A. Geotécnica, especializada en la perforación de pozos de agua. En 1959 es designado Director de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la Facultad de Ingeniería de la misma universidad en donde dictaba clases y para 1964 seguía en funciones docentes y administrativas.

El 16 de septiembre de 1963, siendo rector de la Universidad, el médico Jesús María Bianco, fue conmemorado el XXV aniversario del Instituto de Geología, cuya fecha conmemorativa ha sido modificada al 29 de septiembre de cada año, a partir del 2022, ante la

aprobación por mayoría simple en una reunión de la Sociedad de Geólogos de Venezuela celebrada el 28 de diciembre reciente (véase, Rodríguez y Mariño, 2020).

En dos ocasiones, 1961 y 1968 respectivamente, Oswaldo De Sola, ejercerá interinamente el Decanato de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, ejerciendo como miembro del Consejo de la Facultad en 1961 y en 1963. Su vida académica adquiere particulares dimensiones no siendo posible sintetizarla en pocas palabras: (1) Director de la Escuela de Geología, Minas y Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería de la UCV (1959); (2) Decano interino de la Facultad de ingeniería de la UCV (1961 y 1968); (3) Asesor de la UNESCO en el Comité de Investigación de los Recursos Naturales (durante el período 1965-1969) y (4) Rector de la Universidad Central de Venezuela (1970-1972).

Grandes obras civiles como actividad profesional

Su actividad como geólogo estuvo ligada a las grandes obras públicas nacionales: estudió más de 15 sitios de presa en la región centro occidental; el sistema de riego del río Guárico y estudios geológicos para la construcción de empresas de embalse, así como la implantación de sistemas de riego en el estado Carabobo; en la evaluación



II Promoción de geólogos del Instituto de Geología de Caracas. En la gráfica, primera fila y en cuclillas al extremo derecho: Oswaldo De Sola Ricardo.

de rutas alternativas de acceso a La Guaira como la vía Caracas-Catía La Mar; en Guayana. Al sur de Venezuela, desarrolló estudios del río Caroní desde 1949 y de forma activa desarrolló estudios para la alzada de la Presa de Guri, Macagua II y sitios intermedios.

De Sola minero y geotecnista

En 1952 estudió el depósito de hierro del Cerro El Trueno en Guayana y en 1982 el Tramo Cabruta-Ciudad Bolívar del Eje Orinoco-Apure.

Ejerció la geotecnia, estudiando las fundaciones del puente de Angostura sobre el río Orinoco y participó en la exploración para la ampliación del puente sobre el río Caroní, entre tantas otras actividades.

Actividad gremial

Desde el punto de vista gremial trabajó activamente en los años 50's para la creación de la Sociedad Venezolana de Geólogos, adscrita al Colegio de Ingenieros de Venezuela, siendo su primer presidente.

Reconocimiento y condecoraciones

Entre numerosos reconocimientos y medallas recibió las condecoraciones por servicios prestados: (1) La Llave Académica de la Facultad de Ingeniería, UCV, en 1964; (2) la Orden 27 de julio, por méritos distinguidos y años de



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

servicio docente, en 1965; (3) la Orden José María Vargas, destinada a honrar a los miembros del personal docente y de investigación de la UCV, distinguidos en el ejercicio de sus funciones y en el cultivo de la Ciencia, las Artes y la Cultura en 1967. (4) En 1972 le fue otorgada la Orden del Libertador en grado de Gran Oficial por su actividad académica y científica y (5) en 2004 recibe la Orden 11 de abril otorgada por el municipio autónomo Caroní, del estado Bolívar. En 1991, ya casi al final de su vida la Fundación del Bicentenario de Simón Bolívar crea el Museo Histórico de Ciudad Bolívar, pasando luego a ser la Fundación Museo Histórico de Guayana, entidad que presidió hasta su deceso a los 92 años en el 2014. Tal situación señala de manera importante la labor ejercida por De Sola en el ejercicio de la geología nacional durante su incansable labor y en forma específica como uno de los pioneros de la Geología de Venezuela.

Bibliografía mínima: <www.usbnoticias.usb/post/30861> [En línea] (abril, 25, 2014) - Oswaldo De Sola Ricardo en Ciudad Bolívar, recibiendo una condecoración y reconocimiento (S/F). Rodríguez Arteaga, José Antonio y Mariño Pardo, Noel S. (2020) Propuesta para la declaratoria del día del Geólogo Venezolano Boletín 49, Academia Nacional del Hábitat y la Ingeniería, 658-666p.

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

PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

Clair Cameron Patterson (1922 - 1995)

Clair Cameron Patterson was an energetic, innovative, determined scientist whose pioneering work stretched across an unusual number of sub-disciplines, including archeology, meteorology, oceanography, and environmental science—besides chemistry and geology. He is best known for his determination of the age of the Earth. That was possible only after he had spent some five years establishing methods for the separation and isotopic analysis of lead at microgram and sub-microgram levels. His techniques opened a new field in lead isotope geochemistry for terrestrial as well as for planetary studies. Whereas terrestrial lead isotope data had been based entirely on galena ore samples, isotopes could finally be measured on ordinary igneous rocks and sediments, greatly expanding the utility of the technique.

While subsequently applying the methodology to ocean sediments, he came to the conclusion that the input of lead into the oceans was much greater than the removal of lead to sediments, because human activities were polluting the environment with unprecedented, possibly dangerous, levels of lead. Then followed years of study and debate involving him and other investigators and politicians over control of lead in the environment. In the end, his basic views prevailed, resulting in drastic reductions in the amount of lead entering the environment. Thus, in addition to measuring the age of the Earth and significantly expanding the field of lead isotope geochemistry, Patterson applied his scientific expertise to create a healthier environment for society.

Clair Patterson (known as "Pat" to friends) was born and grew up in Mitchellville, Iowa, near Des Moines. His father, whom he describes as "a contentious intellectual Scot," was a postal worker. His mother was interested in education and served on the school board. A chemistry set, which she gave him at an early age, seems to have started a lifelong attraction to chemistry. He attended a small high school with fewer than 100 students, and later graduated from Grinnell College with an A. B. degree in chemistry. There he met his wife-to-be Lorna McCleary. They moved to the University of Iowa for graduate work, where Pat did an M. A. thesis in molecular spectroscopy.

After graduation in 1944 both Pat and Laurie were sent to Chicago to work on the Manhattan (atomic bomb) Project at the University of Chicago at the invitation of Professor George Glockler, for whom Pat had done his M. A. research. After several months there, he decided to enlist in the army, but the draft board rejected him because of



his high security rating and sent him back to the University of Chicago. There it was decided that both Pat and Laurie would go to Oak Ridge, Tennessee, to continue work on the Manhattan Project. At Oak Ridge, Patterson worked in the 235U electromagnetic separation plant and became acquainted with mass spectrometers. After the war it was natural for him to return to the University of Chicago to continue his education. Laurie obtained a position as research infrared spectroscopist at the Illinois Institute of Technology to support him and their family while he pursued his Ph.D. degree.

In those days a large number of scientists had left various wartime activities and had assembled at the University of Chicago. In geochemistry those scientists included Harold Urey, Willard Libby, Harrison Brown, and Anthony Turkevich. Mark Inghram, a mass spectrometer expert in the physics department, also played a critical role in new isotope work that would create new dimensions in geochemistry. The university had created a truly exciting intellectual environment, which probably few, possibly none, of the graduate students recognized at the time. Harrison Brown had become interested in meteorites, and started a program to measure trace element abundances by the new analytical techniques that were developed during the war years. The meteorite data would serve to define elemental abundances in the solar system, which,

among other applications, could be used to develop models for the formation of the elements.

The first project with Edward Goldberg, measuring gallium in iron meteorites by neutron activation, was already well along when Patterson and I came on board. The plan was for Patterson to measure the isotopic composition and concentration of small quantities of lead by developing new mass spectrometric techniques, while I was to measure uranium by alpha counting. (I finally also ended up using the mass spectrometer with isotope dilution instead of alpha counting.) In part, our projects would attempt to verify several trace element abundances then prevalent in the meteorite literature which appeared (and turned out to be) erroneous, but Harrison also had the idea that lead isotope data from iron meteorites might reveal the isotopic composition of lead when the solar system first formed. He reasoned that the uranium concentrations in iron meteorites would probably be negligible compared to lead concentrations, so that the initial lead isotope ratios would be preserved. That was the goal when Patterson began his dissertation project, however attaining it was to take considerably longer than we imagined at the time.

Patterson started lead measurements in 1948 in a very dusty laboratory in Kent Hall, one of the oldest buildings on campus. In retrospect it was an extremely unfavorable environment for lead work. None of the modern techniques, such as laminar flow filtered air, sub-boiling distillation of liquid reagents, and Teflon containers were available in those days. In spite of those handicaps, Patterson was able to attain processing blanks of circa 0.1 microgram, a very impressive achievement at the time, but now approximately equal to the total amount of sample lead commonly used for isotope analyses.

His dissertation in 1951 did not report lead analyses from meteorites; instead it gave lead isotopic compositions for minerals separated from a billion-year-old Precambrian granite. On a visit to the U.S. Geological Survey in Washington D.C., Brown had met Esper S. Larsen, Jr., who was working on a method for dating zircon in granitic rocks by an alpha-lead method. Alpha counting was used as a measure of the uranium and thorium content; lead, which was assumed to be entirely radiogenic (produced by the decay of uranium and thorium), was determined by emission spectroscopy. Despite several obvious disadvantages, the method seemed to give reasonable dates on many rocks. Brown saw that the work of Patterson and me would eliminate those problems, so we arranged to study one of Larsen's rocks. We finally obtained lead and uranium data on all of the major, and several of the accessory, minerals from the rock. Particularly important was the highly radiogenic lead found in zircon, which showed that a common accessory mineral in granites could be used for measuring accurate ages. As it happened, the zircon yielded nearly concordant uranium-lead ages, although that did not turn out later to be true for all zircons. In any case, that promising start opened up a new field of dating for geologists, and has led to hundreds of age determinations on zircon.

In parallel with the lead work, Patterson participated in an experiment to determine the branching ratio for the decay of ^{40}K to ^{40}Ar and ^{40}Ca . Although the decay constant for beta decay to ^{40}Ca was well established, there was much uncertainty in the constant for decay to ^{40}Ar by K electron capture. This led Mark Inghram and Harrison Brown to plan a cooperative study to measure the branching ratio by determining the radiogenic ^{40}Ar and ^{40}Ca in a 100-million-year-old KCl crystal (sylvite). The Inghram group would measure ^{40}Ar while Patterson and Brown would measure ^{40}Ca . They reported a value that came within circa 4% of the finally accepted value.

After graduation, Patterson stayed on with Brown at Chicago in a postdoctoral role to continue the quest toward their still unmet meteorite age goal. He obtained much cleaner laboratory facilities in the new Institute for Nuclear Studies building, where he worked on improvement of analytical techniques. However, after a year this was interrupted when Brown accepted a faculty appointment at the California Institute of Technology. Patterson accompanied him there and built facilities that set new standards for low-level lead work. By 1953 he was finally able to carry out the definitive study, using the troilite (sulfide) phase of the Canyon Diablo iron meteorite to measure the isotopic composition of primordial lead, from which he determined an age for the Earth. The chemical separation was done at CalTech, and the mass spectrometer measurements were still made at the University of Chicago in Mark Inghram's laboratory. Harrison Brown's suspicion was finally confirmed! The answer turned out to be 4.5 billion years, later refined to 4.55 billion years. The new age was substantially older than the commonly quoted age of 3.3 billion years, which was based on tenuous modeling of terrestrial lead evolution from galena deposits.

Patterson's reactions on being the first person to know the age of the Earth are interesting and worthy of note. He wrote, True scientific discovery renders the brain incapable at such moments of shouting vigorously to the world "Look at what I've done! Now I will reap the benefits of recognition and wealth." Instead such discovery instinctively forces the brain to thunder "We did it" in a voice no one else can hear, within its sacred, but lonely, chapel of scientific thought. There "we" refers to what Patterson calls "the generations-old community of scientific minds." From my observations, he lived that ethic. To him it must have been an exercise in improving the state of the "community of scientific minds." His attitude recalls the remark of Newton: "If I have seen farther than others, it is because I have stood on the shoulders of giants."

The age that Patterson derived has stood the test of time, and is still the quoted value forty-four years later. In the meantime, there have been small changes in the accepted values for the uranium decay constants, improvements in chemical and mass spectrometric techniques, and a better understanding of the physical processes taking place in the early solar system and Earth formation, but these have not substantially changed the age Patterson first gave to us. Some textbooks have given diagrams showing that the

logarithm of the supposed age of the Earth plotted against the year in which the ages appeared approximated a straight line, but Patterson's work has finally capped that trend.

Patterson next focused on dating meteorites directly instead of inferring their ages from the Canyon Diablo troilite initial lead ratios. He did this by measuring lead isotope ratios in two stone meteorites with spherical chondrules (chondrites) and a second stone without chondrules (achondrite). A colleague, Leon Silver, had recommended the achondrite because of its freshness and evolved petrologic appearance. Coupled with the iron meteorite troilite lead, the complete data yielded a $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of 4.55 ± 0.07 billion years. The achondrite data were especially important because the Pb ratios in the two chondrites were close to those of modern terrestrial lead, raising questions about possible Earth contamination, but the exceptionally high uranium/lead and thorium/lead ratios in the Nuevo Laredo achondrite produced lead with isotope ratios that were unlike any isotopic compositions that have ever been found in terrestrial rocks. They also fit the 4.55 Ga age, which removed any doubts about major errors in the date.

The meteorite work led indirectly to his second major scientific accomplishment. The new ability to isolate microgram quantities of lead from ordinary rocks and determine its isotopic composition had opened for the first time the path for measuring lead isotopes in common geological samples, such as granites, basalts, and sediments. That led him to start lead isotope tracer studies as a tool for unraveling the geochemical evolution of the Earth. As part of that project he set out to obtain better data for the isotopic composition of "modern terrestrial lead" by measuring the isotopic composition of lead in ocean sediments. By 1962 Tsaihwa J. Chow and Patterson reported the first results in an encyclopedic publication that initiated Patterson's concern with anthropogenic lead pollution, which was to occupy much of his attention for the remainder of his scientific career.

The isotope data revealed interesting patterns for Atlantic and Pacific Ocean leads that could be related to the differences in the ages and compositions of the landmasses draining into those oceans. However, in studying the balance between input and removal of lead in the oceans, the authors calculated that the amount of anthropogenic lead presently dispersed into the environment each year was circa eighty times the rate of deposit into ocean sediments. Thus, the geochemical cycle for lead appeared to be badly out of balance. The authors noted that their calculations were provisional; the analytical data were scarce or of poor precision in many cases, however this was the seminal study that started Patterson's investigations into the lead pollution problem. The limitations in the analytical data on which many of the conclusions in the 1962 paper were based led Patterson to start new investigations to attack the problem. In 1963 he published a report with Mitsunobu Tatsumoto showing that deep ocean water contained 3 to 10 times less lead than surface water, the reverse of the trend for most elements (e.g., barium). This provided new evidence for

disturbance in the balance of the natural geochemical cycle for lead by anthropogenic lead input.

In the 1965 paper entitled "Contaminated and Natural Lead Environments of Man," Patterson made his first attempt to dispel the then prevailing view that industrial lead had increased environmental lead levels by no more than a factor of approximately two over natural levels. He maintained that the belief arose from the poor quality of lead analyses in prehistoric comparison samples in which much of the lead reported was actually due to underestimation of blank contamination. He compiled the amounts of industrial lead entering the environment from gasoline, solder, paint, and pesticides and showed that they involved very substantial quantities of lead compared to the expected natural flux. He estimated the lead concentration in blood for many Americans to be over 100 times that of the natural level, and within about a factor of two of the accepted limit for symptoms of lead poisoning to occur. R. A. Kehoe, a recognized expert on industrial toxicology accused him of being more of a zealot than a scientist in the warnings he had raised. Another leading toxicologist had just returned from a World Health Organization conference where fifteen nations had agreed that environmental lead contributions to the body burden had not changed in any significant way, either in blood or urinary lead contents, over the last two decades. He called Patterson's conclusions "rabble rousing."

Patterson's reactions are recorded in a letter to editor Katharine Boucot accompanying the revised manuscript: The enclosed manuscript does not constitute basic research and it lies within a field that is outside of my interests. This is not a welcome activity to a physical scientist whose interests are inclined to basic research. My efforts have been directed to this matter for the greater part of a year with reluctance and to the detriment of research in geochemistry. In the end they have been greeted with derisive and scornful insults from toxicologists, sanitary engineers and public health officials because their traditional views are challenged. It is a relief to know that this phase of the work is ended and the time will soon come when my participation in this trying situation will stop.

Patterson's participation did not stop; instead on October 27, 1965, he wrote to California Governor Pat Brown restating the points from his 1965 review and emphasizing the dangerously high levels of lead in aerosols, particularly in the Los Angeles area. In it he claimed that the California Department of Public Health was not doing all it should to protect the population from the dangers of lead poisoning. His first request drew a polite rejection. A second letter on March 24, 1966, had better success, perhaps because of a letter from a high state official. On July 6, 1966, Governor Brown signed a bill directing the State Department of Public Health to hold hearings and to establish air quality standards for California by February 1, 1967. Although that deadline was not met, Patterson clearly played a role in advancing concern over California air control standards.

He had simultaneously started parallel actions at the national level as well. On October 7, 1965, he sent a

communication similar to the Brown letter to Senator Muskie, chairman of the Subcommittee on Air and Water Pollution. In it he offered to appear before the committee. He was subsequently invited to a hearing held on June 15, 1966, in Washington. There Patterson emphasized that most officials failed to understand the difference between "natural" and "normal" lead body burdens, the former based on incorrect data from pre-industrial humans, the latter on averages in modern populations. In support of that assertion he cited his newer work in Greenland showing the large increases in lead in snow starting with the industrial revolution. He furthermore believed it was wrong for public health agencies to work so closely with lead industries, whom he considered often biased in matters concerning public health.

His views drew support from some of the public (e.g., Ralph Nader), but were once again strongly opposed by others, notably by R. A. Kehoe, the highly regarded authority on industrial poisoning. A battle line was drawn that was to last about two decades.

By 1970 Patterson and his colleagues had completed studies of snow strata from Greenland and Antarctica that showed clearly the increase in atmospheric lead beginning with the industrial revolution in both regions. Modern Greenland snow contained over 100 times the amount of lead in preindustrial snow, with most of the increase occurring over the last 100 years. The effect was about ten times smaller in Antarctic snow, but it was clearly observable. Later work with improved blanks reduced that figure to two.

In 1971 the National Research Council released a report entitled "Airborne Lead in Perspective" to guide the Environmental Protection Agency's policies on lead pollution. The panel was widely accused of not being forceful enough in interpreting its data and being too heavily weighted toward industrial scientists. Patterson's work was largely ignored, however by December 1973 the EPA did announce a program to reduce lead in gasoline by 60-65% in phased steps. Thus was the beginning of the removal of lead from gasoline. Meanwhile Patterson continued to work on the lead problem from another perspective by measuring lead, barium, and calcium concentrations in bones from 1600-year-old Peruvian skeletons. The results indicated a 700- to 1200-fold increase in concentrations of lead in modern man, with no change in barium, a good stand-in for lead, and calcium. In a letter Patterson once said, "I have a passionate interest in this paper."

In the late 1970s Patterson turned his attention to lead in food. In 1979 he wrote to the commissioner of food and drugs at the Environmental Protection Agency asserting that "your headquarters laboratory cannot correctly analyze for lead in tuna fish muscle." He maintained that the laboratory blanks were too high to permit accurate analyses for lead concentrations below 1 ppm. When asked if he could cite other laboratories that agreed with his results, Patterson responded that scientific matters are not decided by majority vote. That contact finally led to his participation in a symposium on analytical methods of

analyzing for lead in food at the sub-1 ppm level, held October 10, 1981, in Washington. It was attended by both EPA and Bureau of Foods representatives. Patterson made three recommendations for improvements that seem to have been taken seriously. These were (1) to use Bureau of Standards mass spectrometers to permit mass spectrometric lead analyses; (2) to equip EPA field laboratories better; and (3) to promote more contacts between EPA and academic laboratories. A few months later Patterson wrote that he believed the analytical work being done at the headquarters EPA laboratory met his standards.

In 1980 Dorothy M. Settle and Patterson published a warning on the amount of lead entering the food chain due to lead solder used in sealing cans. Although the National Marine Services laboratories had reported only twice as much lead in canned albacore muscle as in fresh tuna (700 versus 400 nanograms per gram), the authors found 0.3 nanogram per gram of lead in fresh and 1400 nanograms/gram in canned muscle. Barium varied by only a factor of two in the samples. A sample of fresh muscle prepared at CalTech and analyzed at the fisheries laboratory gave 20 nanograms per gram for lead, still much higher than the CalTech value. By 1993 lead solder was removed from all food containers in the United States. Patterson's influence is again clearly evident.

Although he was excluded from the earlier 1971 National Research Council panel that produced the report on airborne lead, in 1978 Patterson was appointed to a new twelve-member NRC panel to evaluate the state of knowledge about environmental issues related to lead poisoning. The panel report is noted for containing majority and minority evaluations. The majority report cites the need to reduce lead hazards for urban children; notes that the margin between toxic and typical levels for lead in adults needs better definition; and concedes that typical atmospheric lead concentrations are 10 to 100 times the natural backgrounds for average populations and 1,000 to 10,000 times greater for urban populations. The report asks for further research on these subjects, as well as on relationships between lead ingestion and intellectual ability. The need for improved analytical work was emphasized.

In his lengthy 78-page minority report Patterson argued that the majority report was not forceful enough. Basically he said that the dangers of the prevalent practices were already clearly enough defined and that efforts should start immediately to drastically reduce or completely remove industrial lead from the everyday environment. That included gasoline, food containers, foils, paint, and glazes. He also cited water distribution systems. He urged "investigations into biochemical perturbations within cells caused by lead exposures ranging down from typical to 1/1000 of typical." He had long criticized assigning a sharp limit for lead in air or blood to denote a dividing line between poisonous and non-poisonous levels.

The above items give some, but by no means a complete, indication of the efforts Patterson devoted toward reducing the environmental lead burden. Many others

joined the campaign with the passage of time, but he was clearly a principal player, and could be said to have initiated some of the changes that have occurred. Around 1973 lead began to be reduced in gasoline; it was removed completely in 1987. Lead solder has been removed from U. S. food containers as well as from paints and water lines. By 1991 scientists could report that the lead content of Greenland snow had fallen by a factor of 7.5 since 1971.¹⁷ Patterson will be remembered for having first discovered the differences between "natural" and "common" or "typical" lead abundances in the human population, and for arguing that point until it was universally accepted. That in turn has stimulated considerable medical research to study the effects of lead at below the toxic poisoning level on the human learning ability.

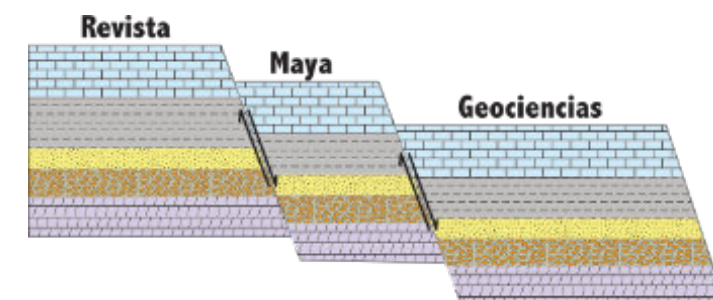
Beginning in the early 1980s, Patterson's interests began to turn toward what I call the third stage of his intellectual career. It involved an introspective, philosophical evaluation of the place of man (*H. s. sapiens*, as he often stated it) in society. He distinguished between what he termed the engineering versus the scientific modes of thinking. His thoughts are best spelled out in the two articles in the 1994 special issue of *Geochimica et Cosmochimica Acta* in his honor. He sees the scientific mind as the inquiring mind that seeks to uncover the world's secrets, while the engineering mind seeks to control the natural world. This undoubtedly grew out of his experience as a scientist in discovering the age of the Earth, while the engineering mind would be equated with the technology that utilized the large amounts of lead that had polluted the environment. Thus he says, "Most persons cannot see the ills of a culture constructed by 10,000 years of perverted utilitarian rationalizations because they perceive only its material technological forms through the eyes of a diseased *Homo sapiens* mind." At the end he was working on a book to express his ideas on those and other matters, such as population control. We will never know what it might have contained, but we

can guess that it would have been a stimulating, unique, and undoubtedly controversial treatment.

As a person, Patterson was modest about his own accomplishments and generous in acknowledging the contributions of colleagues, especially those of his co-workers. He opened his laboratory to scientists from around the world and trained them in the techniques he had developed. He was self-assured in science and not one to follow the beaten path. Although he was very sensitive to the negative criticisms his work generated, he pursued his beliefs vigorously with what some would (and some did) call a fanatical drive. Perhaps any lesser degree of motivation would have led him to give up the struggle without seeing it through to the finish. He cared deeply about the welfare of society and applied his scientific knowledge toward seeking and making a better future for all. His final efforts on the book he hoped to write were directed toward that goal. His unique personality has been eloquently portrayed in the Saul Bellow novel *The Dean's December*, in which Patterson is the model for Sam Beech. He was truly a one-of-a-kind person.

Patterson's many accomplishments were recognized in 1995 by the award of the Tyler Prize for Environmental Achievement, a most fitting reward for his prolonged efforts on behalf of the environment, the Goldschmidt Medal of the Geochemical Society in 1980, and the J. Lawrence Smith Medal of the National Academy of Sciences in 1973. He was elected to the National Academy of Sciences in 1987, and received honorary doctorates from Grinnell College in 1973 and the University of Paris in 1975, as well as the Professional Achievement Award from the University of Chicago in 1983. An asteroid (2511) and a peak in the Queen Maude Mountains, Antarctica, are named for him.

Source: <https://nap.nationalacademies.org/read/6201/chapter/16#280>



Leslie B. Magoon

Leslie es actualmente profesor adjunto en Modelado de sistemas de cuencas y petróleo, un programa afiliado de la Universidad de Stanford del que fue uno de los tres co-creadores en 2005. Se graduó de la Universidad de Oregon, Eugene, con un B.S. en biología en 1964 y un M.S. en Geología en 1966. Trabajó 8 años para Shell Oil Company en Exploración, donde fue el investigador principal en el estudio de migración y roca generadora de la Cuenca Ventura-Santa Bárbara, la primera investigación de este tipo en exploración para esta compañía. Leslie trabajó 30 años para el Servicio Geológico de los Estados Unidos, donde llevó a cabo estudios de evaluación de recursos en Alaska, Colombia, Venezuela y Canadá. Desde 1981, ha investigado y popularizado el sistema petrolero a través de charlas, cursos y la Memoria 60 de la AAPG: The Petroleum System—From Source to Trap, por la cual él y su coeditor recibieron el premio R. H. Dott, Sr. en 1996. Publicado en 1994, este popular libro se reimprimió dos veces y vendió las 4,000 copias y ahora solo está disponible en CD. El libro es hoy una obra de referencia en la literatura de la exploración, el concepto de Sistema Petrolero unió a

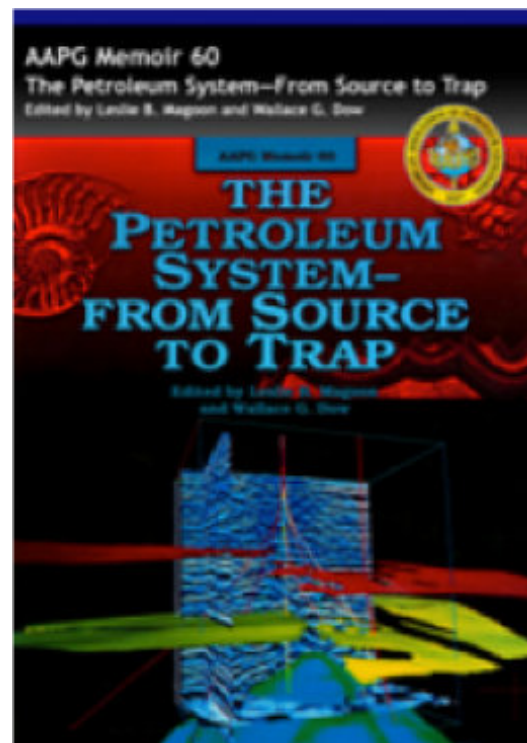


la geología del petróleo con la geoquímica y se convirtió en una herramienta indispensable de análisis.

En 2017, recibió el Premio Miembro Honorario de la AAPG y en 2021 el Premio Conmemorativo Sidney Powers de la AAPG, el tercer premio más alto y el más alto de la asociación, respectivamente.

<https://www.researchgate.net/profile/Lb-Magoon>

<https://store.aapg.org/detail.aspx?id=1022>



PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Luis P. González Vargas

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS FACIES MARINAS Y TRANSICIONALES DE UNA PARTE DE LA CUENCA TÉRRABA, DE PEJIBAYE A CURRÉ, FILA COSTEÑA, PACÍFICO SUR, COSTA RICA.

Universidad de Costa Rica

Tesis para optar al Grado Académico de Licenciatura en Geología, 2022

Sustentante: Luis Pablo González Vargas.

Director de Tesis: M.Sc. Giovanni Peralto Huertas.

Resumen.

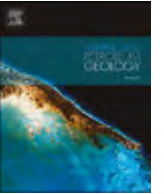
Se propuso un modelo sedimentológico de las sucesiones sedimentarias del Mioceno de la cuenca Térraba. Este se llevó a cabo a partir de levantamientos sedimentológicos en tres transectos ubicados en los alrededores de: 1) Pejibaye, siguiendo los cauces de los ríos Platanares, Pejibaye, Águila y quebrada Veracruz; 2) Pilas, en los cauces de los ríos Fresco, Pilas y Concepción y 3) Curré, al lado de la carretera Interamericana Sur entre Lagarto y La Escuadra. Con la información obtenida y los análisis petrográficos se identificaron facies de lodolita (F1), wacke (F2) y wacke-conglomerado (F3), que fueron agrupadas en asociaciones de facies deltaica y de delta gravoso. La Asociación de facies deltaica se caracterizó por la predominancia de F2 métricas masivas intercaladas por algunas F1 métricas y pocas F3. La Asociación de facies de delta gravoso presentó, igualmente, F2 métricas masivas intercaladas por F1, pero, con mayor proporción de F3, y también, con un aumento en la presencia de granos gruesos en F2. Se interpretó que ambas asociaciones de facies tuvieron influencia volcániclastica, en ambientes deltaicos (más proximales en la Asociación de facies de delta gravoso) con escasez de oxígeno y hostilidad a trazas fósiles. Ante la falta de información que permitiera emplear la estratigrafía de secuencias, sin que se interpretaran secuencias deposicionales ni discontinuidades que las delimitaran, se definieron las sucesiones deltaicas fina y gruesa: 1) La Sucesión deltaica fina fue representada por la Asociación de facies deltaica. La recurrencia de paquetes masivos de F2 intercalados por F1 sugirió una construcción del relleno por agradación. El ambiente deltaico indicó la somerización de la cuenca, con una alta subsidencia, según los grandes espesores, y una alta tasa de sedimentación. Fue datada como Mioceno inferior-medio. Se consideró como una unidad inferior de la Formación Curré. 2) La Sucesión deltaica gruesa fue representada por la Asociación de facies de delta gravoso. El orden estratigráfico de las facies, similar al de la Asociación de facies anterior, sugirió una construcción del relleno por agradación, y la mayor proporción en los materiales de grano grueso, y los grandes espesores, indicaron progradación, con un incremento en el aporte sedimentario. Fue datada como Mioceno medio-superior. Se consideró como una unidad superior de la Formación Curré.

El modelo sedimentológico mostró la somerización de la cuenca Térraba en el Mioceno, según las dos asociaciones de facies deltaicas. La cuenca evolucionó desde un período de alta profundidad y tasa de sedimentación en el Mioceno inferior, representado por la Sucesión deltaica fina, a uno de compresión tectónica, con alta tasa de erosión y un

incremento del aporte de materiales gruesos, en el Mioceno medio-superior, mostrado en la Sucesión deltaica gruesa. El área fuente se ubicó en el arco volcánico de Tamanca, y se mostraron evidencias de la influencia del vulcanismo. La distribución sedimentaria se habría dado desde el sureste del área de estudio. En ese sitio se presentó más deformación, y menor al noroeste. Se propuso que se extienda el rango temporal de la Formación Curré a todo el Mioceno.



Figura 1.1. A) Mapa de Costa Rica mostrando la ubicación del área de estudio (recuadro rojo). B) Mapa de ubicación del área de estudio (cuadro rojo): El transecto 1 se marca en amarillo y se encuentra en las cercanías de Pejibaye, entre San Antonio y Paraíso. El transecto 2 se marca en azul y se localiza en las inmediaciones de Las Pilas, entre Dibujada y Colinas. El transecto 3 se muestra en verde y se encuentra en los alrededores de Curré, entre La Escuadra y Lagarto. Base morfológica de GeoMapApp de Ryan et al. (2009).



Basin-scale estimates of thermal stress and expelled petroleum from Mesozoic–Cenozoic potential source rocks, southern Gulf of Mexico

Md Nahidul Hasan^{a,*}, Andrew Pepper^b, Paul Mann^a

^a Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, TX, 77204, USA

^b This Is Petroleum Systems LLC, Fredericksburg, TX, 78624, USA

ARTICLE INFO

Keywords:
Gulf of Mexico
Campeche salt basin
Yucatan salt basin
Outer marginal trough
Source rocks
Petroleum systems
Thermal stress
Ultimate expellable potential (UEP)

ABSTRACT

The Campeche and Yucatan salt basins remain two of the least explored areas of the Gulf of Mexico basin. This study uses a grid of 23,600 line-km pre-stack depth migrated (PSDM) 2D seismic reflection profiles, shipborne gravity data, and open-source geologic information to model the thermal stress of four potential source intervals (Oxfordian, Tithonian-centered, Cenomanian–Turonian, lower Miocene). We performed map-based, and 1D thermal modeling along two margin-perpendicular transects, each consisting of five pseudo-wells tied to the regional grid of seismic reflection data. Our modeling takes into account thermal stress variations related to the depth of base lithosphere, crustal type and thickness, paleo-water depth, Jurassic salt thickness, and the transient heat flow effects related to recent clastic sedimentation. We predict that deeply-buried, salt-related minibasins along the outer marginal trough are mature for petroleum expulsion with deeply-buried Mesozoic source rocks within the oil window from late Paleogene to early Neogene time. The 'lag time' required for vertical oil migration explains why oil maturation occurred during the late Paleogene to early Neogene but active oil seeps are observed today at the sea surface. We predict that oil is present in subsurface traps in the deepest part of the outer marginal trough and we calculate that the Oxfordian source interval has expelled a cumulative 20 million bbl of oil equivalent [BOE]/km² and that the Tithonian-centered source interval has expelled 67 million bbl of oil equivalent [BOE]/km².

1. Introduction

The deepwater southern Gulf of Mexico (GOM) includes the Yucatan and Campeche salt basins that remain two of the larger and least explored areas of the GOM basin, when compared to the much better-explored Louann salt basin along the northern conjugate margin of the GOM (Hudec et al., 2013; Davison and Cunha, 2017; Hudec and Norton, 2019; Pindell et al., 2020; Kenning and Mann, 2020) (Figs. 1 and 2). Petroleum exploration along the deepwater southern Gulf of Mexico in the Mexican maritime zone increased after the deregulation and opening of exploration block acquisition to international oil companies in 2015 (Yúnez and Chapa, 2017). At the end of 2021, less than fifteen (15) deepwater wells have been drilled by international companies in water depths > 500 m (Shann, 2020). With so few wells, the geological history and petroleum prospectivity of the southern GOM in Mexican waters remains far less understood than the deepwater areas of its US conjugate margin (Weimer et al., 2017; Snedden and Galloway, 2019).

The regional distribution and maturity of prolific, Upper Jurassic to

lowermost Cretaceous-age source rocks is a crucial element for the petroleum productivity of the GOM (Weimer et al., 2017). Previous papers on the maturity modeling of source rocks in the southern GOM have focused on local areas of the Mexican margins of the southern GOM (Arzate et al., 2009a, b; Santamaría-Orozco, 2000; Kenning and Mann, 2020; Apango et al., 2021).

To better understand the petroleum expulsion potential in the Campeche and Yucatan salt basin, we present: 1) basin-wide and map-based thermal stress modeling of the four potential source intervals (Oxfordian, Tithonian-centered, Cenomanian–Turonian, lower Miocene); 2) sensitivity analysis of the thermal stress modeling scenarios; and 3) estimated expelled petroleum yields from Oxfordian and Tithonian-centered source intervals identified in previous studies (Santamaría-Orozco, 2000; Arzate et al., 2009a, b; Kenning and Mann, 2020; Apango et al., 2021).

* Corresponding authors

E-mail address: mhasan11@uh.edu (M.N. Hasan).

<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2022.105995>

Received 15 August 2022; Received in revised form 21 October 2022; Accepted 22 October 2022

Available online 28 October 2022

0264-8172/©2022 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Caracterización de velocidades de onda y su relación con parámetros petrofísicos de unidades de roca del Complejo Calderico de Acozulco, Estado de Puebla, México.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis para obtener el título de Licenciado en Geociencias, Febrero 2022.

Sustentante: **José Luis Cruz Márquez.**

Directores de Tesis: *Dr. Antonio Pola Villaseñor y Hugo Iván Sereno Villaseñor.*

Resumen

La caracterización física y mecánica de las rocas se ha utilizado en la geotecnia y en la explotación de recursos energéticos con el fin de identificar las propiedades internas de las rocas y cómo éstas actúan al ser sometidas a fluidos o a presiones. Este trabajo de tesis integra la evaluación de las características físicas y mecánicas de rocas calizas con diferente grado de fracturamiento y rocas volcánicas con diferente grado de alteración con base en la implementación de una serie de pruebas de laboratorio bajo estándares internacionales (ASTM, UNE-EN). Los valores de la porosidad (ϕ), densidad (ρ), y velocidad de ondas S y P y constantes elásticas por método dinámico (ED, D) se obtuvieron con métodos estándares, por medio de la intrusión de gas y mediante el uso del sistema GDS AV Acoustic Velocity, respectivamente. Mientras que la resistencia máxima (máx) y constantes elásticas por método estático (ES, S) se obtuvieron con base en una serie de pruebas de compresión simple, mediante el uso de la Prensa de Carga de Rigidez Virtual Infinita, GDS VIS de 250 kN. De manera general las velocidades de onda en las dos litologías estudiadas (volcánica y caliza) varían de acuerdo con el porcentaje de poros, densidad y microfracturamiento de cada espécimen. En ambas litologías a mayor porosidad menor será la velocidad de onda. Por otro lado, la densidad se observa proporcional a la velocidad de onda en las litologías. El análisis de la variación de los valores de las constantes elásticas por método estático y dinámico, son parámetros básicos en la evaluación del comportamiento mecánico y fracturamiento de la roca cuando está sometida a carga. Finalmente, la relación de los parámetros mecánicos y físicos permite formular una serie de ecuaciones empíricas que sirven como herramientas para la construcción de modelos conceptuales que permiten evaluar las cualidades inherentes que presentan el conjunto de rocas estudiadas. Los datos obtenidos permitirán en un futuro servir como una potencial base de datos para la elaboración de proyectos ingenieriles tales como: perforaciones en roca, fracking, construcción de cimientos y carreteras ya que son estudios básicos del macizo rocoso.

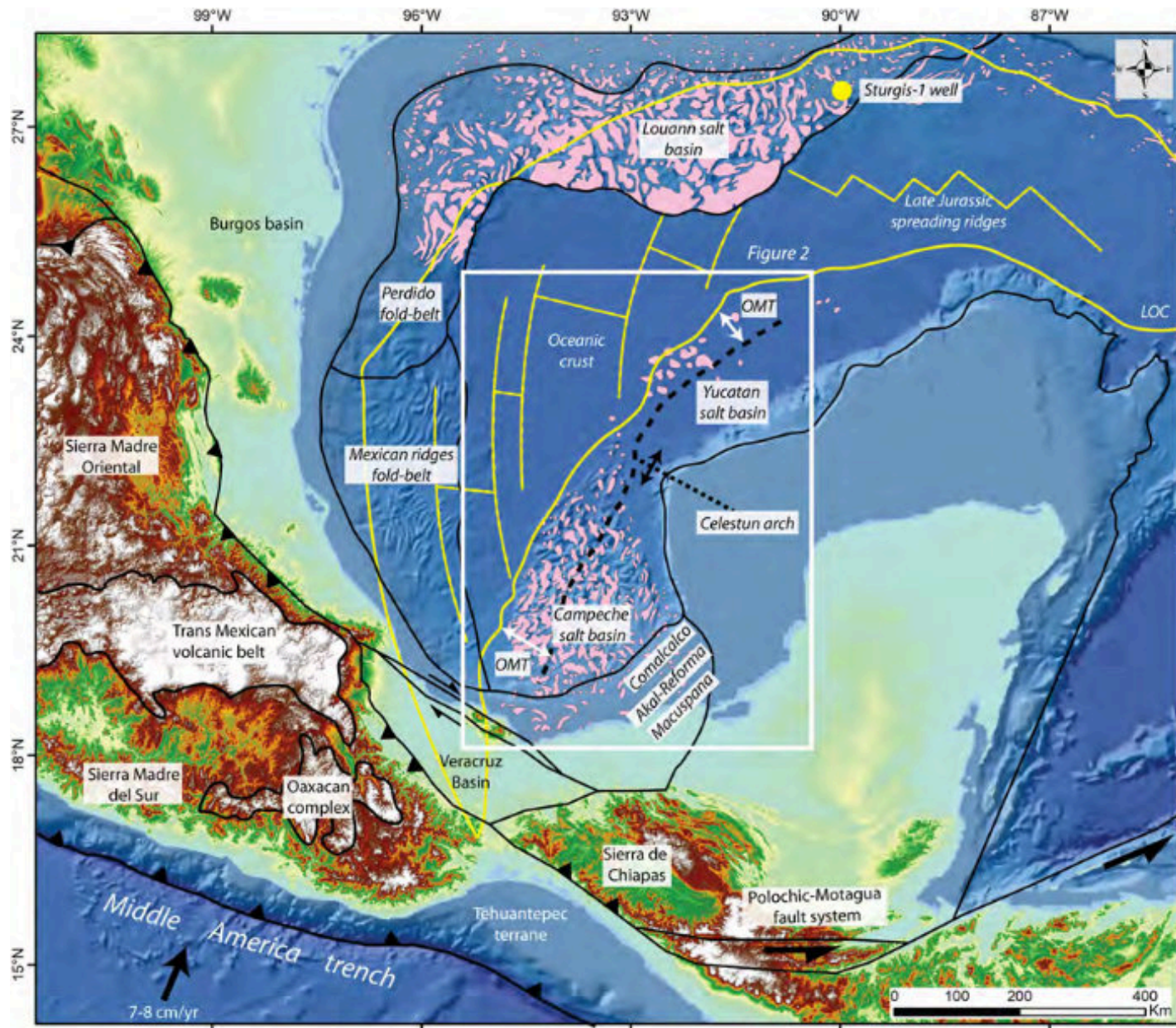


Fig. 1. Tectonic map of the southern Gulf of Mexico highlighting the Campeche salt basin, Yucatan salt basin, the limit of oceanic crust (LOC), extinct late Jurassic spreading ridges and fracture zones, outer marginal trough (OMT), and major sedimentary basins. Structural and tectonic elements are compiled from Witt et al. (2012); Comisión Nacional de Hidrocarburos (2015); Nguyen and Mann (2015); Fitz-Díaz et al. (2018); Kenning and Mann (2020); and Hasan and Mann (2021). The white rectangle shows the limit of Fig. 2.

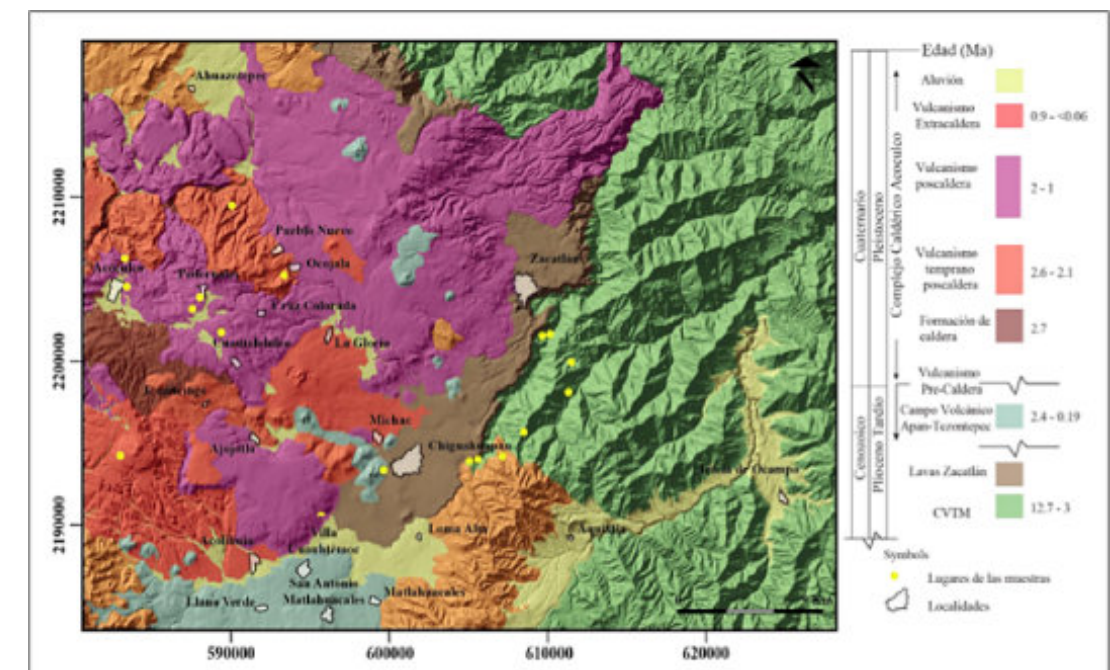


Figura 1.1. Ubicación de las muestras y columna estratigráfica de las rocas del área de estudio.

Chapter 4

Deepwater passive margin foldbelts

Md Nahidul Hasan and Paul Mann

Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Houston, TX, United States

Introduction

What is a passive margin foldbelt?

Passive margin foldbelts (PMFB) are zones of gravitational failure along low-angle detachments that result in updip, extensional structures on the shelf and slope and downdip compressional structures in the deepwater basin (Rowan et al., 2004) (Fig. 1). Over the past few decades, interest has increased significantly in deepwater passive margin foldbelts primarily due to the presence of undrilled structural closures with reported natural oil seeps (Morley et al., 2011). Currently, deepwater PMFB have become a focus for deepwater exploration with several recent giant discoveries (Zhang et al., 2017), however, PMFB are challenging structural settings to interpret and model in the overall context of understanding deepwater sedimentary systems. This chapter advances some of the concepts presented in Chapter 3 by specifically addressing the traits and variability in passive margin foldbelts in select deepwater provinces. Further, this chapter serves two additional purposes: (i) it is intended to build a foundation for the themes of deepwater sedimentation presented in later chapters and (ii) it discusses the facets of exploration risk and uncertainty introduced in Chapters 1, 2 and throughout the book.

The term PMFB takes into account all three of these structural domains: an updip extensional domain marked by rift features, a middle transitional zone of sliding with an absence of either rifts or folds and a downdip compressional zone marked by thrusting, folding, diapir squeezing and salt nappe extrusion (Fig. 1). Counter-regional (landward-dipping) normal faults and associated rollovers can also form as local complexities produced by abrupt variations in the geometry of the detachment surface (Rowan, 2020). The variability in these structural domains plays a key role in all aspects of the upstream exploration process (Chapter 1) and evaluation of prospects (Chapter 2) in PMFB.

The width of these PMFB can range in scale from a few kilometers to hundreds of kilometers as shown in the many examples described in this chapter. The driver for detachment of PMFB is the potential energy stored in landward to seaward-sloping stratigraphic surfaces. Detachment in such settings commonly occurs along a low-friction evaporitic layer (see Chapter 5) or overpressured shale (for more information on mudrocks and their traits, see Chapters 2, 6, 7, 10, 12 and 14).

Common mechanisms that have been previously proposed to explain the locations of PMFB include: (1) rapid sedimentary loading related to a tectonic event from the hinterland and (2) the formation of a large delta that contributes to a localized and updip zone of anomalously thick clastic sedimentation (Morley et al., 2011). Both of these settings produce oversteepening of the passive margin that is necessary to generate sufficient shear stress for failure and resulting formation of the PMFB (Krueger and Gilbert, 2009).

Deepwater Sedimentary Systems. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91918-0.00016-5>
Copyright © 2022 Elsevier Inc. All rights reserved.

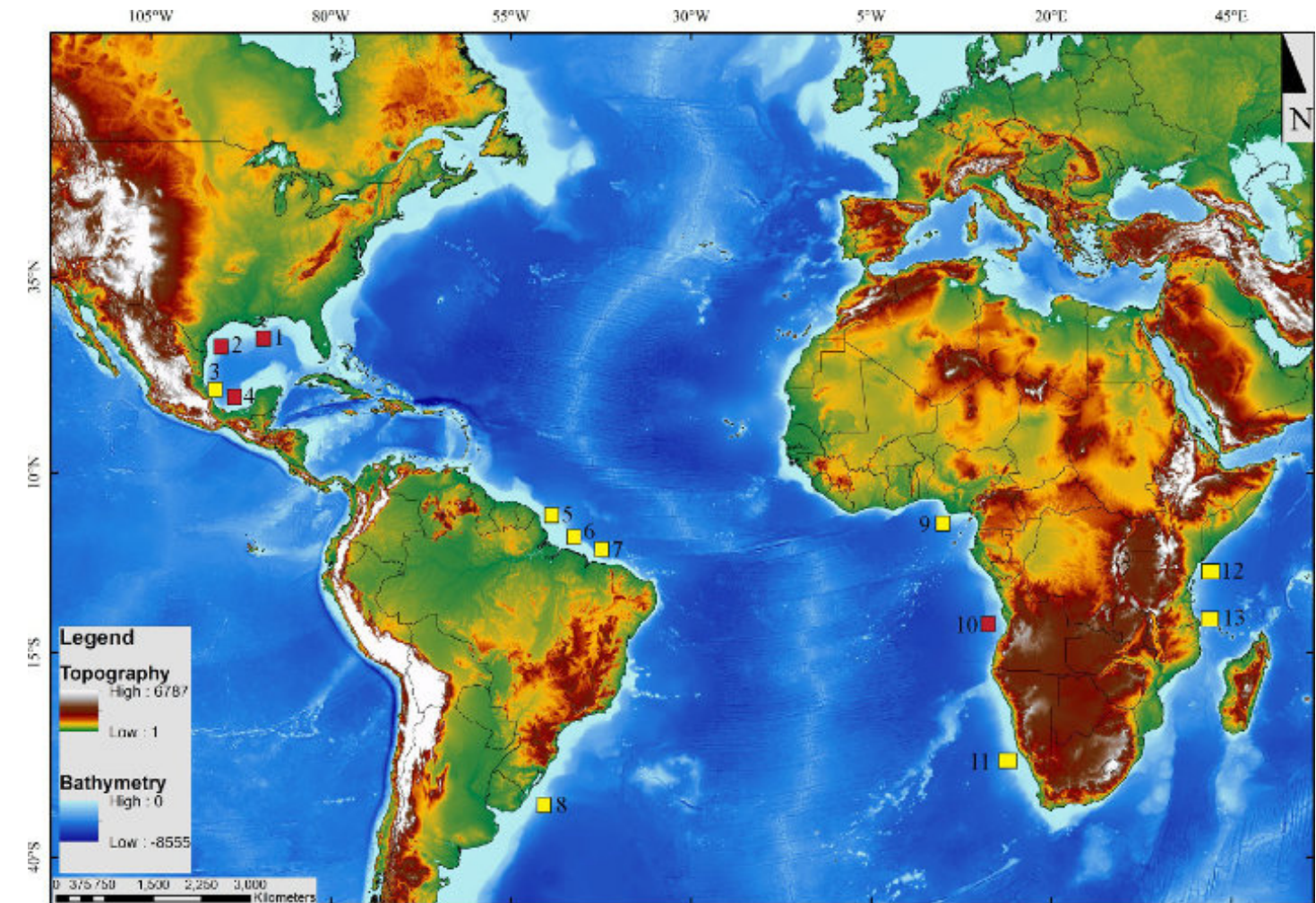


FIG. 2 Map of global topography (Olson et al., 2016) and bathymetry (GEBCO, 2020) showing the location and detachment type of the passive margin foldbelts of the Gulf of Mexico, Atlantic Ocean and western Indian Ocean. The colored rectangles represent the detachment type of the passive margin foldbelts (red PMFB with gliding on a salt detachment and yellow PMFB with gliding on a shale detachment). Thirteen PMFB described in this chapter include: (1) Atwater–Mississippi foldbelt of the US Gulf of Mexico (GoM), (2) Perdido foldbelt of the US Gulf of Mexico, (3) Mexican Ridges foldbelt of the Mexican Gulf of Mexico, (4) Campeche Salt Basin of the Mexican Gulf of Mexico, (5) Foz do Amazonas Basin related to the delta of the Amazon River of northern Brazil, (6) Pará–Maranhão Basin of northern Brazil, (7) Barreirinhas Basin of northern Brazil, (8) Pelotas Basin of southern Brazil and Uruguay, (9) Niger Delta of Nigeria, (10) Kwanza Basin of Angola, (11) Orange River Basin of South Africa, (12) Lamu Basin of Kenya and (13) Rovuma Basin of Mozambique.

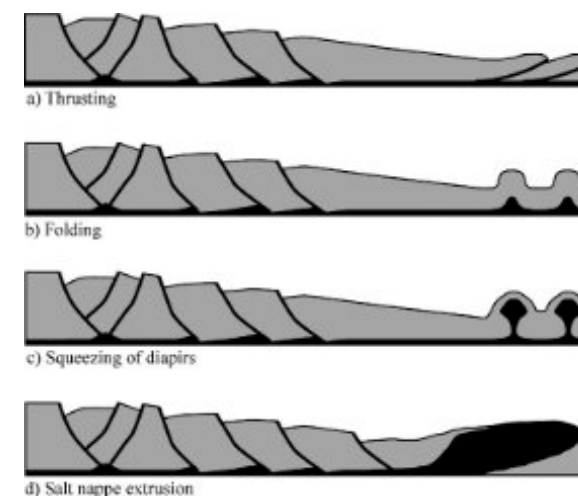


FIG. 1 Schematic diagram showing different styles of gravitational failure detached on either salt or shale interval that result in differing structural types of passive margin foldbelts: (A) thrust-dominated shortening results in a fold-thrust belt at the base of the PMFB; (B) fold-dominated shortening with more upright folds at the base of the PMFB; (C) squeezing of pre-existing diapirs produces even higher relief, upright folds; (D) inflation of salt body resulting extrusion of a salt nappe at the base of the PMFB. (Modified from Rowan, M.G., Peel, F.J., Vendeville, B.C., 2004. Gravity-driven fold belts on passive margins, in McClay, K.R., Ed., Thrust Tectonics and Hydrocarbon Systems, AAPG Memoir 82, 157–182. <https://doi.org/10.1306/M82813C9>.)

Evaluación de las pérdidas de transmisión y su efecto en la recarga de agua subterránea.

Universidad Autónoma De Zacatecas

Tesis para optar el de Maestro en Ciencia y Tecnología Química, Junio 2021.

Sustentante: **Anuar Isaac Pacheco Guerrero.**

Asesores de Tesis: *Dr. Carlos Francisco Bautista Capetillo, Dr. José De Jesús Villa Hernández y Dr. Carlos Joel Ábrego Góngora.*

Resumen

Se presenta una metodología de integración para el estudio de las pérdidas de transmisión y su efecto en la recarga del agua subterránea para una zona semiárida. Se integran tres herramientas de análisis: el estudio de isótopos estables del agua, prospección geofísica e hidrometría. El estudio se concentró en dos zonas de estudio denominadas mayor y menor; la zona mayor se sitúa sobre tres acuíferos administrativos, Calera, Chupaderos y Benito Juárez. La zona de estudio menor se denomina cuenca Chilitas y corresponde a una cuenca hidrográfica al sur de la zona de estudio mayor sobre el acuífero Benito Juárez. Se analizaron un total de 302 muestras de agua para determinar su composición isotópica, dichas muestras provienen de agua meteórica, superficial, subsuperficial y subterránea; el muestreo se realizó sobre la zona de estudio mayor. Para el estudio de la prospección geofísica se construyeron dos secciones mayores en sentido Norte-Sur y Este-Oeste en la zona mayor, particularmente seccionando en cuadrantes al acuífero Calera; se posicionaron 8 secciones menores en la zona de estudio menor, alrededor del cauce principal de la cuenca Chilitas. En este mismo cauce se instrumentó con dos estaciones hidrométricas con una distancia entre sí de ~1 km; así mismo se instalaron tres estaciones pluviométrías cubriendo la cuenca Chilitas con el objetivo de evaluar la incorporación de flujo lateral en el tramo instrumentado. El análisis isotópico permitió establecer la línea meteórica para el altiplano Zacatecano, así mismo se reportó la evolución del agua meteórica en agua subterránea y la influencia de las pérdidas de transmisión en esta recarga. Se estableció la línea del gradiente isotópico regional indicando las elevaciones medias en las que ocurre la recarga local. La prospección geofísica permitió la construcción de un modelo conceptual regional respecto a la isotopía, así mismo, se confirmó que existen las condiciones en el subsuelo del cauce instrumentado que permiten el movimiento de las pérdidas de transmisión a estratos más profundos para dar inicio al proceso de recarga. Mediante la hidrometría y pluviometría se permitió medir la precipitación y escurrimiento de eventos de inundación, sin embargo, se eligió trabajar con el evento del 11 de Julio del 2019 ya que este evento tiene las condiciones para realizar un balance de agua entre las estaciones hidrométricas al carecer incorporación de flujo lateral; el resultado del balance indica que el 15% del volumen transitado aguas arriba del cauce se perdió mediante infiltración en el cauce lo que es consistente con investigaciones previas. El modelo de integración propuesto permitió evaluar las pérdidas de transmisión a través de las diferentes herramientas propuestas, al ser una metodología replicable, puede ser aplicada en otras zonas de estudio particularmente en zonas semiáridas. Los resultados indican que los volúmenes de escurrimiento que se pierden en los cauces representan el proceso de inicio de la recarga de agua subterránea; hoy en día, no existe una política respecto al manejo de explotación del agua subterránea que tome en cuenta estas pérdidas, siendo para las zonas áridas una de las principales fuentes de recarga. La investigación indica que en condiciones como las aquí expuestas pueden formarse acuíferos colgados bajo los lechos de los cauces, por consiguiente, estos acuíferos colgados pueden formar parte de un sistema de flujo. Un reto existente en la integración agua superficial-agua subterránea es la modelación numérica. Esta modelación debe integrar las condiciones de las pérdidas de transmisión expuestas, la geometría geológica de la zona vadosa y las condiciones hidrodinámicas del cauce, sin embargo, para llegar a la formulación de esos modelos, es necesario contar con información que permita calibrarlos.

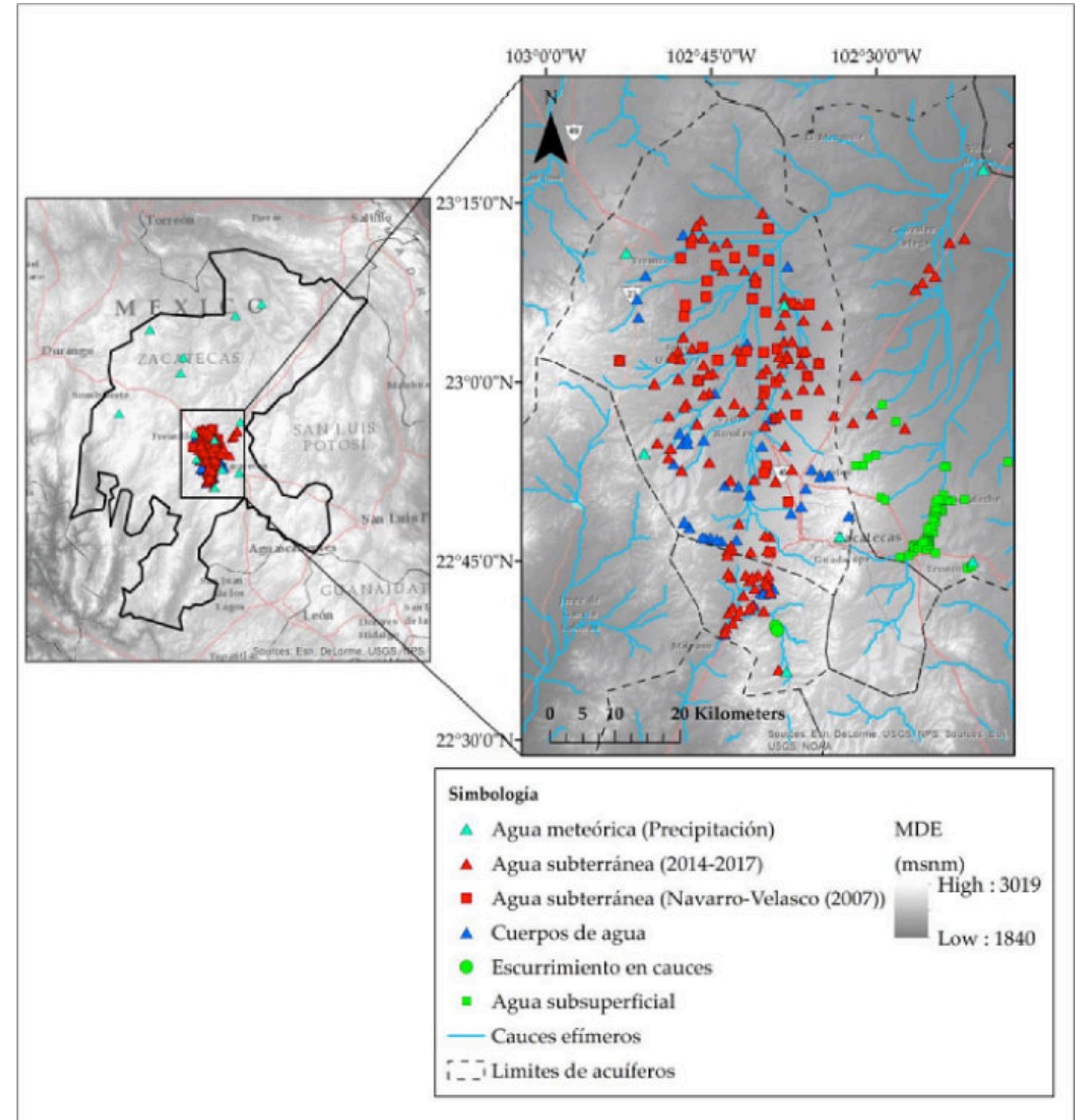


Figura 1.1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo para todas las fuentes de recolección con respecto al área de estudio..

Chapter 3

Crustal structure and tectonostratigraphy of rifted–passive margins with applications for hydrocarbon exploration

Paul Mann
Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Houston, TX, United States

Introduction

The objectives of this chapter are to summarize the crustal structure and tectonostratigraphy of non–volcanic and volcanic, rifted–passive margins and to show how these controls influence deepwater sedimentation and the exploration of deepwater energy resources. Rifted–passive margins have an aggregate length of 105,000km (65,250 mi), which is greater than either spreading ridges (65,000km or 40,400 mi) or convergent plate boundaries (53,000km or 33,000 mi) (Bradley, 2008)(Fig. 1). Rifted–passive margins are largely known from geophysical mapping because they are largely covered by an average sedimentary thickness of 3–4km (1.9–2.5 mi) (Evenick, 2021). Because of their deep burial, rifted–passive margins are most directly known from deeply penetrating wells and seismic refraction and reflection sub–surface mapping. Rifted–passive margins host the greatest accumulations of deepwater sedimentary deposits on Earth, and are therefore critical areas to study in order to gain a more complete understanding of deepwater systems discussed in following chapters.

The number of subsurface studies of rifted–passive margins worldwide has risen dramatically as improved geophysical imaging and academic and industry drilling of margins have increased. Rifts and rifted–passive margins provide the setting for about two–thirds of all giant oil and gas discoveries worldwide and for that reason are a major focus area for hydrocarbon exploration (Mann et al., 2003). Key exploration–related questions related to rifted–passive margins include: (1) Does a productive rifted–passive margin mean that its “look–alike” conjugate margin will also be productive? (2) Where should the deepwater limit of deepwater data acquisition and exploration be drawn at the deepwater, continent–ocean boundary or at the even deeper–water area underlain by oceanic crust? and (3) Should volcanic, rifted–passive margins be considered lower–priority exploration targets because magmatic activity has displaced or altered the normal deepwater sedimentary environments for organic–rich source rocks and highly porous and permeable reservoir rocks?

To accomplish these objectives, this chapter is divided into two parts. The first part summarizes the crustal structure and tectonostratigraphy of rifted passive margins with a focus on observations from marine geophysical surveys. Most of these observations are based on studies of the Gulf of Mexico and the circum–Atlantic margins which have been the main focus of the Conjugate Basins, Tectonics, and Hydrocarbons (CBTH) research group based at University of Houston. The compilation of observations was gathered from recent literature largely from the last 10 years and largely based on data from marine geophysical surveys that have been my central focus—rather than the area of experimental and analytical modeling. This compilation of observations from rifted–passive margins is by no means a complete summary—especially given the large number of recent papers on these topics from the world’s rifted–passive margins. Results from the Gulf of Mexico (GOM) and Atlantic margins are emphasized. This review does not include the hydrocarbon–poor rift environments related to back–arc basins (Wallace et al., 2009) and strike–slip zones (Mann, 2007, 2012).

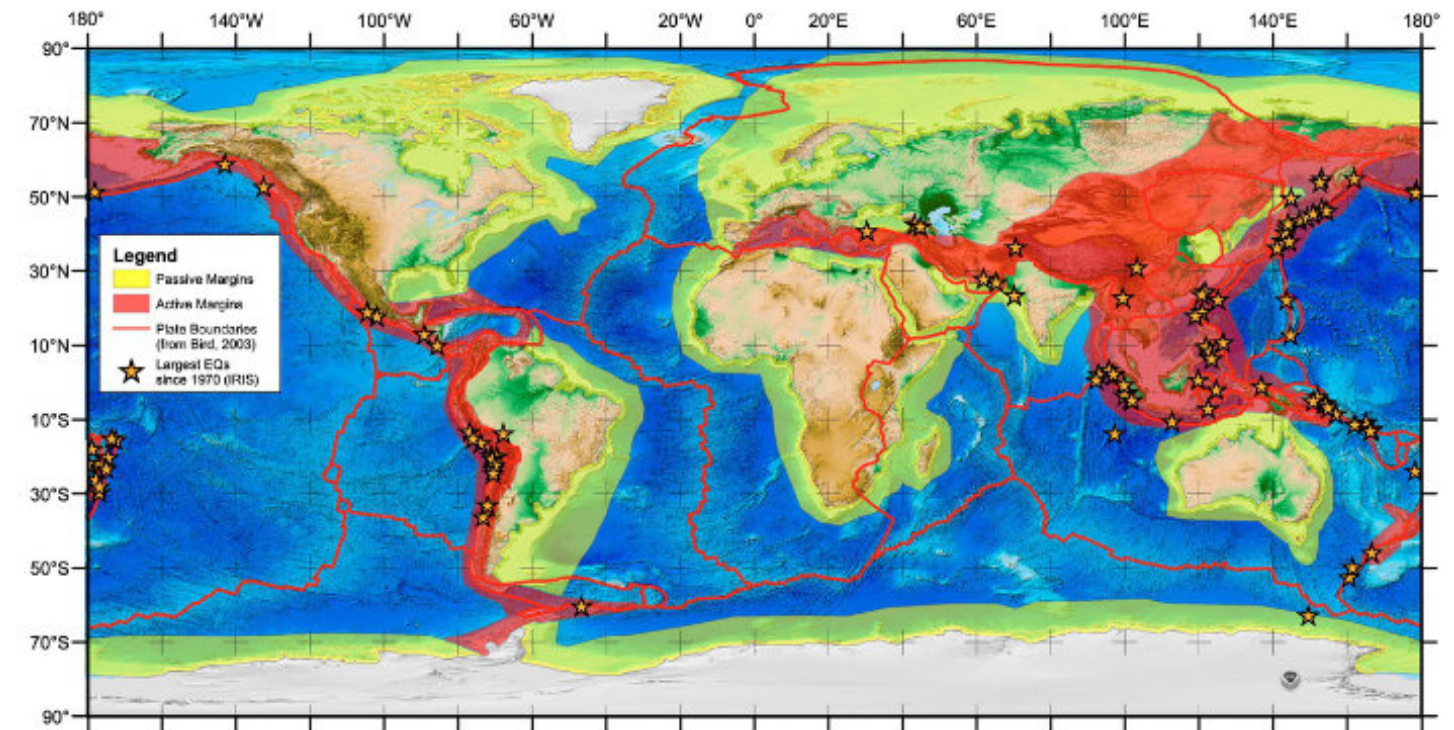
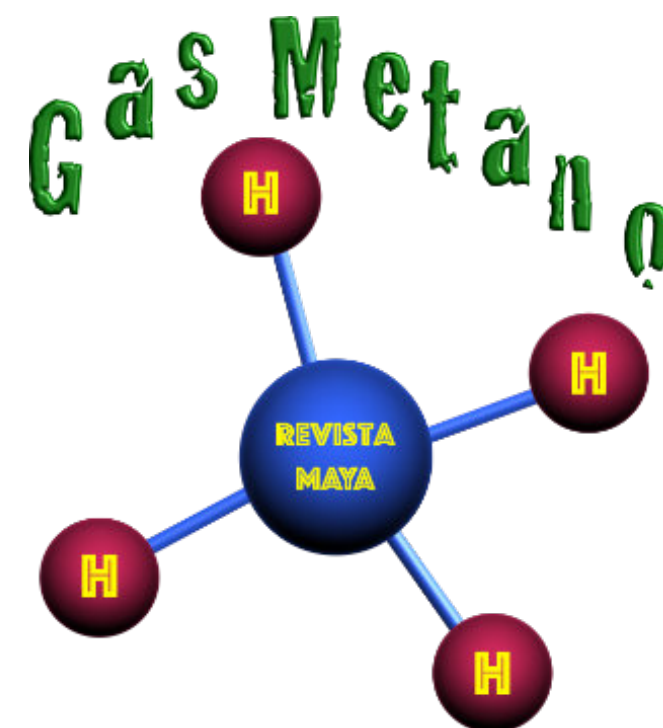


FIG. 1 Map of rifted–passive (green) and active (red) plate margins of the world modified from passive margin compilation by Bradley (2008) and Mann (2015). The stars show largest earthquakes since 1970 that are confined to the active plate margins shown with red shading.



Análisis del comportamiento ante metales pesados en bacterias aisladas de relaves mineros zacatecanos.

Universidad Autónoma De Zacatecas

Tesis para optar el de Maestro en Ciencia y Tecnología Química, Junio 2021.

Sustentante: **Q.F.B. Fabián Solano Elías.**

Directores de Tesis: *Dra. en C. Ismailia Leilani Escalante García, Dr. en C. Juan Armando Flores de la Torre y Dra. en C. María Argelia López Luna.*

Resumen.

La contaminación provocada por metales pesados ha resultado ser un tema relevante debido al impacto ambiental y social en el desarrollo y supervivencia de cualquier ser vivo, principalmente para los humanos. La minería en el Estado de Zacatecas tiene gran importancia hoy en día, principalmente en la extracción de oro y plata. El objetivo general del presente proyecto es relacionar el comportamiento bacteriano en presencia de Zn, Pb y As con un posible mecanismo de interacción bacteria-metal realizando el aislamiento bacteriano a partir de muestras de relaves mineros de las zonas de estudio, para así evaluar la tolerancia o resistencia bacteriana dichos metales, así como determinar su concentración en los aislados bacterianos para así proponer un mecanismo de interacción probable, comparando los resultados obtenidos con los reportados en la literatura. Se llevo a cabo el análisis de muestras de suelo, aislando microorganismos e identificándolos con la tinción de Gram. Posterior a ello, se evaluó el comportamiento de dichos aislados frente a los metales, midiendo la densidad óptica de los aislados. Después, se realizó la cuantificación de estos metales mediante espectrometría de absorción atómica para determinar si la mayor concentración se encontraba en el medio de cultivo o en la biomasa. Se logro el aislamiento de nueve cepas, cinco de la mina El Bote y cuatro de Concepción del Oro, de las cuales siete fueron Gram positivo y dos Gram negativo. De estas, las bacterias que crecieron en presencia de Zn tuvieron un mayor desarrollo en presencia de este metal en comparación con el control, así como una mayor concentración en la biomasa que en el medio de cultivo. En el caso del As y Pb, estos metales resultaron ser tóxicos ya que inhibieron el crecimiento y tuvieron una mínima concentración en la biomasa, resultando la mayor cantidad en el medio de cultivo. Comparado con la bibliografía, los resultados son consistentes en el caso de los tres metales, proponiendo para el caso del Zn un mecanismo de bioacumulación, al aprovechar este metal como un cofactor en sus procesos metabólicos. De igual forma, en el caso del As y Pb, se ha propuesto que la interacción con este metal fue nula, pudiendo ser mediante el mecanismo de biosorción y bioacumulación, pero, resultando tóxicos para las bacterias aisladas en este estudio.

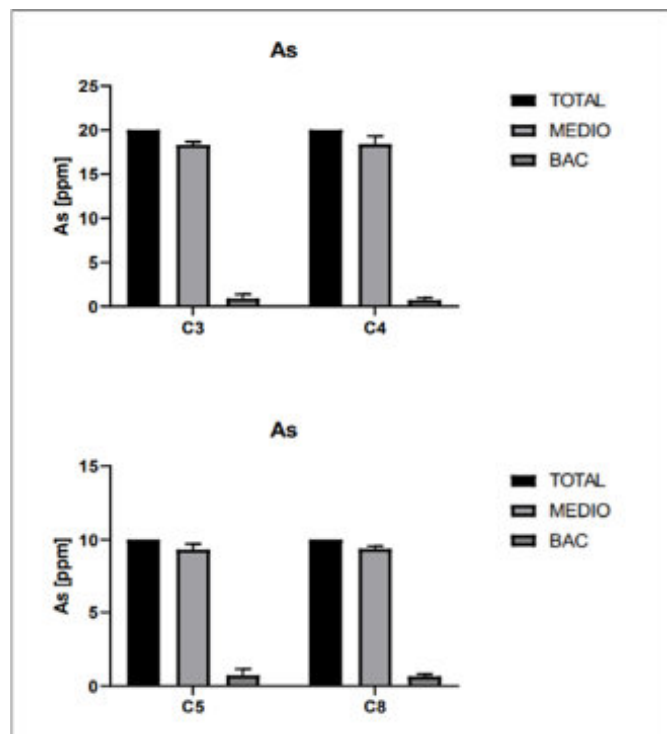
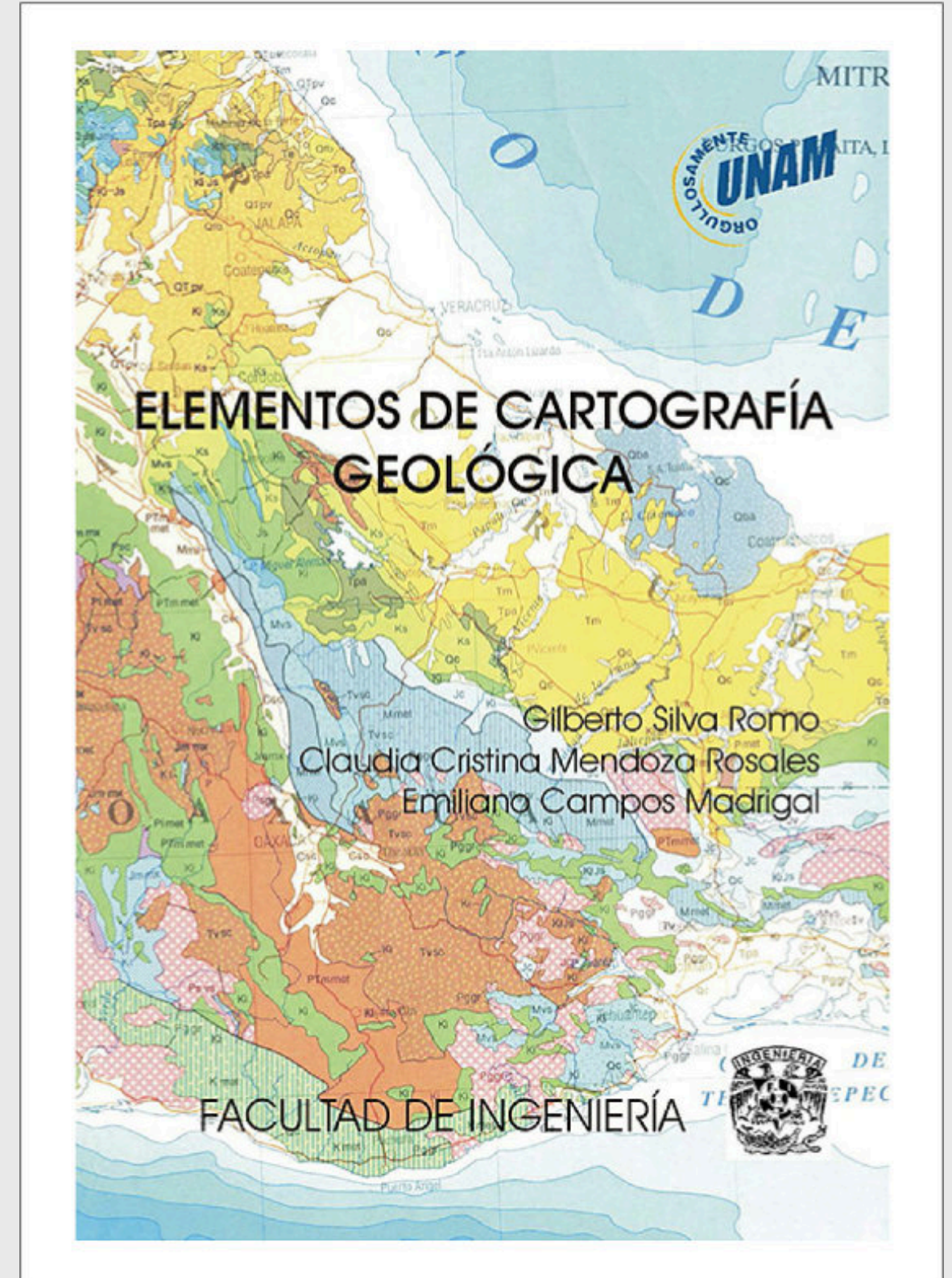


Figura 1.1. Concentración de As en las cepas 3, 4, 5 y 8. Se muestra la comparación entre la concentración en el medio de cultivo y en la biomasa (BAC), comparado con la concentración total utilizada (10 ppm). La mayor concentración se encontró en el medio de cultivo en todas las cepas.

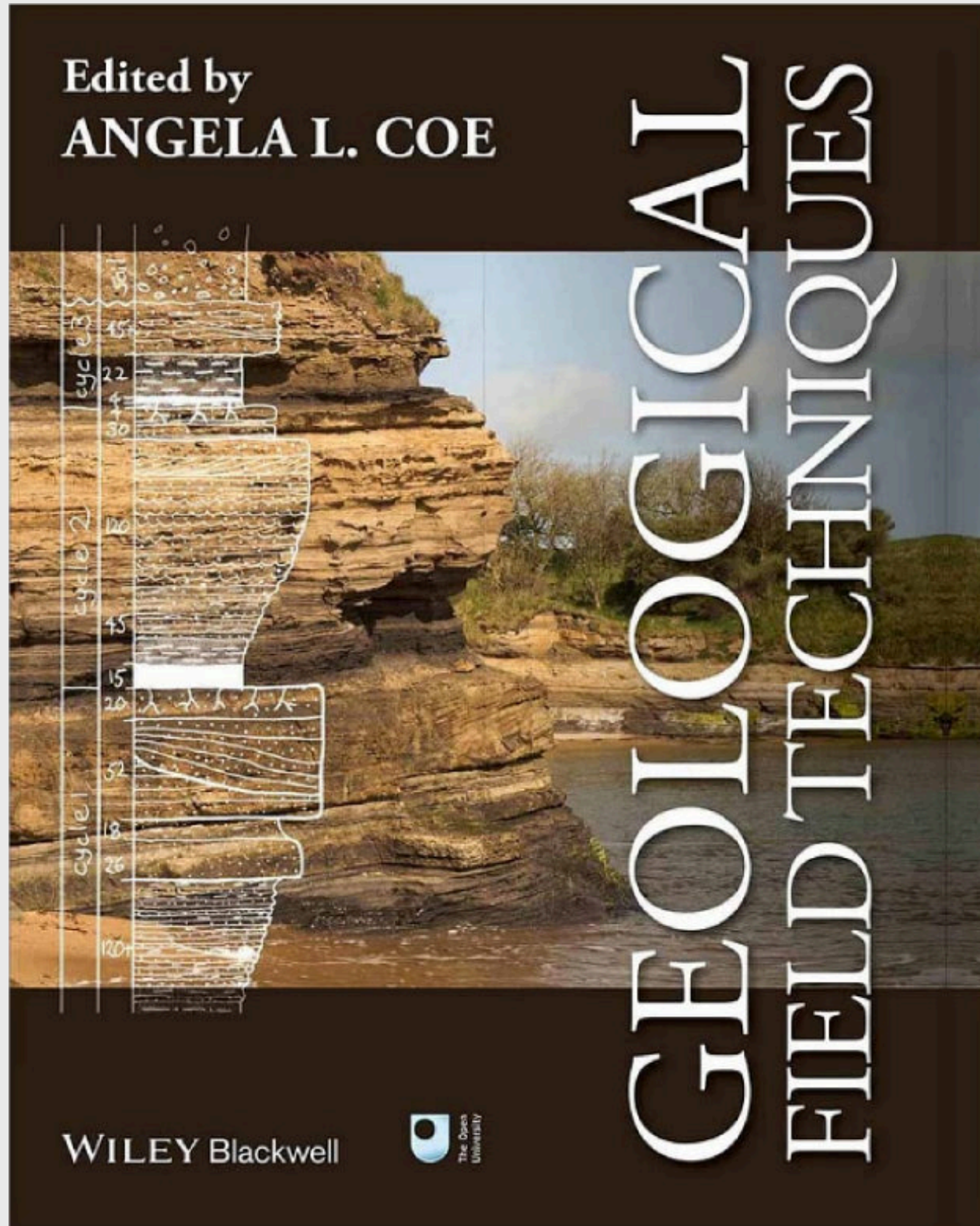
El libro recomendado

<http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/291>



El libro recomendado

<https://www.wiley.com/en-us/Geological+Field+Techniques-p-9781444330625>



TEMAS DE INTERÉS

Biomarcadores: una herramienta en la exploración de hidrocarburos

Pinzon-Sotelo Marisol Polet
Nava-Cedillo Armando

Los geólogos exploradores de hidrocarburos han empleado los biomarcadores para establecer correlaciones entre el petróleo con las rocas generadoras que le dieron origen debido a que son compuestos que pueden ligarse de forma inequívoca con sus precursores biológicos (Peters *et al.*, 2005). Al ser compuestos orgánicos que se encuentran en el petróleo crudo, bitúmenes y roca generadora tienen diversas aplicaciones en la exploración de hidrocarburos.

Biomarcadores

Son moléculas orgánicas derivadas, principalmente, de lípidos de seres vivos (Peters *et al.*, 2005). Los biomarcadores son compuestos orgánicos procedentes de fuentes biológicas específicas, cuyas estructuras pueden ser preservadas (Peters *et al.*, 2005; Figura 1).

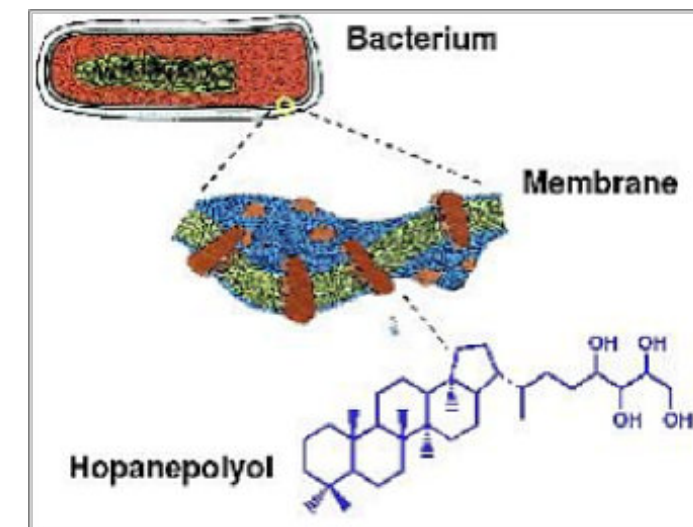


Figura 1. Representación de lípidos contenidos en la membrana bacteriana (Tomado de Milkov, 2019).

Los biomarcadores son compuestos que contienen información sobre sus precursores, las condiciones ambientales en las que vivieron los organismos que los originaron y los procesos de transformación que han experimentado (Gaines *et al.*, 2009; Figura 2).

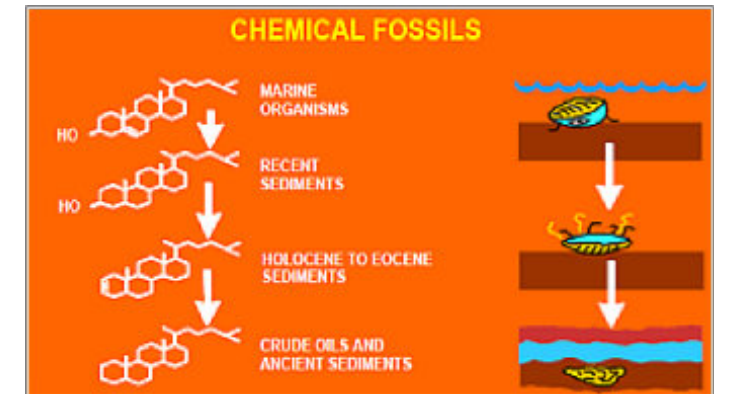


Figura 2. Representación del cambio de las condiciones ambientales/sedimentarias a través del tiempo, las cuales son registradas en los biomarcadores (Tomado de Milkov, 2019).

Son descritos como moléculas complejas presentes en el petróleo que se caracterizan por mantener estabilidad térmica durante los procesos de diagénesis, catagénesis y metagénesis (Peters *et al.*, 2005; Figura 3), esta propiedad está relacionada con la estructura química de cada uno de los biomarcadores y no presenta grandes cambios moleculares. Esto permite inferir los precursores biológicos de los cuales se derivan.

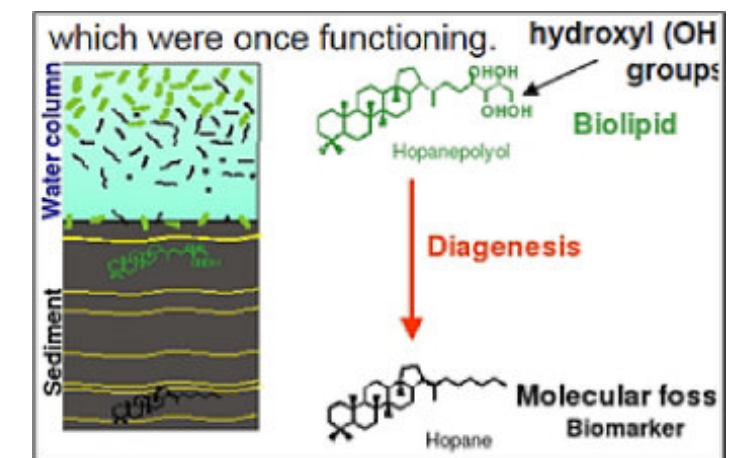


Figura 3. Bajo las condiciones diagenéticas correctas, los biolípidos son reducidos a sus esqueletos de hidrocarburos en ambientes sedimentarios (Tomado <http://eaps.mit.edu/geobiology/biomarkers/preservation.html>).

Los principales biomarcadores de interés geoquímico son los n-alcenos y los hidrocarburos isoprenoides acíclicos pristano (P=2, 6, 10, 14-tetrametilpentadecano) y fitano (F=2, 6, 10, 14-tetrametilhexadecano); procedentes de la molécula de fitol que se encuentra en la clorofila (Killops y Killops, 2005 en Tomás y Acuña, 2022). Los diterpanos tri- y tetracíclicos, los triterpanos pentacíclicos u hopanos, son otros biomarcadores de interés, procedentes de bacterias, así como los esteranos, que son moléculas nafténicas con una estructura basada en cuatro anillos y están asociadas a organismos eucariotas (Killops y Killops, 2005, en Tomás y Acuña, 2022).

Las herramientas de correlación de aceites primarios utilizadas hoy en día son las distribuciones de hidrocarburos isoprenoides, terpanos tricíclicos, terpanos tetracíclicos, terpanos pentacíclicos, esteranos y esteranos aromáticos, los ejemplos de las estructuras básicas de estos compuestos se muestran en la Figura 4 (Dembicki, 2017).

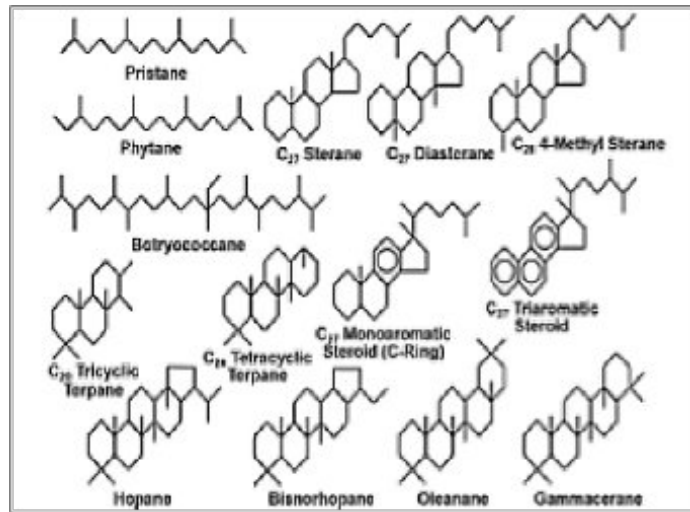


Figura 4. Estructuras representativas de los principales grupos de biomarcadores de hidrocarburos (Waples y Machihara, 1991, en Dembicki, 2017).

Una revisión bibliográfica muy completa al respecto puede encontrarse en Peters *et al.* (2005).

Análisis de biomarcadores

La concentración de biomarcadores en el petróleo es baja, a menudo no alcanzando las cien partes por millón. Sin embargo, pueden ser detectados a través del uso de la espectrometría de masas acoplada a la cromatografía de gases (GC-MS).

El petróleo se puede separar en fracciones: alifática, aromática, resina y asfaltenos. En cada una de estas fracciones están presentes los biomarcadores.

Dembicki (2017) describe claramente cuál es el proceso analítico para obtener datos de biomarcadores. El análisis de los hidrocarburos se realiza en un cromatógrafo de gases. Junto con un espectrómetro de masas, GC-MS. Para los terpanos y esteranos, se utilizan las fracciones de hidrocarburos saturados a partir de un aceite o un extracto de roca generadora.

El mismo autor explica el siguiente proceso: la fracción de hidrocarburos saturados se separa primero en el cromatógrafo de gases. Posteriormente, el efluente de la columna se envía a la entrada de muestras de un espectrómetro de masas. Un espectrómetro de masas, que se muestra esquemáticamente en la Figura 5, se puede considerar como un detector muy sensible para el cromatógrafo de gases que se puede configurar para medir grupos de compuestos específicos. A medida que los hidrocarburos ingresan a la fuente de iones, son bombardeados con electrones los cuales ocasionan que los hidrocarburos se ionicen y, si se aplica suficiente energía, se rompan en fragmentos.

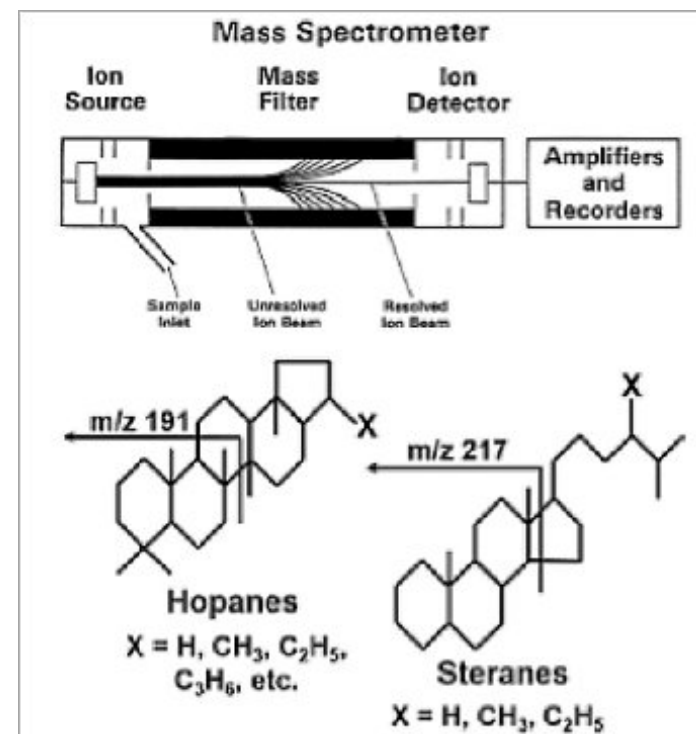


Figura 5. Diagrama esquemático de un espectrómetro de masas y los patrones de fragmentación para los hopanos y esteranos. Tomado de Dembicki (2017).

Los componentes de los biomarcadores se romperán en lugares específicos en su estructura y formarán fragmentos con una masa característica, como se muestra en los hopanos y esteranos de la figura anterior. Estos fragmentos de masa se describen en unidades de m/z, que es la masa dividida por la carga. El fragmento de hopano tiene una masa de 191 unidades de masa atómica (uma), mientras que el fragmento de esterano tiene una masa de 217 uma. Tanto los fragmentos de hopano como de esterano tienen una sola carga, por lo que se describen como m/z 191 y m/z 217, respectivamente. Los iones son entonces formados en un haz usando campos eléctricos y enviados a través del filtro de masas. El filtro de masas se utiliza para enfocar fragmentos moleculares de una sola masa en el detector de iones. El filtro de masa se puede cambiar muy rápidamente (milisegundos) para que se puedan medir múltiples iones en rápida sucesión. De esta manera, se pueden detectar y medir varios fragmentos de masa casi simultáneamente. El registro de cada fragmento de masa se muestra en un cromatograma de masas.

Utilizando el fragmento de masa de m/z 191, se registra la distribución de los terpanos (Figura 6). Los terpanos consisten en compuestos tricíclicos y tetracíclicos, así como los terpanos pentacíclicos, que incluyen los hopanos predominantes y compuestos como oleanano y gammacerano.

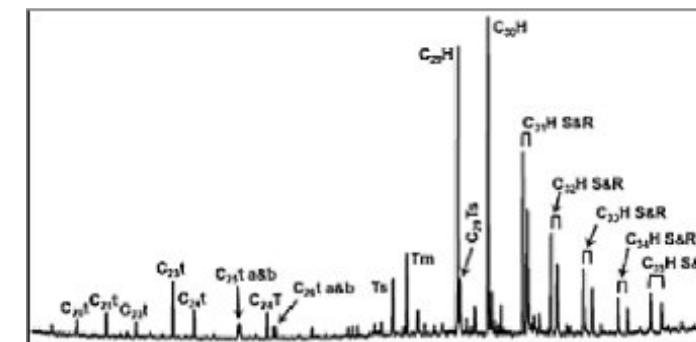


Figura 6. Típico m/z 191 de terpanos de un aceite. Tomado de Dembicki (2017).

El cromatograma de masas para m/z 217 captura la distribución de esteranos (Figura 7) siendo los principales compuestos de interés los esteranos C27-C30. Debido a la cantidad de isómeros de cada número de carbono y la superposición en los rangos de tiempo de retención para los diasteranos C28-C29 y los esteranos C27-C28, es más difícil identificar compuestos individuales en el cromatograma de masas m/z 217 (Figura 7). La atención se centra típicamente en aquellos esteranos que pueden identificarse claramente.

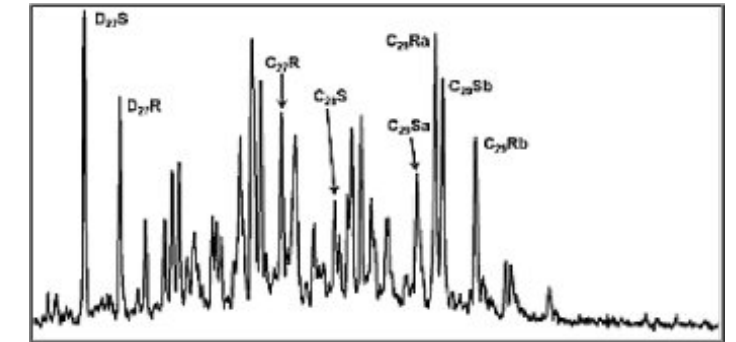


Figura 7. Típico m/z 217 de esteranos de un aceite. Tomado de Dembicki (2017).

Los esteroides monoaromáticos y triaromáticos se analizan de manera similar a los terpanos y esteranos, utilizando únicamente la fracción aromática procedente de la cromatografía líquida. El diagnóstico para los iones monitoreados para los esteroides monoaromáticos y triaromáticos son m/z 253 y m/z 231, respectivamente.

¿Cómo se utilizan los biomarcadores en la Geoquímica del petróleo?

La Geoquímica del petróleo, es una rama de la Geoquímica que trata de la aplicación de los principios químicos en el estudio del origen, generación, migración, acumulación y alteración de petróleo.

De manera general las técnicas y procesos geoquímicos son utilizados para:

- Identificar rocas generadoras y determinar la cantidad, tipo y nivel de madurez de la materia orgánica
- Evaluar la migración de petróleo desde la roca generadora
- Evaluar las posibles rutas de migración
- Correlacionar los componentes del petróleo encontrados en yacimientos y emanaciones para encontrar nuevos campos petroleros

Los biomarcadores tienen una gran variedad de aplicaciones en la exploración petrolera, entre otras, pueden ayudar a:

1. Indicar ambientes de depósito de la roca generadora y sugerir, a través de diagramas interpretativos de biomarcadores, la roca generadora de los hidrocarburos
2. Indicadores de la madurez de la roca generadora
3. Distinguir la fuente de los hidrocarburos

1. Biomarcadores como indicadores del ambiente de depósito de la roca generadora

Las rocas generadoras se forman en diferentes ambientes de depósito (diferentes organofacies) y por tanto presentan diferentes componentes orgánicos. La composición de los componentes orgánicos en una roca generadora se transmite al aceite (Figura 8).

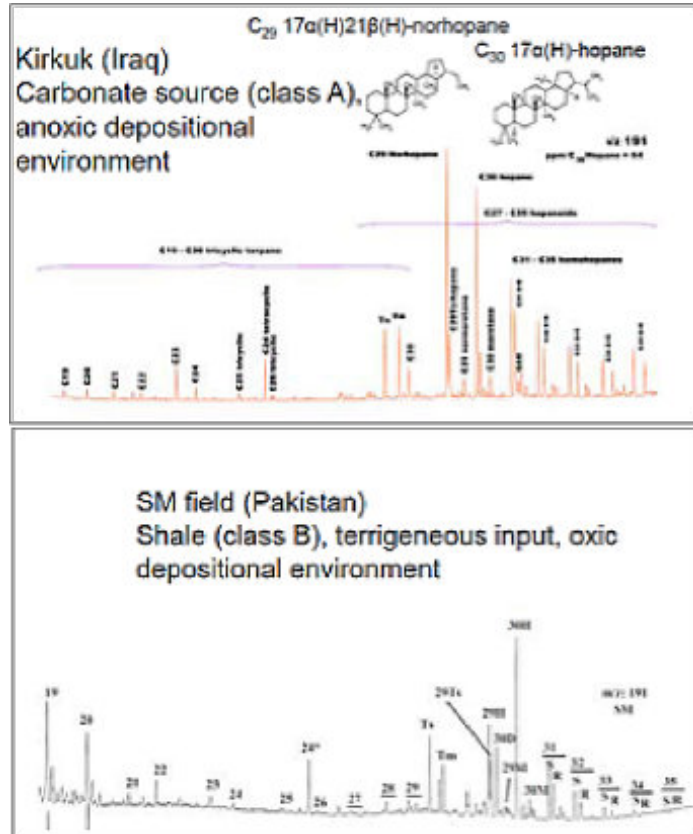


Figura 8. Definición de dos tipos de ambientes de depósito de rocas generadoras (carbonatos y lutitas, respectivamente). Tomado de El Diasty et al. (2016) y Nazir y Fazeelat (2016), en Milkov (2019).

2. Biomarcadores como indicadores de la madurez de la roca generadora

Se tiene un gran número de relaciones de biomarcadores como indicadores de la madurez de la roca generadora.

En la siguiente figura (Figura 9) los parámetros de madurez fueron graficados en función de la altura y comparados con los valores de TOC (por sus siglas en inglés Carbón Orgánico Total) y las litologías. Donde en la sección vertical los parámetros de hopanos no reflejan cambios en relación con el valor de TOC y la litología.

3. Biomarcadores para distinguir la fuente de los hidrocarburos

Existen diversas maneras para comparar los datos de biomarcadores mediante correlaciones de aceite-aceite y

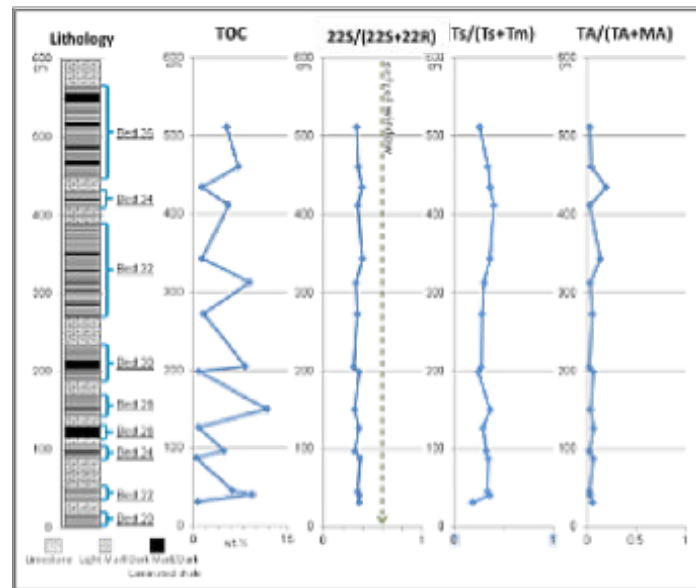


Figura 9. Parámetros de madurez graficados en función de la profundidad, comparados con los valores de TOC y litologías. Tomado de Nava-Cedillo (2013).

de aceite-roca generadora. El primer y principal método es utilizar los cromatogramas de masas como "fingerprint" de la distribución de diferentes grupos de compuestos y compararlos visualmente (Figura 10).

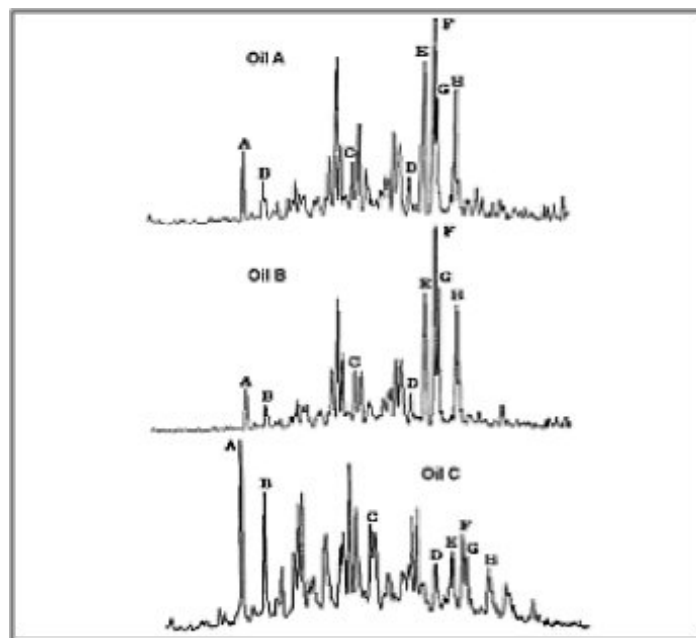


Figura 10. Comparación del fragmentograma m/z 217 de tres aceites mostrando similitudes entre A y B, mientras que C es diferente. Tomado de Dembicki (2017).

Referencias

Dembicki, H. (2017). Practical petroleum geochemistry for exploration and production. 405pp.

Didyk, B.M., Simoneit, B.R.T., Brassell, S.C., Eglinton G., (1978). Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation: Nature, 272, 216–222.

Moldowan, J.M., Seifert, W.K. and Gallegos, E.J. (1985). 'Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks', AAPG Bulletin, 69(8), 1255-1268.

Milkov, Alexei V., (2019). Petroleum Fluids and Source Rocks in E&P Projects. Curso. Congreso Mexicano del Petróleo.

Nava-Cedillo., Armando. (2013). Geochemical study of the Sinemurian Arietites bucklandi zone in the Blue Lias of Lyme Regis. Dorset, UK. 81 pp.

Peters, K., Walters, C. and Moldowan, J. (2005). The Biomarker guide, biomarkers and isotopes in petroleum exploration and earth history, vol 1–2. The Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge.

Tomas, G.J., Vargas, W., Acuña, A.J., (2020). Evaluación geoquímica por biomarcadores del yacimiento del Mosquito de la Cuenca Austral de la Patagonia Argentina: Revista de la Sociedad Geológica de España, 33 (2), 31-40.

Tomas, G.J., Vargas, W., Acuña, A.J., (2022). Biomarcadores aplicados al estudio de crudos extraídos de la Formación. Magallanes, Cuenca Austral, Argentina. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana / 74 (1).

Zhang, H., Yin, X., Zhou, H., Wang, J., Han, L. (2015). Weathering characteristics of crude oils from Dalian oil spill accident, China. Aqua Procedia, 3: 238–244.



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

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

poletpinzon@gmail.com



Armando Nava Cedillo. Maestro en Ciencias por la Universidad de Newcastle, se desempeña como modelador de cuencas y geoquímico petrolero en PEMEX Exploración y Producción, donde ha participado en proyectos diversos, tales como Burgos, Tampico-Misantla, Yacimientos no convencionales y Aguas Profundas. Actualmente es responsable de coordinar y ejecutar estudios regionales en el Activo de Exploración Marina Norte.

anavac29@gmail.com

Sostenibilidad en la transición energética. Hablemos de la energía nuclear.

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Nos llegó el momento de tocar uno de los temas energéticos más controversiales: la energía nuclear. Y es que cuando sale mal puede llegar a ser catastrófico, pero cuando las cosas van de acuerdo con el plan, es una fuente energética excelente que no tiene comparación en el planeta. Es lo más parecido que tenemos al mismo sol, que es básicamente un reactor nuclear gigante responsable de casi todos los tipos de energía que tenemos a nuestra disposición (energía solar, eólica, combustibles fósiles, y hasta la hidroeléctrica, todas dependen del sol). Aunque no es considerada una energía renovable porque usa un combustible que no es posible reponer más rápido de lo que se consume, sí puede ser sostenible si se utiliza a una

tasa que permita mantener recursos disponibles durante miles de años (de esto hablaremos más adelante); además, no emite gases de efecto invernadero y si bien los residuos del proceso son altamente tóxicos, un buen manejo y un eventual reciclaje hace de la energía nuclear una opción muy interesante en la transición energética.

Comparar la energía nuclear con el sol es simplificar bastante ambos procesos, uno se induce comercialmente por fisión y el otro se da de manera natural por fusión nuclear, pero en ambos casos se genera energía debido a la masa de los elementos constituyentes. El propósito de la analogía es para poner la energía nuclear a una escala correspondiente, y es que su densidad energética no tiene igual. Voy a reutilizar una imagen (Figura 1) que observamos en uno de nuestros artículos pasados: "El hidrógeno como vector energético", como se puede ver, el orden de magnitud de la energía contenida por unidad de masa de la energía nuclear es bastante mayor que las demás fuentes primarias tradicionales.

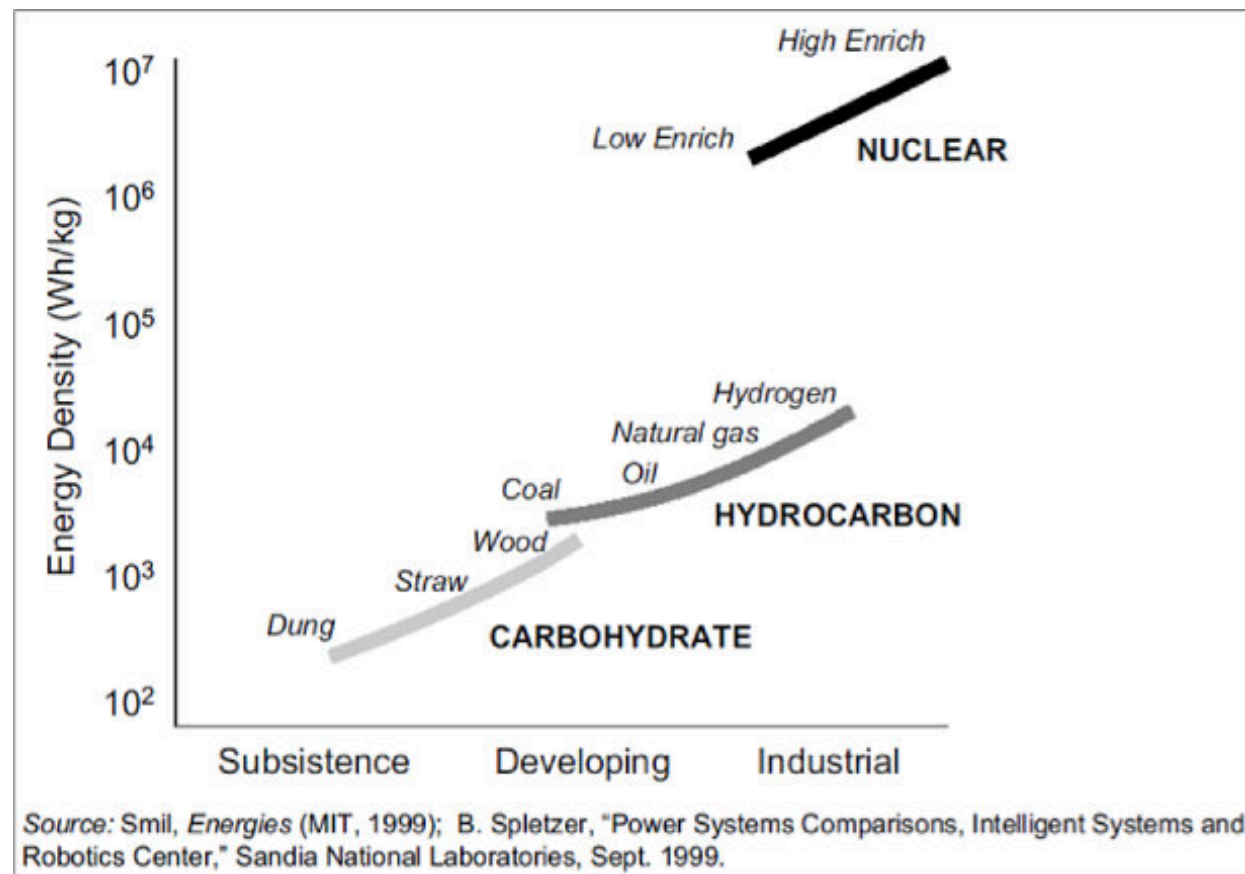


Figura 1. Densidad energética según el tipo de combustible. Fuente: Hefner Energy¹

¹Hefner Energy. How Energy 'Subsidizes' the World, 2014. <https://www.hefner.energy/articles/how-energy-subsidizes-the-world>

²World Uranium Mining Production, 2020. London: World Nuclear Association. <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>

Recordemos un poco cómo funciona la energía nuclear: el principio es generar reacciones a nivel nuclear en radioisótopos (átomos inestables con exceso de energía) de ciertos elementos, lo que hará que se desprendan partículas subatómicas en movimiento, la interacción con el medio se manifiesta en forma de calor. En las plantas de energía nuclear tradicionales se utiliza uranio 235 (mayoritariamente, pero también es posible utilizar torio 232, plutonio 239, estroncio 90 o polonio 210). Dentro del reactor, átomos de uranio son forzados a fisionarse, lo que genera una reacción en cadena en los demás átomos, produciendo calor. A partir de este momento, la generación eléctrica es muy similar a la de una termoeléctrica alimentada por combustibles fósiles, el reactor contiene un agente refrigerante, que por lo general es agua, que una vez es calentado por la fisión nuclear, se convierte en vapor que mueve una turbina conectada a un generador, donde se produce la electricidad.

Existen tres isótopos del uranio que se encuentran naturalmente: 238, 235 y 234; el uso primordial del uranio 235 frente a los demás isótopos del uranio y de otros elementos radiactivos, se debe a las cantidades en que se presenta en la corteza terrestre y a su susceptibilidad a la reacción en cadena, que favorece la fisión nuclear continua. Anualmente se producen aproximadamente 50 mil toneladas de uranio, que es utilizado en su mayoría para alimentar plantas de energía nuclear, dos terceras partes se obtienen en tres países: Kazajistán, Canadá y Australia². El uranio se encuentra en múltiples tipos de roca mena, de mayor a menor concentración se tiene: depósitos volcánicos, areniscas, pegmatitas y venas de origen hidrotermal; así, prácticamente es extraído mediante cualquiera de los métodos convencionales de minería, dependiendo de su ubicación: a cielo abierto, subterráneo, in-situ. Además, aparece en el agua de mar en concentraciones bajas que se puede extraer en escala de laboratorio y eventualmente podría convertirse en una tecnología comercial. También se puede reciclar a partir del desecho de las plantas nucleares para recuperar parte del uranio radiactivo remanente, este proceso es costoso y no es común porque es comercialmente más atractivo

compararlo y almacenar los residuos, que reciclarlo porque existe prácticamente en todos los rincones del planeta y es un elemento tan común como el zinc.

Actualmente el mundo genera un 10% de toda la demanda de electricidad a partir de la energía nuclear, y si se implementan comercialmente reactores de neutrones rápidos en los que el agente refrigerante es reemplazado por sales fundidas, ese número se multiplicaría por diez porque esta tecnología es mucho más eficiente³, y además de reducir los desechos, también elimina la necesidad de venenos nucleares, que son usados en las plantas convencionales para controlar la reactividad y que son otro residuo tóxico que requiere un tratamiento complejo de almacenamiento. Es decir, si se reemplazan las plantas nucleares con tecnologías nuevas, se podría cubrir el total de la demanda eléctrica mundial.

Además de la cantidad de energía generada, debemos hablar de su capacidad y factor de carga. Una planta nuclear tiene una capacidad promedio de 1 GW, la más grande hoy tiene 7,5 GW (Hanul en Corea del Sur), que no parecen mucho frente a los 22 GW de la central hidroeléctrica más grande (Three Gorges Dam en China); pero si comparamos la generación total anual de ambas, veremos que la hidroeléctrica no genera el triple, como se esperaría, sino solamente el doble (48 millardos de kWh frente a 103 millardos de kWh)⁴, esto se debe a la capacidad de carga de la central nuclear, que indica la cantidad de tiempo real que está en funcionamiento. Una planta nuclear trabaja un 93% del tiempo, mientras que una hidroeléctrica opera en promedio un 42% del tiempo (es variable dependiendo del tipo de tecnología: bombeo, agua fluyente o de embalse)⁵. Esto tiene implicaciones muy significativas en la demanda energética, porque quiere decir que puede generar continuamente la misma cantidad de electricidad durante todo el día, cubriendo con seguridad la demanda base. Una central nuclear consume unas 200 toneladas de uranio al año⁶, y se considera que, para las reservas actuales de más de 2 millardos de toneladas, podríamos cubrir la demanda durante miles de años.

³Conca, James. Is Nuclear Power A Renewable Or A Sustainable Energy Source?, 2016. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2016/03/24/is-nuclear-power-a-renewable-or-a-sustainable-energy-source/?sh=5d4782c1656e>

⁴Sterling, thermal technology. The biggest power plants in the world, 2022. <https://www.sterlingtt.com/2022/03/01/biggest-power-plants-world/>

U.S. Department of Energy. Nuclear Power is the Most Reliable Energy Source and It's Not Even Close, 2021. <https://www.energy.gov/ne/articles/nuclear-power-most-reliable-energy-source-and-its-not-even-close>

⁵National Geographic. Nuclear Energy, Encyclopedic Entry. <https://education.nationalgeographic.org/resource/nuclear-energy>

Pero claro, no todo puede ser bueno, como mencionábamos, el mundo ha presenciado accidentes nucleares devastadores como Chernóbil y Fukushima, todos queremos una oferta de energía constante como la que ofrecen las centrales nucleares, pero no las queremos en el patio de la casa. El almacén de desechos radiactivos también es algo muy delicado y tampoco ha sido libre de accidentes, como ocurrió en 2014 en Nuevo México, donde hubo una filtración que no representó amenazas a la población, pero tampoco le hizo ningún favor a la ya disminuida reputación de la energía nuclear. También se debe considerar que el uranio es utilizado en la industria armamentista, y si cae en las manos equivocadas se puede usar deliberadamente en contra de la población civil, así que es un elemento muy restringido y al que no se accede con facilidad.

Aunque consigamos asegurar la cobertura de electricidad, todavía tenemos que resolver el problema de cómo

descarbonizamos el transporte. La energía nuclear ha demostrado su utilidad en propulsión marina en barcos mercantes, submarinos y en buques de guerra, y suena irónico, pero su alta densidad energética hace que no sea viable en navíos que no requieran una potencia energética tan alta para la propulsión que necesitan porque el sistema estaría sobredimensionado y sería excesivamente costoso. Lo que sí se puede hacer es integrar la energía nuclear con otros tipos de energía, por ejemplo, para obtener hidrógeno, que sí cuenta con una portabilidad y potencia suficientemente altas como para alimentar sistemas de transporte de pasajeros. Como siempre, mi mensaje es que no existe una solución única que pueda satisfacer la descarbonización exitosa de todas las industrias, la integración de los diferentes tipos de generación de energía es indispensable para alcanzar la sostenibilidad e independencia de los combustibles fósiles mientras no se encuentre una manera de usarlos sin liberar gases de efecto invernadero a la atmósfera.



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

¿Riesgos geológicos – Naturaleza y Sociedad?

Saúl Humberto Ricardez Medina

Colaborador de la Revista

Los fenómenos geológicos como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, deslizamientos de laderas, derrumbes y la erosión han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra, no fue hasta que los seres humanos pasamos a ser sedentarios y vivir en comunidades que iniciamos a tomarlos en cuenta como un factor riesgo en la planificación urbana de metrópolis, grandes ciudades y pequeñas poblaciones lo cual está ligado a la geografía, recursos naturales y condiciones socioeconómicas del lugar. A pesar de los avances tecnológicos y científicos en el estudio de procesos geológicos, muchas comunidades, principalmente en las zonas urbanas, son vulnerables a situaciones de desastre. Actualmente existen condiciones técnicas para salvaguardar la integridad de las personas y de obras civiles que se encuentran en áreas y situaciones de riesgo geológico, considerando, la previsibilidad espacial y temporal de ocurrencia de los fenómenos y la posibilidad de prevenirse contra sus efectos.

Durante las últimas décadas, el impacto de los desastres han sido generados por la dinámica y fuerzas internas del planeta o por acción del ser humano. De acuerdo con el Comité para la Investigación de Desastres del Consejo Científico de Japón en 1989 se tenía estimado que para el siglo XX alrededor de 4 millones de personas murieron como consecuencia de desastres naturales, siendo el 83% del total de las víctimas debido a accidentes por fenómenos geológicos. Mientras que estimaciones de la Agencia de Coordinación de las Naciones Unidas para el Socorro de Desastres (Office of United Nations Disaster Relief Coordinator – (UNDRO)) puntualizan que los daños se concentran desde la década de los años sesenta hasta los ochenta, cuando los accidentes naturales habían matado casi 3 millones de personas, afectando adversamente la vida de otros 800 millones y provocando daños inmediatos superiores a los \$23 mil millones de dólares (Ogura, A and Soares, E., enero, 2005).

Para realizar estos estudios de riesgo geológico es importante comenzar a utilizar de manera correcta los términos como peligro, riesgo y amenaza debido a que en ocasiones se utilizan como sinónimos en contextos en los cuales llega a generar confusión.

El riesgo es la suma de las posibles pérdidas que podría ocasionar un desastre u otro evento adverso en términos de vidas, condiciones de salud, medios de sustento, bienes

y servicios, en una comunidad o sociedad particular en un periodo de tiempo específico de tiempo en el futuro.

El peligro-amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico, potencialmente dañino para un periodo de tiempo específico, en una localidad o zonas conocidas. Los peligros-amenazas pueden clasificarse en:

- De origen natural o generados por los procesos dinámicos de la Tierra.
- Socio-natural, si afecta a los seres humanos y sus procesos de desarrollo.
- Inducidos por la actividad o acción de los seres humanos.

La vulnerabilidad es otro factor importante que tomar en cuenta en un análisis de riesgo, se define como el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o un conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro-amenaza. La vulnerabilidad puede ser de distintos tipos: Física, Social, Económica, Cultural, Institucional entre otros. Este factor es posible de controlar y disminuir en la medida que las personas, comunidades o las instituciones incrementen sus capacidades, las cual se entiende como la combinación de todas las fortalezas, atributos, conocimientos y recursos que tiene una persona o grupo de personas y que están disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización, para reducir su exposición al riesgo de desastre.

De manera coloquial se utiliza la palabra “desastre” para referirse a los eventos adversos de distinto origen, magnitud y grado de impacto que ocurren en una determinada zona. Se puede categorizar a los eventos adversos en 4 categorías: Crisis, emergencia, desastre y catástrofe.

La “crisis” es una alteración o desequilibrio en el estado emocional de la persona que se ve incapaz de recuperarse y salir de ella con los recursos de afrontamiento que habitualmente se emplean. Una “emergencia” es un evento adverso, repentino e imprevisto en donde es necesario tomar decisiones inmediatas y acertadas para superarlas. Mientras que “desastre” a diferencia de los 2 conceptos anteriores, es un evento adverso que se manifiesta en un territorio determinado, cuya magnitud altera en gran medida la vida cotidiana de las personas, sus bienes, actividades y servicios, provocando un retroceso en el desarrollo previamente planificado. Cuando el evento adverso que se suscita es de gran escala, con un alto número de víctimas, daños y excede la capacidad del país para dar atención y respuesta a la situación con los

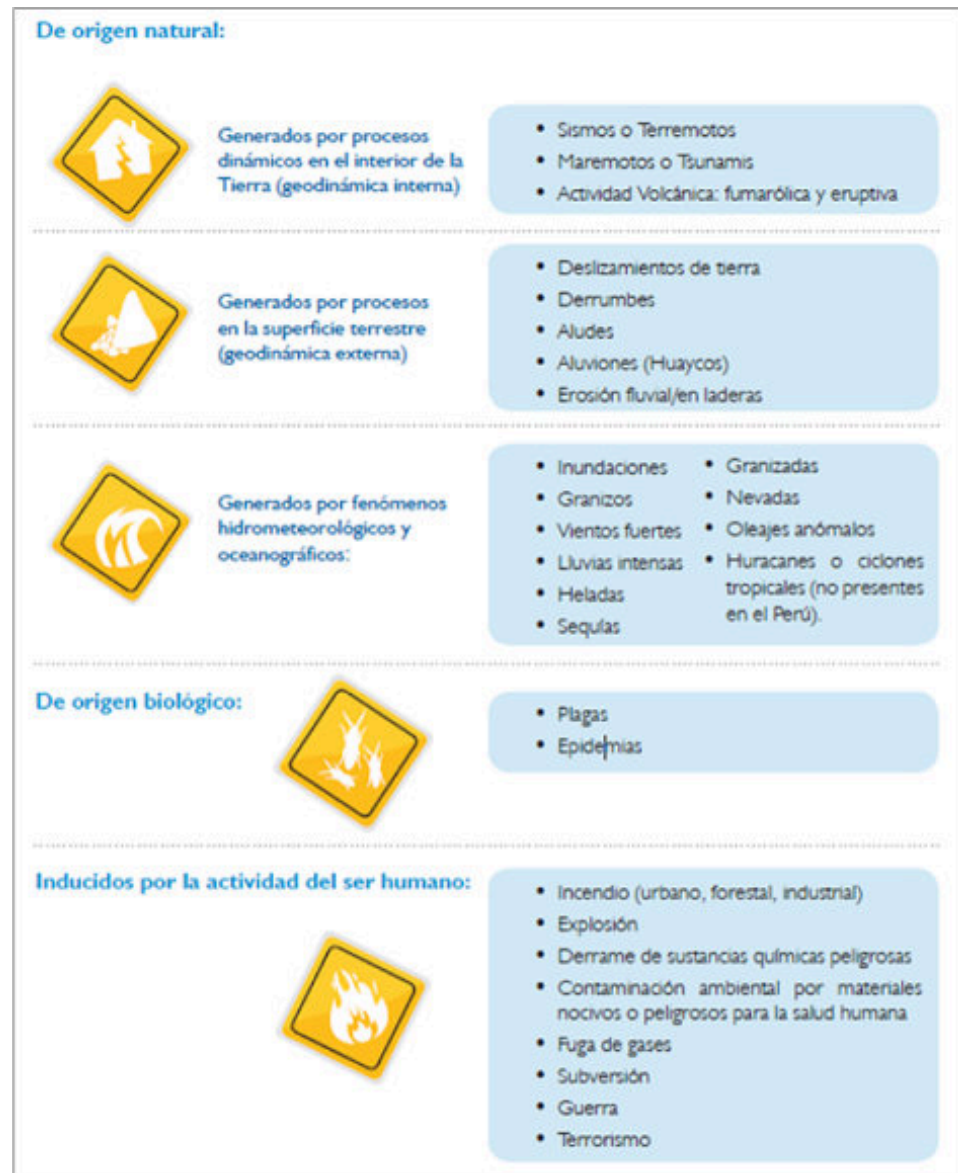


Figura 1: Clasificación de los peligros-amenazas de acuerdo con el Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú Tomado de: Ulloa, F. (2011).

Fórmula del Riesgo:



$$\text{RIESGO} = \frac{\text{AMENAZA} \text{ ó } \text{PELIGRO} \times \text{VULNERABILIDAD}}{\text{CAPACIDADES}}$$

Figura 2: Formula de riesgo Tomado de: Ulloa, F. (2011).

recursos propios disponibles, podemos entonces decir que se trata de una “catástrofe”.

El fin de los estudios de riesgos geológicos es determinar sus causas, su alcance y evaluar su peligrosidad y representarlo de manera grafica en mapas, secciones geológicas, sistemas de información geográfica, entre otros. Una vez determinado el riesgo asociado a cada uno de los eventos geológicos se deben establecer las medidas y recursos adecuados para la prevención, mitigación y protección de sus efectos, con el fin de desarrollar planeaciones de desarrollo urbano adecuados a las actividades a realizar en zonas que son susceptibles a dichos eventos.

Bibliografía

Ogura, A & Soares, E. (enero 2005). PROCESOS Y RIESGOS GEOLOGICOS. ReserchGate. Sitio Web: [https://](https://www.researchgate.net/publication/242162084)

www.researchgate.net/publication/242162084 PROCESOS Y RIESGOS GEOLOGICOS

Ulloa, F. (2011). Manual de gestión de riesgos de desastre para comunicadores sociales: una guía práctica para el comunicador social comprometido en informar y formar para salvar vidas. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Sitio Web: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219184#:~:text=F%C3%B3rmula%20del%20Riesgo%3A%20RIESGO%20%3D%20AMENAZA,impacto%20que%20se%20manifiestan%20en>

Rosenbaum, M & Culshaw, M (2003). Communicating the risk arising from geohazards. Royal Statiscal Society. Sitio Web: <https://doi.org/10.1111/1467-985X.00275>



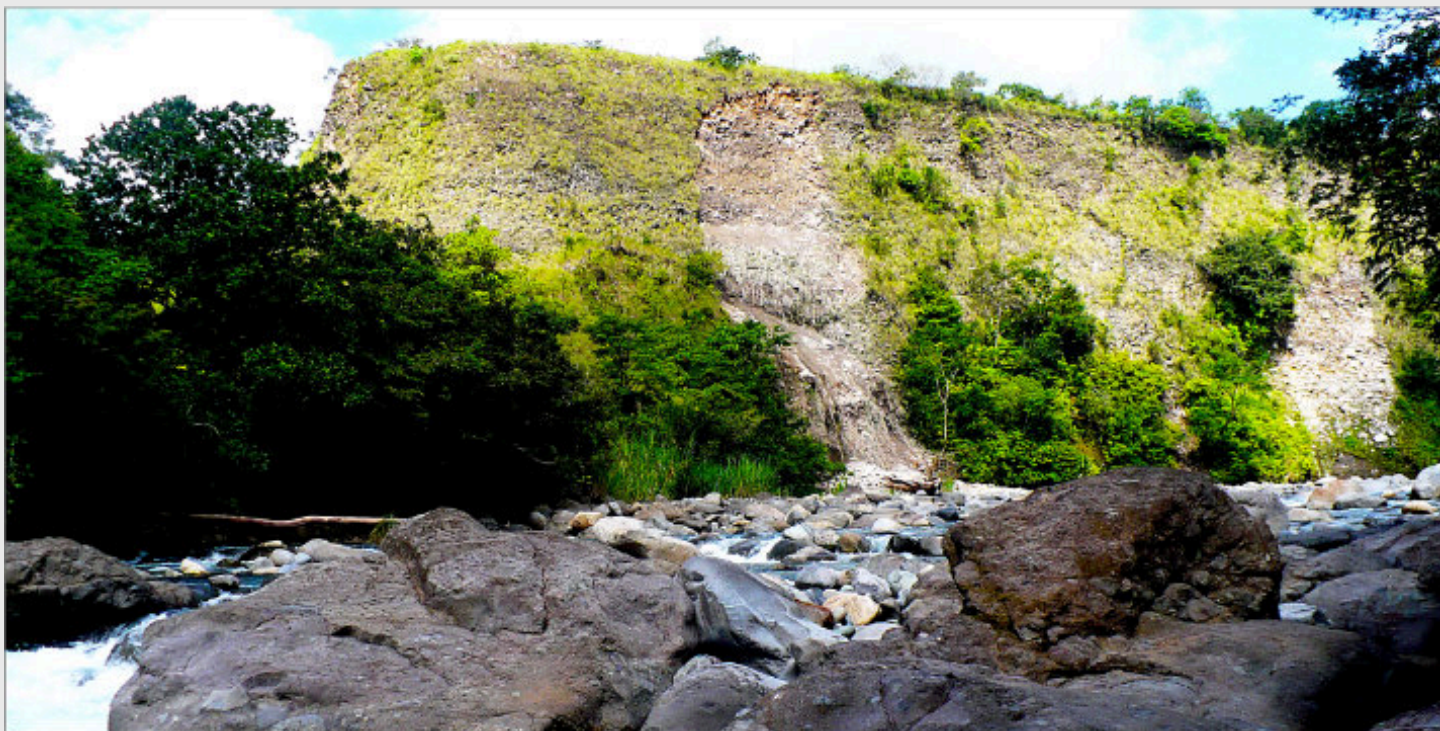
Saúl Humberto Ricardez Medina es pasante de Ingeniería Geológica, miembro activo del capítulo estudiantil de la AAPG del Instituto Politécnico Nacional, participó en el X Congreso Nacional de Estudiantes de Ciencias de la Tierra como Expositor del trabajo “Análisis de Backstripping de la Cuenca Salina

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.

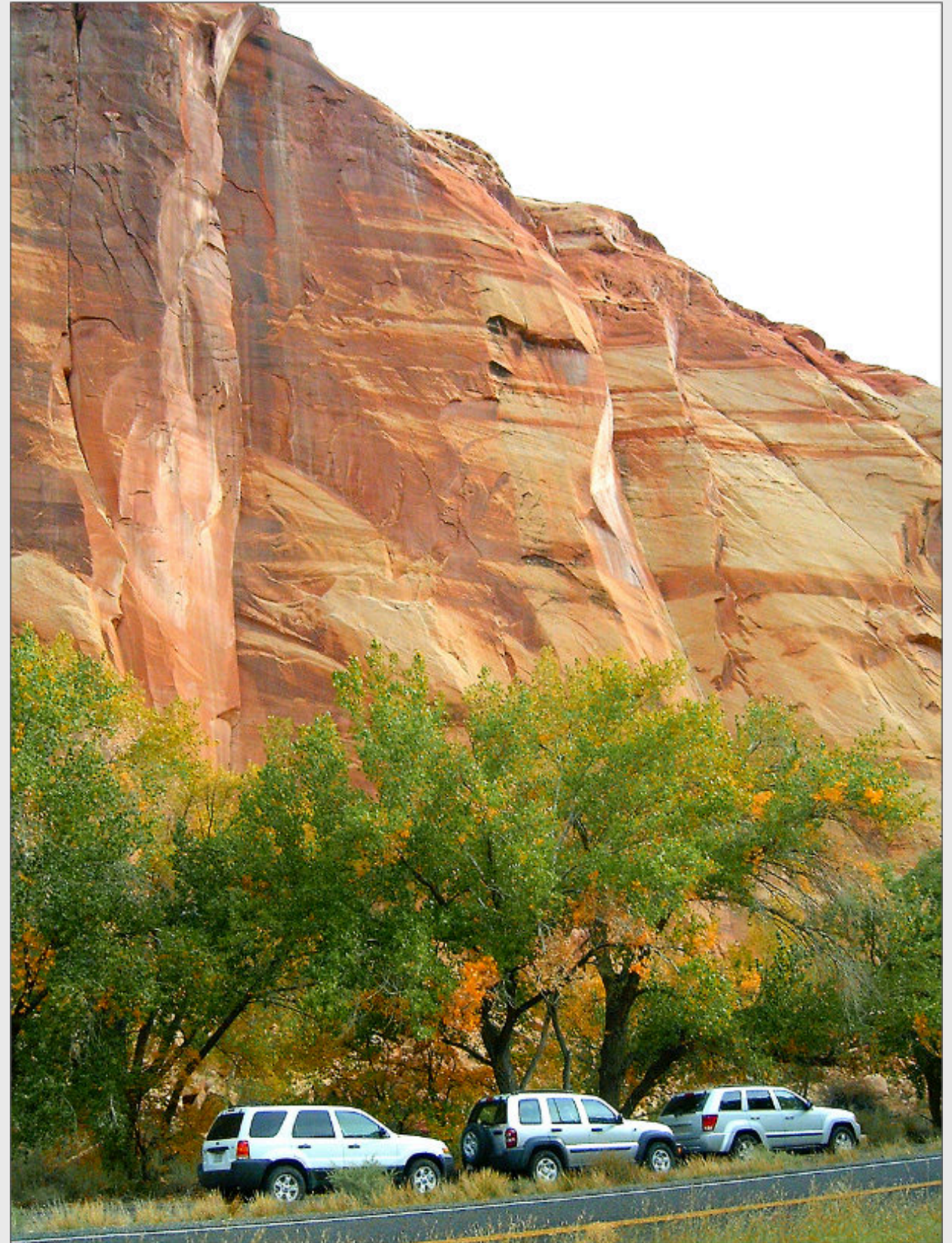
ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



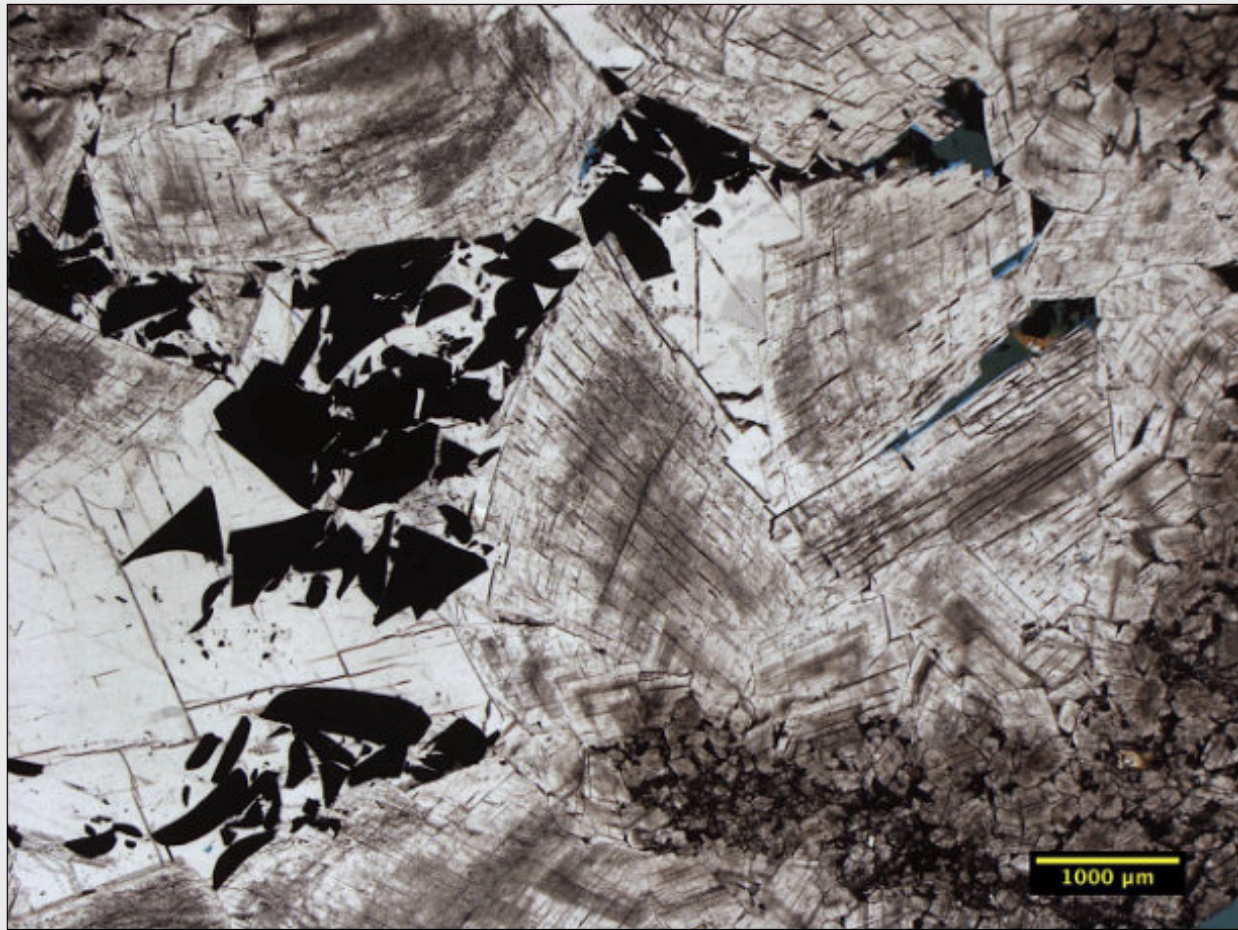
Cenizas estratificadas provenientes de varias erupciones del Volcán Barú. Valle del Río Caldera. Provincia de Chiriquí. República de Panamá.



Deslizamiento de ladera a partir de lahares del Volcán Barú, en la margen derecha del Río Caldera. Valle del Río Caldera. Provincia de Chiriquí. República de Panamá. Fotografías provistas por **Humberto Álvarez Sánchez**.



The Navajo Sandstone (Lower Jurassic) is a geological formation within the Glen Canyon Group at the Colorado Plateau (USA). The Navajo Sandstone is particularly prominent in southern Utah, where it forms the main attractions of a number of national parks (this photo is close to Capitol Reef National Park, Utah). Navajo Sandstone frequently occurs as spectacular cliffs, domes, and bluffs rising from the desert floor, and consists of thick layers of cross-bedded sandstone formed by sand dunes. The Navajo Sandstone is the result of one of the largest known fossil sand desert in the history of our planet, which covered the area of today's Colorado Plateau and beyond. Photo by **Jhonny E. Casas**.



Porosidad vuggy en una dolomía precámbrica de la Cuenca de Taoudeni (Mauritania). Grandes cristales euhedrales de dolomita en silla de montar (saddle dolomite). El resto de la porosidad es obliterada por fragmentos quasi vítreos de pirobitumen (fragmentos opacos) y una última generación de calcita blocky. El pirobitumen se formó por reducción termoquímica de sulfato (TSR) a partir de hidrocarburos líquidos. Fotomicrografías de **Jordi Tritlla Cambra**.



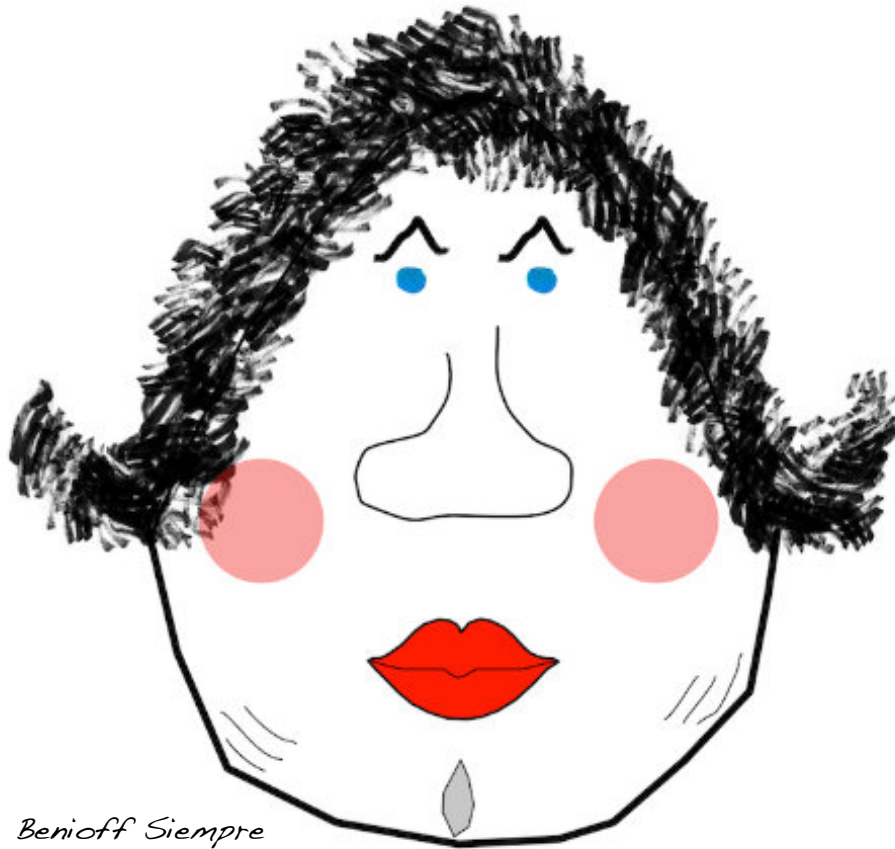
Antiguos cristales euhedrales de anhidrita, actualmente pseudomorfizados en calcita. El sulfato se ha reducido durante la pseudomorfosis, dando lugar a cristales idiomórficos de piritita (minerales opacos), todo ello flotando en una matriz dolomítica. Se interpreta que esos cristales de anhidrita fueron el producto de la interacción de una surgencia hidrotermal, en relación con mounds bacterianos quemosintéticos, y precipitación directa a partir del sulfato presente en el agua marina. Silúrico de Marruecos.



Gossan aurífero del yacimiento Castellanos, Cuba. Fotografía provista por el **Dr. Ramón Guillermo Pérez Vázquez, CUJAE, La Habana, Cuba**.



Gossan aurífero del yacimiento Castellanos, Cuba. Fotografía provista por el **Dr. Ramón Guillermo Pérez Vázquez, CUJAE, La Habana, Cuba**.



A nosotras las 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

Recorrido Geológico Autoguiado por el País del Gran Cañón

Gary Prost
Consulting Geologist

Resumen

Este recorrido geológico nos lleva desde Red Rock Canyon en Las Vegas hasta el Valle del Fuego, y a través del límite de Basin-and-Range/Colorado Plateau. Entramos en la Colorado Plateau en el Parque Nacional Zion y terminamos

nuestro viaje en el Borde Norte del Parque Nacional Gran Cañón, la Meca de los geólogos. Este es un paseo a través del tiempo y una exploración de algunos de los paisajes geológicos más icónicos del mundo.

Abstract

This geo-tour takes us from Red Rock Canyon at Las Vegas to the Valley of Fire, and across the Basin-and-Range/Colorado Plateau boundary. We enter the Colorado Plateau at Zion National Park and end our journey at the North Rim of the Grand Canyon, a geologist's Mecca. This is a walk through time and an exploration of some of the most iconic geologic landscapes in the world.



Route map, Las Vegas to Grand Canyon North Rim. The entire trip is 356 mi one-way. Google Maps.

Introduction and Las Vegas Area

I have had the good fortune to have been a tourist in, gone to university in, and done geological field work in the Grand Canyon country from a young age. Since retiring I have been involved in preparing self-guided geological tours for the general public (e.g., Prost, 2020). This particular transect has an abundance of great geological spots: here I describe a few of my favorite spots. Las Vegas is the largest city in the region and the closest international airport to these stops. A Spanish scout and trader named Rafael Rivera was the first European to visit

the Las Vegas area in the early 1700s. He described it as a grass-covered valley with many springs. The town of Las Vegas started as a railroad stop between Salt Lake City and Los Angeles in the 1880s. The first major influx of people came with construction of Hoover Dam in the 1930s. Las Vegas became a national entertainment destination with the completion of the interstate highway system in the 1960s.

Las Vegas sits in one of the southernmost faulted valleys of the Basin-and-Range Province. The valley itself is covered

in between 3,300 to 9,850 ft of alluvial fan material (mud, sand, boulders) deposited by flash floods draining the surrounding mountains.

The name Las Vegas means “the meadows” or “fertile valley” on account of the springs that used to flow here. The once shallow groundwater has been lowered by pumping and largely depleted since the city developed. The water table is now 660 to 980 ft below the surface.

The mountains surrounding the city are fault blocks elongated north-south and created by east-west extension of the earth’s crust in late Cenozoic time. They reveal a much more complex past, however. The oldest rocks in the area are 1.7 billion-year old (Ga) gneiss exposed at Frenchman Mountain. This is similar to the Precambrian Vishnu Schist in the Grand Canyon. Above this unit a lot of rock has been eroded. Again like the Paleozoic rocks in the Grand Canyon, the Cambrian through Permian rocks above

the unconformity were deposited on the western margin of ancient North America as shallow marine shale and shoreline sandstone deposits and Bahamas-type carbonate banks. A few Triassic and Jurassic sandstones and shales were deposited, and then the area was uplifted and eroded.

The Sevier Orogeny was a period of uplift, folding, and thrust faulting that affected the western United States and Canada between 140 and 50 Ma. This deformation was the result of subduction along the west coast of North America. Subduction-driven east-west compression caused southeast-directed thrusting in the Spring Mountains and Las Vegas and Sheep Ranges roughly 80 million years ago (Ma). From west (oldest) to east (youngest) they include the Wheeler Pass Thrust, Lee Canyon and Macks Canyon thrusts, Deer Creek Thrust, Keystone Thrust, and Bird Springs Thrust. Altogether these represent 22 to 45 mi of shortening across the thrust zone.

Over the past 25 million years high-angle and listric normal faulting related to east-west crustal extension broke the thrust sheets and tilted them to the northeast. A right-lateral shear zone is also associated with crustal stretching. This strike-slip zone is caused by northwest movement of the Pacific Plate relative to the North American Plate. We are looking at distributed shear along the western margin of North America. The Las Vegas Valley shear zone lies under the Las Vegas Valley and has about 30 mi of right-lateral offset.

The area is still tectonically active, as indicated by frequent earthquakes and fault scarps displacing recent alluvial fans.

Starting at McCarran International Airport, drive north on Gilespe Street; turn left (west) onto Hidden Well Road and use the Clark County 215 West ramp to merge onto County Road 215; take Exit 26 to Charleston Blvd and turn left (west) onto Charleston Blvd; continue straight on NV-159 West/Red Rock Canyon Road; turn right (north) onto Red Rock Canyon Scenic Drive and drive to Stop 1, Red Rock

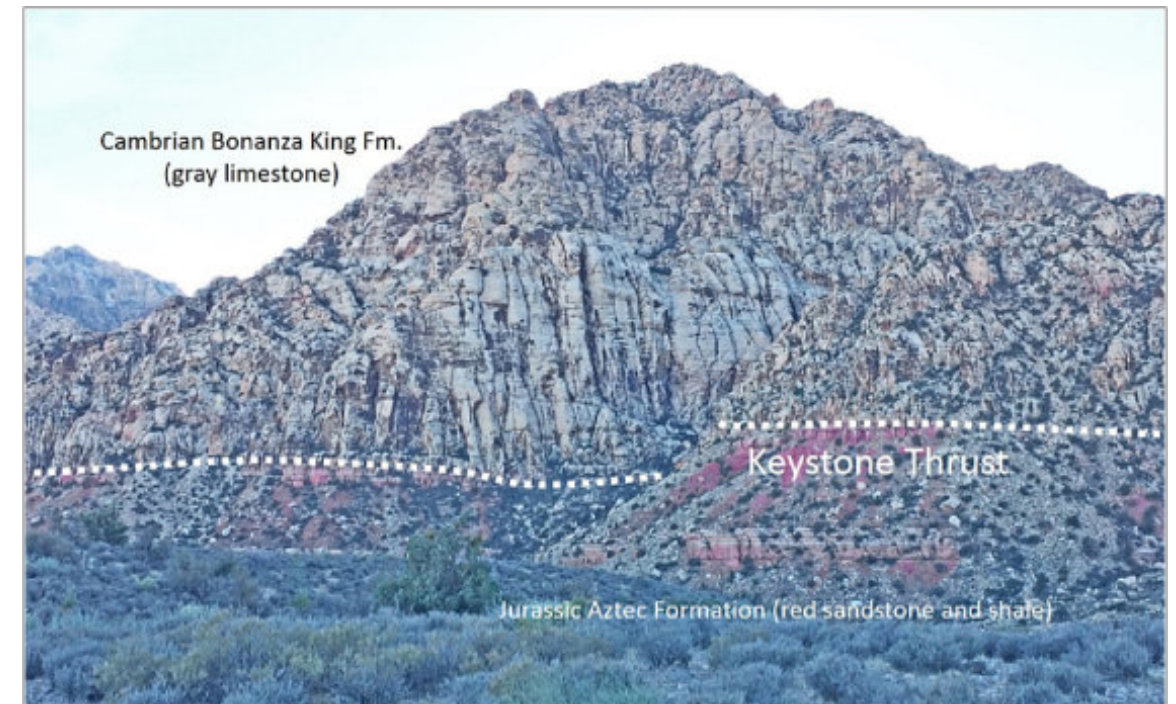
Canyon (36.135368, -115.426734), for a total of 20.9 mi (33 min).

Stop 1 Red Rock Canyon

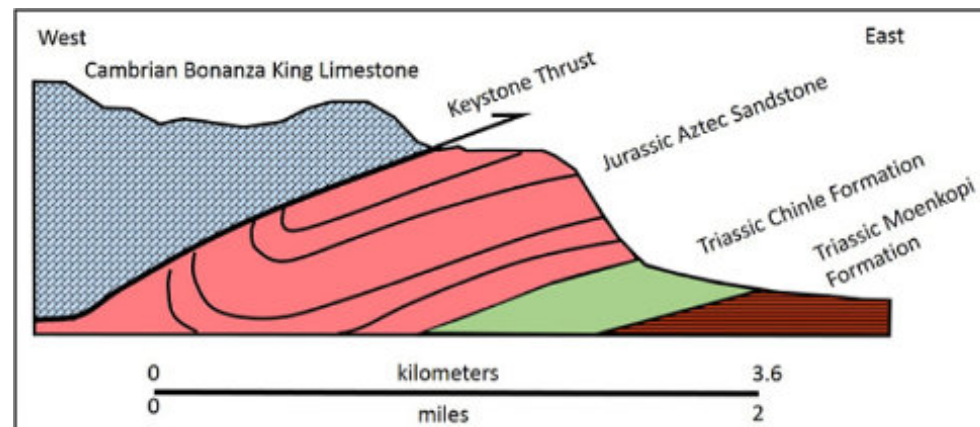
Geologists come from around the world to see the classic exposures of a thrust fault that outcrops in Red Rock Canyon in the Spring Mountains west of Las Vegas. This is the Keystone Thrust: drab gray marine carbonates that range from Upper Cambrian Nopah Formation dolomite to Lower Permian Bird Spring Formation limestone are thrust above brilliant red desert dune sandstone of the Jurassic Aztec Formation. A number of hikes start along the 12 mi loop road that winds through the park. The best places to see the Keystone Thrust is on the mildly strenuous 3 mi White Rock and Keystone Thrust trails. From the high point on the trail you get great views in all directions. When you get to the thrust itself you will be able to stand with one foot on either side of the fault, one foot in the Cambrian and one foot in the Jurassic. The Cambrian limestone had to move at least 22 mi to get here. This is the Mojave Desert: don’t forget to bring enough water.

	Period	Ma	Unit
Cenozoic	Miocene	5	Muddy Creek Formation: tuff
		11	Horse Spring Formation: sandstone, tuff, limestone
		17	unconformity
	Cretaceous/Jurassic	66	Brownstone Basin Conglomerate: conglomerate, sandstone
			unconformity
Mesozoic	Jurassic	201	Aztec Sandstone: red, tan, or yellow crossbedded sandstone
			unconformity
	Triassic		Chinle Formation & Shinarump Conglomerate: dark red-purple mudstone, sandstone, conglomerate
		240	Moenkopi Formation: red siltstone, shale, sandstone
Paleozoic	Permian	252	Kaibab Formation: gray limestone
		299	Permian redbeds: sandstone, siltstone
	Pennsylvanian	323	Bird Spring Formation: gray limestone and dolomite
	Mississippian	359	Monte Cristo Limestone: gray limestone
	Devonian	419	Sultan Limestone: gray limestone
			unconformity
	Ordovician	444	Mountain Springs Formation & Pogonip Group: dolomite and shale
		485	Nopah Formation & Dunderburg Shale: dark gray shale and dolomite
Cambrian	541	Bonanza King Formation: gray dolomite and limestone	

Rock units in the Las Vegas area. Modified after Axen, 1984, and Bohannon, 1984.



The Keystone Thrust in Red Rock Canyon (dotted line).



Cross section of Red Rock Canyon Park. Modified after Purkey et al., 1994.

Return east on Nevada 159 and turn left (north) to merge onto County Road 215. Take County 215 east and merge onto I-15 East. Take Exit 75 south to Valley of Fire/Lake Mead and drive southeast on the Valley of Fire Highway to the Visitor Center; turn left (north) onto Mouse’s Tank/White Domes Road and drive to Fire Wave trail parking. This is Stop 2, Fire Wave Trail (36.488225, -114.528969) for a total of 77.9 mi (1 hr 32 min).

Stop 2 Valley of Fire State Park and Fire Wave Trail

Valley of Fire State Park is named for the flaming red color of the rocks that outcrop there, especially when the sun is

setting. It also contains petroglyphs, those mysterious drawings scratched onto the surface of rocks by previous inhabitants of the area, the Anasazi and the Paiute.

Just as at Red Rock Canyon, the Jurassic Aztec Sandstone here has crossbedding indicating it was deposited as sand dunes in a Jurassic desert. The red color is the result of weathering of iron minerals in the sandstone.

Hike ~2,600 ft to overlook to see the classic “wave” rock formation in the crossbedded Aztec Sandstone. This site also has lots of scenic views.



The "Fire Wave" at sunset. Crossbedded Jurassic Aztec Formation.

Take the Valley of Fire Highway south, then east, then north to I-15 at Crystal. Merge onto I-15 East and drive to the Stop 3, Piedmont Fault (36.918050, -113.867761), a total of 77 mi (1 hr 16 min). Pull over on the right just after the "55 mph suggested speed" sign and a sign for the "Arizona Strip Field Office."

Stop 3 Piedmont Fault and Virgin River Narrows

East of the town of Mesquite you begin to climb a series of steps up along several regional, roughly north-south normal faults, mostly down-to-the-west. The first of these, the Piedmont Fault, separates the Mesquite Basin on the west from the Virgin Mountains on the east. Both sides of the fault are considered to be in the Basin-and-Range province. The fault is a north-south-trending down-to-the-west near-vertical normal fault that puts Tertiary and Quaternary valley fill against Precambrian gneiss and overlying Pennsylvanian to Permian sandstone and limestone. Maximum stratigraphic offset on this fault is between 1,200 to 1,400 ft. Offset of Quaternary alluvial fans indicates the Piedmont Fault has had recent movement.

As you enter the spectacular Virgin River Canyon you are driving through the upper third of the Grand Canyon section. The Narrows of the Virgin River expose rocks ranging from the Pennsylvanian-Permian Callville Limestone high on the valley walls to mostly Mississippian

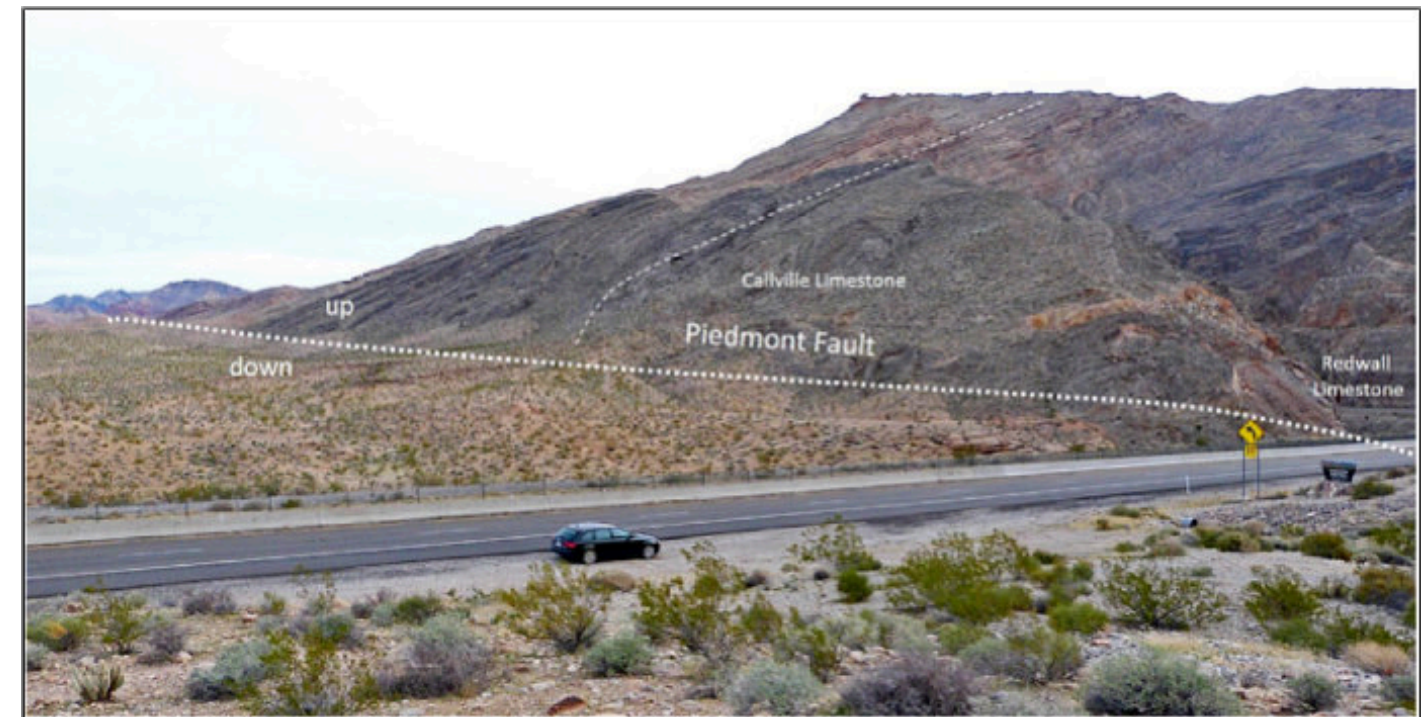
Redwall Limestone at river level. As you continue east, thin outcrops of Devonian Temple Butte Limestone and Cambrian Nopah Formation dolomite are exposed. The Redwall and Temple Butte formations are also in the Grand Canyon.

Continue driving northeast on I-15 to UT-9. Take Exit 16 and merge onto UT-9 heading east. Climb the escarpment east of La Verkin and pull off on the shoulder on the right just past milepost 14. Walk back south ~1,000 ft to the outcrop. This is Stop 4, Hurricane Fault (37.225992, -113.257899).

Stop 4 Hurricane Fault and the Colorado Plateau

The Colorado Plateau Province is a region of high plateaus covering 130,000 mi² in western Colorado, northwestern New Mexico, southern and eastern Utah, and northern Arizona. The plateau contains many of the most spectacular landscapes in the United States.

The Colorado Plateau is a relatively stable crustal block characterized by gentle uplifts and downwarps. Little deformation other than faulting and folding has affected this region over the past 600 million years. In contrast, the adjacent Basin-and-Range and Rocky Mountain provinces that have suffered multiple severe episodes of deformation.



View of the Piedmont Fault looking north at entrance to Virgin River Canyon.

The Grand Canyon and Zion Canyon, our next stops, expose rocks with ages that span almost 2 billion years. The oldest rocks are at the bottom of the Grand Canyon; as you proceed north the rocks at the surface get younger because they are inclined to the north. This is the 'Grand Staircase,' a series of multi-hued rock layers that step ever upward toward the north. Thousands of feet of relatively flat or gently-inclined rock layers are amazingly continuous across the plateau and can be traced for tens or hundreds of miles. The rocks reflect depositional environments that range from deep marine to shallow marine and coastal settings, to river deltas and floodplains, sand dune-filled deserts, and alluvial fans. At various times volcanic rocks punched through the sedimentary layers to form impressive peaks or simple flows. The plateau was affected by the Sevier, Laramide, and Basin-and-Range tectonic episodes, but the thicker than usual continental crust underlying the plateau muted their effects. It is estimated that the plateau has been uplifted as much as 10,000 ft in just the past 20 million years. This uplift, along with increasing aridity since the last ice age and the erosive power of down-cutting rivers, have combined to create the dramatic scenery of the plateau region.

It is not often you can put your hand on a fault plane with up to 6,500 ft of offset. The outcrop at this stop exposes the Hurricane Fault. The surface is scoured by slickensides that indicate the sense of movement along the fault. In this case they indicate vertical movement, west side down.

The Hurricane Fault officially separates the Basin-and-Range from the Colorado Plateau province. It is a north-trending, down-to-the-west near-vertical normal fault that extends 150 mi from Cedar City in the north to Peach

Springs in the south. Near the town of Hurricane the fault places Jurassic Navajo Sandstone and Cretaceous Iron Springs Formation sandstone and shale on the downthrown side against Permian Kaibab Limestone on the upthrown side. Maximum stratigraphic separation is 6,800 ft at Toquerville, just north of Hurricane. The Hurricane Fault extended deep enough into the crust to allow magma to rise along it and pour out of fissures as basaltic lava flows. A 300,000 year old basalt flow near Toquerville has up to 1,476 ft of offset along the fault. The 1992 magnitude 5.8 St. George earthquake has been attributed to movement on the Hurricane Fault, indicating that it is still active.

Continue driving east on UT-9 for 24.7 mi (46 min) to Stop 5, Canyon Overlook trail (37.213293, -112.940455). A small parking area is on the right immediately after you exit the tunnel. If the lot is full, you can find more parking farther up the road.

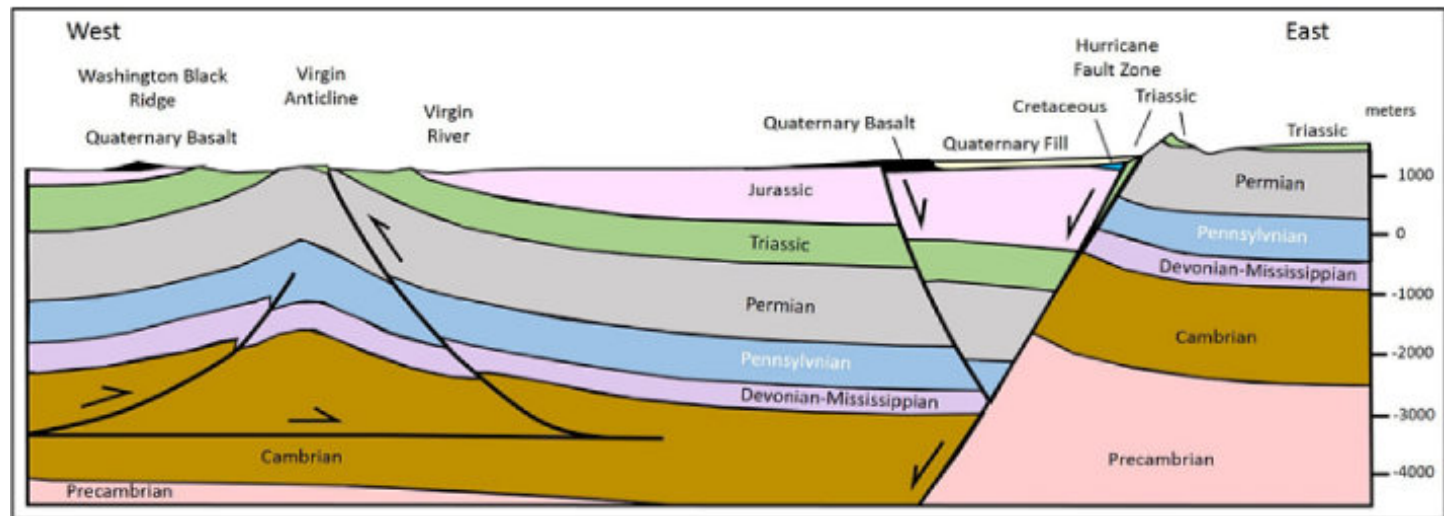
Zion National Park

Zion Canyon became Utah's first national park in 1909. The rocks in Zion Canyon are part of a south-to-north sequence of units called the 'Grand Staircase' that links three national parks. Because all the formations are tilted to the northeast, the highest and youngest rock layer at the Grand Canyon, south of Zion, is the lowest layer at Zion Canyon. The rocks at Zion Canyon form the White Cliffs, the middle step in the Grand Staircase. The pink rocks at Bryce Canyon to the north form the uppermost step.

The formations exposed in Zion Canyon were deposited in environments that range from streams and lakes of the Moenave and Kayenta formations to large deserts of the



Hurricane Fault and slickensides (blue arrows) on east side UT-9. Google Street View to the north.



West-east cross-section through Virgin Anticline and Hurricane Fault. Modified after Biek, et al., 2009.

Navajo and Temple Cap formations and warm shallow seas of the Carmel Formation. Driving along the Virgin River east of the Hurricane Fault you are in Triassic Moenkopi and Chinle formations.

The timing of uplift of the Colorado Plateau is somewhat controversial: dates range from 80 Ma to 20 Ma. Initial uplift was due to the Laramide Orogeny; later uplift was a result of erosional unloading and isostatic rebound. Slow, gradual uplift of the region raised the rocks at Zion Canyon from near sea level to around 10,000 ft elevation and tilted them slightly northeast. The area is still being uplifted.

Regional joints formed as a result of uplift and extension. The uplift caused the North Fork of the Virgin River to flow

rapidly down a steepened gradient, eroding as much as 6,000 ft of mostly Cenozoic formations from above the rocks seen today, and carving deep, narrow canyons along joints in the bedrock. The fast moving river cut the rock so fast that the slot canyons like the Virgin Narrows were formed. Zion Canyon is thought to have been carved in just the last 2 million years.

Stop 5 Canyon Overlook Trail

A 2,000 ft walk takes you to a scenic overlook of Pine Creek Canyon and Lower Zion Canyon. Along the way you can see the boundary between the lower, light brown Navajo Sandstone and the middle, pink Navajo Formation. The sharp surface between them is nicely exposed and represents an area between dunes with a near-surface

Geologic Formations	Age	Rock Layer	Appearance	Deposition	Rock Type
	Neogene & Quaternary	Cinder cones and lava flows	black layers and cones	lava flows and cinder cones	basalt and cinders
	Middle Jurassic	Carmel	cliffs	shallow sea and coastal desert	limestone, gypsum, sandstone
	Middle Jurassic	Temple Cap	cliffs	desert	sandstone
	Lower Jurassic	Navajo Sandstone	steep cliffs 1,600 to 2,200 feet thick	desert sand dunes covered 150,000 square miles	cross-bedded sandstone
			red lower layers are colored by iron oxides	shifting winds during deposition created cross-bedding	
	Lower Jurassic	Kayenta	rocky slopes	streams	siltstone and sandstone
	Lower Jurassic	Moenave	slopes and ledges	streams and ponds	siltstone and sandstone
	Triassic	Chinle	purplish slopes	streams	shale, loose clay, conglomerate
	Triassic	Moenkopi	chocolate cliffs with white bands	shallow sea	shale, siltstone, mudstone, others
	Permian	Kaibab	cliffs	shallow sea	limestone

Rock layers seen in Zion National Park. From National Park Service.



Canyon Overlook, view west. The massive cliffs are Jurassic Navajo Sandstone.

water table. Eventually the dunes migrated over this surface to become the middle section of the Navajo Formation. The awesome part of the walk is that the trail extends alongside a slot canyon that drops 3,300 ft in 1/4 mi.

Drive 5 mi (12 min) east on UT-9 to Stop 6, Checkerboard Mesa parking area (37.230418, -112.878720) on the left.

Stop 6 Checkerboard Mesa and the Role of Jointing

As is readily apparent, Checkerboard Mesa is named because of the grid pattern etched into the Navajo Sandstone. The vertical cracks are joints, whereas the horizontal grooves are bedding surfaces.

This stop shows, in a small way, the jointing that controls erosion throughout Zion National Park. Jointing was caused by uplift of the Colorado Plateau between 35 and 20 Ma and Basin-and-Range extension beginning between 20 and 15 Ma. Joints are areas of weakness in the rock, and as such they weather and erode more readily than the surrounding rock. Thus they are preferred paths for downcutting of rivers and streams. Most joints in the park are oriented north-northwest and control the location and direction of the resulting valleys, canyons, and rock fins. Local joints at varying orientations are related to faults, folds, and spalling near cliff faces.



Checkerboard Mesa is named because of the grid pattern made by near-vertical joints and bedding in the Jurassic Navajo Sandstone. Note the figure sitting on the slope, center, for scale.

Continue driving east on UT-9 to Mt. Carmel Junction; turn right (south) onto US-89 and drive to Kanab. Continue south on US-89A to Stop 7, Le Fevre Overlook parking on the left (36.830123, -112.254585), for a total of 56.2 mi (1 hr 5 min).

Grand Canyon National Park

What can be said about the Grand Canyon that hasn't already been said? This is a place of inspiration, beauty,

spectacular exposures, as close as you can get to time travel. And the biggest hole you ever saw.

Although the Grand Canyon is 277 mi long, up to 18 mi wide, and up to 6,000 ft deep, it is virtually impossible to see until you are within a few feet of the rim. At which point most people's reaction is one of jaw-dropping awe.

President Theodore Roosevelt created the Grand Canyon Game Preserve in 1906 and Grand Canyon National Monument in 1908. Grand Canyon National Park was established by President Woodrow Wilson in 1919. The North Rim is only open from mid-May to mid-October: it is closed in winter due to heavy snowfall. The South Rim (not visited on this tour) is open year-round.

History

The Grand Canyon has always been a formidable barrier, and yet Native American ruins, pictographs, and artifacts have been found throughout the canyon. The oldest is a Clovis-style spear or atlatl point that shows hunters were in the canyon some 13,000 years ago. Artifacts from the Archaic Period (9,800 to 3,000 years ago) include notched points, sandals, baskets, stone tools for grinding seeds, and rock art. Split willow twig figures of animals have been found in caves in the Redwall Limestone. Many are pierced with sticks, suggesting they are hunting totems. Radiocarbon dating places them at 3,000 to 4,000 years old. Corn cobs found in rock shelters have been dated at 2,300 years ago. Corn, squash, and cotton were farmed near the river. By 750 years ago these groups had all abandoned the canyon, but when Europeans reached the canyon it was again occupied or used by the Havasupai, Hualapai, Paiute, Hopi, Zuni, and Navajo. The Havasupai and Hualapai live in the far western canyon today.

In 1542, only 21 years after Cortez conquered the Aztec empire, the Spaniards sent an expedition north to look for Cibola, the mythical Seven Cities of Gold. The expedition was led by Francisco Vasquez de Coronado. When they reached the Zuni pueblos, Coronado sent a scouting expedition led by Don Garcia Lopez de Cardenas farther north. After several days march they came to the edge of the Grand Canyon. They spent three days trying to get to the river but could not. The next visit was by Juan de Oñate, governor of New Mexico, in 1604. Passing by the Little Colorado he named it Rio Colorado, or Red River.

This part of the continent was blank on U.S. maps until the land was ceded to the United States after the Mexican-American war of 1848. In 1857 a U.S. army expedition led by Lieutenant Joseph Ives was scouting railroad routes and took a steamship from the mouth of the Colorado to near present-day Hoover Dam. They continued by marching up river into the western Grand Canyon near Havasupai. In his report on the expedition Ives said the Grand Canyon "looks like the Gates of Hell. The region is...altogether valueless. Ours... will undoubtedly be the last party of whites to visit the locality. It seems intended by nature that the Colorado River along the greater portion of its lonely and majestic way shall be forever unvisited and undisturbed."

The geologist on the Ives expedition was John Strong Newberry. Newberry named many of the layers in the canyon, made the first geologic cross section, and proposed that erosion by the Colorado River carved the canyon. At the time this was a novel idea, since erosion of such a volume of rock would require millions of years and many thought the earth was only a few thousand years old. An alternative theory was that the plateau had split

during an earthquake and the river then occupied the chasm.

Major John Wesley Powell, a geologist who had lost his right arm during the Civil War, was teaching geology at Illinois State Normal University when he decided to explore the Colorado River. Over 101 days in 1869 his group of ten men in four wooden boats traveled down the river from Green River, Wyoming, making observations and speculating on the origin of the canyons and mountains. He published maps and scientific findings, among them the theory that the Colorado River was an "antecedent river," that is, it existed before the land was uplifted, and that the river cut down through the uplifting plateau much like a buzz saw cutting through a log. His observations and theories were published in 1875 as *Exploration of the Colorado River of the West and Its Tributaries*.

Powell was the first to call this the "Grand Canyon." Two of his protégés, Captain Clarence Dutton and Grove Karl Gilbert, continued the work of mapping the Grand Canyon and Colorado Plateau. Gilbert confirmed Powell's conclusions that flowing water carved the landscape. His observations on erosion, transport of sediment, and deposition led to many concepts, such as the dynamic equilibrium of rivers, that are still considered valid.

Dutton, working in and around the Grand Canyon between 1875 and 1881, published his ideas in the *Tertiary History of the Grand Cañon District* (1882). It is illustrated by William Henry Holmes, whose drawings are among the best ever made of the canyon. Dutton's prose is scientific poetry:

The route now becomes more rugged, leading across ravines and over intervening ridges, crossing the grain of the country, so to speak. But it is not difficult, for the pines have taken place of the spruces, and where the pines predominate the forest is very open. For eight miles from the Milk Spring we continue to cross hills and valleys, then follow a low swale shaded by giant pines with trunks three to four feet in thickness. The banks are a parterre of flowers. On yonder hillside, beneath one of these kingly trees, is a spot which seems to glow with an unwonted wealth of floral beauty. It is scarcely a hundred yards distant; let us pluck a bouquet from it. We ride up the slope.

The earth suddenly sinks at our feet to illimitable depths. In an instant, in the twinkling of an eye, the awful scene is before us.

Wherever we reach the Grand Cañon in the Kaibab it bursts upon the vision in a moment. Seldom is any warning given that we are near the brink.... In the Kaibab the forest reaches to the sharp edge of the cliff and the pine trees shed their cones into the fathomless depths below.... Reaching the extreme verge the packs are cast off, and sitting upon the edge we contemplate the most sublime and awe-inspiring spectacle in the world.



Panorama from Point Sublime, by William Henry Holmes. U.S. Geological Survey.

Dutton named many of the canyon's landmarks and formations, having been inspired by Asian religions and Roman, Greek, and Norse mythology.

Geology

The Grand Canyon cuts through the Kaibab Plateau, an uplift that forms the bottom step (oldest rocks) on the Grand Staircase. Metamorphic rocks at the bottom of the canyon began as sediments in a marine basin between 1.8 and 2.5 Ga. Rocks at the top are the erosion-resistant Permian Kaibab Limestone, 270 Ma. Between them lies a large chunk of Earth's history.

The Inner Gorge contains metasediments of the Vishnu Schist, and metavolcanics of the Rama Schist formed when the original rocks were buried to depths around 12 miles around 1.74 Ga. Forty million years later, around 1.7 Ga, they were intruded by magma of the Zoroaster Granite, the pink bands cutting across the darker schists. Over a period of 300 million years these rocks were uplifted and eroded to low hills and plains near sea level.

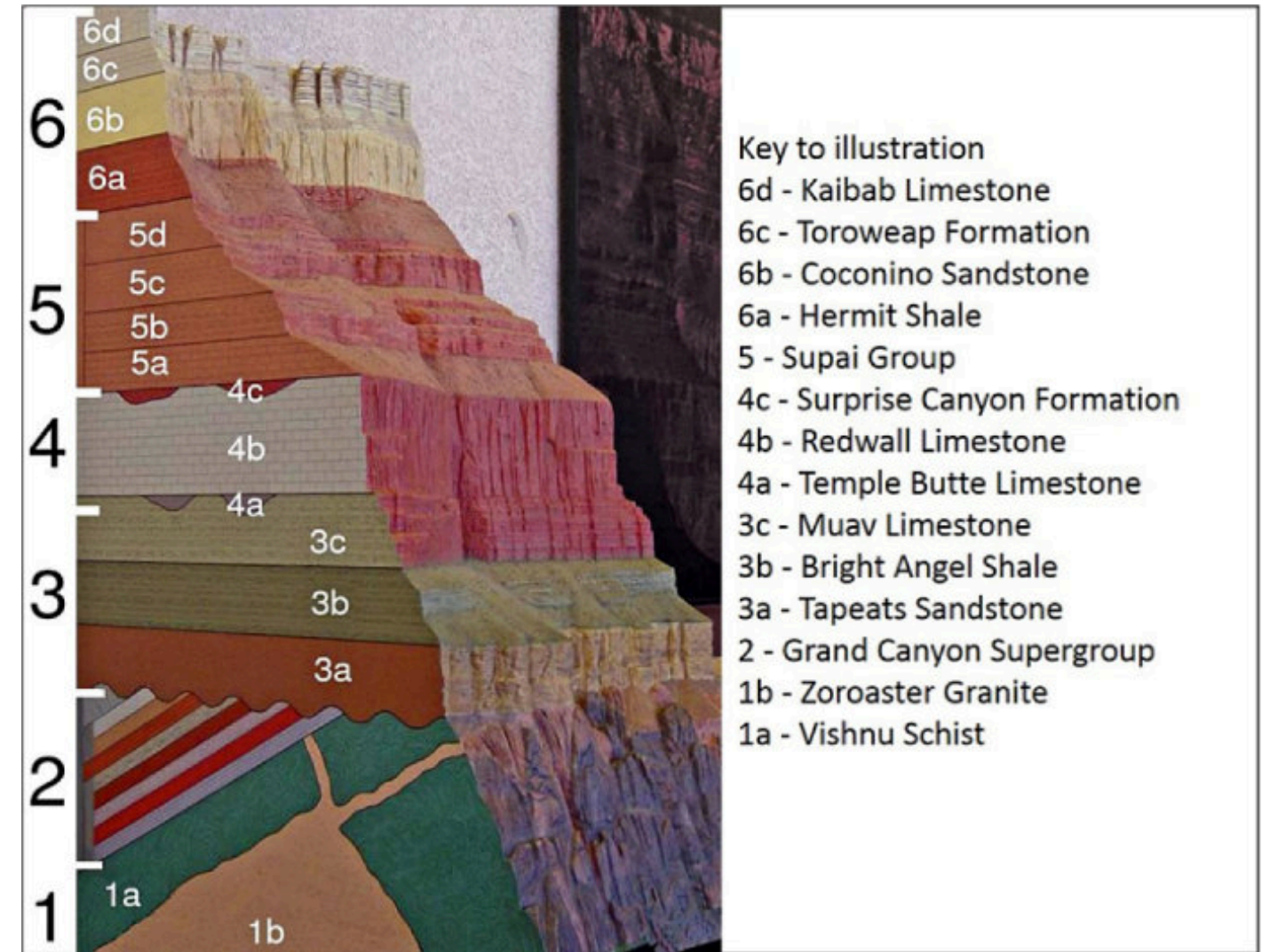
In late Precambrian time, from 1,200 to 740 Ma, an ocean extended from Grand Canyon to Glacier Park and Lake Superior. The nine Precambrian formations deposited in the Grand Canyon area are called the Grand Canyon Supergroup and are preserved in the eastern Grand Canyon. Starting around 740 Ma these rocks were faulted and tilted 15° to the east. Erosion over the next 100 million years leveled the surface to what Powell named the 'Great Unconformity.' In the eastern Grand Canyon this is the

surface between tilted older rocks and horizontal younger rocks. In the central Grand Canyon the older sedimentary rock is completely removed by erosion and the flat, younger rocks lie directly on Vishnu Schist.

The horizontal rocks of the Grand Canyon were all deposited during the Paleozoic and were largely unaffected by orogenies that deformed rocks to the west, north, and east. Rising sea levels in early to middle Cambrian time (525 Ma) caused shoreline sand (Tapeats Formation, a cliff-forming white sandstone) to move from west to east over the low-lying terrain. This was followed by marine mud (Bright Angel Shale, a slope-forming green shale). The Muav Limestone, a gray, cliff-forming limestone, was deposited as the water deepened around 505 Ma.

A period of erosion or non-deposition followed. The next unit is Middle Devonian (385 Ma) Temple Butte Limestone, a cliff-forming cream-colored dolomite. It is topped by another unconformity.

During early to middle Mississippian time (359 to 331 Ma) oceans covered most of the continent and deposited massive, cliff-forming limestone from the Grand Canyon to Montana. Here it is called the Redwall Limestone and is a gray limestone and dolomite. It was named the Redwall because mud from the overlying red-brown Supai Group runs off and paints the cliffs when it rains. An erosion surface with sinkholes and caves lies above the Redwall.



Stratigraphy of the Grand Canyon, Arizona. Courtesy US National Park Service and U.S. Geological Survey, Daniel Mayer; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand_Canyon_geologic_column.jpg.

The Supai Group was deposited from late Mississippian through early Permian time, 315 to 285 Ma. The iron-rich sediments oxidized on a broad coastal plain forming interbedded red-brown slope-forming shale and cliff-forming sandstone. An erosional unconformity lies at the top of the Supai.

Above the Supai Group is the Permian Hermit Shale, a slope-forming red shale and siltstone deposited on a coastal plain by streams in a semi-arid environment. An erosion surface lies at the top.

The Permian Coconino Sandstone is a crossbedded white-to-cream-colored cliff-forming sandstone deposited as desert sand dunes. An unconformity marks the top of the formation.

The Toroweap Formation is a thin, slope-forming shale just below the uppermost cliffs at the canyon rim. The Toroweap is a red and yellow sandstone and gray, shaly

limestone, both ledge- and slope-former, deposited in a near-shore and mudflat environment. It is topped by an erosion surface.

The canyon rim is Permian Kaibab Limestone, a buff-colored cliff-forming marine limestone. The Kaibab was deposited in a shallow sea around 270 Ma. The Kaibab, too, has an erosion surface at the top. Above the Kaibab it is believed as much as 5,000 ft of younger sediments were deposited, but these have all been eroded off the plateau.

During the Laramide orogeny, starting around 70 Ma, this area was uplifted along with the rest of the Colorado Plateau. Basin-and-Range extension, starting 15 to 20 Ma, reactivated old faults and dropped the areas west and east of the Kaibab Plateau. The East and West Kaibab Monoclines, where Paleozoic rocks are bent over the old north-south-trending faults, bound the plateau.

The age and origin of the Grand Canyon has been debated for 150 years. Several western tributary canyons appear to have been carved as much as 70 Ma. The eastern half of the canyon seems to be much younger, eroded only in the past 15 to 25 million years by an ancestral upper Colorado River that flowed northeast off the Kaibab Plateau. Around 5 to 6 Ma an ancestral lower Colorado River draining into the Gulf of California eroded upstream, eventually encountered and captured the north-flowing river causing it to change course, a process known as stream piracy. Over the past 1.8 million years at least 13 lava flows

dammed the river, forming lakes up to 2,000 ft deep. Each was eventually breached, and the eroded remnants of the lava dams now form rapids.

Stop 7 Le Fevre Overlook

Looking north from this high vantage point on a clear day you can see all the steps of the Grand Staircase, from the Chocolate and Vermillion Cliffs in the foreground, to the White Cliffs of Zion, to the Pink Cliffs at Bryce Canyon 55 mi away. You are on the north flank of the Kaibab Plateau, over 8,000 ft in elevation.



Grand Staircase looking north from La Fevre overlook. The Vermillion Cliffs are backed by the White Cliffs and, on the horizon, the Pink Cliffs.

Continue driving south on 89A to Jacob Lake, where you turn right (south) onto AZ-67/Grand Canyon Highway. Drive to the end of the road at the North Rim Visitor Center parking. This is Stop 8, Bright Angel Point (36.199014, -112.052394) for a total of 54.7 mi (1 hr 6 min). From the Visitor Center a trail leads 0.5 mi to Bright Angel Point.

Stop 8 Bright Angel Point

Bright Angel Point is a short hike on a paved path, but there are steps and steep drops on either side. The high altitude and 200 ft elevation change can be difficult for some people. The trail is exposed: do not go out during thunderstorms.

You get spectacular and unobstructed views to the east and west, and impressive views into Roaring Springs and Bright Angel Canyons. Roaring Springs Canyon is on the east (left) as you walk to the point. Walhalla Plateau lies farther east. On the west the view is of the end of The Transept, with Oza Butte rising above and Manu Temple just beyond. Ahead to the south is lower Bright Angel Canyon. You get a glimpse of the inner gorge of the Grand Canyon, and on the other side of the river is Garden Creek, Indian Gardens, and the Bright Angel Trail that leads up the south rim. Due south on the horizon is the Coconino Plateau 14 mi distant and 1,000 ft lower. On a clear day you can see the volcanic San Francisco Peaks 60 mi away.

Try to get there after a thunderstorm or at sunrise or sunset, as the rare light uniquely illuminates the canyon every day.

Drive north on AZ-67 for 2.2 mi (4 min) to the North Kaibab trailhead parking area (36.217378, -112.056346).

Stop 9 North Kaibab Trail

For those that are physically fit, this trail is worth taking at least as far as Roaring Springs, where groundwater gushes out of a cave system in the Redwall Limestone cliffs. There is no better way to get up close and personal with the rocks that make up the canyon.

North Kaibab Trail to Roaring Springs is a 9.3 mi moderate to strenuous round trip. There is a 3,540 ft elevation drop. The best time to hike is the spring and fall when temperatures are mild. During the summer stay off the trail and out of the sun between 10:00 a.m. and 4:00 p.m. Bring water, a hat, and sunscreen. Remember, it's easy walking downhill: the hard part is climbing out.

There are impressive views just below the trailhead. There is potable water (mid-May to mid-October) and pit toilets at Supai Tunnel (1.7 mi down the trail). Switchbacks continue down to the massive Redwall Limestone cliffs, where for long stretches the trail has been blasted out of the cliff. The Redwall section has amazing views. Roaring



Bright Angel Point sunrise.



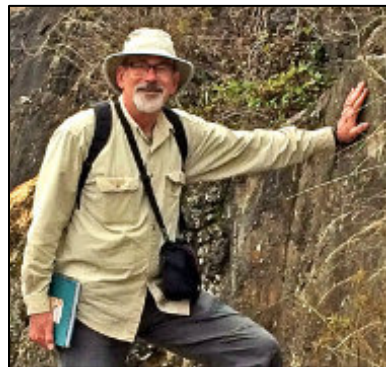
Roaring Springs, North Kaibab Trail. Courtesy Grand Canyon National Park, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand_Canyon_Nat_Park_N_Kaibab_Trail_-_Roaring_Springs_0128_\(6798528319\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand_Canyon_Nat_Park_N_Kaibab_Trail_-_Roaring_Springs_0128_(6798528319).jpg)

Springs is a short side trip off the main trail once you get to the bottom of Bright Angel Canyon. At the spring, water roars out of the cliffs, cascading over moss and fern-covered rock to form Bright Angel Creek. This spring provides drinking water throughout the park.

References

Axen, 1984. Thrusts in the eastern Spring Mountains, Nevada: geometry and mechanical implications. Geological Society America Bulletin v 95, p. 1202-1207.
Biek, R.F., P.D. Rowley, J.M. Hayden, D.B. Hacker, G.C. Willis, L.H. Hintze, R.E. Anderson, and K.D. Brown. 2009. Geologic map of the St. George and east part of the Clover Mountains 30' x 60' Quadrangle, Washington and Iron Counties, Utah. Utah Geological Survey Map 242, 1:100,000.
Bohannon, R.G. 1984. Nonmarine sedimentary rocks of Tertiary age in the Lake Mead Region, southeastern

Nevada and northwestern Arizona. U.S. Geological Survey Professional Paper 1259, 72 p.
Dutton, C.E. 1882. Tertiary History of the Grand Cañon District. Washington, U.S. Government Printing Office, 264 p.
Powell, J.W. 1875. Exploration of the Colorado River of the West and Its Tributaries. Washington, U.S. Government Printing Office, 291 p.
Prost, G.L. 2020. North America's Natural Wonders – Canadian Rockies, California, The Southwest, Great Basin, Tetons-Yellowstone Country. Taylor and Francis Group, CRC Press, Boca Raton, 411 p.
Purkey, B.W., E.M. Duebendorfer, E.I. Smith, J.G. Price, and S.B. Castor. 1994. Geologic Tours in the Las Vegas Area. Nevada Bureau of Mines and Geology Special Publication 16, 156 p.
Rowland, S., UNLV, Frenchman Mountain and the Great Unconformity. Accessed 10 June 2019. <http://>



Gary L. Prost obtained his BSc in geology from Northern Arizona University and an MSc and PhD in geology at Colorado School of Mines. Over the past 45 years, he has worked for Norandex (mineral exploration), Shell (petroleum exploration), the U.S. Geological Survey (geologic mapping, coal), the Superior Oil Company (mineral and oil exploration), Amoco Production Company (oil exploration, remote sensing, and structural geology), Gulf Canada (international new ventures), and ConocoPhillips Canada (Arctic exploration, gas field development, oil sands development). He spent 20 years working as a satellite image analyst searching for hydrocarbons and minerals in over 30 countries. He has been involved in 2 field discoveries as well as oil and gas field development. His most recent work is leading field trips and educating the public on topics of geological interest. He is the principal geologist for G.L. Prost GeoConsulting of El Cerrito, California. He has published five books: North America's Natural Wonders (2 volumes; Taylor & Francis, 2020); The Geology Companion: Essentials for Understanding the Earth (Taylor & Francis, 2018); Remote Sensing for Geoscientists: Image Analysis and Integration (third edition, Taylor & Francis, 2013); and the English-Spanish and Spanish-English Glossary of Geoscience Terms (Taylor & Francis, 1997). He is currently working on Geologic Tours of the World – South America's Natural Wonders and Europe's Natural Wonders.

<https://garyprostgeology.com/publications>

<https://www.researchgate.net/profile/Gary-Prost>

<https://www.linkedin.com/in/gary-prost-64287a16>

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

Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



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



Panorámica del Cerro El Viejo

Localidad, Región de Zaragoza, estado de Nuevo León.

Título, Cerro El Viejo.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo para conocer las litologías y sus características, tanto estratigráficas como estructurales, en la época en que pertencí al grupo de Geología Regional.

Descripción del Dibujo. La Panorámica es el paisaje que se visualiza desde la vereda de la Cd. de Zaragoza, en la región de Aramberri, N.L., el paisaje es hacia el norte donde se percibe la majestuosa montaña conocida como el Cerro El Viejo, con elevaciones de aproximadamente más de 3,450 msnm, altitud de las más elevadas en la Sierra Madre Oriental, se trata de una estructura de un flanco anticlinal con un sinclinal afectados por falla de cabalgamiento de capas cretácicas de la Tamaulipas inferior y de plataforma de la Formación. El Abra sobre rocas de tipo margas y calizas arcillosas de la Formación Méndez del Cretácico superior.



Panorámica del Cerro El Pilón.

Localidad, En la región de Villagrán, Tamaulipas.

Título, Cerro El Pilón.

Desarrollo del trabajo: Durante los trabajos de Geología Regional, se efectuó un recorrido sobre algunas localidades del frente de la Sierra Madre Oriental, me tocó la oportunidad de levantar y medir secciones estructurales junto con el Ing. David Colín y después por ahí efectuar mediciones estratigráficas de las secuencias jurásicas y cretácicas principalmente.

Descripción del Dibujo. En esta panorámica se observa al frente de montañas cabalgadas de la Sierra Madre Oriental en la región al norte del estado de Tamaulipas, específicamente entre la Cd. de Villagrán y las cercanías al poblado de Villa Mainero en el estado de Tamaulipas.

En esta región sobresale topográficamente el Cerro El Pilón, a 1,200 msnm, aproximadamente de altitud y cuya morfología es un punto de referencia en estas áreas.

Geológicamente se tratan de calizas del Cretácico inferior fuertemente plegadas y muy inclinadas, mismas que se encuentran cabalgando sobre las margas y lutitas arcillosas de las formaciones Méndez y calizas arcillosas con lutitas u bentonitas de la Formación San Felipe.



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 CATACTERICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS”. CDMX. VIA ZOOM

The Earliest Gulf of Mexico Explorers

Jon Blickwede

Colaborador de la Revista

As many of us regular readers of the *Revista Maya* have likely dedicated a good part of our careers to geological exploration of the Gulf of Mexico (GoM) region, I thought it might be fitting to remember some of the first GoM explorers.

I recently took an online course about pre-colonial Mesoamerica (Mexico and Central America), and one of the interesting things I learned is that the first exploration of the GoM by non-indigenous people is speculated by

some to have been by the Phoenicians, the most accomplished mariners in the world during the period before Christ. Apparently there is good evidence that the Phoenicians (based in the eastern Mediterranean) had already circumnavigated Africa by 600 B.C., so perhaps were at least *capable* of crossing the Atlantic Ocean. Their contemporaries in Mesoamerica were the Olmec people, who populated what is today the GoM coastal plain of southern Mexico. And on some of the Olmec sculptures found at the ruins of La Venta, near the GoM coast in Tabasco State, there are depictions of men wearing headgear reminiscent of the Phoenician style, pointed shoes, and sporting full beards (rare among native Mesoamericans). This may be pseudo-history, but it’s kind of fun to contemplate.



Phoenician Olmec

Though some might propose that the Vikings were likely the first Europeans to traverse the waters of the Gulf of Mexico, the first well-documented evidence of foreign exploration of the GoM comes from the first few decades after Cristobal Colón first set foot in the Americas in 1492. Surprisingly, Colón never entered the GoM on any of his four voyages. The first European explorer known to

navigate a portion of the GoM was actually the Italian Amerigo Vespucci, in 1497, who on his way back to Europe from the western Caribbean passed through the southeastern GoM and Straits of Florida. On Vespucci’s Caribbean/GoM expedition was Spanish cartographer Juan de la Cosa, who had also been a member of the crew on all of Colón’s New World voyages. After his return to

Sevilla, de la Cosa published the first known map of the Americas, the *Mappa Mundi* (reproduced here) published in 1500. Note the GoM and Caribbean were shown as being one and the same, and also the difference in accuracy of different portions of the map. Cuba and Hispaniola have a fair degree of detail as they were the first places to be colonized in the Americas. In particular, Hispaniola is depicted to have more or less the same shape we know today. In contrast, the very existence of the Yucatan Peninsula seems to have not yet been recognized, probably because Vespucci supposedly only sailed through the southeastern GoM, to the east of the peninsula.

In those earliest years of exploration, the Gulf of Mexico was called different names by the cartographers of Sevilla and elsewhere. As one might expect, initially it was named the *Mare Cathaynum* (Chinese Sea). Later, acknowledging the rapidly emerging doubts about the region's proximity to Asia, it was known variously as the *Sinus Magnus Antillarum* (Great Bay of the Antilles); the *Golfo de Flórida*; the *Golfo de Cortés*, in honor of the most important of the *conquistadores*, Hernán Cortés; and the *Mediterráneo de América*, an interesting foreshadowing of the more recent view that both marginal sea regions were at one time in much closer proximity, and part of the same Tethyan geological realm. But since 1550, the name that stuck has been the good old *Golfo de México*.



Juan de la Cosa's *Mappa Mundi* (1500), the first known map of the Americas, including the Gulf of Mexico/Caribbean (the "big bay" on the center-left of the map).
Source: <https://olinuris.library.cornell.edu/exhibitions/maps>



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

proyectos de geología sobre EEUU, México, Centroamerica y el Caribe para estas empresas. Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC (www.teyrageo.com), 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

Serpentinitas cizalladas, detríticas y oficalcitas del Valle de Pons en la Sierra de Los Órganos de Cuba occidental.

Humberto Álvarez-Sánchez

Colaborador de la Revista

1. Introducción.

Ch. W. Hatten (1957) fue el autor de la descripción de un complejo sedimentario aflorado en la Cordillera de Guaniguanico con localidades típicas en los valles de la Sierra de Los Órganos y en parte de sus relieves culminantes, agrupado bajo el nombre de Grupo Pinar y compuesto por tres unidades denominadas: Fm. Manacas, Vieja Wildflysch y Canalete Chert.

En la descripción original, para Hatten la unidad Vieja Wildflysch "se compone de roca serpentinizada altamente cizallada de color gris verdoso oscuro a verde azulado grisáceo..... esta roca serpentinizada tiene muchas texturas variadas..... Más a menudo, la serpentina es de grano muy fino a afanítica. Muchos bloques "exóticos" de anfibolita, esquistos de granate actinolita y rocas de hornblenda-cuarzo están encerrados por la roca serpentinizada..... Con frecuencia se encuentran algunos grandes bloques de conglomerado de cantos rodados con abundantes clastos calizos. Se han visto bloques de los metamórficos, así como del conglomerado, de hasta 6 a 8 pies de diámetro".

En relación con este término, wildflysch fue creado por Franz J. Kaufmann (1871) para referirse a los bloques exóticos en el flysch del Nagelfluh del Valle de Habkern (Şengör, 2003). En consecuencia es un concepto de la estructura de unos sedimentos y es considerado como uno de los antecedentes del término "mélange" (v. et. Festa *et al.*, 2010). Pocas unidades de la estratigrafía cubana, a partir de Hatten (1957) recibieron tantos nombres; unos descriptivos, otros litoestratigráficos y por fin genéticos. Entre ellos: "Big Boulders Beds" por Pszczółkowski (*et al.*, 1971); antes utilizado por Vermunt (1937) para "la facies de montaña de la Fm. Habana". "Melanges olistostrómicos" de Cobiella Reguera (1998) en la Sierra del Rosario. "Mélanges Zones" o Mélange Rocks" de Piotrowska (1978). Formación Pinos por Danilewski (1972) y Grodzicki (1972). Mélange Los Pinos en Pszczółkowski (*et al.*, 1975). Álvarez-Sánchez (1981, 1984 a, b), lo llamó "Miembro Lagunilla"; olistostroma de matriz terrígena.

La primera edición del Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez *et al.*, 1992, la llama "Vieja, olistostroma" (unidad informal) atribuida a Hatten (1957) y la tercera edición (Huelbes Alonso *et al.*, 2013) mantiene la misma nomenclatura. Pero Hatten nunca utilizó el termino "olistostroma". Nada extraño. Solo en 1959 Flores introduce los términos olistostroma y olistolito. Y así es Hatten incorrectamente presentado como autor de "Vieja, olistostroma". A su vez, olistostroma es un término genético. Designa un proceso específico de formación para

una sección de sedimentos acumulados bajo la acción de la fuerza de la gravedad, por lo general en ambientes marinos. Por tanto y en la actualidad, ni "wildflysch ni olistostroma" son partículas que puedan formar parte del nombre formal de la unidad nombrada por Hatten.

Otra de las descripciones más conocidas de este complejo de sedimentos es la de Nicolás M. Herrera (1961). En un trabajo de los más adelantados sobre la estratigrafía de la Sierra de Los Órganos y de la geología de Cuba occidental; describió en un perfil de Minas de Matahambre al poblado de Cabezas la Fm. Pinos (Santoniano al Eoceno Inferior), integrada por un complejo altamente deformado de rocas volcánicas, sedimentarias y serpentinitas, muy similar a la unidad llamada por Hatten "Vieja Wildflysch". Existen tres tipos de cuerpos de serpentinitas en la Cordillera de Guaniguanico. Estas son: serpentinitas cizalladas y serpentinitas masivas (Coleman, 1971) y las serpentinitas sedimentarias (Lockwood, 1971).

2. Serpentinitas cizalladas.

En la Cordillera de Guaniguanico el tipo más común y difundido son las serpentinitas cizalladas (y foliadas) que contienen inclusiones sedimentarias y metamórficas. Los cuerpos de serpentinitas cizalladas son numerosos y predominan en las olistostromas de la Sierra de Los Órganos y en la contigua Sierra del Rosario. En la parte central de la Sierra de Los Órganos se distribuyen con gran amplitud y flotan en el flysch ordenado de la Fm. Manacas, en agrupaciones o como cuerpos independientes, desde pequeños bloques métricos hasta cientos de metros, cubiertos con finas cortezas de serpentinita foliada o milonítica. Por su participación en las olistostromas del Maastrichtiano tardío hasta la parte alta del Eoceno Medio y servir de matriz de fajas de mezclas tectónicas ofiolíticas en gran parte del territorio de Cuba, resultan el tipo predominante de las tectonitas serpentiniticas de la isla e, inclusive, son conocidas en el Macizo Metamórfico Escambray del Sur de Cuba central (Álvarez-Sánchez, en Dublan y Álvarez-Sánchez, *et al.*, 1996).

Son rocas verde oscuro a verde claro a grisáceo, cortadas por innumerables grietas anastomosadas y superficies de resbalamiento, de aspecto brillante (reflejo grasiento; Rutten, 1938), rellenas por serpentinita fibrosa, cristales de actinolita, carbonato y cuarzo (Wassall y Pardo, 1952; Pardo, 1953; Knipper y Cabrera, 1974; Álvarez Sánchez y Bernal Rodríguez, 2015 y otros). El denso cizallamiento alcanza a los clastos rocosos e inclusive los rota en estructuras envolventes. Sedosas al tacto Pardo (1953) las llamaba en Cuba central "waxi serpentines". Al golpearlas con el martillo suelen deshacerse en esquirlas lenticulares, budinas (Figura 1) y "sets" de cizallas hasta el nivel de los cristales; características adquiridas durante su ascenso a la superficie bajo la acción de una fuerte presión.

La deformación de la matriz de soporte es de estilo diferente respecto a la masa ultramáfica y no tan intensa hecho sugerente de una deformación previa a su incorporación dentro de la matriz sedimentaria y posterior deformación adicional en conjunto con las secuencias

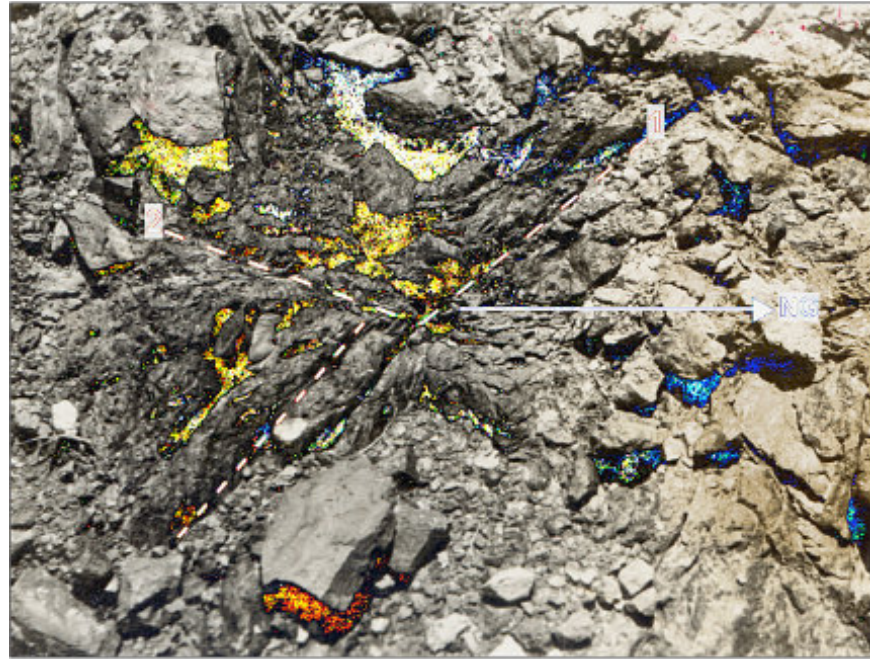


Figura.1. Olistolito de serpentinita cizallada al W de la Sierra Quemado. NG: Norte geográfico. 1-Dirección de ejes de budinas coincidente con el sistema de fallas laterales que provocan retrocabalgamientos de Norte a Sur. La dirección 2 coincide con el sistema de fallas secundarias conjugadas que cortan a las primeras. El cuadro expresa claramente la evidencia de la deformación conjunta de olistolitos y soportes, en una etapa póstuma del emplazamiento de los nappes (Foto del autor, 1979).

sobre las cuales descansan; en cuyo caso se puede observar la sucesión de deformaciones y las discrepancias entre matriz y olistolitos. En parches mejor conservados y budinas se observan relictos de harzburgita serpentinizada con fragmentos de olivino y ortopiroxeno. Estas apoharzburgíticas son predominantes. El reemplazamiento de los minerales originales por crecimientos sucesivos de bastita, lizardita, antigorita, serpofita y crisotilo, es casi completo en la mayor parte de los casos. En las variedades más compactas y frescas que ocurren hacia los centros de los cuerpos, son de color verde a negro con fábrica blastoporfídica-reticular, con bastita en placas de contornos coalescentes con la masa, en cristales milimétricos, como regla reemplazando al piroxeno. La alteración limita determinar la composición primitiva para establecer la homogeneidad de cuerpos asociados en el espacio. Otras veces los relictos mejor conservados, permiten establecer diferencias entre las rocas originarias de las serpentinitas.

Una regularidad común, es cierta proporcionalidad entre las dimensiones de los cuerpos de rocas empastados o soportados por las serpentinitas y el tamaño de los cuerpos de serpentinitas que las engloban. Pero esta observación no se puede generalizar a todos los casos, ya que existen cuerpos de rocas consistentes (gabros, enclaves de calizas, vulcanitas) que pueden alcanzar decenas, cientos de metros y también kilómetros (Macizo de Cabeza de Horacio o Jagua) que, parecen estar cubiertos solo por una fina camisa de serpentinita esquistosa o milonítica. Cientos de cuerpos, desde pequeños bloques de algunos metros hasta 1500 metros por su eje largo y hasta 300 m de exposición por el eje corto (megaolistolitos, según Rigo de Righi; 1956 en Hoedemaeker, 1973) se pueden observar aflorados en superficie, con finas cortezas de meteorización que no ocultan su continuidad. Los cuerpos flotan claramente en la sección superior del flysch ordenado de la Fm. Manacas,

y en la olistostroma. Con más frecuencia se pueden seguir cuerpos entre 100 a 200 metros por unos 30 a 50 metros por el eje corto.

La diferencia de estas rocas cizalladas con las llamadas "masivas" es convencional, relacionada estrechamente con el estado de los bordes externos de los cuerpos y, a su vez, dicho estado depende de las dimensiones. De hecho se pueden observar cuerpos completamente cizallados aislados, en cuyo caso son generalmente pequeños. Pero cuando las dimensiones son más considerables, se puede observar una zonación de las deformaciones tectónicas que se atenúan hacia el interior. Tal característica observada de forma bastante regular; es en realidad la base de la diferenciación (cartográfica) entre serpentinitas masivas y cizalladas. El hecho de que a menudo serpentinitas cizalladas y masivas se vean separadas es un probable resultado de su complejo mecanismo de emplazamiento en el marco de importantes procesos de la tectónica regional.

3. Serpentinitas detríticas.

Sedimentos de serpentinitas, inclusive areniscas y conglomerados con clastos de lavas, radiolaritas, calizas pelágicas del techo ofiolítico de la corteza oceánica así como metasomatitas, oficalcitas, liswanitas e inclusiones ígneas rodingíticas, son reportados en muchas regiones del planeta, relacionados con la erosión de peridotitas alteradas por metamorfismo oceánico. A tales depósitos se asocian serpentinitas compactas o foliadas, adosadas a los sedimentos mediante mecanismos tectónicos o gravitacionales y, en muchos casos, suelen ser portadoras de bloques de rocas metamórficas al parecer dragadas de la profundidad en bloques de serpentinitas cizallada y miloníticas. Buenos ejemplos entre multitud de ellos son las serpentinitas detríticas (Figura 2) junto a cuerpos masivos de la región de Pénzhina (Rusia oriental) (Robertson, 1988-2000).

En el Complejo Ofiolítico de Ingalls en la parte central de las montañas Cascade Macdonald, *et al.*, (2005) describen la Formación Peshastin (Jurásico Inferior a Superior), integrada por lodolitas que sostiene fragmentos conglomeráticos de grauvacas, lutitas, y chert, abundantes brechas de ofiolitas y serpentinitas detríticas asociadas con las brechas ofiolíticas.

En secuencias del Cretácico temprano de Hokkaido se describen los conglomerados, areniscas y lutitas de serpentinitas de la Formación Kamiji (Yoshida, *et al.*, 2010), como producto de la sedimentación turbidítica de corrientes de alta densidad y flujos cohesivos de detritos. Lockwood (1971) en un conocido artículo, describe localidades numerosas de serpentinitas detríticas en diversos ambientes y fue uno de los primeros en

establecer criterios para el reconocimiento de estos importantes productos sedimentarios, de gran valor en la reconstrucción de condiciones tectónicas específicas.

En Cuba se describen en regiones de la isla con afloramientos de los complejos ofiolíticos o en sectores con olistostromas de participación ofiolítica. Cobiella-Reguera (1978) en las olistostromas de la Fm. La Picota al sur de la Sierra del Cristal de Cuba oriental, describe avalanchas submarinas y turbiditas de serpentinita con la sucesión Bouma, con microfauna planctónica. En la provincia de Camaguey, Iturralde-Vinent (1994) refiere serpentinitas originadas por corrientes de sedimentos en las olistostromas de la Fm. Senado del Eoceno Medio Tardío.



Figura.2. Serpentinitas detríticas estratificadas en la región de la Península de Chukotka. Área del Río Penzhina. Rusia oriental. (Tomada de Robertson, 1988-2000).

Al admitirse el origen sedimentario por flujos detríticos acuosos, hecho bien destacado por las estructuras sinsedimentarias de la matriz que rodea a los bloques; surge la cuestión del estado de la propia matriz y el de las inclusiones, así como la fuente de unas y de otras. Para la matriz no es claro si el estado de su alteración fue causada por fluidos activos en el emplazamiento inicial de las rocas o posterior a su depósito en los fondos de la cuenca durante su diagénesis. Tal conjunto de incertidumbres son típicas en los afloramientos de mezclas de tectonitas ofiolíticas y es difícil determinar convincentemente si el metasomatismo fue un proceso ocurrido antes o después de la emersión de las ofiolitas en el fondo marino (Barnes *et al.*, 2014; Boschi *et al.*, 2006) (v. Álvarez-Sánchez y Bernal, 2021).

Si hay un párrafo que puede caracterizar a estos materiales podría ser el siguiente: Composición litológica altamente heterogénea. Estructura directamente derivada de su acumulación en un medio fluido a través de flujos repetidos. Clastos y bloques englobados por una matriz areno-arcillosa formada por materiales de litología equivalente a los sólidos cohesivos que soporta.

Afloramientos de productos detríticos de serpentinitas y rocas serpentiniticas asociadas similares fueron estudiados por Álvarez-Sánchez (1981, 1984a) en los Valles Occidentales de la Sierra de Los Organos (Pons, Pica Pica, Quemado, Gramales y otros), donde ocupan una posición en la parte superior del flysch estratificado más característico de la Fm. Manacas, en gran parte de los casos. Las referencias a material detrítico en la Fm. Manacas derivado de la erosión de serpentinitas de rasgos distinguibles del resto de las serpentinitas masivas y foliadas, fue mencionado primero por Hatten (1957)¹ y es un hecho notable que esta clase peculiar de sedimento pudo ser descubierto en Cuba desde mucho antes (Whitney Lewis, 1932).²

En Valle de Pons y Valle de Quemado (al Sur de Pons), las serpentinitas detríticas forman lentes desordenados y relativamente limitados en su extensión. Estas rocas consisten de una masa de granos arenáceos y fragmentos de serpentinitas que forman una masa intensamente alterada, en varias localidades sin una estructura aparente y de escasa cohesión, mientras en otras evidencian algunos rasgos de estratificación. El aspecto de la masa es incoherente, deleznable y detrítico; con una estructura

granular fragmentada. La alteración intensa le confiere un color blanquecino a grisáceo.

Al microscopio revelan estar formada por granos de serpentinita clorítica de tamaño arena hasta grava (microbrecha) con un cemento débil de calcita pulverulenta y escasos cristales de dolomita y cuarzo (v. Lockwood. *op. cit.*, pag. 930. Criterio N° 6), mezclados con detritos terrígenos de composición equivalente a las areniscas del flysch estratificado de Manacas. A causa del proceso de su formación la composición no es un uniforme y la proporción de serpentinitas y terrígenos en la mezcla cambia y alternativamente predomina en los afloramientos sin seguir orden alguno.

En la composición de los bloques participan clastos de decímetros hasta varios metros de rocas calcosilicadas, calizas recristalizadas silicificadas afines al corte jurásico, chert de radiolarios vulcanoclastos básicos y ácidos, calizas pelitomórficas parecida a la Fm. Ancón; fragmentos de

rocas plutónicas macrogranudas muy alteradas, gabros rodingíticos, esquistos semejantes a listwanitas, oficalcitas, esquistos verdes con y sin granate y otros fragmentos de areniscas, cuarcitas; sin agotar el registro. Es decir, una fase de bloques formadas bajo condiciones tectónicas, metamórficas y metasomáticas diferentes; no esencialmente distinta de las inclusiones mecánicamente empotradas en las serpentinitas cohesivas.

4. Oficalcitas.

Rocas fragmentarias de composición peculiar se pueden observar flotando en la matriz blanquecina en los enclaves serpentiniticos y en sitios con serpentinitas granulosas, argumentadas en este trabajo como detríticas. Se componen de una masa fragmentaria de serpentinita, en ocasiones con finísimos fragmentos de chert, aglutinados por una red poligonal de grietas rellenas por microesparita blanquecina a calcita espática o dolomita (Figura 3). En sección delgada las serpentinitas contienen piroxenos y olivino cloritizado, anfíboles fibrosos,



Figura.3. Brechas de oficalcitas del tipo OC2 (Boillot and Froitzheim, 2001), compuesta por fragmentos de serpentinas y pequeños fragmentos de chert, cementados por calcita espática y dolomita y cruzadas por una densa trama de grietas rellenas de calcita fibrosa y cristalina. El color de la masa es rojo marrón, y verde rojizo. Los clastos de la brecha flotan en agregado granular arenáceo de serpentinita. Zona de Los Pozos, al Oeste de Pons (Foto del autor, 1977).

magnetita oxidada y limonita que mancha la serpentinita y le confiere un tono ocreo a rojo marrón. Los clastos y bloques no sobrepasan algunos decímetros hasta 1 m y yacen embutidos en enclaves deformados de la serpentinita detrítica arenosa, aparentemente

estratificada que, a su vez, flota en las serpentinitas detríticas alteradas. De acuerdo a tales características se trata de oficalcitas y, en gran parte, el resto de la masa de serpentinitas denominadas aquí como "serpentinitas detríticas" son también algún tipo de rocas ultramáficas

metasomáticas, carbonatadas o magnesianas, relacionadas con el proceso de génesis de las oficalcitas.

Al parecer el creador del término fue Brongniart (1821). Vuagnat (1959), nombró rocas de este tipo bajo el nombre de ofisferites. Por primera vez se identificaron en Cuba por Ducloz y Vuagnat (1962)³, aunque no en los valles occidentales, región del posible primer reporte en la Sierra de Los Órganos (Álvarez Sánchez, 1981, *ined.*).

Estas rocas tempranamente fueron interpretadas como productos de metamorfismo de contacto por Steimann (1905-1913); carbonatitas magmáticas por Bailey y McCallien en 1960 y, curiosamente, como productos de alteración subaérea y caliches por Folk y McBride en 1976 y también Cobiella-Reguera (1978), quien pudo ser el descubridor de oficalcitas en las olistostromas de Cuba oriental; pero las supuso como producto de la meteorización laterítica.⁴

Las oficalcitas se describen como brechas o cataclasitas de serpentinita en una matriz de carbonatos, por lo general calcita. Según Lemoine *et al.*, 1987, un grupo de oficalcitas

se consideran relacionadas con metasomatosis hidrotermal mientras otro grupo parecen derivarse de resedimentación y procesos de debris flow en los fondos marinos. En consecuencia, las del primer grupo suelen presentarse como masivas y cruzadas por una malla densa de calcita en tanto las segundas se presentan como brechas sedimentarias de matriz calcítica (Figura 3) y las capas y masas de serpentinitas detríticas sobre las cuales las oficalcitas flotan, se pueden considerar como brechas, producto del deslizamiento de masas. Modelos de mecanismos eficientes de este tipo pueden verse en (Robertson, 2007).

4.1. Origen.

Para Bernoulli y Weissert, 1985, son el producto de la combinación de tectónica y sedimentación que produce el reemplazamiento de las serpentinitas por calcita, cementación por calcita y calcita magnesial y relleno en las redes de grietas preexistentes. También Desmurs, *et al.*, 2001, describen las oficalcitas como "un complejo de brechas, que incluye fragmentos de serpentinita en una matriz blanca de calcita espática y/o microesparita rosada o roja".



Figura. 4. Imagen ilustrativa. Oficalcita de la región de La Spezia Province, Liguria, Italia (Tomado de mindat.org).

¹ "In the area covered by this report, the serpentine are intimately associated with the Manacas Formation, which is Lower Eocene age. The two can be seen to be interbedded. Reworked ultramafic debris can also be found in the sediment of the Manacas Formation" (Hatten, 1957, epigrapher. 4.109021).

² However, there is a large percentage of serpentinitic material in some of the occurrences in Havana Province. One of these encountered in a well, consists of reconsolidated water-lain clastic serpentine which would be considered a serpentine sill were it not for the presence of numerous well preserved foraminifers. (Whitney Lewis, 1932).

³ De plus, on trouve en certains endroits, près du contact, des roches mixtes très semblables aux ophicalcites alpines. A noter qu'il est assez fréquent d'observer ce dernier type de roche lorsque les serpentinites sont en contact avec des formations non carbonatées. A noter également que le long de ces contacts il n'est pas rare de trouver des veines ou parfois des groupes assez importants de silice finement cristallisée. Un autre phénomène qui peut accompagner les précédents consiste en un rougissement des oficalcitas dû notamment au développement d'un pigment hématitique. (Ducloz et Vuagnat, 1962).

⁴ Es característico de algunos afloramientos frescos el presentar clastos de serpentinitas con diverso grado de alteración, desde no meteorizadas, hasta aquellas ocrizadas y cortadas por vetas de sílice o calcita, similares a las visibles en la actualidad en las partes bajas de los perfiles lateríticos. Fm. La Picota. (Cobiella, 1978, pag. 47).

En general, se cree que resultan del afloramiento del manto a los fondos oceánicos producto de movimientos tectónicos (Bernoulli *et al.*, 2003). Las oficalcitas se han encontrado en los fondos marinos actuales, recuperadas en sondeos de profundidad, en sitios relacionadas con procesos de alteración de las serpentinitas y los mecanismos de su ascenso a la superficie.

Flujos de lodos serpentiniticos en la zona de subducción de Las Marianas son descritos por Fryer (Fryer, 2012) descubiertos durante la expedición del Alvin e identificados como acumulaciones de lodos blancos de serpentinita eyectadas a la superficie del fondo por conductos relacionados con fallas rellenas de peridotitas pulverizadas mediante la expansión producto de la serpentización y la liberación de metano (ver Francheteau *et al.*, 1984). También oficalcitas del Ordovícico, son interpretadas como producto de la combinación de procesos hidrotermales y tectónicos sedimentarios actuando sobre las ofiolitas del fondo oceánico con la participación de actividad bacteriana en fumarolas blancas (Lavoie, 1997).

Las oficalcitas se consideran probables firmas geológicas de los procesos de ruptura continental y la expansión del fondo del océano en los márgenes pasivos no volcánicos (Boillot y Froitzheim, 2001; Desmurs, *et al.*, 2001; Lemoine y Gauthier, 2002). La presencia de fragmentos de chert, serpentinitas y clastos de calizas pelágicas, representan las brechas sedimentarias originadas en el techo del complejo ofiolítico, expuestas en el fondo marino, cuyo resultado es la formación de brechas por reemplazamiento y cementación de las serpentinitas por carbonatos y mezclas magnésicas, talco y minerales ferruginosos en las redes de grietas (Bernoulli y Weissert, 1985).

4.2. Distribución.

Las oficalcitas son conocidas en varios entornos de los Alpes peninos; en los Pirineos occidentales de Francia, en la región vasco-cantábrica (DeFelipe, *et al.*, 2012); en las ofiolitas de Córcega (Lemoine y Gauthier, 2002); en los Alpes de Davos en el Cantón de los Grisones las oficalcitas se superponen a radiolaritas de la cubierta oceánica originadas por un proceso combinado tectónico-sedimentario y las brechas de oficalcitas ocurren a lo largo de los cuerpos de las rocas ultramáficas (Bernoulli y Weissert, 1985; Boillot y Froitzheim, 2001). En Kimi Evia, Grecia, las oficalcitas ocurren en el flysch de Kimi del Cretácico-Paleógeno; interpretadas como partes de márgenes serpentiniticos (Karkalis, 2018).

Referencias.

Álvarez Sánchez, H., 1981, Síntesis de la Evolución Geotectónica de la Sierra de los Órganos apoyada en el estudio de la Geología del Valle de Pons. 272 págs. 108 figs. (Inédito). CUPR. Tesis de la Universidad de Pinar del Río. Cuba.
Álvarez-Sánchez, H., 1984a, La secuencia de las Formaciones Pons, Ancón y Manacas, en la parte central de la Sierra de los Órganos. Cuba. *Resúmenes del XXVII Congreso Geológico Intern. Moscú.*

Álvarez-Sánchez, H., 1984b, Estratigrafía de la Sierra de Los Órganos y la significación tectónica y paleogeográfica de las olistostromas del Valle de Pons. XXVII, *Int. Geol. Congres. Moscú (abstract). Serie Geol. Mimbás. 5 Pág. La Habana.*

Álvarez Sánchez, H. F., Bernal Rodríguez L. R., 2015, Los melanges Santa Clara y Descanso del cinturón ofiolítico de Cuba Central. *Memorias de Geociencia. VI Convención de Ciencias de la Tierra. La Habana, Cuba.*

Álvarez Sánchez, H y Luis R. Bernal, L. R., 2021, Rodingitas y listwanitas. Procesos metasomáticos típicos de las rocas ultramáficas. *Revista Maya de Geociencias. Julio 2021 (P. 81-83).*

Bailey, E.B., and McCallien, W.J., 1960, Some aspects of the Steinmann Trinity, mainly chemical: *Quarterly Journal of the Geological Society of London, v. 116, p. 365-395.*

Barnes, J. D., Beltrando, M., Lee, A., Cin-Ty., Cisneros, M., Loewy, S., Chin, E., 2014, Geochemistry of Alpine serpentinites from rifting to subduction: A view across paleogeographic domains and metamorphic grade. *Chemical Geology 389 (2014) 29-47.*

Bernoulli, D., Weissert, H., 1985, Sedimentary fabrics in Alpine ophiolites, South Pennine Arosa Zone. *Switzerland Geology, 13, p. 755-758.*

Bernoulli, D., Manatschal, G., Desmurs, L., 2003, Where did Gustav Steinmann see the trinity? Back to the roots of an Alpine ophiolite concept. *Geological Society of America. Special Paper 373.*

Boschi, Ch., Früh-Green, G. L., and Escartín, J., 2006, Occurrence and significance of serpentinite-hosted, talc- and amphibole-rich fault rocks in modern oceanic settings and ophiolite complexes: an overview. *Ophioliti, 2006, 31 (2), 129-140*

Boillot, G., and Froitzheim, N., 2001, Non-volcanic rifted margins, continental break-up and the onset of sea-floor spreading: some outstanding questions, in Wilson, R.C.L., Whitmarsh, R.B., Taylor, B., and Froitzheim, N., eds., *Non-volcanic rifting of continental margins: A comparison of evidence from land and sea: London, Geological Society of London Special Publication, v 187, p. 9-30.*

Brongniart, A., 1821, Sur le gisement ou position relative des ophiolites, euphotides, jaspes, etc. dans quelques parties des Apennins, *Ann. Mines recueil Mem. Exploit. Mines 6 (1821) 177-238.*

Cobiella Reguera, J., 1978, Una mélange en Cuba oriental. *La Minería en Cuba, Vol. 4, No 4, 46-51.*

Cobiella Reguera, J., 1998, Las melanges de Sierra del Rosario, Cuba occidental. Tipos e importancia regional. *Rev. Min. y Geol. Vol XV, No. 2.*

Coleman R. G., 1971, Petrology and Geophysical nature of serpentinites. *Geol. Soc. of Am. Bull. V. 82, P. 897-918, 6 figs.*

Danilewski, D., 1972, Esquema general de la composición tectónico-estructural de la Zona de Los Mogotes en el área Pons-San Vicente (Sierra de los Órganos). *Actas No. 2. Acad. de Cienc. de Cuba.*

DeFelipe, I., Pedreira, D., Pulgar, J.A., Iriarte, E. & Mendia, M., 2012, Petrography and C and O stable isotope composition of ophiolites in the Western Pyrenees/Eastern Cantabrian Mountains: geodynamic implications. *Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, EGU2012-12448, 2012.*

Desmurs, L., Manatschal, G., and Bernoulli, D., 2001, The Steinmann Trinity revisited: mantle exhumation and magmatism along an ocean-continent transition: the Platta nappe, eastern Switzerland. *Society, London, Special Publications 2001, v. 187, p. 235-266.*

Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H. (Editores), 1986, Dublan, L., Álvarez-Sánchez H.; Mlcoch, B.; Mañour, J.; Lledíaz, P.; Molak, B.; Vázquez, C.; Snopkova, P.; De los Santos, E., Soucek, J.; Pérez, M.; Mihailova, A.; Bernal, I.; Zoubek, J.; Ordoñez, M.; Soucek, J.; Morousek, J.; Svetska, J.; Marshall, W.; Pérez-Conde, R.; González, E.; Rodríguez, R.; Informe Final del levantamiento geológico y evaluación de los minerales útiles en escala 1:50,000 del Polígono CAME-I, Zona Centro. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 1,402 Págs. 250 mapas. (Inédito).*

Ducloz, Ch et Vuagnat, M., 1962, À propos de l'âge des serpentinites de Cuba. *Archives des Sciences. Soc. Phys. et d' Histoire Naturelle. Génève Vol. 15, Fasc. 2. 309-332.*

Festa, A., Pini, G. A., Dilek, Y., Codegone, G., 2010, Mélanges and mélange-forming processes: a historical overview and new concepts. *International Geology Review. Vol. 52, Nos. 10-12, pp 1040-1105.*

Flores, G., 1959, Evidence of slump phenomena (Olistostromes) in areas of hydrocarbon exploration in Sicily. *Proceedings 5th World Petroleum Congress, Sect. 1, pag. 13. 30 May-5 June, New York, USA (WPC-8013).*

Folk, R. L., and McBride, E.F., 1976, Possible pedogenic origin of Ligurian ophiolite: A Mesozoic calichified serpentinite. *Geology, v. 4, p. 327-332.*

Francheteau J. Needham D., Juteau T., Rangin C. El nacimiento de un océano. *CONACYT, México, 1984.*

Franco-Álvarez, G. L. (Editor), *et al.*, 1992, Léxico Estratigráfico de Cuba. *Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 p. (Primera versión). (Inédito).*

Fryer P., 2012, Serpentinite Mud Volcanism: Observations, Processes, and Implications. *Annual Review of Marine Science. Vol. 4: 345-373. DOI:10.1146/annurev-marine-120710-100922.*

Grodzicki, J., 1972, Características del Miembro Manacas de la Formación Pons al Este de la Sierra de San Carlos, Provincia de Pinar del Río. *Actas No. 2, Instituto de Geología y Paleontología. La Habana.*

Hatten, Ch. W., 1957, Geology of the Central Sierra de los Órganos. Pinar del Río Province Cuba. 48 págs. 19 figs. *Fondo Geológico Nacional. La Habana. Cuba.*

Herrera N. M., 1961, Contribución a la estratigrafía de la Provincia de Pinar del Río. *Rev. Soc. Cubana de Ingenieros. Vol. LXI. No. 1,2. págs. 2-24.*

Hoedemaeker, Ph. J., 1973, Olistostromes and other delapsional deposits and their occurrence in the region of Moratalla (Province of Murcia, Spain). *Scripta Geol., No. 19, 207 págs. Leiden, Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie.*

Huelves Alonso de, J. y Colectivo de autores, 2013, Léxico Estratigráfico de Cuba. Tercera versión. *Inst. de Geol. y Paleont. Serv. Geol. de Cuba. La Habana. Cuba. ISBN: 978-959-7117-58-2.*

Iturralde-Vinent, M., 1994, Geología de las ofiolitas de Cuba. *En M. A. Iturralde-Vinent, editor. Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba. IUGS/UNESCO. Project 364. Special Contribution Nº.1. Págs. 83-130.*

Karkalis, Ch., 2018, Serpentinization and Metasomatism. (MSc Thesis). *National and Kapodistrian University of Athens. Faculty of Geology and Geoenvironment. Department of Mineralogy and Petrology.*

Knipper, A. L. y Cabrera, R., 1974, Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y eugeosinclinal del cinturón hiperbásico de Cuba. *Public. Especial n. 2. Contribución a la geología de Cuba Instituto de Geol. Acad. de Ciencias de Cuba. 15-77*

Lavoie, D., 1997, Hydrothermal Vent Bacterial Community in Ordovician Ophiolite, Southern Quebec Appalachians. *Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes, Vol. 67 (1997) No. 1. (January), Pages 47-53.*

Lemoine, M., Tricart, P., Boillot, G., 1987, Ultramafic and gabbroic ocean floor of the Ligurian Tethys (Alps, Corsica, Apennines). *In search of a genetic imodel. Geology, 15, (7), 622-625.*

Lockwood J. P., 1971, Sedimentary and gravity-slide Emplacement of serpentinite. *Geol. Sec. of Am. Bull. v 82 P. 919-936, 6 figs.*

Lemoine, M. et Gauthier, A., 2002, Ophiolites et schistes lustrés corses: modes de gisement, comparaisons alpines. *Ophioliti, 2002, 27 (2), 103-108.*

Macdonald Jr., J. H., Mlinarevic, A. N., Harper, G. D., Miller, R. B., Miller, J. S. and Schultz, C. E., 2005, Sedimentary Serpentinites of the Ingalls Ophiolite Complex: Further Evidence of a Fracture Zone Setting. *Joint Meeting Pacific Section, AAPG & Cordilleran Section GSA April 29-May 1, 2005, San José, California.*

Pardo, G., 1953, Geologic exploration. Cuban Gulf Oil Company. *CNFG. La Habana. (ined.).*

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

Pszczółkowski, A., 1971, Jurassic, Cretaceous and Paleogene deposits of Sierra del Rosario (Cuba). *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Terre. V. 19; 249-259*. Warszawa.

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

Robertson A. H .F. (project co-ordinator); Accretionary Tectonics of the Late Mesozoic Thrust-Fold Belt of North-East Russia. *INTAS 96-1880 (June 1998 - May 2000) Russian Geoport. Accretion Tectonics*.

Robertson, A. H. F., 2007, Evidence of continental breakup from the Newfoundland rifted margin (Ocean Drilling Program Leg 210): Lower Cretaceous seafloor formed by exhumation of subcontinental mantle lithosphere, and the transition to seafloor spreading. In *Tucholke, B.E., Sibuet, J.-C., and Klaus, A. (Eds.), Proc. ODP, Sci. Results, 210: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1-69*.

Rutten, M. G., 1938, Geología de la parte Norte de la Provincia de Santa Clara, Cuba. *Boletín de Minas Nº 16. Secretaría de Agricultura. La Habana*.

Şengör, A. M. C., 2003, The repeated rediscovery of mélanges and its implications for the possibility and the role of objective evidence in the scientific enterprise. In

Dilek, Y. and Newcomb, S. (edit), 2003, Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought. Geol. Soc. Of Ame. Especial Paper 373. 504 pp.

Steinmann, G., 1905, Geologische Beobachtungen in den Alpen, II. Die Schardtsche Ueberfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolithischen Massengesteine. *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau, v. 16, p. 18-67*.

Steinmann, G., 1913, Über Tiefenabsätze des Oberjura im Apennin. *Geologische Rundschau, v. 4, p. 572-575*.

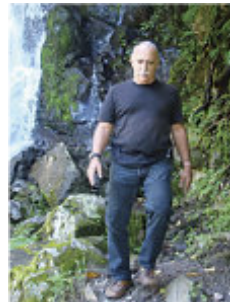
Vermunt L. W. J., 1937, Geology of the Province of Pinar del Río, Cuba. *Geogr. Geol. Mededeel, Utrecht, Phys. Geol. Reeks No. 13 pp 1-60, 3 lam. 2 map*.

Vuagnat, M., 1959, Preliminary Report on the investigation of ultramafic rocks in Cuba. *Comisión de Fomento Nacional para el mapa geológico de Cuba. La Habana. (Edit. for private circulation). Inst. Cubano de Cartografía y Geodesia. La Habana. 35 pags*.

Whitney Lewis, J., 1932, Geology of Cuba. *AAPG Bull. Vol.16. N.6*.

Wassall, H., Pardo, G., 1954, Geologic memorando HW-18. Seibabo-Santa Clara-Falcón areas. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba (inédito)*.

Kohki Yoshida, Yasuhiro Iba, Shuichi Taki, Masaru Sugawara, Tatsuro Tsugane, Yoshinori Hikida, 2010, Deposition of serpentine-bearing conglomerate and its implications for Early Cretaceous tectonics in northern Japan. *Sedimentary Geology 223, 1-14*.



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

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

geodoxo@gmail.com

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

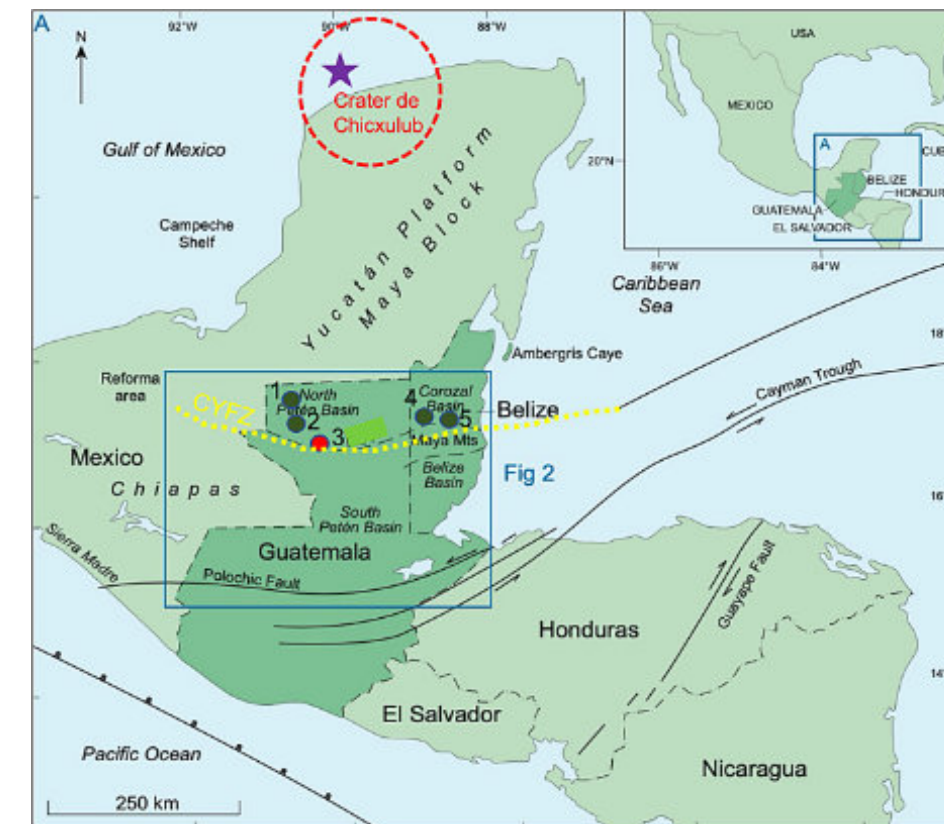


Figura 1. 1-Campo Xan, 2-Campo Chocop, 3-Campo Ocultún, 4-Campo Spanish Lookout, 5-Campo Never Delay, Estrella purpura es el sitio de núcleos de la Expedición 364. CYFZ = Zone de Falla Yucatán Central Modificada de Petersen, et al, 2021.

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

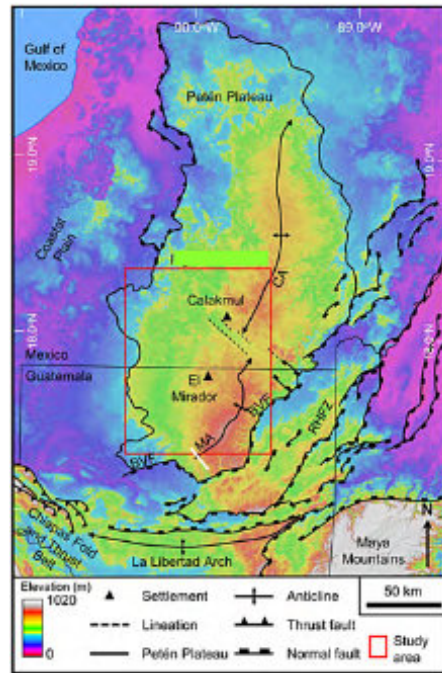


Figura 2. MA=Anticlinal Mirador, CA=Anticlinal Calakmul. Línea blanca es la ubicación aproximada de la línea sísmica en Figura 3. Modificada de Ensley, et al, 2021.

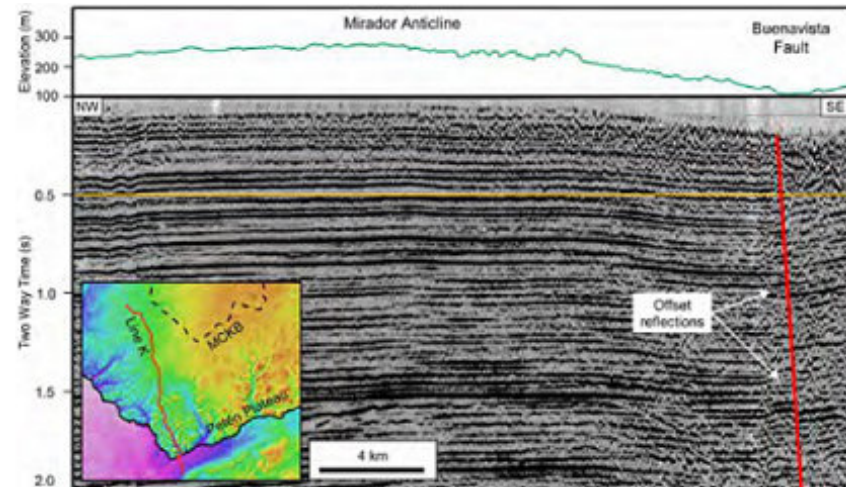


Figura 3. Línea sísmica mostrando el extremo sur del Anticlinal Mirador. De Ensley et al, 2021.

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.

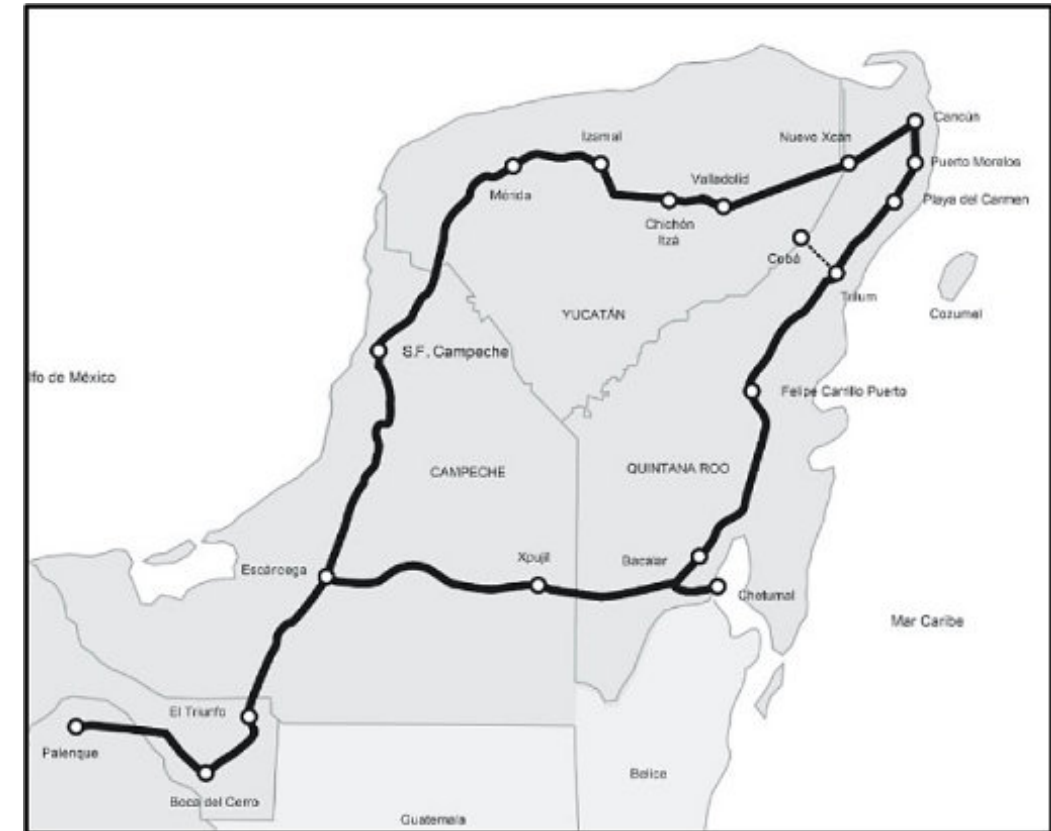


Figura 4. Ruta del Tren Maya.

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.

MISCELÁNEOS

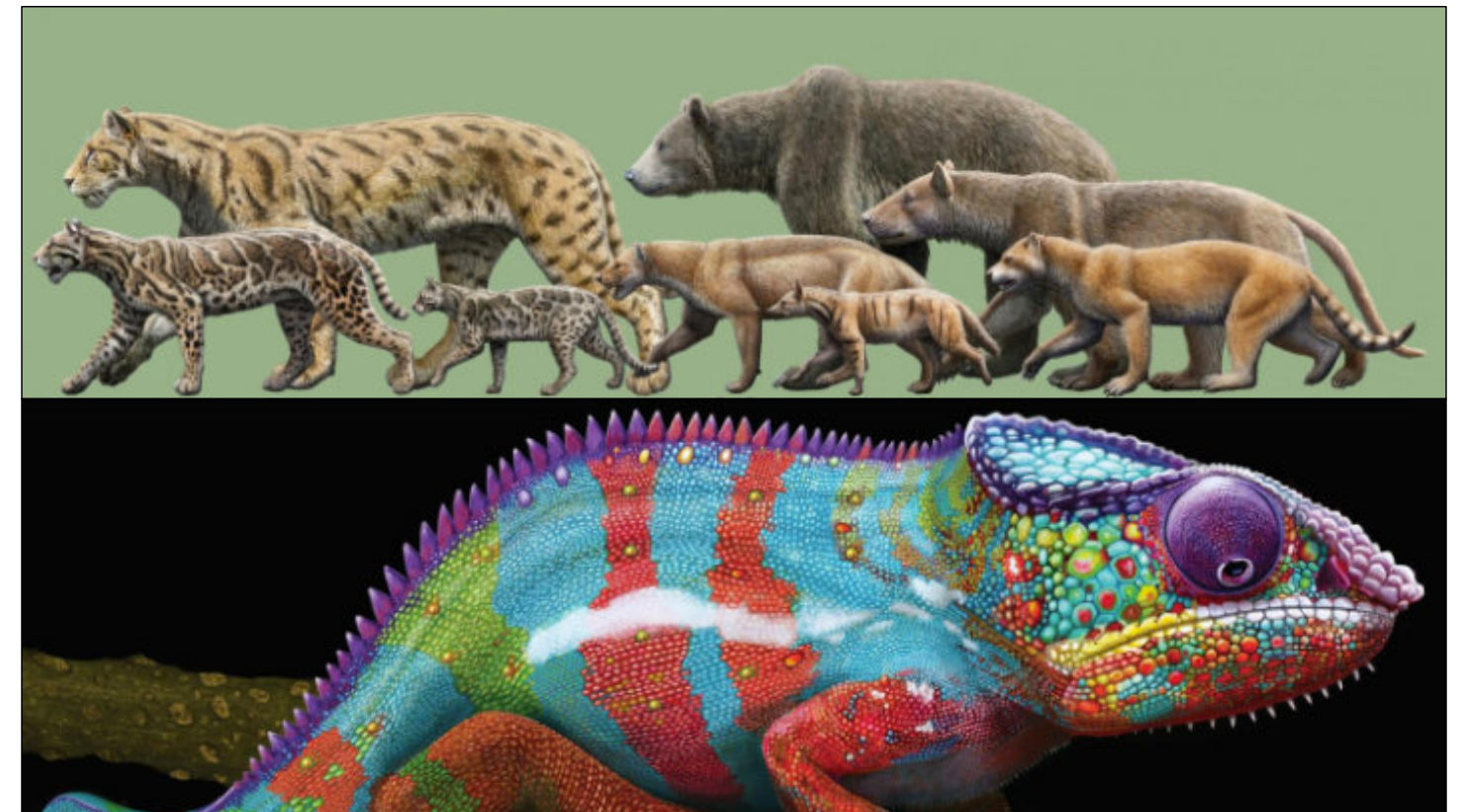
Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



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 Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España

Haz click en la imagen



La casa del océano ártico

https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_Ocean

<https://www.britannica.com/place/Arctic-Ocean>

<https://www.worldatlas.com/articles/the-marginal-seas-of-the-arctic-ocean.html>

<https://earthclipse.com/science/geography/arctic-ocean.html>

<https://smartclass4kids.com/arctic-ocean-facts/>

<https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/arctic-ocean>

<https://www.britannica.com/summary/Arctic-Ocean>

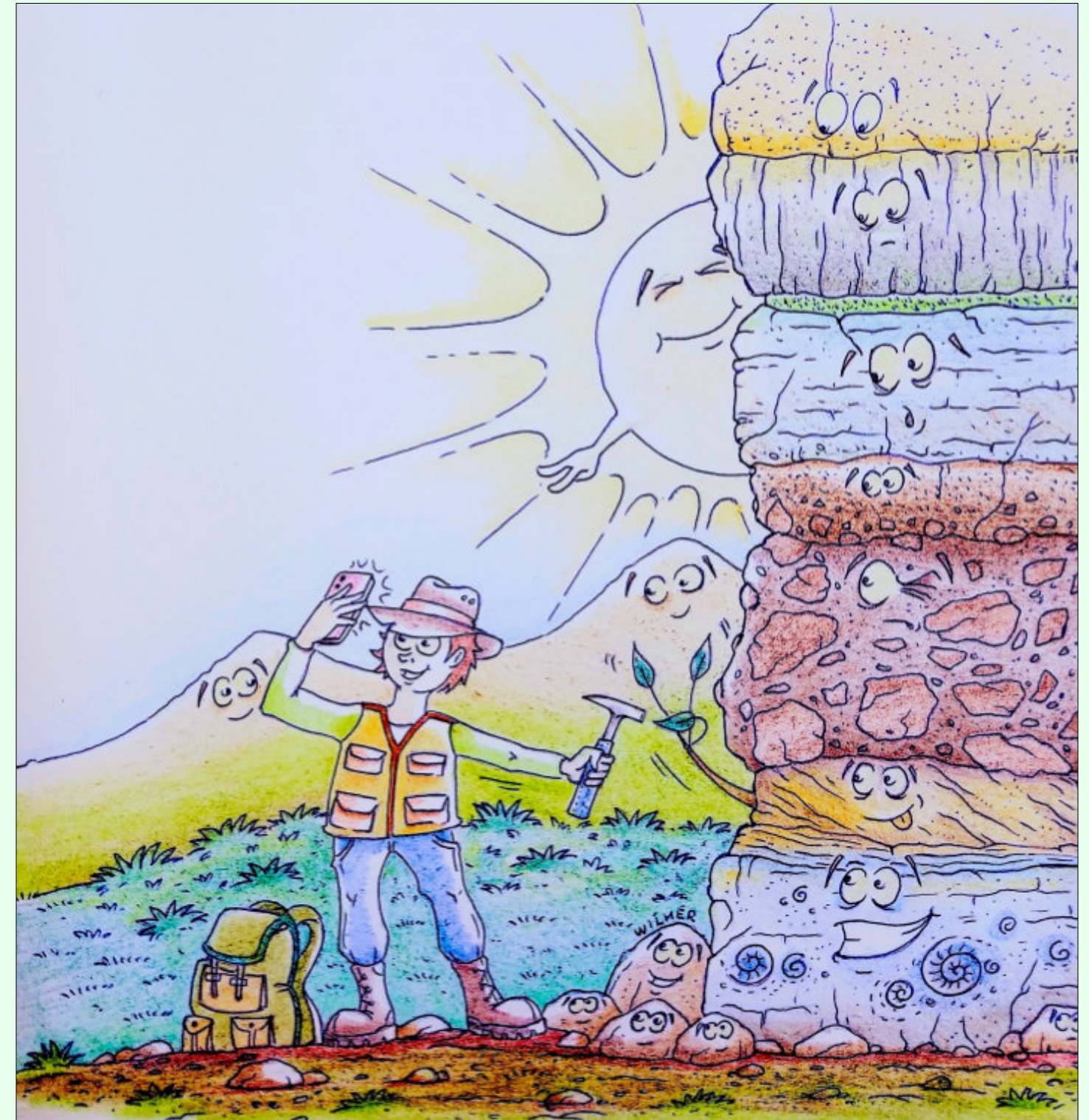
<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05205-y>

<https://www.cia.gov/the-world-factbook/oceans/arctic-ocean/>

Compilado por **Uriel Franco Jaramillo** Colaborador de la Revista.



CONCURSO DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA 2023



Por **Wilmer Pérez Gil** (wilmerperezgil5@gmail.com)

CONCURSO DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA 2023

La Revista Maya de Geociencias y la empresa Corporación Ambiental de México S.A. de C.V. (CAM) hacen una atenta invitación para que los estudiantes de geociencias de cualquier país envíen a partir del 1 de enero hasta el 30 de octubre del 2023 sus fotografías de afloramientos para participar en el Concurso de Fotografía Geológica. El jurado, que se conformará más adelante por Editores de la RMG y personal de la empresa CAM, decidirán quiénes son los ganadores el día 30 de noviembre del 2023. Con las fotografías sometidas al concurso se creará un album fotográfico para su publicación en un tomo especial de la Revista.

BASES:

1. Solamente se puede someter una fotografía por estudiante.
2. El tamaño de la fotografía deberá tener un lado máximo de 1,000 Píxeles.
3. Incluya su nombre y dirección de correo electrónico. La descripción de la fotografía no deberá exceder 100 palabras.
4. Las fotografías deberán enviarse por correo electrónico a los Editores: Bernardo García Amador y Luis A. Valencia Flores: bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu; luis.valencia.11@outlook.com con fecha límite del 30 de octubre del 2023.

PREMIOS:

El día 30 de noviembre del 2023, se darán a conocer los tres ganadores del concurso, siendo los premios como se indica a continuación:

- Primer lugar: La cantidad de \$25,000 pesos mexicanos (aprox. \$1,250 dólares).
 Segundo lugar: La cantidad de \$15,000 pesos mexicanos (aprox. \$750 dólares).
 Tercer lugar: La cantidad de \$10,000 pesos mexicanos (aprox. \$500 dólares).

* Los premios y gastos asociados los patrocinará la empresa Corporación Ambiental de México (CAM), con domicilio en Monterrey, Nuevo León, México.

GEOLOGICAL PHOTOGRAPHY CONTEST 2023

The Revista Maya de Geociencias and the Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V. (CAM) cordially invite students of the geosciences from any country to participate in this contest by sending us their outcrop photographs between the 1st of January and the 30th of October, 2023 in order to participate in this Geological Photography Contest. The judges, to be selected by the Editors of the RMG and personnel from CAM, will decide upon the winners the 30th of November 2023. An album will be published from submitted photos in a special issue of the RMG.

RULES:

1. You may submit only one photograph per person.
2. The photograph should be a maximum of 1,000 pixels per edge.
3. Include your name and email address in the description of the photograph, which should not exceed 100 words.
4. Email the photograph to Editors Bernardo García Amador and Luis Valencia Flores by the 30th of October, 2023: bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu; luis.valencia.11@outlook.com

PRIZES:

The winners of the contest will be revealed on the 30th of November, 2023 with the following prizes.

- First place: 25,000 Mexican pesos (approximately \$US 1,250).
 Second place: 15,000 Mexican pesos (approximately \$US 750).
 Third place: 10,000 Mexican pesos (approximately \$US 500).

* Prizes and associated expenses will be provided by the Corporación Ambiental de México headquartered in Monterrey, Nuevo León, México.

Tesis selectas presentadas en la U.N.A.M. en 2021

Compilación realizada por Miguel Vázquez Diego Gabriel, Colaborador de la Revista

Caracterización y modelo geológico a partir de la exploración magnetométrica en San Andrés Lagunas, Oaxaca
Velasco Lindero, Miguel Ángel

Análisis espectral del campo magnético y gravimétrico para la estimación de profundidades a partir del espectro radial y la deconvolución de Euler
Velázquez García, Leonel Gerardo

Slow slip events and tectonic tremor in the mexican subduction zone :implications for seismic hazard
Villafuerte Urbina, Carlos David

Caracterización morfométrica de las edades y evolución post-eruptiva de conos volcánicos monogenéticos a partir de modelos digitales de elevación
Zarazua Carbajal, Maria Cristina

Modelo tridimensional de la caldera de los humeros; implicaciones geológicas y geotérmicas
Fernández Maya, Francisco Omail

Estudio termotectónico de la unidad granitoides esperanza mediante U-Pb y trazas de fisión en apatitos
Florez Amaya, Sandra Lorena

Configuración del basamento rocoso del centro histórico de Querétaro en base a datos de micro-gravimetría
Hernández Díaz de León, Saúl Abraham

La familia Cricetidae (orden rodentia) del neógeno tardío de México :bioestratigrafía, filogenia y paleoecología
Pacheco Castro, Adolfo

Generación de un modelo somero en la porción centro-sur de la cuenca de Chicontepepec a partir de la interpretación de mediciones geofísicas
Palazuelos Jiménez, Carolina

Re-evaluación litoestratigráfica del subsuelo del campo geotérmico de los humeros, Puebla, México
Peña Rodríguez, Daniela

Evaluación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa (soil slip) en el Volcán Popocatepetl
Pico Rodríguez, Eduard

Evolución del sistema polimodal de fallas normales del sur de la Mesa Central de México: implicaciones para el desarrollo de áreas afectadas por deformación triaxial frágil
Pilar Martínez, Alexis del

Sismotectónica del golfo y el istmo de Tehuantepec
Robayo Robayo, Adolfo David

Visión paleogeográfica del arco jurásico cordillerano en México a partir de paleomagnetismo en la Formación Nazas
Rodríguez Parra, Luis Alejandro

Aplicación del método magnetotelúrico para definir el sistema magmático del Complejo Volcánico de Colima, suroeste de México
Romo Lozano, Héctor Manuel

Caracterización petrofísica de rocas máficas fracturadas como reservorios de carbono (co2)
Solis Sanchez, Manuel Alejandro

Caverna del arte

Un periplo en la poesía francesa
Un voyage dans la poésie française
Salvador Ortuño Arzate
Colaborador de la Revista

Desde la cuna de galos y francos: emerge la literatura francesa moderna

Antes de nuestra era (año 58 a. C.), Cayo Julio César, el emperador romano, entra en la Galia llevando a cabo una cruenta guerra que él mismo describe en la obra escrita *La Guerra de las Galias (Bellum Gallicum)*. En su texto inicial, Julio César describe el panorama de las comunidades galas como sigue: *Liber Primus: "Gallia est omnis divisa in partes tres, quarum unam incolunt Belgae, aliam Aquitani, tertiam qui ipsorum lingua Celtae, nostra Galli appellantur. Hi omnes lingua, institutis, legibus inter se differunt". (Libro Primero: "La Galia está dividida en tres partes: una habitada por los belgas, otra por los aquitanos, la tercera por los que en su lengua se llaman celtas y, en la nuestra, galos. Todos ellos difieren unos de otros por la lengua, las instituciones y las leyes")*.

De esta historia latina, ya desde el siglo V d. C., Francia, así como otros países de Europa occidental fueron poblados por celtas indoeuropeos, que se les conocía con el nombre de galos en Francia, galeses en la Gran Bretaña y celtíberos y celtas en España y Portugal. Después, ya a partir del siglo XVI, la joven nación francesa posee una lengua madura y diferenciada de su antecesor el latín. En 1539 la lengua francesa es reconocida como idioma oficial de las comunidades galas organizadas y unificadas. El francés, hijo natural del latín, es una lengua que ha perdido toda variedad de acentuación tónica, dominando las pronunciaciones agudas; presentando, además, acortamiento de palabras y el uso de once vocales, a diferencia de sus hermanas, el español, el italiano y el portugués.

Así, la poesía francesa destaca sobre todo desde el final del Medioevo, el Renacimiento, y hasta la época contemporánea. Desde François Villon y Charles D'Orleans durante el final de los tiempos medievales, y hacia el siglo XVI en el grupo de la Pléyade con sus formas renacentistas; después Pierre de Ronsard, el barroquismo de François Malherbe, entre otros. Posteriormente, el siglo XIX, es el siglo del Romanticismo, con plumas ilustres y un esplendoroso sentimiento poético que surge con gran fuerza en el insigne Víctor Hugo, luego Gérard de Nerval, Alfred de Musset, Teófilo Gautier, José María de Hérédia, el *sui generis* Charles Baudelaire (y su connotada obra *Les Fleurs du Mal*)- precursor del simbolismo, escuela que incluiría a Paul Verlaine y Arthur Rimbaud, Jules Laforgue, Paul Claudel, *et ainsi de suite*. También, digno de mención, Paul Valéry, en la transición hacia el siglo XX, siguiendo Guillaume Apollinaire, Jules Supervielle, Francis Carco, Paul Éluard (y su revolucionario poema *Liberté*), Louis Aragon (*Brocéliande, Poème*; y cuya musa Elsa, es recordada en *Les yeux d'Elsa*, o la *Élégie à Pablo Neruda*), Jacques Prévert y Boris Vian (*Le Déserteur*), entre otros ilustres contemporáneos.

De manera prominente, ya hacia el final del siglo XIX, se manifiesta un cambio radical en el simbolismo francés, con la emergente irrupción de las creaciones intelectualistas y metafóricas, más allá de las sensaciones, de Stéphane Mallarmé (el último romántico y el primer decadente, según algunos críticos literarios); además, figura fundamental de los ortodoxos simbolistas. También, en *L'Après-Midi d'un Faune*, y otros poemas, una musicalidad impresionista (con nexos, recuérdese, al impresionismo-simbolismo de Claude Debussy), y hasta wagneriana (el simbolismo en la música de inusitado vigor de Richard Wagner), surge como un canto y en un idealismo suscitando, a la vez, aires platónicos. Así, en tal reminiscencia evocadora, mencionó Mallarmé que los objetos que palpamos, "son símbolos, reflejos y alusiones". Puntualizó, también, Mallarmé: *"Peindre non la chose, mais l'effet qu'elle produit"*. Y así, la poesía de Mallarmé parece buscar siempre el Absoluto, sobre la realidad material; es el Demiurgo que se refleja al hombre. De Mallarmé hemos elegido presentar el poema intitulado *Brise Marine*, como muestra de su maravillosa poesía.

Además, otra excelente impronta de la poesía francófona es también, la obra de José María de Hérédia (poeta cubano-francés), ya mencionado; de una fuerza creativa y poética desbordante. Edificando sublimes esculturas en lenguaje poético, iniciando así, el estilo parnasiano, de eminente recreación y alusión del espíritu griego. He aquí, una imagen alucinante en su melancólico poema *Soleil couchant*.

Stéphane Mallarmé (1842-1898)

BRISE MARINE

La chair est triste, hélas! et j'ai lu tous les livres.
Fuir! là-bas fuir! Je sens que des oiseaux sont ivres
D'être parmi l'écume inconnue et les cieus
Rien, ni les vieux jardins reflétés par les yeux
Ne retiendra ce cœur qui dans la mer se trempe
O nuits! ni la clarté déserte de ma lampe
Sur le vide papier que la blancheur défend
Et ni la jeune femme allaitant son enfant.
Je partirai! Steamer balançant ta mâture,
Lève l'ancre pour une exotique nature!

Un Ennui, désolé par les cruels espoirs,
Croit encore à l'adieu suprême des mouchoirs!
Et, peut-être, les mâts, invitant les orages
Sont-ils de ceux qu'un vent penche sur les naufrages
Perdus, sans mâts, sans mâts, ni fertiles îlots...
Mais, ô mon cœur, entends le chant des matelots!

Brisa Marina

¡La carne es triste, ay! y he leído todos los libros.
¡Huir! ¡Huir allá! Siento que los pájaros están ebrios
¡de estar entre la espuma desconocida y los cielos!
Nada, ni los viejos jardines reflejados por los ojos
no retendrá este corazón que en el mar se remoja
¡oh noches! ni la claridad desierta de mi lámpara
en el papel vacío que la blancura protege
y tampoco la joven mujer amamantando a su hijo.
¡Partiré! Buque de vapor balanceando tu arboladura,
¡leva el ancla hacia una exótica naturaleza!

Una lasitud, desolada por cruels esperanzas,
¡aún cree en la suprema despedida de los pañuelos!
Y, quizá, los mástiles, invocando las tormentas
son ellos de los que un viento se inclina sobre los naufragios
perdidos, sin mástiles, sin mástiles, ni islotes fértiles...
Pero, ¡oh corazón mío, escucha el canto de los marineros!



"Marina impresionista"

Óleo sobre tela, 40 x 30 cm.
Salvador Ortuño A.

José María de Hérédia (1842-1905)

SOLEIL COUCHANT

Les ajoncs éclatants, parure du granit,
Dorent l'âpre sommet que le couchant allume;
Au loin, brillante encor par sa barre d'écume,
La mer sans fin commence où la terre finit.

A me pieds c'est la nuit, le silence. Le nid
Se tait, l'homme est rentré sous le chaume qui fume.
Seul, l'Angélus du soir, ébranlé, dans la brume,
A la vaste rumeur de l'Océan s'unit.

Alors, comme du fond d'un abîme, des traînes,
Des landes, des ravins, montent des voix lointaines
De pâtres attardés ramenant le bétail.

L'horizon tout entier s'enveloppe dans l'ombre,
Et le soleil mourant, sur un ciel riche et sombre,
Ferme les branches d'or de son rouge éventail.

Les Trophées, La nature et le rêve, La mer en Bretagne.



"Puesta de sol"

Óleo sobre tela; 60 x 50 cm.
Salvador Ortuño A.

Referencias: Julio César, 58 a. C.- *Bellum Gallicum*; Prieto Carlos, 2010.- *Cinco mil años de palabras*; Orizet Jean, 1985.- *Les cent plus beaux poèmes de la langue française*; Fernández del Valle, A., 2002.- *¡Qué es la poesía? Introducción filosófica a la poética*.

Recolector de basura: Marrakech, Marruecos, 2007.

Fotografía de Claudio Bartolini



Vidas cruzadas: Ciudad de Nueva York, 2008.

Fotografía de Claudio Bartolini



Fotógrafo: semana santa en Granada, España 2011.

Fotografía de Claudio Bartolini



Glosario de términos geológicos

Compilado por:

E.P Saul Humberto Ricardez Medina

Colaborador de la Revista

Esta compilación selecta de términos geológicos que utilizan regularmente los profesionistas de las Ciencias de la Tierra tiene la intención de apoyar a aquellos estudiantes que requieran de una referencia sobre el tema.

Desastre: se refiere a la alteración que se genera por el impacto de un fenómeno de origen natural o producto de la acción del ser humano, incidiendo directamente en el funcionamiento de una sociedad.

Riesgo: Evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. El riesgo, el peligro y la vulnerabilidad se expresan en términos de probabilidad, entre 1 y 100.

Peligro-Amenaza: se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico, potencialmente dañino para un periodo de tiempo específico, en una localidad o zona conocidas.

Vulnerabilidad: Se define como el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o de un conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro-amenaza. La vulnerabilidad puede ser de distintos tipos: física, social, económica, cultural, institucional, entre otros.

Capacidades: entendidas como la combinación de todas las fortalezas, atributos, conocimientos y recursos que tiene una persona o grupo de personas y que están disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización, para reducir su exposición al riesgo de desastre.

Mitigación: Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad.

Prevención: Conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre.

Respuesta ante una emergencia: Suma de decisiones y acciones tomadas durante e inmediatamente después del desastre, incluyendo acciones de evaluación del riesgo, socorro inmediato y rehabilitación.

Reconstrucción: Recuperación del estado pre-desastre, tomando en cuenta las medidas de prevención necesarias y adoptadas de las lecciones dejadas por el desastre.

Rehabilitación: Acciones que se realizan inmediatamente después del desastre. Consiste fundamentalmente en la recuperación temporal de los servicios básicos (agua, desagüe, comunicaciones, alimentación y otros) que permitan normalizar las actividades.

Fuente de información: Ulloa, F. (2011). Manual de gestión de riesgos de desastre para comunicadores sociales: una guía práctica para el comunicador social comprometido en informar y formar para salvar vidas. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Sitio Web: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219184#:~:text=F%C3%B3rmula%20del%20Riesgo%3A%20RIESGO%20%3D%20AMENAZA,impacto%20que%20se%20manifiestan%20en>



Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"

Maestría en Geofísica Aplicada

El Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), en su misión de satisfacer la formación continua de profesionales y la actualización del conocimiento científico y tecnológico en las Geociencias, convoca a su nuevo programa de la Maestría en Geofísica Aplicada en su 1ª edición para 2023.

Líneas de investigación:

- ✓ Geofísica aplicada a la búsqueda, exploración y explotación de hidrocarburos.
- ✓ Geofísica aplicada a la búsqueda, exploración y explotación de minerales sólidos.
- ✓ Geofísica aplicada a la Ingeniería Geológica.
- ✓ Geofísica aplicada a los estudios hidrogeológicos.
- ✓ Geofísica aplicada a los estudios ambientales.
- ✓ Geofísica aplicada a los estudios arqueológicos y forenses.
- ✓ Geofísica Agrícola y Forestal.
- ✓ Aplicaciones de las Matemáticas y la Informática a la resolución de problemas de las Geociencias.

PROGRAMA GENERAL

El programa consiste en un proceso de formación científica que se estructura en un sistema de influencias planificadas de carácter científico, docente, metodológico y educativo. En este proceso la investigación científica tiene un papel protagónico, tanto por el desarrollo de las actividades del programa del eje central que incluyen talleres, seminarios, participación en eventos, publicaciones, relacionadas con el tema de investigación seleccionado, como por el tipo de evaluación prevista en la generalidad de los cursos del programa de formación académica. Durante el desarrollo de la tesis el estudiante trabajará bajo la dirección de un tutor y en vínculo con otros especialistas y participantes del programa, que desarrollen temas afines. El Programa incluye 28 cursos nominalizados entre obligatorios y opcionales. El cursante debe obtener como mínimo 21 créditos en la componente teórico metodológica, de los cuales 12 son obligatorios y 9 opcionales, y 39 créditos como mínimo en las actividades investigativas que conforman el eje central del Programa. En total 60 créditos a alcanzar.

Requisitos de ingreso (presentación de documentos):

- Planilla de solicitud de matrícula.
- Título universitario de Ingeniero Geofísico, Ingeniero Geólogo u otra carrera universitaria afín al perfil de la Maestría, y una fotocopia.
- Currículo Profesional actualizado.
- Dos fotos carnê de 2,5 cm X 2,5 cm.
- Propuesta fundamentada de la idea de investigación científica que desarrollará durante los estudios de la maestría.
- Carta de la dirección del centro de trabajo en la que se autorice, fundamente y se comprometa a apoyar y dar facilidades al aspirante para el desarrollo de sus estudios.

Objetivos:

- Seleccionar adecuadamente las combinaciones racionales de métodos geofísicos para resolver tareas geológicas en las áreas del conocimiento del programa de la maestría.
- Saber redactar, dirigir, ejecutar y supervisar los proyectos de investigación en el campo de la Geofísica Aplicada.
- Desarrollar correctamente los procesos de adquisición, procesamiento, representación e interpretación de datos para resolver problemas geológico geofísicos en las áreas del conocimiento del programa de maestría.
- Analizar críticamente la literatura científica sobre temas de la Geofísica Aplicada en particular y las Geociencias en general.
- Defender los resultados de su trabajo científico de forma clara, coherente, lógica y concisa, tanto de forma escrita, como oral.

Fechas importantes:

Período de solicitud del ingreso y de la matrícula: 1º al 28 de febrero de 2023.

Análisis y aprobación por el Comité Académico: 1º al 30 de marzo de 2023.

Información del resultado del análisis del Comité Académico: 31 de marzo de 2023.

Formalización de la matrícula en la Secretaría: 3 al 21 de abril de 2023

Inicio de la 1ª edición de la maestría: 24 de abril de 2023.

Comité académico:

Dr. José Antonio Díaz Duque (Coordinador). jaduque@civil.cujae.edu.cu
 Dra. Marina Vega Carreño mvega@civil.cujae.edu.cu
 Dr. Carlos Sacasas León. csl@civil.cujae.edu.cu
 Dr. Emilio Escartín Sauleda. escartin@civil.cujae.edu.cu
 Dr. Rolando García Sánchez rgarcia@civil.cujae.edu.cu



CONTACTOS

Para mayor información contactar al Comité Académico a través de:

Prof. Dr. Ing. José A. Díaz Duque

jaduque@civil.cujae.edu.cu

Teléfonos: (53) 7266-3262/ 7266-3263/ 7266-3491

https://www.aapg.org/global/latinamerica/events/workshop/articleid/64214?utm_source=informz&utm_medium=email&utm_campaign=Change%20campaign%20name%20at%20mailing%20level&_zs=vQwDb1&_zl=Fs3n8#151472116-program

AAPG
Advancing the World of Petroleum Geosciences™

Join, Renew or Reinstate membership

HOME / ABOUT / SCIENCE / CAREER / EVENTS / PUBLICATIONS / STORE / HELP

Home > Global > Latin America & Caribbean

SHARE THIS PAGE [in] [f] [t] [e] Input your search...

LATIN AMERICA & CARIBBEAN EVENTS

Recent Discoveries, Exploration Opportunities and Sustainable Development Strategies in Caribbean Basins

Wednesday, 8 February – Thursday, 9 February 2023, 8:00 a.m.–6:00 p.m. | Barranquilla, Colombia

CARIBBEAN 2023
Geosciences Technology Workshop
Recent Discoveries, Exploration Opportunities and Sustainable Development Strategies in Caribbean Basins
8-9 February 2023
Barranquilla, Colombia

Co-hosted by ACGGP, SOVG, GSTT

What Can I Do?

- Register Online
- Become a Sponsor
- Exhibits Available
- Housing Available
- Add to Calendar
- Save*
- Recommend

Diamond Sponsor

Gold Sponsor

Silver Sponsor / Coffee Breaks

Silver Sponsor / Notepads

Bronze Sponsor

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

The AAPG Latin America & Caribbean Region, the Colombian Association of Petroleum Geologists and Geologists (ACGGP), the Geological Society of Trinidad and Tobago (GSTT) and the Venezuelan Society of Geophysical Engineers (SOVG) invite you to join us for Recent Discoveries, Exploration Opportunities and Sustainable Development Strategies in Caribbean Basins, a geosciences technology workshop (GTW) designed to facilitate learning, sharing, and open discussion among all attendees.

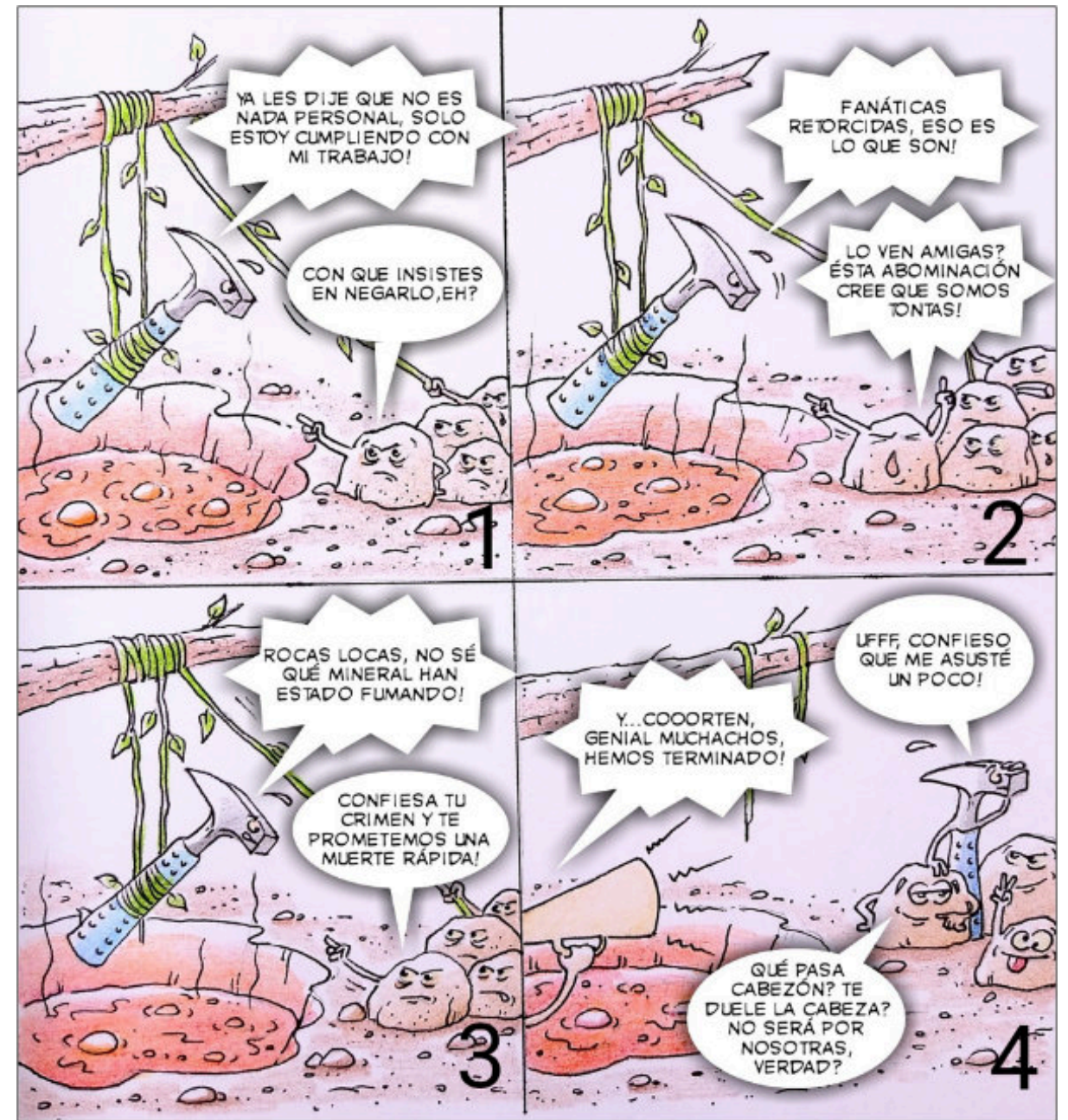
The 2-day in-person workshop features a series of technical presentations, panels, roundtable discussions and networking opportunities with industry leaders, government representatives and technical experts working in **Colombia and Trinidad & Tobago.**

The event is designed for geologists, geophysicists, engineers, executives, students and business development professionals who are interested in learning strategies for success in some of the region's most exciting energy markets.

With Support From

About Us

Events



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

EXPLORE ICELAND

Iceland, island country located in the North Atlantic Ocean. Lying on the constantly active geologic border between North America and Europe, Iceland is a land of vivid contrasts of climate, geography, and culture. Sparkling glaciers, such as Vatna Glacier (Vatnajökull), Europe's largest, lie across its ruggedly beautiful mountain ranges; abundant abundant hot springs and aquifers provide heat for many of the country's homes and buildings and allow for hothouse agriculture year-round; and the offshore Gulf Stream provides a surprisingly mild climate for what is one of the northernmost inhabited places on the planet.

<https://exploringtheearth.com/2016/07/05/geological-journey-iceland-land-fire-ice-part-1/>

<https://guidetoiceland.is/best-of-iceland/top-11-travel-tips-in-iceland>

<https://www.visiticeland.com/>

<https://www.nationalgeographic.com/expeditions/destinations/europe/journeys/reykjavik-selfoss-iceland-tour/>

<https://www.nordicvisitor.com/blog/top-iceland-travel-tips-explore-iceland/>

<https://college.lclark.edu/live/profiles/10862-land-of-fire-and-ice-exploring-iceland-with>

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

<https://www.youtube.com/watch?v=0-0E5bWBG18>

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/>

Asociación de Geólogos y Geofísicos
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



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

Universidad Tecnológica
del Cibao Oriental,
República Dominicana

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





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