

**FEBRERO
2025**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



A



B



C



D



E



F



G

FEBRERO
2025



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

Portada de la revista: *Sieberella coeymanensis*, a guide fossil to the lowermost Devonian (Helderbergian) in New York and nearby states. Originally established as a member of the gypidulid brachiopod genus *Gypidula*, it rather belongs to the related ribbed genus *Sieberella*. It is the most common brachiopod in the Coeymans Limestone of the Helderberg Group. Photo by **Dr. Robert B. Blodgett**.

Specimen is from the collections of **Dr. Howard R. Feldman** in the lower Hudson Valley New York. Blodgett and Feldman are redescribing and illustrating much of the Lower Devonian brachiopod fauna of the Hudson Valley region.

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

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

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

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

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

Revista de difusión y
divulgación geocientífica.

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



Josh Rosenfeld (Ph.D.). He obtained an M.A. from the University of Miami in 1978, and a Ph.D. from Binghamton University in 1981. Josh joined Amoco Production Company as a petroleum geologist working from 1980 to 1999 in Houston, Mexico and Colombia. Upon retiring from Amoco, Josh was employed by Veritas DGC until

2002 on exploration projects in Mexico. He has been a member of HGS since 1980 and AAPG since 1981, and currently does geology from his home in Granbury, Texas.

jhrosenfeld@gmail.com



Claudio Bartolini (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America. Claudio was an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of the Americas. He is a

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

COLABORADORES



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



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



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

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

geodoxo@gmail.com

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

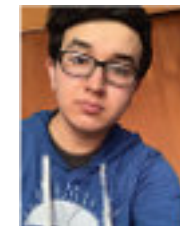
ensilvacruz@gmail.com



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

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

lup@comunidad.unam.mx



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniera), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

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

diegogabriel807@gmail.com

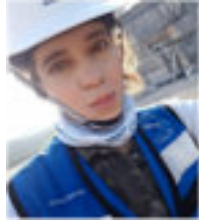


Rafael Tenreyro Pérez, se gradúa de ingeniero en geofísica de exploración de petróleo en 1974 en la Academia Estatal de Petróleo de Azerbaiyán, Master en Ciencias en Geología del Petróleo en la Universidad Politécnica CUJAE de la Habana en 1981 y Doctor en ciencias en Geofísica de Exploración la Universidad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

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

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

tenreyro2015@gmail.com



Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

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

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

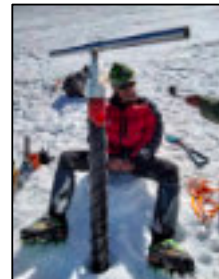
gleon.laura@gmail.com



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

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

r.avalos@astrocamp.mx



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

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



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

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

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

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

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

norma.olvera@atmosfera.unam.mx

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

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

Estimados colegas,

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

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



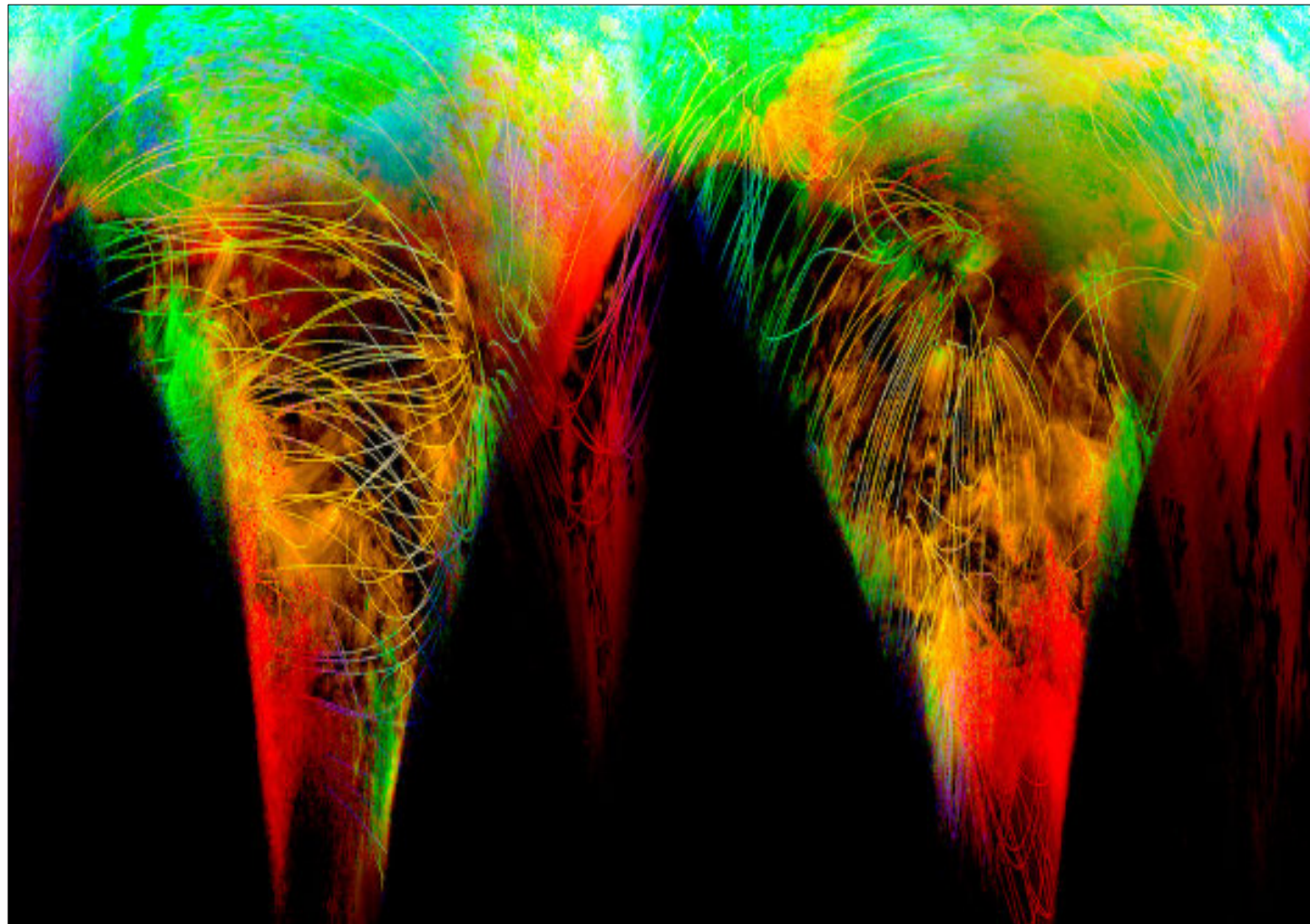
Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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



Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: **la voluntad**

Albert Einstein



Dos neuronas comunicándose para resolver un problema. Imagen por Claudio Bartolini.

<https://www.jornada.com.mx/2024/12/30/ciencias/a06n1cie>

en **CIENCIAS**

LA JORNADA DE ENMEDIO
Lunes 30 de diciembre de 2024

Revista Maya de Geociencias celebra su tercer aniversario

En el foro entre académicos de Estados Unidos, México y América Latina han colaborado investigadores de 11 países

ERINET GÓMEZ

Antes años de su creación, la Revista Maya de Geociencias —un canal de difusión y divulgación de ciencias de la Tierra— se ha consolidado como un puente para que académicos de Estados Unidos, México y América Latina formen una comunidad en la cual compartir experiencias, ideas e hipótesis sobre esta disciplina.

Así lo valora Bernardo Ignacio García Amador, profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y uno de los editores de esta publicación de tipo autogestiva, no lucrativa.

“Al principio la considerábamos un foro donde colegas que desean explicar un tema de forma sencilla podían encontrar un espacio. Pero con el tiempo se ha convertido en un vínculo mediante el cual investigadores originarios de varias partes del continente han entrado en contacto y creado una comunidad”, dijo en entrevista con *La Jornada*.

El primer número salió a la luz en febrero de 2021 —en pleno confinamiento por el covid-19—, y hasta la fecha se han publicado trabajos de 11 países, con autores y coautores de 16 nacionalidades diferentes. La diversidad de artículos ha dado a la edición carácter idiomático (inglés/ español).

Entre sus textos más leídos se encuentra “Regreso a la Luna: Exploración y recursos”, en el cual los especialistas William A. Ambrose y Bruce Castiglia, de la Universidad de Texas, abundan sobre las características de la geología del satélite.

El equipo fundador al está integrado por Claudio Bartolini, geólogo con 25 años de experiencia en minería y exploración petrolera; Luis Ángel Valencia Flores, académico del Instituto Politécnico Nacional (IPN), con 20 años de trabajo en proyectos de planeación y perforación de campos; y el propio García Amador, colaborador del laboratorio de paleomagnetismo del Instituto de Geociencias de la UNAM. Más tarde se unió Josh Rosenfeld, geólogo petrolero.

“La pandemia fue un nicho de oportunidad, en lugar de ser dificultades, que claro que las hubo, queríamos preparar algo. Estábamos muy inquietos, nos reunimos por Zoom y nos preguntamos: ¿qué hacemos, qué hacemos? Hasta que dijimos vamos a hacer una revista digital, gratuita, libre, con cero pretensiones”, contó el geólogo.

Desde entonces, se han diseñado 40 ediciones de forma continua. Al principio, el equipo editorial armaba un PDF y lo compartía por correo electrónico a sus contactos, ahora cuentan con página web: <https://revistamaya.com>.

Entre los textos que la integran, destacan: notas geológicas, semblanzas de pioneros de la geociencia, geofísica y geología, biografías de investigadores activos, y fotografías. También tiene secciones dedicadas a la difusión de laboratorios, centros de investigación, congresos de encuestas, y resúmenes de tesis de la UNAM y el IPN.

García Amador estimó que una sección muy relevante es la Caverna del Ariz, donde los colegas que tienen una vena artística pueden expresarse: “Los colaboradores que pintan, nos envían fotografías de sus cuadros, los que hacen poesía nos mandan sus versos, otros escriben cuentos, y los testimonios”.

Resaltó que el primer número

DICIEMBRE 2024

MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

Robots humanoides lograrán en 2025 nivel universitario

SINGLA PERSONA

El crecimiento explosivo de los robots humanoides representa una transformación destacada en el panorama de innovación de China durante 2024.

Debido a que una abundancia de capital estimula al sector emergente, las máquinas de apariencia humana están siendo perfeccionadas para que alcancen una agilidad superior y sus aplicaciones versátiles se están volviendo cada vez más evidentes en una serie de escenarios.

“Los robots humanoides ahora han alcanzado el nivel educativo de un estudiante de secundaria o preparatoria, y se espera que presenten el examen de ingreso a la universidad el año próximo, lo que augura su despliegue en más escenarios”, comentó Ha Debo, director general de Kepler Robot de Shanghai.

Capacidades nuevas

En marzo, Unitree Robotics de Hangzhou publicó un video que mostraba a su robot humanoide Unitree H1 de 50 kilos cuando realizó una voltereta de pie, la primera vez para un humanoide eléctrico de escala real.

Dos meses después, un robot desarrollado por RobotEra de Pekín se inclinó a la Gran Muralla, mostrando su estabilidad y fortaleza en diferentes tipos de terreno. El nuevo modelo Star1, de una firma de reciente creación con sede en Pekín, también completó una carrera de larga distancia en el desierto de Gobi en octubre, donde alcanzó una velocidad de seis metros por segundo.

Entre *AI de Shenzhen* presentó al robot con el andar más parecido al humano y el video promocional se volvió viral de inmediato.

La evolución de estos robots ha captado la atención del público en plataformas y ha asegurado un capital riesgo para impulsar su crecimiento.

En enero a secuelas de 2024, cuando menos hubo 60 eventos de financiamiento de robots humanoides a nivel mundial, en los que se recaudaron más de mil 500 millones de dólares. De esos eventos, 56 tuvieron lugar en China, de acuerdo con datos parciales de GGI, una consultora para industrias emergentes con sede en Shenzhen.

El tamaño del mercado de robots humanoides en China en 2024 es de aproximadamente mil 700 millones de yuanes, mostró una guía de precios publicada recientemente.

Entre los temas que aborda incluye la transición energética

9

Apreciables lectoras y lectores,

En febrero de 2021, hace ya cuatro años, un puñado de camaradas de las geociencias comenzaron esta aventura de la Revista Maya de Geociencias (RMG), sin imaginar lo que pasaría. Parece poco, pero a lo largo de la publicación de 46 números regulares y 21 ediciones especiales, el camino se ha vuelto ya una travesía hacia nuevos mundos y posibilidades. Es así, que en este número mensual de febrero de 2025 se comienza un año más para continuar construyendo la revista hecha por la comunidad y para la comunidad de Ciencias de la Tierra.

En esta reflexión del 4to aniversario de la RMG, queremos reiterar nuestro agradecimiento a las y los colaboradores de la revista, así como a ustedes que se toman un tiempo para compartir, edificar y disfrutar un pedacito de las geociencias a través de este medio. Asimismo, desearles que este nuevo año de la RMG sea una aventura llena de números con asombrosos temas, datos curiosos, arte y mucho más.

Sinceramente,

Los editores

Dear Readers,

In February 2021, four years ago, a handful of geoscience comrades began the adventure of the Revista Maya de Geociencias (RMG), without imagining what would happen. This apparently minor event has led to the publication of 48 regular issues and 21 special issues, along a path that has now become a major road into new worlds and possibilities. With this February 2025 monthly issue we begin another year of the Revista, built by the geoscience community, for the geoscience community.

With this thoughtful reflection upon the 4th anniversary of the RMG, we wish to reiterate our thanks to the collaborators of the Revista, as well as to those contributors that through this medium have taken the time to share, educate and help us enjoy different aspects of the geosciences. We also send our wishes that this new year of the RMG adventure is filled with outstanding themes, curious data, art and much more.

Sincerely,

The Editors

CONTENIDO

**FEBRERO
2025**

Semblanzas.....	12
Obituarios.....	15
Pioneros de las Geociencias – Petrofísica.....	18
Miscelanea de imágenes.....	39
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	43
Los libros recomendados.....	56
Temas de interés.....	60
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	91
Notas geológicas.....	96
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	172
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	173
Interesting information about fossils/humans.....	175
Venezuelan American Petroleum Association.....	177
Convencion Internacional de Minería–México.....	178
Red Iberoamericana del medio ambiente.....	180
Diversas sociedades e institutos.....	181
Expo Minera – Cananea, Sonora.....	182
Día de la geología, España.....	183
IPICYT & INAGEQ, Mexico.....	184
Red Cubana de la ciencia.....	185
Caverna del Arte.....	186
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	190
La casa de los la columna geologica.....	191
The Breitachklamm.....	192
Asociaciones geológicas hermanas.....	193

SEMBLANZAS

John (Jack) Harris Stewart: 1928 - 2013

Jack Stewart was the Outside Advisor for Claudio Bartolini's Masters Degree at the Department of Geosciences of the University of Arizona. Peter Coney, Claudio's UofA Advisor, suggested the thesis topic of Sierra el Aliso in central Sonora, Mexico, a region that had never been studied before holding exposures of Paleozoic deep-marine strata. Jack proved to be an amazing tutor for Claudio, teaching him everything he needed to know about these successions. He also managed to get Claudio's macrofossil and microfossil collections processed and identified by paleontologists of the USGS at Menlo Park, California. Jack Stewart was not only an exceptional pioneer of North American geology, but also a great human being.

John (Jack) Harris Stewart was born on August 7, 1928 in Berkeley, California, to George and Theodosia Stewart. Jack's father was a noted author and English professor at the University of California. The family, including Jack's older sister Jill, travelled extensively while Jack's father conducted research for numerous books. Jack graduated from Berkeley High School in 1946. He then attended the University of New Mexico and obtained a bachelors degree in geology in 1950, with minors in math and anthropology attesting to his wide interests.

Jack began his 62-year career with the US Geological Survey in 1951. Jack's earliest work for the USGS focused on the stratigraphy of Triassic rocks on the Colorado Plateau, and Jack obtained a doctorate in geology from Stanford University in 1961 based on these studies. He married Sally Dwight in 1962, and they had two children, Ed in 1964 and William in 1966. The family spent many summers in Nevada while Jack performed extensive field work. Jack married Joyce Colbath in 1990, and they spent 22 happy years together exploring the world.

Jack began his studying Nevada geology in the early 1960s and spent most of the rest of his career working there, becoming the preeminent authority on the geology of the Great Basin. His studies led to preparation of the first comprehensive geologic map of Nevada, published in 1978 by the USGS, and a companion book describing the geology of Nevada published in 1980 by the Nevada Bureau of Mines and Geology.

Jack's diverse interests and skills led to a wide range of studies during his long career with the USGS. These studies can be broadly grouped into 8 topics, while readily acknowledging that his publications addressed many additional subjects. The following lists these topics and a few seminal publications for each that represent a small



sampling of the several hundred papers and maps that Jack authored or co-authored.

1. Mesozoic Stratigraphy of the Colorado Plateau

Stewart, J.H., 1959, Stratigraphic relations of Hoskinnin member (Triassic?) of Moenkopi Formation on Colorado Plateau: AAPG Bulletin, v. 43, p. 1852-1868.
Stewart, J. H. 1961, Stratigraphy and origin of the Chinle Formation (upper Triassic) on the Colorado Plateau: Stanford, CA, Stanford University, PhD thesis.
Stewart, J.H., Poole, F.G., and Wilson, R.F., 1972, Stratigraphy and origin of the Chinle Formation and related Upper Triassic strata in the Colorado Plateau region: U.S. Geological Survey Professional Paper 690.
Stewart, J.H., et al., 1986, Late Triassic paleogeography of the southern Cordillera: The problem of a source for voluminous volcanic detritus in the Chinle Formation of the Colorado Plateau region: Geology, v. 14, p. 567-570.

2. Late Proterozoic and early Phanerozoic stratigraphy, paleogeography, and tectonics of the western North American craton including evidence for Late Proterozoic

3. Basin and Range structure

Stewart, J.H., 1971, Basin and Range structure: A system of horsts and grabens produced by deep-seated extension: Geological Society of America Bulletin, v. 82, p. 1019-1044.
Stewart, J.H., 1983, Cenozoic structure and tectonics of the northern Basin and Range Province, California, Nevada and Utah: Geothermal Resources Council Special Report 13, p. 25-40.
Stewart, J.H., 1998, Regional characteristics, tilt domains, and extensional history of the late Cenozoic Basin and Range province, western North America Geological Society of America Special Paper 323, p. 47-74.

4. Tectonics of the Walker Lane belt

Stewart, J.H., Albers, J.P., and Poole, F.G., 1968, Summary of regional evidence for right-lateral displacement in the western Great Basin: Geological Society of America Bulletin, v. 79, p. 1407-1414.
Stewart, J.H., 1988, Tectonics of the Walker Lane belt, western Great Basin: Mesozoic and Cenozoic deformation in a zone of shear, in Ernst, W.G., ed., Metamorphism and Crustal Evolution of the Western United States Rubey Volume VII: Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, p. 683-713.
Stewart, J. H., and Crowell, J.C., 1992, Strike-slip tectonics in the Cordilleran region, western United States, in The Cordilleran orogen: Conterminous United States: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Geology of North America, v. 3, p. 609-628.

5. Extensional tectonics of the Death Valley region

Stewart, J.H., 1967, Possible large right-lateral displacement along fault and shear zones in the Death

Valley-Las Vegas area, California and Nevada: Geological Society of America Bulletin, v. 78, p. 131-142.
Stewart, J.H., 1983, Extensional tectonics in the Death Valley area, California: Transport of the Panamint Range structural block 80 km northwestward: Geology, v. 11, p. 153-157.

6. Late Cenozoic sedimentary basins in the western Great Basin

Golia, R.T., and Stewart, J.H., 1984, Depositional environments and paleogeography of the Upper Miocene Wassuk Group, west-central Nevada: Sedimentary Geology, v. 38, p. 159-180.
Stewart, J.H., and Diamond, D.S., 1990, Changing patterns of extensional tectonics; overprinting of the basin of the middle and upper Miocene Esmeralda Formation in western Nevada by younger structural basins: Geological Society of America Memoir 176, p. 447-476.
Stewart, J.H., 1992, Paleogeography and tectonic setting of Miocene continental strata in the northern part of the Walker Lane belt, in Structure, tectonics and mineralization of the Walker Lane, a short symposium, April 24, 1992, Proceedings Volume: Reno, Geological Society of Nevada, p. 53-61.
Stewart, J.H., Sarna-Wojcicki, A. M., Meyer, C.E., Starratt, S.W., and Wan, Elmira, 1999, Stratigraphy, tephrochronology, and structural setting of Miocene sedimentary rocks in the Middlegate age, west-central Nevada: U.S. Geological Survey Open-File Report 99-350.

7. Geology and mineral resources of Nevada

Albers, J.P., and Stewart, J.H., 1972, Geology and mineral deposits of Esmeralda County, Nevada, Nevada Bureau of Mines and Geology Bulletin 78, 88 p.
Stewart, J.H., and Carlson, 1976, Geologic map of north-central Nevada: Nevada Bureau of Mines and Geology Map 50, scale 1:250,000.
Stewart, J.H., and Carlson, J.E., 1976, Cenozoic Rocks of Nevada, Four Maps and Brief Description of Distribution, Lithology, Age, and Centers of Volcanism: Nevada Bureau of Mines and Geology Map 52, scale 1:1,000,000.
Stewart, J.H., McKee, E.H., and Stager, H.K., 1977, Geology and mineral deposits of Lander County, Nevada: Nevada Bureau of Mines and Geology Bulletin 88, 114 p.
Stewart, J.H., and Carlson, J.E., 1977, Geologic Map of Nevada: One Million Scale Set: Nevada Bureau of Mines and Geology Map 57, scale 1:1,000,000.
Stewart, J.H., and Carlson, J.E., 1978, Geologic map of Nevada: U.S. Geological Survey State Geologic Map, scale 1:500,000.
Stewart, J.H., 1980, Geology of Nevada: A discussion to accompany the Geologic Map of Nevada: Nevada Bureau of Mines and Geology, Special Publication 4, 136 p.
Stewart, J.H., Carlson, J.E., and Johannesen, D.C., 1982, Geologic map of the Walker Lake 1 by 2 quadrangle, California and Nevada: U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1382-A, scale 1:250,000.
John, D.A., Stewart, J.H., Kilburn, J.E., Silberling, N.J., and Rowan, L.C., 1993, Geology and mineral resources of the Reno 1 by 2 quadrangle. Nevada and California: US Geological Survey Bulletin 2019, 65 p.

Stewart, J.H., 1999, Geologic map of the Carson City 30x60 minute quadrangle, Nevada: Nevada Bureau of Mines and Geology Map 121, scale 1:100,000.

8. Upper Precambrian and Paleozoic stratigraphy and tectonics of northern Mexico

Stewart, J.H., et al., 1990, Tectonics and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, Mexico: Arizona Geological Survey Special Paper 7, p. 183-202.

Stewart, J.H., et al., 1999, Exotic Paleozoic strata of Gondwanan provenance near Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico: Geological Society of America Special Paper, p. 227-252.

Stewart, J.H., Amaya-Martínez, Ricardo, and Palmer, A.R., 2002, Neoproterozoic and Cambrian strata of Sonora, Mexico: Rodinian supercontinent to Laurentian Cordilleran margin: Geological Society of America Special Paper, p. 5-48.

Gehrels, G.E., Stewart, J.H., and Ketner, K.B., 2002, Cordilleran-margin quartzites in Baja California—implications for tectonic transport: Earth and Planetary Science Letters, v. 199, p. 201-210.

For his outstanding achievements and extensive contributions to knowledge about the geology of western North America, Jack was granted the Distinguished Service Award, the highest award of the Department of the Interior, in 1994. Although Jack officially “retired” from the USGS in 1995, he remained a highly productive “Scientist Emeritus” until his death on March 1, 2013. Jack was both a premier scientist who was highly respected by his colleagues and a good friend and teacher to countless geologists who wanted to learn about the geology of Nevada.

**Deceased*



Jack Stewart

“Nevada geology lost a legend in Jack Stewart. Jack’s contributions are countless and span the entire state and region. These contributions will live on for many generations. Not only was Jack a premier scientist, but he was also a good friend to many and always willing to openly contribute thoughts and observations from his many decades of research in Nevada.”

--Forwarded from Jim Faulds, NBMG Director and State Geologist

“Jack Stewart, an honorary lifetime GSN member, passed away 2 weeks ago at age 84. Jack was one of the giants of Great Basin geology. I’m sure many GSN members knew him and many more know of his monumental studies of the geologic framework of Nevada, which included the 1978 Nevada state geologic map and the 1980 companion book, “Geology of Nevada”, both published by the Nevada Bureau of Mines and Geology. Jack also was a co-author of the NBMG reports on the geology and mineral resources of Esmeralda and Lander counties and made major contributions in understanding Paleozoic stratigraphy, Basin and Range tectonics, and the Walker Lane, to name but a few. Jack introduced me to the geology of Nevada more than 30 years ago and his insights will be sorely missed. I’m sure a more detailed obituary written by colleagues at the USGS and highlighting his geologic accomplishments is forthcoming, but in the interim here is an obituary published yesterday in the San Jose Mercury News.”

--Forwarded to Geological Society of Nevada from David John, Research Geologist at USGS in Menlo Park and GSN member.

OBITUARIOS

Peter R. Vail : 1930 - 2024



Paint by Shengyu Wu (2015).

Peter Robbins Vail, a pioneering geologist/geophysicist, esteemed professor, and beloved husband, father and son, passed away on December 28th, 2024, at the age of 94. Born in New York City on January 13, 1930, Peter was raised in Ridgewood, New Jersey, by his parents, Donald Bain Vail and Eleanor Robbins Vail. Peter's academic journey began at Deerfield Academy where he graduated in 1948. He went on to earn his A.B. degree in geology from Dartmouth College in 1952 and later pursued his M.S and Ph.D. degrees at Northwestern University under the mentorship of Dr. Larry Sloss and Dr. William Krumbein.

While working for the U.S. Geological Survey during a college summer, Peter made an overnight stop in Taylorville, Illinois, where he met his beloved wife, Carolyn Flesher. The two were married in 1956, the same year Peter earned his doctorate. Their partnership spanned decades, marked by love, travel, and an unwavering commitment to family.

Peter and Carolyn began their life together in Tulsa, Oklahoma, where he worked for the Carter Oil Company. During their years in Tulsa, they welcomed three children. In the early 1960's, when Carter Oil merged with Humble Oil and Esso to become Exxon, Peter moved his family to Houston, Texas, where he worked at the Exxon Production Research Company until his retirement as Senior Research Scientist in 1986. Post-retirement, Peter launched a second career as the W. Maurice Ewing Professor of Oceanography at Rice University.

Peter was a pioneering geologist whose groundbreaking work integrating geology and geophysics revolutionized the interpretation of subsurface data, hydrocarbon exploration, and our understanding of Earth's geological history. He was the first to demonstrate that seismic reflections follow geologic timelines rather than lithofacies boundaries, leading to the development of seismic and sequence stratigraphy interpretation methodologies. His research revealed how seismic

reflection patterns correspond to globally correlative sea-level changes, resulting in the creation of the renowned "Vail Curve," depicting how the sea level changed over geologic time. Known for his brilliant memory and insights, humility, kindness, and open-mindedness, Peter welcomed debate and valued differing perspectives as opportunities for growth and discovery.

Throughout his distinguished career, Peter received numerous accolades, including the Virgil Kauffman Gold Medal Award, the Sidney Powers Memorial Award, the Distinguished Educator Award from the American Association of Petroleum Geologists, the Penrose Medal from the Geological Society of America, and the Benjamin Franklin Medal in Earth and Environmental Science. His legacy endures through the countless geologists and geophysicists who continue to build on his transformative contributions. Following a severe brain injury later in life while on sabbatical in France, Peter remained deeply connected to his family, friends and colleagues. He continued his love for birds and birding, and developed a passion for Houston sports, especially the Astros and Rockets.

In Memory of Dr. Peter R. Vail (1930-2024)

By Dr. Shengyu Wu

With profound sadness and deep gratitude, we remember Dr. Peter R. Vail, a pioneering geologist, beloved mentor, and extraordinary human being who shaped not only the field of stratigraphy but also the lives of countless students and colleagues throughout his remarkable career.

His legacy as the W. Maurice Ewing Professor Emeritus at Rice University extends far beyond his revolutionary contributions to earth science. Beyond his scientific brilliance, recognized by numerous prestigious awards including the Benjamin Franklin Medal and the Penrose Medal, Pete was remembered by all who knew him for his warmth, kindness, and genuine love for teaching. His motto, "Do what you like and be the best in the world," inspired generations of geologists to pursue excellence while following their passions.

As one of his grateful students, I was privileged to experience firstly his exceptional mentorship during my graduate studies at Rice. Pete's guidance extended beyond the academic - he was a fatherly advisor whose wisdom and encouragement left an indelible mark on both professional and personal aspects of his students' lives. His door was always open for discussions about sequence

Peter was preceded in death by his parents, Donald Bain Vail and Eleanor Robbins Vail, beloved wife, Carolyn, and his sister, Desire Howland Vail. He leaves behind a large and loving family: his three children, Andrea Vail Reed (William Curtin Reed), Susan Vail Ackerman (Asche Ackerman), Timothy Edward Vail (Elizabeth Moore Vail) and his beloved nephew, whom he considered a son, Clare Edward Flesher (Katherine Josephine Flesher), his grandchildren, Ashley Ackerman, Calin Ackerman Toffoli (Victor Ferreira Toffoli), Ross Asche Ackerman, Alexandra Jane Vail, Peter Kelly Vail, grand nephews, Andrew Edward Flesher, George Rutherford Flesher, Bennett Vail Flesher, and his step-granddaughter, Elizabeth Curtin Reed.

Peter's extraordinary life was marked by scientific innovation, dedication to family, and an enduring passion for discovery in the geological sciences. Peter's kindness, integrity and commitment to helping others will be remembered with profound gratitude by all who knew and loved him.

Source: <https://www.legacy.com/us/obituaries/houstonchronicle/name/peter-vail-obituary?id=57142507>

stratigraphy, and his enthusiasm for the subject was contagious.

Pete's impact on the field of geology was profound and far-reaching. His sequence stratigraphy theory revolutionized subsurface geological interpretation and transformed hydrocarbon exploration. But perhaps his greatest achievement was the way he touched lives - through his gentle spirit, his patient mentoring, and his unwavering support of those around him.

As we celebrate his life, we remember a revolutionary stratigrapher, a beloved mentor, and above all, a wonderful human being whose legacy will live on through the countless lives he touched and the field he transformed.

Pete will be deeply missed, but his influence will continue to resonate through the corridors of academia, the fields of geology, and in the hearts of all who were fortunate enough to know him. As his former student and friend, I am forever grateful for his guidance, inspiration, and kindness. May he rest in peace, knowing that his life's work and the warmth of his spirit will continue to influence and inspire future generations.

Our thoughts and prayers are with the Vail family, and all who loved him. While we mourn his passing, we celebrate a life magnificently lived and a legacy that will endure for generations to come.

Academia de Ingeniería México

Lamenta profundamente el fallecimiento del

Dr. Joaquín Eduardo Aguayo Camargo

Académico de la Comisión de Especialidad en Ingeniería Geológica

Nos unimos a la pena que embarga a sus familiares y amigos

Mtro. Alberto Lepe Zúñiga
Presidente

PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

Petrofísica

Gustavus Archie: 1907 - 1978



demonstrated for the first time the role that well log measurements could play in identifying pay zones.

Archie was a very modest and unpretentious man, yet wielded considerable influence in his choice of staff to work with and for him. Many of these people went on, on their own, to make major contributions in their own way in development geology, reservoir engineering, as well as petrophysics. He had a remarkably good feeling for working with the earth and recognizing others who could improve our understanding of it.

Source: AAPG Foundation.

Publications

Archie, G.E. (1942). "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics". *Petroleum Transactions of AIME* 146: 54–62. doi:10.2118/942054-g.

Archie, G.E. (1947). "Electrical resistivity an aid in core-analysis interpretation". *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 31 (2): 350–366.

Archie, G.E. (1950). "Introduction to petrophysics of reservoir rocks". *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 34 (5): 943–961. doi:10.1306/3d933f62-16b1-11d7-8645000102c1865d.

Archie, G.E. (1952). "Classification of carbonate reservoir rocks and petrophysical considerations". *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 36 (2): 278–298.

Latest company Shell Oil Company
BSc Mining and Electrical Engineering
BSc university University of Wisconsin

Gustavus E. (Gus) Archie (1907-1978) was a graduate of the University of Wisconsin with degrees in both mining and electrical engineering. His professional career was spent with Shell Oil Company where, as a scientist, engineer, and administrator, he contributed significantly to the science and technology of the oil industry.

Biography

Archie is perhaps best known for his contributions to petrophysics. The prototype equation relating rock porosity to various electrical properties of rock bears his name: Archie's equation. He played the key role in identification of producible horizons at the giant Elk City Field in Oklahoma, an episode which dramatically

Carl H. Sondergeld: 1947 - 2022

We were both truly privileged to know and work with Carl as a colleague and friend while we were all employed at the former Amoco Research Center in Tulsa. Carl was not only an exceptionally gifted rock physicist, but also a dedicated and inspiring teacher. He had an exquisite sense of humor and a warm personality, one which endeared him to all of us privileged to know and work with him.

Carl received a BA and an MA from Queens College in New York, and in 1977 he obtained his PhD in geophysics at Cornell University. His advisor was Donald L. Turcotte, and his thesis was titled "An experimental study of two-phase hydrothermal convection in a porous medium with applications to geological problems."

After graduation from Cornell, Carl spent time at the Los Alamos National Lab and at the Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences where he tried to understand rock failure mechanisms and processes. In 1981, he joined the Amoco Research Center in Tulsa where he remained until 1999. His first contribution after teaming with coworkers Martin Smith and Janice Norris involved the design and development of an array sonic logging tool with real-time data processing. Carl next teamed up with one of us (Chandra Rai), and we soon became lifelong friends. We jointly made a number of contributions in the broad area of seismic rock physics. We studied what caused anisotropy in shales. We analyzed in-situ stress through anelastic strain relaxation and shear-wave birefringence and circumferential velocity analysis. We applied acoustic tomography to the measurement of elastic anisotropy and developed techniques to measure the properties of unconsolidated materials. We populated and maintained a corporate rock properties database, developed user-friendly database access, and provided modeling software. Finally, we designed, developed, and deployed a portable rock properties laboratory for use at drilling locations and core storage facilities. For this work, we received Amoco's Presidential Special Technical award.



Following the 1999 Amoco-BP merger, Carl and Chandra moved to the Mewbourne School of Petroleum and Geological Engineering at the University of Oklahoma (OU). Here, our research gave greater emphasis to petrophysics and the use of rock physics to solve engineering problems. Funding for this work was provided by many individual exploration and production companies and by two industrial consortia, namely Experimental Rock Physics and Unconventional Shale Gas. This development led to the formation of a world-class rock characterization laboratory — the Integrated Core Characterization Center. Novel tools, such as a nano-indenter, an acoustic microscope, a nuclear magnetic resonance spectrometer, and a focused ion beam scanning electron microscope, were introduced to the exploration and production industry, among several others. The center played a key role in better understanding complex subsurface behavior of nano-porous rocks and fluids. This led to a better understanding of wettability, pore size distribution and connectivity, porosity evolution, identification of sweet spots, enhanced oil recovery, and hydraulic fracturing in organic rich shales.

Above all, Carl was a passionate teacher and mentor. He trained many participants of the former Amoco

Petrophysics School, many of whom are now leaders in our industry. He coached the OU undergraduate students to participate in the Society of Petroleum Engineer's international PetroBowl competition. OU teams took first place in 2007, 2008, and 2010. Carl's undergraduate course in petrophysics was dreaded by students because of Carl's high expectations. These then resulted in harsh grading. In the words of a former student, "His numerous awards as the best instructor in the department attest to his excellent teaching skills. In a twist, Dr. Sondergeld's demand for more, inspired us to achieve excellence through dogged determination, often exceeding our own expectations."

Carl was an author or coauthor of 16 patents and was recognized during his lifetime with numerous professional awards. He was the Fall 2010 SEG Distinguished Lecturer. He received the OU College of Engineering Brandon Griffith Award for Superior Teaching in 2009 and again in 2012. In 2017, he was recognized with the OU Regent's Award for Superior Teaching, and during the last year of his life, he was honored with the Society of Petrophysicists

and Well Log Analysts' 2022 Gold Medal for Technical Achievement.

We will remember Carl for his passion for his chosen profession, for his dedication to his students, and for his cheerful disposition. He inspired his students and was admired and respected by his colleagues. Even while impaired by deteriorating health during his later years, he insisted on continuing with his teaching commitments as best he could. Carl is mourned by his wife, RoseMarie, his daughters, Amy and Lindsay, and their families. Carl was an inspiration to his students and to his many friends. We all will miss him dearly.

Publications: <https://scholar.google.com/citations?user=kzvFBRwAAAAJ&hl=en>

Source: <https://library.seg.org/doi/10.1190/tle42030225.1>

Tayfun Babadagli

Dr. Babadagli is a professor in the Department of Civil and Environmental Engineering, School of Mining and Petroleum Engineering, at the University of Alberta. He holds BS and MS degrees from Istanbul Technical University and MS and PhD degrees from the University of Southern California, all in petroleum engineering and previously served on the faculty at Istanbul Technical U., Turkey, and Sultan Qaboos University, Oman.

Dr. Babadagli has specialized in the physics of fluid and heat flow through porous and fractured media, reservoir characterization through stochastic and fractal methods, the optimization of oil/heavy-oil recovery, and CO₂ sequestration. He has conducted numerous industry/governmental/agency research projects, and developed expertise in identifying oil-field problems and recommended solutions as a consultant to companies and agencies

He was an Executive Editor for SPE Reservoir Evaluation and Engineering (Formation Evaluation part) between 2010 and 2013 and an Associate Editor of ASME J. of Energy Resources Technology between 2011 and 2014. He also served as a reviewer for numerous journals and received SPE's A Peer Apart Award in 2013. He has been an active member of Society of Petroleum Engineers (SPE) and was a member of the several Committees of SPE Conference and Forum Series. He is currently a member of JPT (Journal of Petroleum Technology) Editorial Committee (for a 6-year period to end in April 2021).



Education

- BS : Petroleum Engineering, Istanbul Technical University, Turkey, 1983.
- MS : Petroleum Engineering, Istanbul Technical University, Turkey, 1985.
- MS : Petroleum Engineering, University of Southern California, Los Angeles, USA, 1988.
- Ph.D. : Petroleum Engineering, University of Southern California, Los Angeles, USA, 1992.

Academic Positions

- Guest Professor: Chengdu University of Technology, Chengdu, China, College of Petroleum Engineering, May 2018- May 2021.
- Guest Professor: Xi'an Shiyou University, Xi'an, China, College of Petroleum Engineering, July 2015- July 2018 (extended for another five years until 2023).

George R. Pickett: 1939 - 2024

The University deeply regrets to report the death of Distinguished Professor George Pickett FRS on 21 July 2024 and extends its sincere condolences to his daughters Elizabeth and Catherine, to their families and to colleagues from across the world. His funeral will take place at 2.00 p.m. on Monday 12 August 2024 at Beetham Hall Crematorium, followed by a reception at the Wheatsheaf in Beetham, and all are warmly invited to attend.

George left his mark on the fields of ultra-low temperature physics and quantum fluids at the highest international level. He was renowned for his remarkable practical sense, profound physical intuition, and an innate scientific expediency, qualities which enabled him to develop one of the world's leading laboratories at Lancaster University and, for a time, the coldest temperature on Earth.

Professor George Pickett was born on April 10, 1939. He received his education at Bedford Modern School and Magdalen College, Oxford, where he earned his BA in 1961 and his DPhil degree at the Clarendon Laboratory. Early heat capacity measurements at Oxford were followed by ground-breaking investigations of rare earth hyperfine heat capacities at Helsinki University of Technology in Finland, where George also conducted precision experiments on phase separation in liquid helium isotopic mixtures and their transition to superfluidity.

George joined Lancaster University as a Senior Visiting Fellow on August 1, 1970, and quickly advanced through the ranks to be awarded a personal chair in 1988, and subsequently a Distinguished Professor. At Lancaster, he revolutionized cooling techniques and developed world-record-holding continuously operating He3-He4 dilution refrigerators. These devices are essential for quantum technology applications and for pre-cooling nuclear demagnetization stages to attain extreme ultra-low temperatures. His work involved the construction of specialist laboratories within the Physics department, designed to minimise noise and vibration. These projects were aided by the exceptional technical expertise of the late Ian Miller. It was characteristic of George that he ensured Ian received institutional and national recognition of his input to the group's work.

Together with the late Tony Guénault, George pioneered a novel form of nuclear refrigeration using finely divided



copper immersed in liquid helium-3. These innovations led to some of the lowest temperatures achieved in pure helium-3, isotopic solutions, and metals, and gave foundation to the world-leading research of a tight-knit group of Lancaster academics including the late Shaun Fisher.

George's work enabled the exploration of extreme temperatures, revealing the dynamics of ballistic helium-3 quasiparticles and superfluid phase transitions. He was an early advocate for experiments that simulated early Universe phenomena in the laboratory. One such experiment was famously described as "the Big Bang in a drop of helium," and resulted in a landmark article in Nature. The 1996 Nobel Prize winner David Lee credited George and his research group's contributions to helium-3 studies.

Advanced power measurement techniques developed in Lancaster enabled direct measurement of dissipation in quantum turbulence, the construction of the world's lowest temperature camera operating below one thousandth of a degree, and the ongoing dark matter search using superfluid helium-3 detectors. His numerous publications included seven articles in Nature, three in Nature Physics and 35 in Physical Review Letters. He was instrumental in initiating the European Microkelvin projects, uniting Europe's ultra-low temperature

laboratories, and played a pivotal role in establishing the European Cryocourse cryogenics training schools.

In recognition of his outstanding achievements, George was elected a member of the Finnish Academy of Science and Letters in 1988, and it was his pleasure to wear the distinctive top hat and tails of the Academy when making orations for the conferment of honorary degrees at Lancaster. He was elected as a Fellow of the Royal Society in 1997, and with late Tony Guénault jointly received the Simon Memorial Prize in 1998. George was made a foreign member of the Russian Academy of Sciences in 2006, an Honorary Fellow of Lancaster in 2009 and was awarded an honorary degree by the Slovak Academy of Sciences in Kosice in 2023.

George worked in the Lancaster ultra-low temperature laboratory until his very last days, continually seeking the lowest temperatures and making pioneering contributions

to our understanding of quantum fluids. His fluency in several Scandinavian and east European languages was renowned, as well as his ability to deliver incisive judgements on issues of the day, including at Lancaster.

None of the above prevented him from enjoying family life to the full at Thornber, the fine farmhouse at Bentham that he shared with his late wife Deborah and their daughters, and where the parties he gave with his subsequent partner, the late Cora Martin, are fondly remembered. He was an exceptionally talented and dedicated physicist and colleague, and he leaves an enduring legacy on which future generations of scientists will surely build.

<https://portal.lancaster.ac.uk/portal/news/article/professor-george-r-pickett-ba-dphil-oxford-frs-honorary-fellow>

Selected References

- Pickett, Prof. George Richard, Professor of Low Temperature Physics, University of Lancaster, 1988, now Distinguished Professor. WHO'S WHO & WHO WAS WHO. 2007. doi:10.1093/ww/9780199540884.013.U30829. ISBN 978-0-19-954088-4.
- Professor George Pickett - Physics at Lancaster University". Physics.lancs.ac.uk. Retrieved 6 October 2014. Science and Technology at Lancaster University. Lancaster.ac.uk=. Archived from the original on 8 October 2014. Retrieved 6 October 2014.
- Suomalainen Tiedeakatemia. Acadsci.fi. Archived from the original on 9 October 2014. Retrieved 6 October 2014.
- Science and Technology at Lancaster University - International Honour for Low Temperature Physicist. Lancaster.ac.uk. Archived from the original on 8 October 2014. Retrieved 6 October 2014.
- Simon Memorial Prize: past winners. IOP. Archived from the original on 20 December 2016. Retrieved 15 December 2016.
- Slovak Academy of Sciences awards honorary degree to Professor George Pickett. Retrieved 7 March 2024.
- George Pickett, physicist whose team achieved the lowest temperature ever recorded – obituary. The Telegraph. 13 August 2024. Retrieved 13 August 2024.

<https://scholar.google.co.uk/citations?user=YjV1SwQAAAAJ&hl=en>

Djebbar Tiab

Djebbar Tiab is the Senior Professor of Petroleum Engineering at the University of Oklahoma, and Petroleum Engineering consultant. He received his B.Sc. (May 1974) and M.Sc. (May 1975) degrees from the New Mexico Institute of Mining and Technology, and his Ph.D. degree (July 1976) from the University of Oklahoma—all in petroleum engineering. He is the Director of the University of Oklahoma Graduate Program in Petroleum Engineering in Algeria.

At the University of Oklahoma, he taught fifteen different petroleum and general engineering courses including: well test analysis, petrophysics, oil reservoir engineering, natural gas engineering, and properties of reservoir fluids. Dr. Tiab has consulted for a number of oil companies and offered training programs in petroleum engineering in the USA and overseas. He worked for over two years in the oilfields of Algeria for Alcore, S.A., an association of Sonatrach and Core Laboratories. He has also worked and consulted for Core Laboratories and Western Atlas in Houston, Texas, for four years as a Senior Reservoir Engineer Advisor.

As a researcher at the University of Oklahoma, he received several research grants and contracts from oil companies and various U.S. agencies. He supervised 23 Ph.D. and 94 M.S. students at the University of Oklahoma. He is the author of over 150 conference and journal technical papers. In 1975 (M.S. thesis) and 1976 (Ph.D. dissertation) he introduced the pressure derivative technique, which revolutionized the interpretation of pressure transient tests. He developed two patents in the area of reservoir characterization (identification of flow units).

Dr. Tiab is a member of the U.S. Research Council, Society of Petroleum Engineers, Core Analysis Society, Pi Epsilon Tau, Who is Who, and American Men and Women of Science. He served as a technical editor of various SPE, Egyptian, Kuwaiti and U.A.E. journals, and as a member of



the SPE Pressure Analysis Transaction Committee. He is a member of the SPE Twenty-Five Year Club.

He has received the Outstanding Young Men of America Award, the SUN Award for Education Achievement, the Ken-McGee Distinguished Lecturer Award, the College of Engineering Faculty Fellowship of Excellence, the Halliburton Lectureship Award, the UNOCAL Centennial Professorship, and the P&GE Distinguished Professor. Dr. Tiab has been elected in October 2002 to the Russian Academy of Natural Sciences as a foreign member because of "his outstanding work in petroleum engineering." He was also awarded in October 2002 the Kapista gold Medal of Honor for "his outstanding contributors to the field of engineering." He received the prestigious 1995 SPE Distinguished Achievement Award for Petroleum Engineering Faculty. The citation read, "He is recognized for his role in student development and his excellence in classroom instruction. He pioneered the pressure derivative technique of well testing and has contributed considerable understanding to petrophysics and reservoir engineering through his research and writing." He is also the recipient of the 2003 SPE Formation Evaluation Award "For distinguished contributions to petroleum engineering in the area of formation evaluation."

Roberto Aguilera

Dr. Roberto Aguilera is professor of petroleum engineering in the Schulich School of Engineering at the University of Calgary. He is the 2019 recipient of the international SPE Distinguished Achievement Award for Petroleum Engineering Faculty, the 2021 recipient of the international SPE Reservoir Description and Dynamics Award, past Executive Editor of the SPE Journal, an SPE Distinguished Lecturer for the 2000-2001 season discussing Naturally Fractured Reservoirs, a member of the SPE Legion of Honor and an SPE Lifetime member.

Dr. Aguilera's research concentrates on Naturally fractured and Unconventional Reservoirs worldwide. He is the creator and Principal Investigator of the GFREE research program. GFREE stands for an integrated multidisciplinary team researching geoscience (G), formation evaluation (F), reservoir drilling, completion and stimulation (R), reservoir engineering (RE), and economics and externalities (EE).

He has rendered consulting and/or training services in more than 50 countries worldwide through his firm Servipetrol Ltd. He holds a BS from the Universidad de America (Bogota, Colombia), and MEng and PhD degrees from the Colorado School of Mines (United States), all in Petroleum Engineering.

Publications

Naturally Fractured Reservoirs. Roberto Aguilera. PennWell Publishing Company (1st Edition 1980, 2nd edition 1995). 1st Edition 703 pages, 2nd Edition 521 pages. (1995).

Knudsen's permeability correction for tight porous media. Ali Ziarani and Roberto Aguilera. Transport in Porous Media. 239-260. (2011).



Flow units: From conventional to tight-gas to shale-gas to tight-oil to shale-oil reservoirs. Roberto Aguilera. SPE Reservoir Evaluation and Engineering. 190-208. (2014).

Modeling fractured horizontal wells as dual porosity composite reservoirs-application to tight gas, shale gas and tight oil cases. Imad Brohi, Mehran Pooladi-Darvish and Roberto Aguilera. SPE Western North American Region Meeting, Anchorage, Alaska. 22. (2011).

Incorporating capillary pressure, pore throat aperture radii, height above free-water table, and Winland r35 values on Pickett plots. Roberto Aguilera. AAPG Bulletin. 605-624. (2002).

Analysis of naturally fractured reservoirs from conventional well logs. Roberto Aguilera. Journal of Petroleum Technology. 764-772. (1976).

Jerry Lucia

Jerry Lucia has published several publications on the Lucia Method and its application to carbonate petrophysics (Lucia, 1987, 1995, and 2000). Using a combination of thin section analysis, porosity, permeability, plus capillary pressure data he was able to develop a technique so that the geologist/engineer could determine the permeability and water saturation of a carbonate reservoir using only knowledge of porosity, crystal or grain size, and height above the free water level ($P_c = 0$). Later, Lucia got together with an engineer and published a paper using the Lucia concept to develop a method to calculate irreducible water saturation (S_{wirr}) of a carbonate reservoir using only porosity and crystal or grain size (Jennings and Lucia, 2003). The Lucia Method has great application in older carbonate fields with only "OLD" Gamma Ray-Neutron logs, or in pre-1952 fields when salt mud resistivity logs [Laterologs] were unavailable. However, there are other important applications of the Lucia Method. This presentation is designed to illustrate seven applications of the Lucia Method to the analysis of carbonate reservoirs.

Selected References:

- Lucia, F.J., 1987, Rock Fabric, Permeability, and Log Relationships in an Upward-Shoaling, Vuggy Carbonate Sequence: The University of Texas at Austin Bureau of Economic Geology, Geological Circular 87-5, 22 p.
- Lucia, F.J., 1995, Rock-Fabric/Petrophysical Classification of Carbonate Pore Space for Reservoir Characterization: AAPG Bulletin, v. 79/9, p. 1275-1300.
- Lucia, F.J., 2000, Petrophysical Characterization of Remaining Mobile Oil: South Cowden Grayburg Reservoir, Ector County, Texas: The University of Texas at Austin Bureau of Economic Geology, Report of Investigations No. 260, 54 p.
- Jennings, J.W., and F.J. Lucia, 2003, Predicting Permeability from Well Logs in Carbonates with a Link to Geology for Interwell Permeability Mapping: Soc. of Petroleum Engineers, SPE Paper 84942, p. 215-225.

Experience

Lucia is a Retired Senior Research Scientist, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin (2008 - Present). Currently working part time on various carbonate projects.

Exploitation Engineer, Shell Oil Company (1954 - 1955). Training program for engineers with short work assignments in various oil fields, field offices, and



company schools in Oklahoma, West Texas, New Mexico, and Houston, including well-site evaluation work. Two years spent in the military.

Exploitation Engineer, Shell Oil Company (1957 - 1958). Training program for engineers with short work assignments in various oil fields, field offices, and company schools in Oklahoma, West Texas, New Mexico, and Houston, including well-site evaluation work. Two years spent in the military.

U.S. Army Corps of Engineers, 1st Lieutenant, 1954 - 1957; Heidelberg, Germany, Honorable discharge.

Senior Research Scientist, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin (June 2004 - 2008). Petrophysical and geological description of San Andres outcrop, Guadalupe Mountains, Dune (Grayburg) and Taylor Link (San Andres) fields, Seminole (San Andres) field, and South Cowden (Grayburg) field. Characterization of West Texas oil fields for additional oil recovery, University Lands research project.

Principal Investigator, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin (1992 -2008). Oversee Reservoir Characterization Research Laboratory for Carbonates.

Senior Research Fellow, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin.

(March 1985 - 2004). Petrophysical and geological description of San Andres outcrop, Guadalupe Mountains, Dune (Grayburg) and Taylor Link (San Andres) fields, Seminole (San Andres) field, and South Cowden (Grayburg) field. Characterization of West Texas oil fields for additional oil recovery, University Lands research project.

Principal Investigator, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin (1998 -2001). DOE Clear Fork Reservoir Characterization Project. Senior Lecturer, Department of Geosciences, The University of Texas at Austin (1996-1999). Carbonate Reservoir Characterization, Fall Semester.

Principal Investigator, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin (1993-1996). DOE Outcrop Analogs Project.

Geological Advisor, Geoscience Institute (1987 - 1991). Evaluation of research needs for improved recovery from existing oil and gas fields. Classification of known oil reservoirs in the United States.

Head Office Senior Technical Geological Engineer, Production Department of Shell Oil Company (April 1980 -

February 1985). Responsible for the technical expertise, staff level, and staff distribution of Geological Engineering specialty, Shell Oil Company.

Division Geological Engineer, Rocky Mountain/Mid-Continent Division, Production Department, Shell Oil Company (1970 - April 1980). Supervising development programs and Production Department exploratory efforts in the Northern Michigan Niagaran Reef Trend, Williston Basin, Anadarko Basin, and Permian Basin.

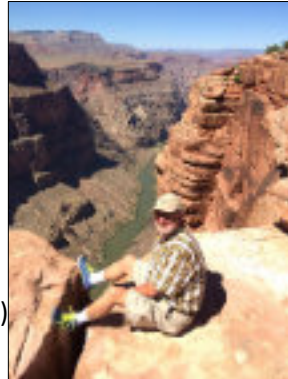
Staff Geological Engineer, Production and Exploration Departments, Mid-Continent Division (July 1967 - 1970). General production geology tasks in areas of interest to Shell Oil on the Northwest Shelf of the Permian Basin including lease surveillance, proposing and following development wells and exploratory wells (particularly in the Cato, San Andres field), coordination with the Exploration Department, and numerous administrative tasks. One year in the Exploration Department supervising the development and execution of an exploratory play for the San Andres in East-Central New Mexico.

Production Geologist, Production Department of Shell Development Company (1958 -1967). Research on the origin and distribution of carbonate rocks with emphasis on the pore space. Includes field studies, detailed mapping on outcrops of productive formations, and studies of recent sedimentation and diagenesis particularly in the

Quinn R. Passey

Geologist/Petrophysicist – Retired 4/2015

Senior Formation Evaluation Consultant – ExxonMobil Upstream Research Co (EMURC)



EDUCATION

1972-1974	Attended 1.5 years	Ricks College (now BYU-Idaho)
1976-1978	B.S. Geology (Physics minor) - Magna Cum Laude	Brigham Young University
1978-1979	M.S. Planetary Science	California Institute of Technology
1979-1982	Ph.D. Planetary Science & Geology	California Institute of Technology

PROFESSIONAL EXPERIENCE

1978-1982	Graduate Research Assistant	California Institute of Technology
1979-1982	Discovered Earth-Crossing Asteroid (Oljato)	Caltech/JPL/Palomar Observatory
1980-1981	Geologist (during summers)	USGS Flagstaff
1982-1990	Research Team Lead – Source Rocks, Shaly Sands	Exxon Production Research Co
1990-1993	Lead Petrophysicist – Prudhoe Bay RAZOR Project	Exxon USA, BP, ARCO
1993-1994	Petrophysicist - Formation Evaluation	Exxon Exploration Co
1994-2000	Group Leader – MWD, Thin Bed Evaluation	ExxonMobil Upstream Research
2001-2007	Industry advisor for JPL Mars subsurface drilling	JPL/NASA
2001-2007	Petrophysics Research Lead HA/HZ well evaluation	ExxonMobil Upstream Research
2007-2015	Sr FE Consultant – unconventional reservoirs	ExxonMobil Upstream Research
2015–April	Retired from ExxonMobil after ~33 years	

PROFESSIONAL SOCIETY MEMBERSHIPS

American Association of Petroleum Geologists	American Geophysical Union
Society of Petroleum Engineers	Houston Geological Society
Society of Professional Well Log Analysts	

HONORS AND AWARDS

1978	Phi Kappa Phi
1978	V. M. Herbertson Distinguished Alumni Award
1991	SPWLA Distinguished Speaker (1991-92) – Source Rock Evaluation from Logs
2003+	ExxonMobil Excellence in Instruction Award (2005, 2006, 2007)
2004	SPWLA Distinguished Speaker (2004-06) – Thin Bed Petrophysical Evaluation
2005	SPWLA Distinguished Speaker (2005-06) – High Angle and Horizontal Well FE
2006	SPWLA Meritorious Service Award – chaired Topical Conference and formed HA/HZ SIG
2011	SPWLA Award for Distinguished Technical Achievement

2011	AAPG Award of Excellence “Top 10 Oral Presentation”
2011	Keynote Speaker - SPE Americas Unconventional Gas Conference, The Woodlands
2012	AAPG Distinguished Lecturer for Europe
2012	AAPG EMD Best Paper for 2011 - Frank Kottowski Memorial Award (Best Paper)
2013	Guest Professor – China University of Petroleum (Huadong), Qingdao, China
2016	AAPG 2015 Robert R. Berg Outstanding Research Award
2023	SPE International Formation Evaluation Award

MAJOR PROJECTS AND RESEARCH

CALTECH -

- Evaluated effects of atmospheric breakup of meteoroids which can result in forming multiple-crater fields on Earth, Mars, & Venus with H Jay Melosh (1978-1980).
- Conducted field and theoretical studies of Lake Bonneville isostatic rebound with Kerry Sieh; resulted in a revised asthenosphere viscosity in Great Basin - western US; published results in JGR (1979-1981).
- Compiled list of terrestrial impact craters for JPL Project Spacewatch (1978-1980).
- Discovered Earth-crossing asteroid 1979XA (named Oljato) with Elenor Helin and Gene Shoemaker at Palomar Mountain Observatory (1979-1980). Discovered additional asteroids with Carolyn Shoemaker (1980-1981).
- Participated in Voyager 1 & 2 geologic and geophysical evaluation of the icy satellites of Jupiter and Saturn with Gene Shoemaker. Resulted in a morphological classification of craters and basins and the determination of possible thermal histories of Ganymede, Callisto, and Enceladus by modeling visco-elastic relaxation of topography. Published results in several key papers and book chapter (1979-1982).

EXXON -

- Co-developed Δ logR method for source rock evaluation from well logs. Documented method in several internal and external (AAPG) publications. Developed (w/Steve Creaney) sequence stratigraphic model for marine source rock deposition; published results in AAPG.
- Developed case study approach for shaly sand petrophysical research at Exxon, including concepts for evaluating clay-rich rocks integrating petrophysical, petrographic, and mineralogical data
- Lead petrophysicist for BP/Exxon/Arco Prudhoe Bay Field multi-disciplinary RAZOR team in Anchorage. Responsible for reservoir property evaluation of 1350+ wells, including integration of core analysis, core description and petrography in over 40,000 samples from 104 cored wells. Developed approaches for porosity, permeability, lithology for fieldwide studies (1990-1993).
- Developed approach for FE thinly-bedded sandstone reservoirs. (1994-1999). AAPG book (2007).

EXXON MOBIL -

- Redesigned internal basic well logging school. (2000); coordinated 30 sessions.
- Developed project concept for production from source rocks (US Patent 6,918,444).
- Developed rationale for High-Angle/Horizontal Well research program and impact on industry. Chaired multiple industry workshops, SIG groups, and conferences (2001-2006).
- Consulted (part-time) on NASA Mars drillwell feasibility study (2001-2007).
- Developed petrophysical methods to evaluate unconventional reservoirs (2007-2015)

PUBLICATIONS - 219

76 External publications (1 Book, 23 Papers, 50 Abstracts/Posters, 3 Cover Photos SEG SPWLA AAPG)

56 External presentations at industry conferences and events

139 Internal publications & reports

4 Patents

SELECTED EXTERNAL PUBLICATIONS (chronological order)–

Passey, Q. R., and Melosh, H. J. (1980) Effects of Atmospheric Breakup on Crater Field Formation, ICARUS, v. 42, p. 211-233. (276 citations)

Passey, Q. R. (1981) Upper Mantle Viscosity Derived from the Difference in Rebound of the Provo and Bonneville Shorelines: Lake Bonneville Basin, Utah, JGR v 86, p. 11701-11708. (68 citations)

Passey, Q. R., and Shoemaker, E. M. (1982) Craters and Basins on Ganymede and Callisto: Morphological Indicators of Crustal Evolution, in The Satellites of Jupiter, Univ. Arizona Press, (219 citations)

Passey, Q. R. (1982) Viscosity Structure of the Lithospheres of Ganymede, Callisto, and Enceladus, and of the Earth's Upper Mantle, Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, 359 p. (29 citations)

Passey, Q. R. (1982) Viscosity of the Lithosphere of Enceladus, ICARUS, v. 53, p. 105-120. (66 citations)

Passey, Q. R., Creaney, S., Kulla, J. B., Moretti, J. B., and Stroud, J. D. (1990) A Practical Model for Organic Richness from Porosity & Resistivity Logs, AAPG Bull., v74, p. 1777-1794. (1802 cit)

Creaney, S., and Passey, Q. R. (1993) Recurring Patterns of Total Organic Carbon within a Sequence Stratigraphic Framework, AAPG Bulletin, v. 77, p. 386-401. (306 citations)

Bhuyan, K., and Passey, Q. R., Clay Estimation from GR and Neutron-Density Porosity Logs, SPWLA 35th Annual Logging Symposium, June 19-22, 1994, paper DDD (104 citations)

Clifford, S., Bianchi, R., De Sanctis, M. C., Duke, M., Kim, S., Mancinelli, R., Ming, D., Passey, Q., Smrekar, S., and Beaty, D., (2001) Science Rationale and Priorities of Subsurface Drilling in '07, Final Report, Mars '07 Drilling Feasibility Team Science Subgroup, April 24, 2001, 68 pp.

Passey, Q. R., Dahlberg, K. E., Sullivan, K. B., Yin, H., Xiao, Y. H., Guzman-Garcia, A. G., and Brackett, R. A., (2004) A Systematic Approach to Evaluate Hydrocarbons in Thinly Bedded Reservoirs, SPWLA 45th Annual Symp, Noordwijk, Netherlands, June 6-9, 2004, Paper NNN. (21 citations)

Passey, Q. R., Yin, H., Rendeiro, C. M., and Fitz, D. E. (2005) Overview of Formation Evaluation in High-Angle and Horizontal Wells, SPWLA Annual Symp, June 26-29, 2005, New Orleans, (99 cit)

Passey, Q. R., Thomas, M.M, and Bohacs, K.M. (2005) Method for Production of hydrocarbons from Organic-rich Rock, US Patent 6,918,444. (297 citations)

Passey, Q. R., Dahlberg, K. E., Sullivan, K. B., Yin, H., Brackett, R. A., Xiao, Y. H., and Guzman-Garcia, A. G., (2006) Petrophysical Evaluation of Hydrocarbon Pore-Thickness in Thinly Bedded Clastic Reservoirs, AAPG Archie Series, No. 1, 210 pp. (73 citations)

Symington, W.A, Thomas, M.M, Passey, Q.R., El-Rabaa, A.W.M, Moss, J. H., and Kaminsky R.D., (2008) Methods of Treating a Subterranean Formation to Convert Organic Matter into Producing Hydrocarbons, US Patent 7,631,691 (204 citations)

Passey, Q. R., Bohacs, K. M., Esch, W. L., Klimentidis, R., and Sinha, S., (2010) From Oil-Prone Source Rock to Gas-Producing Shale Reservoir - Geologic and Petrophysical Characterization of Unconventional Shale-Gas Reservoirs, SPE Beijing, China SPE 131350. (1560 citations)

Bohacs, K. M., Passey, Q. R., Rudnicki, M. D., Esch, W. L., and Lazar, O. R., 2013, The Spectrum of Fine-Grained Reservoirs from 'Shale Gas' to 'Shale Oil'/Tight Liquids: Essential Attributes, Key Controls, Practical Characterization, (2013) IPTC 16676, March, 2013. (135 citations)

Sinha, S., Braun, E. M., Passey, Q. R., Leonardi, S. A., Wood, A. C., Zirkle, T., Boros, J. A., and Kudva, R. A., (2012) Advances in Measurement Standards and Flow Properties Measurements for Tight Rocks such as Shales, SPE 152257, SPE/EAGE Vienna, March 20-22, 2012. (97 citations)

Sinha, S., Braun, E. M., Determan, M. D., Passey, Q. R., Leonardi, S. A., Boros, J. A., Wood III, A. C., Zirkle, T., and Kudva, R. A., (2013) Steady-State Permeability Measurements on Intact Shale Samples as Reservoir Conditions – Effect of Stress, Temperature, Pressure, and Type of Gas, SPE 164263, SPE Middle East Oil and Gas Show, Manama, Bahrain, 10-13 March 2013. (149 cit)

Walters, C.C., Kliewer, C.E. Awwiller, D.N., Rudnicki, M.D., Passey, Q.R., Lin, M.W., International Journal of Coal Geology 122, 105-109 (41 citations)

Chhatre, S. S., Braun, E. M., Sinha, S., Determan, M. D., Passey, Q. R., Zirkle, T. E., Wood, A. C., Boros, J. A., Berry, D. W., Leonardi, S. A., and Kudva, R. A., (2015) Steady-State Stress-Dependent Permeability Measurements of tight Oil-Bearing Rocks, Petrophysics, V. 56 (April 2015) (44 cit)

Passey, Q. R., (2016) Thoughts on a Petrophysical Career, SPWLA The Bridge, No. 2, March 2016, p 2-3.

Passey, Q. R., (2019) Source Rock Evaluation from Well Logs – Four Decades of Technical Tipping Points, AAPG Hedberg Conference, The Evolution of Petroleum Systems, March 2019, Houston.

Passey, Q. R., (2020) Do You $\Delta\log R$? – A Story (and Tutorial!) of the $\Delta\log R$ Source Rock Evaluation Method, SPWLA Today Newsletter Vol. 3, November, 2020, p. 32-40.

<https://scholar.google.com/citations?user=CyB5B1IAAAAJ&hl=en>



Ronald A. Nelson

Ronald A. Nelson

Structural Geology and Geomechanics Network Leader BP Amoco, Houston, TX

Birth Date and Place of Birth: February 12, 1948 Chicago, IL

Academic Degrees:

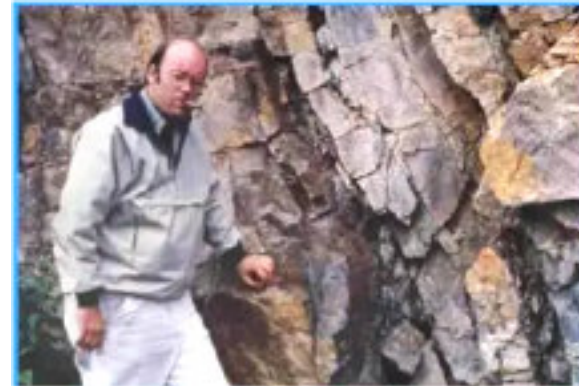
1970, BS Geology, Northern Illinois University
1972, MS Geology, Texas A&M University
1975, Ph.D. Geology, Texas A&M University

Experience:

1970, Lindgren Exploration Co., Wayzata, MN Mineral Exploration.
1975-1986, Amoco Production Co., Tulsa, OK Structural Geology & Fractured Reservoir Research.
1986-1999, Amoco Production Co., Houston, TX Structural Geology, International Exploration, Technology Management.
1999 BP Amoco, Houston, TX Structural Geology & Geomechanics Network Leader.

AAPG Activities:

Member since 1976; Certified Petroleum Geologist (#2727) 1984.
Distinguished Lecturer (US) 1982-1983.
Bulletin Associate Editor 1983-1988, 1990-1992.



Short Course Lecturer 1983, 1986, 1991.
House of Delegates (Tulsa Geol. Soc.) 1984-1986.
School Lecturer 1984-1996 (3 different schools).
Advisory Board on the Treatise of Petroleum Geology 1985-1990.
Distinguished Lecture Committee 1991-1994.
House of Delegates (Houston Geol. Soc.) 1996-1999.
Advisory Council 1996-1999.
Standing Technical Program Committee 1997-2000, (Chair 1997-1998).
Dean A. McGee Distinguished Lecturer for SE Asia 1997-1998.

Honors and Awards Received:

Society of Petroleum Engineers Distinguished Author 1987.

Publication:

Over 75 Publications, including one textbook - ">Geologic Analysis of Naturally Fractured Reservoirs.

Robert M. Sneider: 1929 - 2005

BY MICHAEL PRATS

ROBERT M. SNEIDER, founder of Robert M. Sneider Exploration Inc., died in Houston on October 29, 2005, at the age of 76. Elected to the National Academy of Engineering (NAE) in 2000, he was in the middle of his third year as liaison member between the NAE Earth Resources Engineering Section and the National Research Council when he passed away. Bob was born in Long Branch, New Jersey, on March 2, 1929; grew up in Asbury Park, New Jersey; and attended Rutgers University, where he received a B.S. in geology (with honors) in 1951.

He served in Korea as a combat engineering officer in the U.S. Army Corps of Engineers until 1952. Following his military service, he entered graduate school at the University of Wisconsin and received his Ph.D. in geology and mining engineering in 1956. Greatly influenced by his mentor Gus Archie, of Shell Oil, who shaped Bob's career and the way he came to think about the subsurface, Bob joined Shell Oil in 1957.

He spent the next 18 years, from 1957 to 1974, with Shell Oil or Shell Development Company, primarily as a reservoir geologist working on the application of well logs and reservoir geophysics to sandstone and carbonate reservoirs in the United States and Canada. He also trained geologists, geophysicists, and engineers to work together, the so-called "multidisciplinary team" approach, which reshaped how Shell, and eventually the entire industry, conducted business.

In 1974, Bob co-founded a small consulting firm, Sneider and Meckel Associates Inc., which assembled a technical team of geologists, a geophysicist, a log analyst, and a reservoir engineer. For the next seven years, they took on exciting and challenging projects, some of which resulted in the discovery of more than a dozen new fields, including Canadian Hunter's huge Elmworth Field in the Alberta Basin, and significant redevelopment opportunities in older fields in the Anadarko Basin.

Bob was never one to shy away from forming a new group



to accomplish tasks that required unusual combinations of talent. In 1981, he founded Robert M. Sneider Exploration Inc., a move that simultaneously opened new international areas and took him back to his roots, the detailed evaluation of the new potential of old fields. The new company acquired marginally producing properties and significantly increased production by improving reservoir recovery methods, using sound geologic principles, and calibrating well logs to rock types.

He was also a partner and co-founder of Richardson, Sangree, and Sneider, a geosciences and engineering consulting group, and a partner and co-founder of PetroTech Associates, a company that specialized in the characterization of reservoir and seal rocks. Bob pioneered the integration of information from geology, petrophysics, and engineering to solve geologic problems.

Based on this approach, his organizations helped build two financially successful oil and gas companies—Canadian Hunter Exploration Limited and Greenhill Petroleum Company. He personally organized and led multidisciplinary teams that led to the discovery of several billion barrels of oil (equivalent) in new fields and in "hidden" reserves in existing fields throughout the world. In addition, he sought, acquired, and rejuvenated 46 economically marginal fields in the United States in partnership with various companies.

He recognized that these fields still had large reserves just waiting to be identified. Using his multidisciplinary approach, more than 600 million barrels of new reserves were acquired from these fields. By nature, Bob was an outstanding teacher. He felt it was his responsibility to share his observations and insights with others, and he did so with unbounded enthusiasm. He taught more than 20 different courses and trained several thousand professionals.

He taught a wide range of subjects, including the exploration and development of sandstone and carbonate reservoirs; application of petrophysics in finding new reserves in dry holes and old fields; the value of integrating concepts and methods from geology, geophysics, petrophysics, and engineering; and methods of organizing and managing multidisciplinary teams. Bob was active in several professional societies, especially the American Association of Petroleum Geologists (AAPG), for which he chaired several committees.

He was also Distinguished Lecturer for the AAPG (1988), in Australia (1992), and the Middle East (1996), and ESSO Distinguished Lecturer for Australia (1997). On behalf of AAPG and three other societies, he convened the first annual Archie Conference on Reservoir Delineation, Description, and Management, an internationally recognized series that continues today. AAPG honored him with the Distinguished Service Award (1991), named him Honorary Member (1994), and granted him its highest honor, the Sidney Powers Memorial Award (2001), in recognition of his outstanding contributions to and achievements in petroleum geology.

A man of integrity, Bob always knew exactly where he stood on an issue and why. His recommendations were logical, practical, and valued, although they were not always what his listeners wanted to hear. He served on the advisory boards of AAPG, the Colorado School of Mines Department of Geology, University of Wisconsin Department of Geology and Geophysics, and Strike Oil and Strike Energy Ltd. of Australia.

He was a trustee associate of the AAPG Foundation and was instrumental in establishing the Gustavus E. Archie Memorial Grant and Gustavus E. Archie Memorial International Grant, which, together, provide four grants a year to graduate students in petrophysics and development geology. Although Bob's parents weren't thrilled initially about his passion for geology (they didn't know what a geologist was or how on earth he could make a living), when Bob's career took off, they decided it was okay.

Bob loved being out in the field, whether he was studying modern depositional processes or outcrops. When most kids and their families went to the beach, the Sneiders went on field trips to study coastal processes. Annual vacations, especially through the mountains of California, Colorado, Wyoming, and the Canadian Rockies, were occasions to take pictures of outcrops and explain the geology, whether or not anyone was listening. Bob eagerly and generously gave of his time and money, especially to further the development of young professionals and students.

Having received financial aid in his youth that enabled him to go to college, he became a mentor for literally hundreds of people. His true strength was the way he shared his knowledge and experience. He treated everyone with respect, from top executives to trainees. One of those whom Bob mentored said this upon his death: "This is the passing of the greatest mentor that I have ever had in the field of geology."

Bob's talents are known worldwide, and on top of his science skill set, he was a true gentleman. He will be missed by many. He once wrote about his own mentor, Gus Archie, "the mediocre mentor tells, the good mentor teaches, the superior mentor demonstrates, and the great mentor INSPIRES!" Bob was inspirational." Those of us who experienced the breadth and keenness of his knowledge of petroleum geology were indeed fortunate.

Petrofísica

La **petrofísica** (del griego πέτρα 'Roca', y -φύσις /physis/, 'naturaleza') es el estudio de las propiedades físicas y químicas de la roca y sus interacciones con los fluidos.

Un gran aplicación de la petrofísica es el estudio de reservorios para la industria de hidrocarburos. Los petrofísicos trabajan junto a los ingenieros de reservorio y geocientíficos para entender las propiedades de medio poral del reservorio. Particularmente, cómo los poros están interconectados en el subsuelo, controlando la acumulación y migración de hidrocarburos.¹ Algunas propiedades fundamentales petrofísicas son litología, porosidad, saturación del agua, permeabilidad y presión capilar.

El trabajo de flujo de los petrofísicos involucra la medición y evaluación de estas propiedades petrofísicas a través de la interpretación de registros de pozos (a las condiciones in situ del reservorio) y análisis de testigos en el laboratorio. Durante la perforación de pozo, diferentes herramientas de registro de pozo son utilizadas para medir las propiedades mineralógicas y petrofísicas a través de tecnologías de radioactividad y sísmica en la boca de pozo. Además, los testigos de roca son extraídos desde el pozo a muestras del tipo de extracción lateral (sidewall core plug) o completo (whole core). Estos estudios son combinados con estudios geológicos, geofísicos y de ingeniería de reservorio para modelar el reservorio y determinar su factibilidad económica.

Mientras la mayoría de los petrofísicos trabajan en la industria de hidrocarburos, algunos también trabajan en la industria de la minería, recursos hídricos, energía geotérmica y captura y almacenamiento de carbono. La petrofísica es parte de la geociencias, y sus estudios son utilizados por la ingeniería de petróleo, geología, geoquímica, exploración geofísica y otros.

La Sociedad de Petrofísicos y Analistas de Perfilaje de Pozos (The Society of Petrophysicists and Well Log Analysts, SPWLA) es la organización sin fines de lucro líder en la disciplina de la petrofísica, cuya misión es aumentar el conocimiento de la petrofísica, la evaluación de formaciones y las mejores prácticas de registro de pozos en la industria del petróleo y el gas y en la comunidad científica en general.

Propiedades petrofísicas fundamentales

Las siguientes son las propiedades petrofísicas fundamentales utilizadas para caracterizar un reservorio:

Litología: una descripción de las características físicas de la roca, como el tamaño de grano, la composición y la textura. Al estudiar la litología de los afloramientos geológicos locales y las muestras de núcleos, los geocientíficos pueden usar una combinación de mediciones de registros, como gamma natural, neutrón, densidad y resistividad, para determinar la litología en el fondo del pozo.

Porosidad: La porción del volumen del espacio poroso relacionada con el volumen de roca a granel, simbolizada como Φ . Por lo general, se calcula utilizando datos de un instrumento que mide la reacción de la roca al bombardeo de neutrones o rayos gamma, pero también se puede derivar del registro sísmico y de RMN. Un porosímetro de helio es la técnica principal para medir el volumen del grano y la porosidad en el laboratorio.

Saturación de agua: La fracción del espacio poroso ocupado por agua. Esto generalmente se calcula utilizando datos de un instrumento que mide la resistividad de la roca y aplicando modelos de saturación de agua empíricos o teóricos; el más utilizado a nivel mundial es el modelo de Archie (1942). Se conoce por el símbolo S_w .

Permeabilidad: La cantidad de fluido (agua o hidrocarburo) que puede fluir a través de una roca en función del tiempo y la presión, relacionada con cuán interconectados están los poros, y se conoce con el símbolo k .¹ Las pruebas de formación son la única herramienta que puede medir directamente la permeabilidad de una formación rocosa en un pozo. En caso de su ausencia, lo que es común en la mayoría de los casos, se puede derivar una estimación de la permeabilidad a partir de relaciones empíricas con otras mediciones como la porosidad, la RMN y el registro sísmico. La ley de Darcy se aplica en el laboratorio para medir la permeabilidad del tapón del núcleo con un gas o líquido inerte (es decir, que no reacciona con la roca).

Espesor de formación (h) de roca con suficiente permeabilidad para entregar fluidos a un pozo; esta propiedad a menudo se denomina "roca reservorio neta". En la industria del petróleo y el gas, se calcula otra cantidad de "pago neto", que es el espesor de la roca que puede llevar hidrocarburos al pozo a una tasa rentable.

Propiedades mecánicas de las rocas

Las propiedades mecánicas o geomecánicas de la roca también se utilizan dentro de la petrofísica para determinar la resistencia del reservorio, las propiedades elásticas, la dureza, el comportamiento ultrasónico, las características de índice y las tensiones in situ.

Los petrofísicos utilizan mediciones acústicas y de densidad de las rocas para calcular sus propiedades mecánicas y su resistencia. Miden la velocidad de la onda de compresión (P) del sonido a través de la roca y la velocidad de la onda de corte (S) y las usan con la densidad de la roca para calcular la resistencia a la compresión de la roca, que es el esfuerzo de compresión que hace que una roca falle, y la flexibilidad de las rocas, que es la relación entre la tensión y la deformación de una roca. El análisis de ondas convertidas también determina la litología y la porosidad del subsuelo.

Las mediciones geomecánicas son útiles para la evaluación de la capacidad de perforación, el diseño de estabilidad de pozos y pozos descubiertos, la resistencia de los registros y las correlaciones de tensión, y la caracterización de la formación y la resistencia.⁷ Estas medidas también se

utilizan para diseñar represas, caminos, cimientos para edificios y muchos otros proyectos de construcción grandes. También pueden ayudar a interpretar las señales sísmicas de la Tierra, ya sean señales sísmicas fabricadas o señales de terremotos.

Métodos de análisis petrofísico

Análisis de testigo de roca

Dado que las muestras de núcleos son la única evidencia de la estructura de la roca de formación del reservorio, el análisis de núcleos son los datos "verídicos" medidos en el laboratorio para comprender las características petrofísicas clave del reservorio in situ. En la industria del petróleo, las muestras de roca se recuperan del subsuelo y se miden en los laboratorios principales de las empresas petroleras o de servicios. Este proceso requiere mucho tiempo y es costoso; por lo tanto, solo se puede aplicar a algunos de los pozos perforados en un campo. Además, el diseño, la planificación y la supervisión adecuados reducen la redundancia y la incertidumbre de los datos. Los equipos del cliente y del laboratorio deben trabajar alineados para optimizar el proceso de análisis principal.

Registro de pozos

Figura 1. Carreras de registros de pozo.

El registro de pozos es un método relativamente económico para obtener propiedades petrofísicas en el fondo del pozo. Las herramientas de medición se transportan al fondo del pozo utilizando el método de cable o LWD.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de registros de pozo. La primera "pista" muestra el nivel de radiación gamma natural de la roca. El "registro" del nivel de radiación gamma muestra una radiación creciente a la derecha y una radiación decreciente a la izquierda. Las rocas que emiten menos radiación tienen un tono más amarillo. El detector es muy sensible y la cantidad de radiación es muy baja. En las formaciones de rocas clásticas, es más probable que las rocas con cantidades más pequeñas de radiación tengan granos más gruesos y más espacio poroso, mientras que las rocas con cantidades más altas de radiación tienen más probabilidades de tener granos más finos y menos espacio poroso.

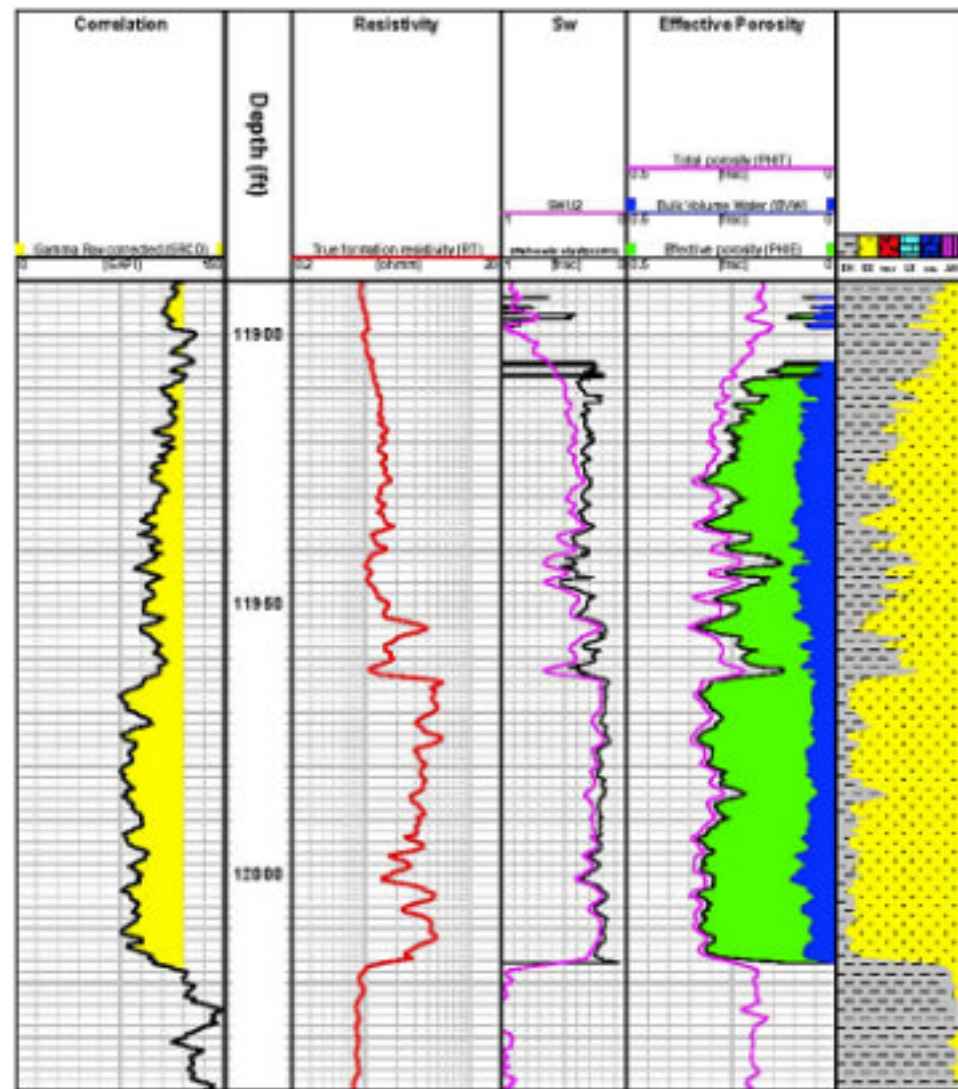


Figura 1. Carreras de registros de pozo.

La segunda pista en el gráfico registra la profundidad por debajo del punto de referencia, generalmente el casquillo Kelly o la mesa giratoria en pies, por lo que estas formaciones rocosas están a 11,900 pies por debajo de la superficie terrestre. En la tercera pista se presenta la resistividad eléctrica de la roca. El agua de esta roca es salada. Los electrolitos que fluyen dentro del espacio poroso dentro del agua conducen la electricidad, lo que resulta en una menor resistividad de la roca. Esto también indica una mayor saturación de agua y una menor saturación de hidrocarburos.

La cuarta pista muestra la saturación de agua calculada, tanto como agua "total" (incluida el agua unida a la roca) en magenta como "agua efectiva" o agua que fluye libremente en negro. Ambas cantidades se dan como una fracción del espacio poroso total. La quinta pista muestra la fracción de la roca total que es espacio poroso lleno de fluidos (es decir, porosidad). La visualización del espacio poroso se divide en verde para petróleo y azul para agua móvil. La línea negra muestra la fracción del espacio poroso que contiene agua o petróleo que puede moverse o "producirse" (es decir, porosidad efectiva). Mientras que la línea magenta indica la porosidad total, es decir que incluye el agua que está permanentemente ligada a la roca.

La última pista representa la litología de la roca dividida en porciones de arenisca y lutita. El patrón amarillo representa la fracción de la roca (excluyendo los fluidos)

compuesta por arenisca de grano más grueso. El patrón gris representa la fracción de roca compuesta de grano más fino, es decir, "lutita". La arenisca es la parte de la roca que contiene los hidrocarburos producibles y el agua.

Modelamiento

Los modelos de yacimientos son construidos por ingeniería de yacimientos en un software especializado con el conjunto de datos petrofísicos elaborado por el petrofísico para estimar la cantidad de hidrocarburo presente en el reservorio, la velocidad a la que ese hidrocarburo se puede producir en la superficie de la Tierra a través de los pozos y el flujo de fluido en las rocas. Modelos similares en la industria de los recursos hídricos calculan cuánta agua se puede producir en la superficie durante largos períodos sin agotar el acuífero.

Modelo volumétrico de roca para formación de arena arcillosa

La arena arcillosa es un término que se refiere a una mezcla de esquisto y arenisca. Por lo tanto, una porción significativa de minerales arcillosos y partículas del tamaño del limo da como resultado una arenisca de grano fino con mayor densidad y complejidad de la roca.

El volumen de lutita/arcilla es un parámetro petrofísico esencial para estimar, ya que contribuye al volumen total de la roca, y para la correcta porosidad y saturación de agua, la evaluación debe definirse correctamente. Como se muestra en la Figura 2, para modelar la formación de

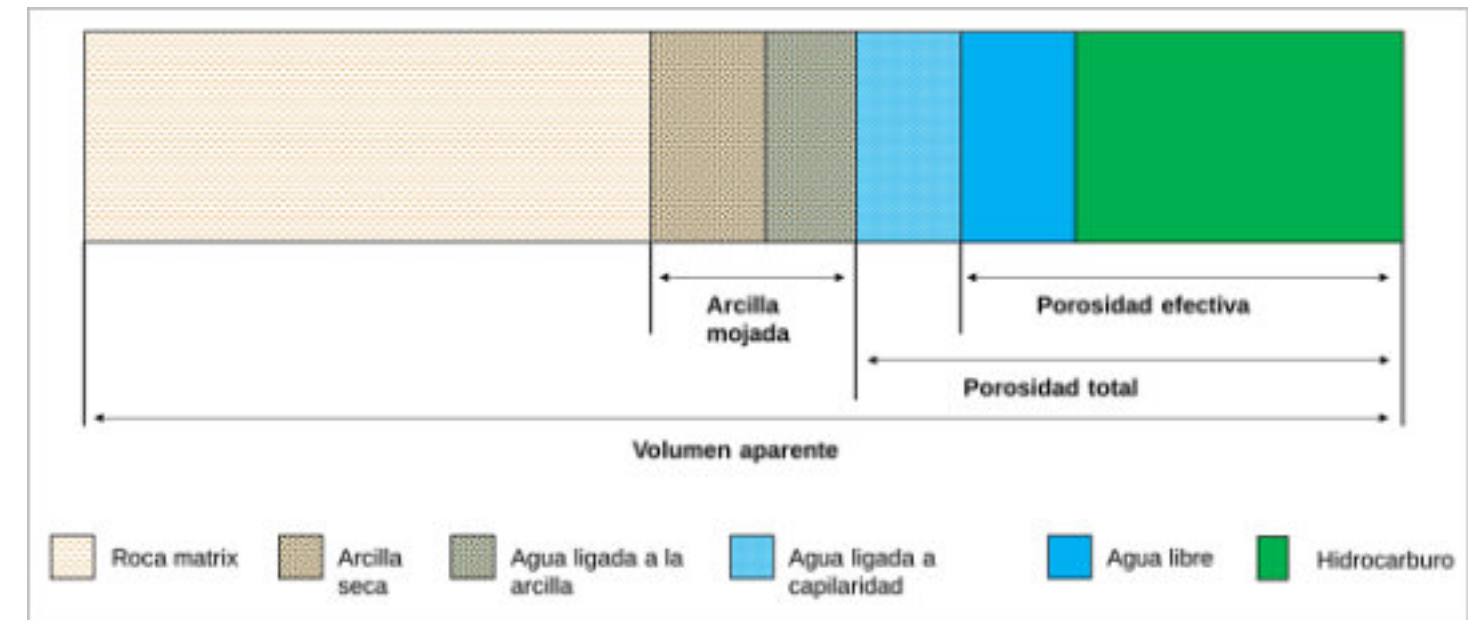


Figura 2. Componentes de un modelo petrofísico de una roca reservorio mojada por agua.

rocas clásticas, hay cuatro componentes cuyas definiciones son típicas para arenas arcillosas o arcillas que asumen: la matriz de roca (granos), porción de arcilla que rodea los granos, agua e hidrocarburos. Estos dos fluidos se almacenan solo en el espacio poroso de la matriz de la roca.

Componentes de un modelo petrofísico de una roca reservorio mojada por agua.

Componentes de un modelo petrofísico de una roca reservorio mojada por agua.

Debido a la microestructura compleja, para una roca mojada por agua, los siguientes términos comprenden una formación de yacimiento clástico:

V_{ma} = volumen de granos de la matriz.

V_{dcl} = volumen de arcilla seca.

V_{cbw} = volumen de agua ligada a la arcilla.

V_{cl} = volumen de arcilla mojada (V_{dcl} + V_{cbw}).

V_{cap} = volumen de agua ligada por capilaridad.

V_{fw} = volumen de agua libre.

V_{hyd} = volumen de hidrocarburo.

Φ_T = porosidad total (PHIT), que incluye las gargantas de poro conectadas y no conectadas.

Φ_e = porosidad efectiva que incluye solo las gargantas de poro interconectadas.

V_b = volumen aparente de la roca.

Key equations:

$$V_{ma} + V_{cl} + V_{fw} + V_{hyd} = 1$$

Volumen de matriz de roca + volumen de arcilla mojada + volumen de agua libre + volumen de hidrocarburo = volumen de roca aparente.

Referencias

Tiab, Djebbar; Donaldson, Erle C. (2004). *Petrophysics: theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties* (2nd ed edición). Elsevier Gulf Publ. ISBN 978-0-7506-7711-0.

Serra, Oberto (2004). Méry Corbon, ed. *Well logging : data acquisition and applications*. Francia. ISBN 978-1-62198-787-1.

Chen, Andrew; Pagan, Ronald (1 de junio de 2013). «Discover a Career: Petrophysics». *The Way Ahead* 09 (02): 19-21. ISSN 2224-4522. doi:10.2118/0213-019-twa. Consultado el 5 de junio de 2023.

«lithology». *glossary.slb.com*. Consultado el 10 de junio de 2023.

Serra, Oberto (2004). Méry Corbon, ed. *Well logging : data acquisition and applications* (en inglés). Francia. ISBN 978-1-62198-787-1.

«porosity». *glossary.slb.com*. Consultado el 10 de junio de 2023.

McPhee, Colin; Reed, Jules; Zubizarreta, Izaskun (2015). *Core analysis: a best practice guide*. Developments in petroleum science (first edition edición). Elsevier. ISBN 978-0-444-63657-7.

«water_saturation». *glossary.slb.com*. Consultado el 10 de junio de 2023.

Archie, G.E. (1 de diciembre de 1942). «The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics». *Transactions of the AIME* (en inglés) 146 (01): 54-62. ISSN 0081-1696. doi:10.2118/942054-G. Consultado el 10 de junio de 2023.

Erdle, James C. (1984). *Current Drillstem Testing Practices: Design, Conduct And Interpretation*. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/13182-MS. Consultado el 10 de junio de 2023.

Worthington, Paul F. (27 de octubre de 2010). «Net Pay — What Is It? What Does It Do? How Do We Quantify It? How Do We Use It?». *SPE Reservoir Evaluation & Engineering* (en inglés) 13 (05): 812-822. ISSN 1094-6470. doi:10.2118/123561-PA. Consultado el 10 de junio de 2023.

Jaeger, J.C.; Cook, N.; Zimmerman, R.W. (2007). *Malden, MA, ed. Fundamentals of rock mechanics* (en inglés). Blackwell Pub. ISBN 978-1-4443-0891-4.

Chopra, Satinder; Castagna, John P. (1 de enero de 2014). *AVO* (en inglés). Society of Exploration Geophysicists. ISBN 978-1-56080-319-5. doi:10.1190/1.9781560803201. Consultado el 10 de junio de 2023.

Chen, W.F., ed. (29 de agosto de 2002). *The Civil Engineering Handbook* (en inglés) (0 edición). CRC Press. ISBN 978-0-429-12195-1. doi:10.1201/9781420041217. Consultado el 10 de junio de 2023.

The Mechanics of Soils and Foundations, Second Edition. CRC Press. 16 de mayo de 2007. ISBN 978-1-315-27354-9. doi:10.1201/9781315273549. Consultado el 10 de junio de 2023.

Poupon, A.; Clavier, C.; Dumanoir, J.; Gaymard, R.; Misk, A. (1 de julio de 1970). «Log Analysis of Sand-Shale Sequences A Systematic Approach». *Journal of Petroleum Technology* (en inglés) 22 (07): 867-881. ISSN 0149-2136. doi:10.2118/2897-PA. Consultado el 10 de junio de 2023.

Brown, G.A. (June 1986). «A Mathematical Comparison Of Common Saturation Equations». Paper presented at the SPWLA 27th Annual Logging Symposium, Houston, Texas.

Chen, Andrew; Pagan, Ronald (1 de junio de 2013). «Discover a Career: Petrophysics». *The Way Ahead* (en inglés) 09 (02): 19-21. ISSN 2224-4522. doi:10.2118/0213-019-TWA. Consultado el 10 de junio de 2023.

Pérez-Martín, Miguel A.; Estrela, Teodoro; Andreu, Joaquín; Ferrer, Javier (2014-09). «Modeling Water Resources and River-Aquifer Interaction in the Júcar River Basin, Spain». *Water Resources Management* (en inglés) 28 (12): 4337-4358. ISSN 0920-4741. doi:10.1007/s11269-014-0755-3. Consultado el 10 de junio de 2023.

«shaly». *glossary.slb.com*. Consultado el 10 de junio de 2023.

Hook, J.R. (2003). «An introduction to porosity». *Petrophysics* 44 (3): 205-212.

Source: <https://es.wikipedia.org/wiki/Petrof%C3%ADsica>

Miscelanea de Imágenes

El Nevado de Colima México

El volcán Nevado de Colima (o Zapotepetl en su nombre en las lenguas originarias) es un antiguo macizo volcánico ubicado en el estado de Jalisco, cerca de la frontera con Colima (no confundir con el parque nacional homónimo), en el occidente de la República Mexicana. Su altura es de 42601m s. n. m. y no presenta actividad volcánica. Su cima

presenta signos de grave erosión de fuego lo que ha dificultado determinar algunos aspectos de su violenta historia. Hoy en día es posible encontrar restos de materiales de lava en el volcán y flujos piroclásticos del nevado a más de 80 km de distancia del cráter ocasionadas por una erupción de magnitudes catastróficas acompañada de avalanchas y lahares voluminosos que se cree no fue anterior al pleistoceno.



El Nevado de Colima en invierno.

Geología:

A diferencia del resto de los grandes estratovolcanes del centro del país, los cuales están asociados a la subducción de la placa de Cocos con la placa Norteamericana, el complejo volcánico de Jalisco comparte a la vez una singular característica que lo asocia con un movimiento tectónico irregular, alimentado por la transferencia del Bloque Tectónico de Jalisco a la sub-placa de Rivera. Este

movimiento desplaza el sector occidental de Jalisco hacia el oeste. Se encuentra en una zona marcada por la formación de grabens y fallas geológicas que corren formando una gran herradura desde Jalisco hasta Tepic atravesando la parte central del estado.

Después del último colapso del volcán Paleofuego ocurrido hace aproximadamente 2 500 años AP, la

actividad volcánica migró hacia el sur y se instauró dentro de la caldera del Paleofuego. Esta actividad ha dado origen al actual volcán de Colima, el cual tiene un volumen aproximado de 10 km³ y ha crecido a razón de 0.002 km³/año (Luhr y Carmichael, 1990a, 1990b).

Este estratovolcán está compuesto por una alternancia de derrames andesíticos, depósitos de flujos piroclásticos y de caída. Una de las características del volcán de Colima ha sido la generación de flujos piroclásticos que han

alcanzado hasta 15 km del cráter; los más notables son aquellos formados durante la erupción de 1913.

Durante los últimos 400 años, el volcán de Colima ha presentado alrededor de 43 erupciones que lo colocan como el volcán más activo de Norteamérica (De-la Cruz-Reyna, 1993; Saucedo et al., 2004b). Como consecuencia de su constante actividad, el volcán de Colima cuenta con el registro histórico más completo de los volcanes mexicanos.



Cono del estratovolcán

La erupción explosiva mejor documentada del volcán de Colima fue la ocurrida en 1913. Antes de la erupción la cima del volcán tenía un cráter cubierto por un domo de lava. La erupción comenzó el 17 de enero de 1913 (Ortiz-Santos, 1944) con una serie de explosiones que generaron densas nubes de vapor y ceniza. El 20 de enero la erupción continuó con la formación de una columna pliniana que alcanzó 21 km de altura (Saucedo-Girón, 1997). Esta columna provocó una lluvia de ceniza, que en Zapotlán, Jal. alcanzó 15 cm de espesor y en la Barca, Jal., alrededor de 4 cm según el periódico El Imparcial publicado el 21 de enero de 1913. Ésta llegó hasta Saltillo, Coah., a más de 700 km del volcán. El volumen total de la erupción de 1913 fue estimado en 0.9 km³ (Saucedo-Girón, 1997). Durante la erupción también se produjeron flujos piroclásticos, los cuales fluyeron 15 km por el flanco sur del volcán, dejando depósitos de ceniza y rocas de 40 m de espesor (Waitz,

1915). Como resultado de esta explosión, la morfología de la cima del volcán cambió drásticamente, el edificio perdió 100 m de altura y se formó un cráter con un diámetro cercano a 400 m y profundidad desconocida. Para 1931, la profundidad del cráter oscilaba entre 50 y 100 m (Waitz, 1935; Arreola 1915); para 1958, el cráter estaba casi completamente ocupado por un tapón de lava en Grandes volcanes activos de México 389 bloques (Mooser, 1961) que, entre 1961 y 1962, comenzó a derramarse por la ladera norte del volcán de Colima formando una lengua de lava que llegó hasta la base norte del volcán, en el sitio denominado El Playón. En 1975-1976 comenzó la generación de varios flujos de lava acompañados por primera vez de flujos piroclásticos, los cuales fueron documentados por Thorpe et al. (1977). Esta clase de actividad consistió en la intrusión de un cuerpo de magma que empujó el domo o tapón central y eventualmente

generó derrames andesíticos como el de 1982 (Luhr y Carmichael, 1990b) y/o flujos piroclásticos producidos por el colapso gravitacional de las partes externas del domo, como el de 1991 (Rodríguez-Elizarrarás et al., 1991),

también de la parte frontal de los flujos de lava, como en 1998 (Saucedo et al., 2002), y de manera más violenta, durante los primeros meses del año 2005.



Fumarola en el año 2005.



Bosques templados con pinos y encinos.

Flora:

Existe una lista de flora potencial muy vasta, para esta región que comprende el parque nacional, con 172 especies de plantas vasculares, repartidas en 98 géneros y 44 familias, la mejor representada es la familia Compositae con 15 géneros y 36 especies. Esto representa el 2.47% de la flora registrada para el Estado de Jalisco, y del 3.40% del Estado de Colima y es solo el 0.78% de las reportadas a nivel nacional. Para este inventario fueron recolectadas aproximadamente 223 muestras de plantas; han sido identificadas 146 de ellas, algunas no se han logrado identificar debido a insuficiencia de material, y el resto está en el proceso de identificación o hay dudas que existen por tratarse de nuevas especies o de subespecies.

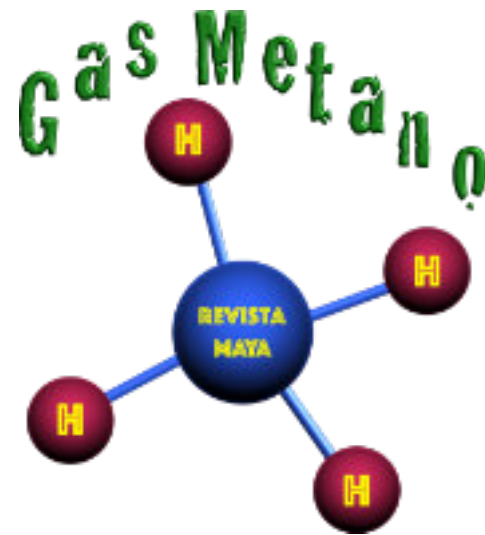
La vegetación del Nevado es de bosques templados y fríos de pino-encino, oyamel y juníferos. A partir de la cota de los 4000 metros sobre el nivel del mar existe el ecosistema conocido como tundra alpina, donde los zacatonales y los musgos son las principales plantas, pues los árboles (pinos, oyameles) dejan de crecer a esta altura.

Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen Conmemorativo del Centenario, Temas Selectos de la Geología Mexicana. Vol. 57, núm. 3, 2005, p. 379-424

<http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2005v57n3a6>

<https://www.mexicodesconocido.com.mx>

<https://www.montero.org.mx>



Hay tres clases de personas:

- Los que hacen que las cosas pasen.
- Los que miran las cosas que pasan.
- Los que se preguntan que ha pasado.

Quién eres Tú?

Murray Butler

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Anderson H. Thomas & Nourse Jonathan, A.

GEOLOGIC TIES ACROSS A RELOCATED TRACE OF THE LATE JURASSIC MOJAVE-SONORA MEGASHEAR

GEOLOGIC TIES ACROSS A RELOCATED TRACE OF THE LATE JURASSIC MOJAVE-SONORA MEGASHEAR

ANDERSON, Thomas, Geology and Environmental Science, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15260 and NOURSE, Jonathan A., Geological Sciences Department, California State Polytechnic University Pomona, Pomona, CA 91768

Abstract

Mapping and complementary geochronologic studies by Nourse and colleagues (2005, 2022, 2024) in Sonora and the San Gabriel Mountains of California provide additional refinements on the trace of the postulated Mojave-Sonora megashear as shown by Anderson (2015, Plate 1, Restoration). If effects of Cenozoic extension and dextral shear are restored, then the principal megashear fault bounds the western margins of the San Gabriel and San Bernardino Mountains each of which contains rock units with isotopic signature compatible to the Mojave province basement. Juxtaposition of rocks of the Mazatzal province against exposures of the Yavapai-Mojave transition zone in northwest Sonora reaffirms a basic characteristic of the proposed fault zone (Silver and Anderson, 1974; Anderson and Silver, 2005). Multiple, previously recognized stratigraphic characteristics such as age, composition, setting, and fossil content among Neoproterozoic and Paleozoic sections (Stewart, 2005) in addition to cross-fault correlations of Mesozoic igneous and sedimentary rocks are compatible with displacement of as much as 800 km during Oxfordian time. Restoration of the Sonora Caborca block to a position adjacent to the Sierra Nevada not only juxtaposes distinctive features of Paleozoic and Triassic formations but also results in formation of: (1) a regional eastward-younging domain of Permo-Triassic plutons, if outcrops at Sierra Los Tanques are aligned with the central and eastern Sierran igneous rocks; (2) an elongate peninsula of Paleoproterozoic arc rocks, now exposed at Sierra Los Alacranes and Quitovac, that is conveniently situated to shed detritus northeastward into the Belt Basin. Correlations of sections on the Caborca block to Neoproterozoic, Early Paleozoic and Triassic sections of Inyo Mountains-Death Valley region also are compatible with some structures and unconformities that formed during regional, tectonic episodes such as Humboldt, ca. 306 to 295+/- Ma (e.g. Stevens et al., 2015). In Sonora, on the Caborca block, extensive stratigraphic sections in ranges such as those near Rancho Bamori, as well as Sierra del Alamo and Santa Teresa, provide opportunities for comparisons between Sonora and the California-Nevada region. We present these ideas in map view with a series of reconstruction diagrams to highlight details of the proposed cross fault geologic ties.

Geological Society of America Abstracts with Programs. Vol. 56, No. 5, 2024

[doi: 10.1130/abs/2024AM-405193](https://doi.org/10.1130/abs/2024AM-405193)

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO ALUVIAL UBICADO ENTRE LAS QUEBRADAS CHACAÍTO Y SEBUCÁN, REGIÓN NORESTE DEL VALLE DE CARACAS

Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Trabajo Especial de Grado para optar el título de Ingeniera Geólogo. 2018

Sustentante: **Br. Salcedo S. Karleydi G. V.**

Director de Tesis: *Prof. Laura Torres.*

Resumen

Las aguas subterráneas constituyen una alternativa para poder abastecer a la ciudad de Caracas frente a eventos climáticos y antrópicos que puedan afectar el suministro de agua aportada por los embalses, además, son menos propensas a la contaminación y con una buena gestión se puede garantizar una explotación controlada. Sin embargo, para poder utilizar este recurso como posible solución a la problemática es necesario caracterizar hidrogeológicamente la zona, y es por ello que surgió la idea de elaborar un modelo hidrogeológico conceptual, que permitiera aportar un mejor entendimiento de la zona ubicada entre las quebradas Chacaíto y Sebucán en la región noreste de Caracas, una de las zonas más pobladas y susceptibles de la ciudad. Para lograrlo se dividió esta investigación en tres fases: 1) se elaboró una base de datos tomando en cuenta las áreas de hidrogeología, geología, geografía, geofísica, geomorfología, geotecnia y geoquímica, gracias al aporte de bibliografía de diversos entes; 2) se interpretaron los datos con el fin de caracterizar el acuífero; y 3) se realizó la integración hidrogeológica en un modelo conceptual y numérico 3D. La metodología permitió establecer la configuración de las capas que componen el acuífero, las cuales presentan una forma subhorizontal, uniforme, con buzamiento general hacia el sur, en donde se intercalan capas acuíferas con acuitardos. La evaluación de los datos químicos permitió determinar, primeramente, un patrón de flujo orientado en dirección noroeste-sureste, con dos zonas de recarga: una principal asociada al sistema de fallas del Ávila que permite la infiltración de las quebradas del oeste del Waraira Repano hacia el interior del sistema acuífero; y una segunda zona de recarga ubicada en el Parque Generalísimo Francisco de Miranda, ya que constituye la única zona natural del área, la cual recibe las aguas meteóricas. El análisis de la química del agua permitió ver, de igual manera, una posible zona de infiltración de aguas residuales que contaminan el acuífero en la zona de El Pedregal. El modelo numérico realizado a partir del modelo hidrogeológico conceptual permitió observar que el aporte a través del sistema de fallas debe ser aproximadamente 3,15 veces mayor que el aportado por las precipitaciones. El modelo numérico se considera una buena aproximación de la realidad del acuífero de la zona de estudio pudiéndose utilizar como base para futuros trabajos.

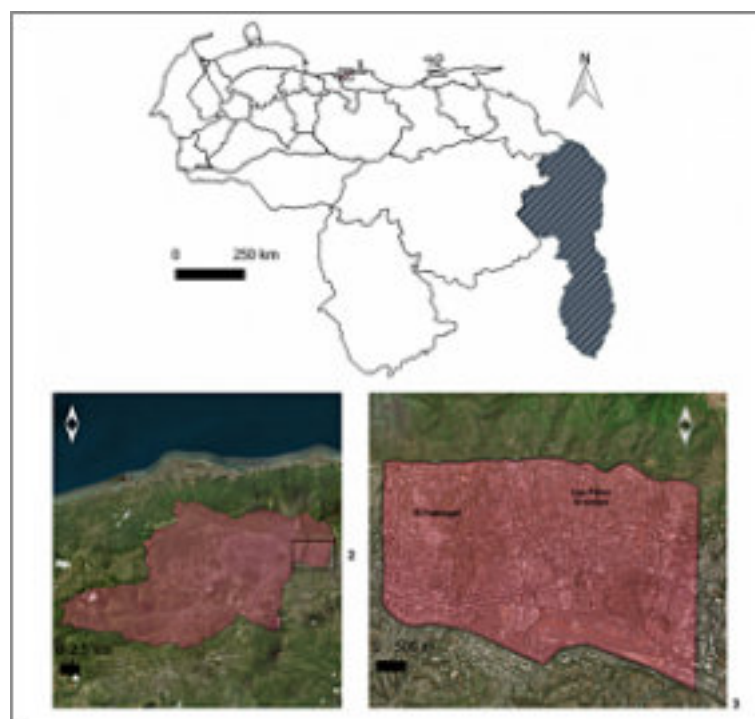


Figura 1.1. Ubicación de la zona de estudio. 1. Posición relativa respecto a Venezuela. 2. Posición relativa respecto a La Gran Caracas. 3. Delimitación de la zona. Imágenes satelitales tomadas de: buscador web Bing.

Geological Society of America
Special Paper 321
1997

European Province Late Silurian brachiopods from the Ciudad Victoria area, Tamaulipas, northeastern Mexico

A. J. Boucot and Robert B. Blodgett

Department of Zoology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331

John H. Stewart

U.S. Geological Survey, MS 901, 345 Middlefield Road, Menlo Park, California 94025

ABSTRACT

Late Silurian (late Wenlock–early Ludlow, and late Ludlow–early Pridoli) brachiopods from siliciclastic rocks of the Ciudad Victoria area, Tamaulipas, northeastern Mexico, are of European Province rather than North American Province affinities and have close affinities to brachiopods in northern South America. The Silurian sequence is overlain by Early Mississippian (Early Osagean), Pennsylvanian, and Permian strata of North American biogeographic affinities. These relations suggest that the Ciudad Victoria area may originally have been part of South America but by Early Mississippian time have been close enough to North America for faunal interchange. The European Province brachiopods from the Ciudad Victoria area are *Isorthis* (*Ovalella*), *Mclearnitesella*, *Baturria*, and *Amphistrophiella* (*Sulcastrophiella*). New taxa described are *A. (Sulcastrophiella) stinnesbecki* n. subgen., n. sp., and *Amerista carillobravo* n. gen., n. sp.

INTRODUCTION

Silurian rocks, first noted in the Ciudad Victoria region (Fig. 1) by Carillo-Bravo (1959, 1961), have been regarded as late Llandovery–Ludlow (Berry and Boucot, 1970). This age assignment was maintained by Harper and Boucot (1978, Pl. 34, Figs. 6–9), who illustrated an undescribed new species of *Amphistrophiella* (*Amsdenostrophiella*) from USNM locality 13005 in the Ciudad Victoria region. In 1993, the authors of this chapter spent several weeks mapping the area, focusing on the fossiliferous Silurian strata. The resultant relatively large fossil collections enable better understanding of the paleoecology and biogeographic affinities of the Silurian faunas.

The Ciudad Victoria Silurian rests unconformably on Precambrian crystalline basement. It has biogeographic affinities

with the European rather than the North American Province (Boucot, 1990). This evidence suggests that the Silurian rocks were deposited far from the North American Platform, perhaps in northern South America where the Silurian fauna is similar to that in the Ciudad Victoria area. In contrast, the fauna in the overlying Lower Mississippian (Early Osagean) rocks have strong affinities to North American faunas, in particular to that of the Borden delta (Waverly) of central and eastern Ohio (John L. Carter, personal communication, 1996), and uncertain affinities to poorly known Lower Mississippian faunas, from other parts of Mexico and South America (John L. Carter, personal communication, 1996). These relations suggest that what is now the Ciudad Victoria area may have originally been part of South America but by Mississippian time have been close enough to North America for faunal interchange.

Boucot, A. J., Blodgett, R. B., and Stewart, J. H., 1997, European Province Late Silurian brachiopods from the Ciudad Victoria area, Tamaulipas, northeastern Mexico, in Klapper, G., Murphy, M. A., and Talent, J. A., eds., Paleozoic Sequence Stratigraphy, Biostratigraphy, and Biogeography: Studies in Honor of J. Granville ("Jess") Johnson: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 321.

Monitoreo de recuperación del Bosque de Ciprés de Isla Guadalupe, por medio del modelado de estructura del dosel, su impacto en la erosión y la hidrología superficial.

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2020.

Sustentante: **Laura Abigail Vera Ortega.**

Director de Tesis: *M.C. Alejandro Hinojosa Corona.*

Resumen

Isla Guadalupe es una reserva de la Biósfera ubicada en el Pacífico a 260 kilómetros de la costa de Baja California. El Ciprés de Guadalupe es una de las especies endémicas de mayor importancia en la isla y durante las últimas décadas ha estado bajo esquemas de manejo debido a los daños causados por la introducción de especies exóticas e incendios forestales. Debido al interés en la recuperación de esta comunidad vegetal, se han realizado estudios de monitoreo desde diferentes perspectivas de la percepción remota. En el presente trabajo se aplicó la fotogrametría para generar un Modelo de Altura del Dosel (MAD) del bosque de Ciprés, el cual es una representación en 3D de la distribución de un bosque. En este caso, el MAD fue generado a través del procesamiento de fotografías con alto grado de traslape tomadas sobre el área del bosque con ayuda de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), los levantamientos se realizaron en julio de 2016 y mayo de 2019 con cámara en color natural (RGB) para ambos casos y en infrarrojo cercano (IRC) para el primero. Apoyados con diferentes softwares especializados en fotogrametría, se generaron los MADs en los diferentes tiempos, inventarios de individuos con sus respectivas envolventes en 2D de las copas de los árboles, además de la generación de Modelos Digitales del Terreno (MDT) de alta resolución (25cm). Estos productos sirvieron para monitorear la dinámica de la población del bosque de ciprés y su influencia en la dinámica erosiva, por medio de comparaciones temporales de cada modelo y la aplicación del modelo de RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) para la predicción de erosión hídrica, del cual el factor C (cobertura vegetal) es calculado a partir del MAD. Los resultados indican que el número de individuos calculado por fotogrametría no tiene una fuerte correlación con datos en campo ($R=0.65$), sin embargo, la delimitación de las copas es muy precisa al igual que la estimación de alturas ($R=0.92$). Mas del 90% de la población calculada son individuos juveniles debido a la recuperación del bosque posterior a un incendio en 2008. Se calcularon tasas de erosión de 0 a $2 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ para las zonas con vegetación arbórea, de 4 a $15 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ para zonas con escasa o nula vegetación y valores mayores a $15 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ para zonas con pendientes pronunciadas. Los flujos de trabajo del tratamiento de imágenes y cálculo de factor C que se muestran en este trabajo, pueden ser replicados para el monitoreo de vegetación, erosión y sus productos ser utilizados como referentes para planes de manejo.

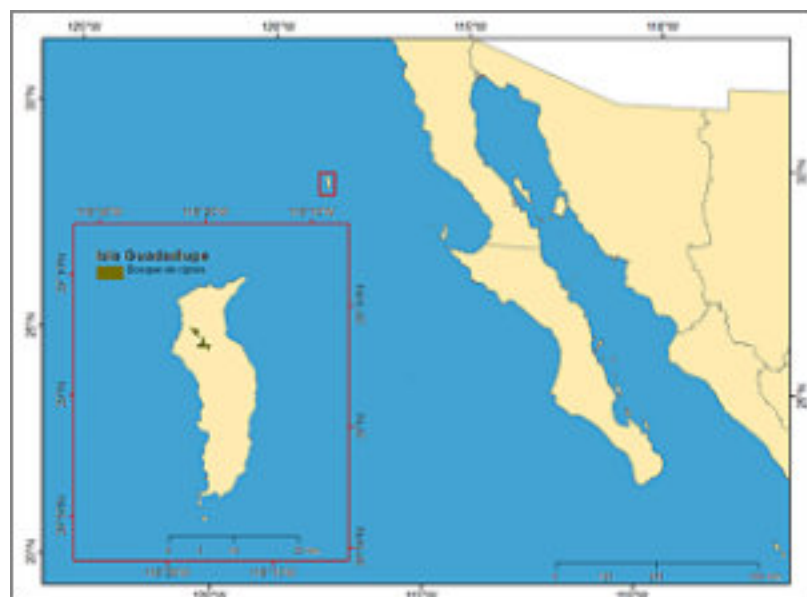


Figura 1.1. Ubicación de Isla Guadalupe y bosque de ciprés.



PERGAMON

Journal of South American Earth Sciences 15 (2002) 481–495

Journal of
South American
Earth Sciences

www.elsevier.com/locate/jsames

Stratigraphy and paleontology of Lower Permian rocks north of Cananea, northern Sonora, Mexico

Robert B. Blodgett^{a,*}, Thomas E. Moore^b, Floyd Gray^c

^aDepartment of Zoology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

^bUS Geological Survey, MS 901, 345 Middlefield Road, Menlo Park, CA 94025, USA

^cUS Geological Survey, 520 North Park, Tucson, AZ 85719, USA

Received 1 March 2001; accepted 1 May 2002

Abstract

Lower Permian carbonate and overlying red bed clastic rocks are present in a 2 km² stratigraphic window in the vicinity of Rancho La Cueva, Santa Cruz sheet (scale 1:50,000), northern Sonora, Mexico. This exposure lies unconformably beneath predominantly intermediate Upper Cretaceous volcanics yielding ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages of 73.4 ± 0.18 and 71.1 ± 0.35 Ma. The lower part of the Permian succession consists of light- to medium-gray colored limestones of the Colina Limestone, with a minimum thickness of 235 m. Sedimentary features suggest shallow water, slightly restricted depositional environments. Although lacking observable fossils for the most part, two intervals of richly fossiliferous, silicified shell beds are present near the base and top of the Colina Limestone. The lower fauna consist mostly of gastropods and bivalves. The presence of a new microdomatid gastropod species, *Glyptospira sonorensis* n. sp., close to *Glyptospira arelela* Plas, suggests a late Wolfcampian age for this horizon. The upper fauna are predominantly molluscan dominated (gastropods and bivalves), but some brachiopods (productids and the rhynchonellid genus *Pontisia*) are also present. Gastropod genera include *Bellerophon*, *Warthia*, *Euomphalus* (represented by the species, *Euomphalus kaibabensis* Chronic), *Baylea*, *Worthenia*, *Naticopsis*, *Goniasma*, *Kinishbia*, *Cibecua*, and *Glyptospira*. The gastropods suggest a Leonardian (late Early Permian) age for this horizon, and many of the species have previously been recorded from the Supai Group and Kaibab Formation of northern and central Arizona.

The Colina Limestone is conformably overlain by 11.2 m of light-gray lime mudstone and dolostone, assigned here to the Epitaph Dolomite, which in turn is succeeded by 58.8 m of red-colored sandstone and gray lime mudstone, assigned here to the Scherrer Formation. This Lower Permian succession is significant because it further strengthens the stratigraphic ties of southeastern Arizona rocks with those of northern Sonora and confirms the presence of North American cratonal stratigraphy in the northern part of the state of Sonora, Mexico. Published by Elsevier Science Ltd.

Keywords: Lower Permian; Stratigraphy; Gastropods; Brachiopods; Sonora (Mexico)

1. Introduction

Exposures of the North American craton and its Paleozoic sedimentary cover are present in an area that extends southeastward from the Colorado Plateau in northern Arizona to the Sonoran basin and range province of northern Sonora, Mexico. In southeastern Arizona, the Paleozoic sedimentary cover is approximately 2 km thick and has been described near Tombstone by Gilluly et al. (1954) and in the Whetstone Mountains by Wrucke and Armstrong (1987) (Fig. 1). In northeastern Sonora, incomplete exposures of the Paleozoic sedimentary section have been studied in the Sierra del Tule near the United

States–Mexican border by González-León (1986), in the Sierra Los Ajos east of Cananea (Aponte-Barrera, 1974), and at other sites farther east and outside the area of Fig. 1 (Stewart and Poole, 2002). In Sonora, the Proterozoic and Paleozoic sections are not exposed west of the Sierra de Los Ajos, probably because of covering Mesozoic and Cenozoic volcanic and sedimentary strata. This interpretation is supported by a small exposure of altered unfossiliferous carbonate rocks and quartzite and Proterozoic granitic rocks near Cananea (Mulchay and Velasco, 1954; Anderson and Silver, 1977) (Fig. 1). Proterozoic and Paleozoic rocks are also exposed in the Caborca area, approximately 150 km southwest of Cananea (Cooper and Arellano, 1946; Cooper et al., 1952, 1953; Easton et al., 1958; Brunner, 1975; Stewart et al., 1984; McMenamin, 1987). The Caborca section, however, constitutes part of the miogeoclinal

* Corresponding author. Tel.: +1-541-752-7606; fax: +1-541-737-0501. E-mail address: blodgett@bcc.orst.edu (R.B. Blodgett).

ESTIMACIÓN DE ESTADO DE ESFUERZOS DE LAS FALLAS UBICADAS ENTRE LAS FALLAS DE SOÁPAGA Y CHAGUACÁ, EN BOYACÁ, COLOMBIA.

Universidad de los Andes, Colombia. Trabajo de grado para optar por el título de: Geocientífico. 2019.

Sustentante: **Jesica Vanessa Cáceres Naranjo.**

Director de Tesis: *Dr. Indira Molina.*

Resumen

El objetivo general del presente trabajo es estudiar el estado de esfuerzos de la falla comprendida entre las fallas de Soápage y Chaguacá. Para ello se estimará experimentalmente el tensor de esfuerzos, criterios de fracturación, y la magnitud del evento sísmico que se podría generar en caso de que se reactivara la falla en estudio teniendo en cuenta su geometría y la sismología de la zona. Se lograron identificar 20 datos de fallas que tienen componente normal-dextral en dirección NE sobre la transecta Belén - Paz de Río. Estas fallas posiblemente se dieron en un evento sintectónico a la inversión de las fallas regionales de Soápage y Boyacá (Velandia et al., 2017). Este conjunto de fallas pertenece a un régimen de transcurrancia pura y se asocian a las cataclasitas encontradas en campo al SE de la falla en estudio, lo anterior se debe a que las cataclasitas son el resultado del evento posterior al levantamiento de la cordillera oriental. Además, se determinó mediante el estudio geológico regional que la falla es antitética con respecto a la falla de Chaguacá debido a que tiene un sentido de desplazamiento opuesto a la cinemática de la zona.



Figura 1.1. a) Mapa geológico del extremo sur de la Falla de Bucaramanga en el Macizo de Floresta. b) Corte geológico transecta Belén – Paz de Río modificado de Velandia et al., (2017).

Geological Society of America
Special Paper 336
1999

Exotic Paleozoic strata of Gondwanan provenance near Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

John H. Stewart

U.S. Geological Survey, MS-901, 345 Middlefield Road, Menlo Park, California 94025, United States

Robert B. Blodgett

Department of Zoology, Oregon State University, Cordley Hall 3029, Corvallis, Oregon 97331, United States

Arthur J. Boucot

Department of Zoology, Oregon State University, Cordley Hall 3029, Corvallis, Oregon 97331, United States

John L. Carter

The Carnegie Museum of Natural History, 4400 Forbes Avenue, Pittsburgh, Pennsylvania 15213, United States

Robert López

Earth Science Department, University of California, Santa Cruz, California 95064, United States

ABSTRACT

Outcrops in Cañones de la Peregrina and de Caballeros near Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, consist of the Grenville-age (1,018 Ma) Novillo gneiss. The second overlying strata are composed, in ascending order, of: (1) the Cañón de Caballeros Formation (Silurian) consisting of conglomerate, silicic volcanic arenite, limestone, and sandstone and siltstone; (2) the Vicente Guerrero Formation (Lower Mississippian), consisting of quartz and lithic arenite, siltstone, and shale; (3) the El Aserradero Rhyolite (Mississippian, a 334 ± 39 -Ma U-Pb zircon age); (4) the unconformably overlying Del Monte Formation (Lower and Middle Pennsylvanian), consisting of bioclastic grainstone, sandstone, and limy sandstone; (5) the Guacamaya Formation (Lower Permian), consisting of turbiditic siltstone and sandstone rich in volcanic detritus; and (6) unconformably overlying Jurassic and Cretaceous conglomerate, limestone, siltstone, and sandstone. The Cañón de Caballeros and the Vicente Guerrero Formation are each about 100 m thick; the Del Monte Formation, about 200 m thick; and the Guacamaya Formation, about 1,260 m thick.

An extensive fauna of brachiopods, gastropods, trilobites, and corals from the Silurian Cañón de Caballeros Formation has been assigned to the European Province of the North Atlantic Region, a non-North American fauna. The Silurian fauna is similar to that in the allochthonous West Avalonia terrane in eastern coastal North America, to fauna in Venezuela, and to fauna in northwest Africa, Europe, the British Isles, and Scandinavia. The Silurian fauna in the Ciudad Victoria area is most similar to fauna in the Cordillera de Mérida in Venezuela. The original distribution of the fauna of the European Province appears to have been along the South American-northwest Africa margin of the supercontinent Gondwana, and at that time, adjacent Baltica, and separate from the Laurentian (ancestral North American) continent. This pattern suggests that the Ciudad Victoria Silurian strata were derived from somewhere along this margin of Gondwana (most likely near Venezuela) and were transported tectonically to their present position near ancestral North America. The

Stewart, J. H., Blodgett, R. B., Boucot, A. J., Carter, J. L., and López, R., 1999, Exotic Paleozoic strata of Gondwanan provenance near Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, in Ramos, V. A., and Keppie, J. D., eds., *Laurentia-Gondwana Connections before Pangea*: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 336.

Análisis de facies y paleoambientes en secciones estratigráficas del Cretácico inferior del centro este de México

Tesis presentada para la obtención de grado de Doctor en Ciencias de la Tierra por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología.

Sustentante: **José Carlos Jiménez López.**

Directores de Tesis: **Dr. Ricardo Barragán Manzo** (Instituto de Geología, UNAM); **Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez** (Instituto de Geología, UNAM).

Resumen

Se presenta el estudio bioestratigráfico y análisis de microfacies de cuatro localidades de la región centro-este de México, ubicadas en Cerro El Padhi, estado de Hidalgo; Cacahuatlán, San Felipe Tepatlán y Tlatlauquitepec, en el estado de Puebla, México. La sección Cerro El Padhi está conformada por caliza cristalina y micrítica con intercalaciones de bentonita, lutita y limolita calcárea, con predominancia de radiolarios, calpionélidos y espículas de esponjas; su edad se determinó con base en la presencia de *Calpionella alpina*, *Calpionellopsis simplex*, *C. oblonga*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *T. subacuta*, *Remaniella cadischiana*, *R. catalanoi* y *Calpionellites darderi*, cuyas asociaciones permitieron delimitar las subzonas Oblonga (Zona de Calpionellopsis, Berriasiano Superior) y Darderi (Zona de Calpionellites, parte basal del Valanginiano Inferior) y conocer su distribución paleogeográfica en México y otras regiones del mundo. Para el análisis de isótopos estables se emplearon técnicas estándar de medición de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$. Las curvas de variaciones isotópicas sugieren un ligero cambio hacia valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$, relacionados a menor profundización y/o aporte de materiales de zonas someras hacia la parte alta de la sección Cerro El Padhi. Los registros se correlacionan con estratos en los que existen variaciones en la presencia de calpionélidos y radiolarios siendo estos últimos más abundantes hacia la parte alta de la sección Cerro El Padhi, lo que sugiere cambios en las condiciones de sedimentación posiblemente asociados a disminución de los niveles de oxigenación. La sección Cacahuatlán está conformada por intercalaciones de lutita, mudstone, mudstone-wackestone y estratos tabulares a masivos de caliza, con textura wackestone y wackestone-packstone, con lentes y nódulos de pedernal. La biota consiste en radiolarios y foraminíferos (*Leupoldina pustulans*, *Globigerinelloides ferreolensis*, *Globigerinelloides algerianus*, *Hedbergella roblesae* y *Ticinella*), espículas de esponjas, bivalvos, gasterópodos, ammonites, crinoideos y equinoideos del Aptiano tardío-Albiano temprano. En esta sección se reconocieron cuatro microfacies pertenecientes a zonas marinas abiertas de profundidad considerable (pie de talud a cuenca profunda), correlacionables con los cinturones de facies FZ-2 y FZ-3 de Wilson (1975) de regiones de baja energía y se realizaron agrupaciones con base en la abundancia relativa de aloquímicos (desde 0: componentes nulos o en trazas, hasta 3: componentes que ocupan entre 10 y 30 % de los elementos dentro de los campos visuales). Se considera que los estratos de mudstone y wackestone-packstone de radiolarios en la sección Cacahuatlán son comunes en ambientes de cuenca profunda con influjo de sedimentos finos, bajo condiciones que impidieron la desintegración del plancton. En este cinturón de facies se encontró lutita y wackestone bioclástico con material arcilloso, además de lodos calcáreos con radiolarios que corresponden para esta sección a las facies: 1) wackestone-packstone con abundantes radiolarios y foraminíferos planctónicos y bentónicos; 2) mudstone y mudstone-wackestone de radiolarios, foraminíferos bentónicos y crinoideos; 3) mudstone y wackestone pelágicos, wackestone-floatstone y wackestone-packstone con gasterópodos y ammonoideos. Los agrupamientos encontrados en la sección se tratan de mudstone y wackestone pelágicos con litoclastos y bioclastos relacionados a ambientes de cuenca profunda. En la sección San Felipe Tepatlán las microfacies incluyen mudstone de radiolarios y foraminíferos planctónicos, mudstone con bioturbación y fragmentos de cuarzo microcristalino subredondeado, wackestone arcilloso de foraminíferos planctónicos con espículas de esponjas y variaciones importantes en el contenido de materia orgánica. En algunas de las facies las testas presentan en su interior parches de microcristales de cuarzo u óxidos. La interpretación paleoambiental de esta sección se asocia a la abundancia de foraminíferos planctónicos, como elementos más comunes en estratos de mudstone y wackestone, intercalados con limolita calcárea con algunos desarrollados en ambientes marinos pelágicos de regiones tropicales con nivel de energía moderada. *Hedbergella occulta* y *Globigerinelloides ferreolensis*, indican niveles estratigráficos pertenecientes a la parte baja del Aptiano Superior (Zona de *Globigerinelloides ferreolensis*). El intervalo representado por estas especies se asocia a un aumento importante de nivel del mar relacionado con un cambio entre la presencia de morfotipos de foraminíferos planctónicos someros y de profundidades intermedias. En la sección Tlatlauquitepec se presentan predominantemente facies de mudstone y wackestone de calpionélidos, radiolarios y escasos foraminíferos bentónicos; la mayoría de los radiolarios son espumeláridos y existen pequeños relictos de nasseláridos por lo que estas facies se consideran de cuenca profunda alejada del pie de talud, con algunos aloquímicos de mayor tamaño atribuibles a margen de plataforma en los que se observan diversos grados de fracturamiento y con variaciones en el grado de recambio de materiales. En las secciones

Cacahuatlán, San Felipe Tepatlán y Tlatlauquitepec se presentan descripciones de facies con la interpretación paleoambiental correspondiente y se incluyen análisis de agrupamiento con la determinación de biofacies con evaluaciones sobre la utilidad de algoritmos *kmeans* y jerárquico, usando métrica euclídea para las distancias entre entidades analizadas (niveles estratigráficos). Aunque los agrupamientos en estas secciones tuvieron un índice de Hoptkins cercano a 0.5 fue posible delimitar al menos de manera gráfica diferencias importantes entre los grupos encontrados (biofacies). En el caso de la sección San Felipe Tepatlán se tuvo mucha homogeneidad en las muestras y los aloquímicos esqueléticos predominantes fueron también foraminíferos planctónicos encontrados en un intervalo interpretado de aumento de nivel del mar mientras que en la sección Tlatlauquitepec las biofacies establecidas fueron generalmente de tipo mudstone con calpionélidos y foraminíferos y con algunas muestras presentando brechamiento o reciclado de litoclastos. Las implicaciones sedimentológicas, estratigráficas y paleoecológicas con relación al registro paleontológico y paleogeográfico para la región centro-este de México indican fluctuaciones en el nivel del mar, asociadas a cambios eustáticos relacionadas a factores locales como procesos de subsidencia, levantamientos tectónicos o cambios en la tasa de sedimentación, referidos a ajustes de la cuenca, que no necesariamente coinciden con las variaciones globales del nivel del mar. El aumento de facies arcillosas hacia la parte media en una de las secciones y el relativo descenso del nivel del mar sugiere la transición desde una asociación de facies netamente marina a una facies con condiciones de algún nivel de retrabajo.

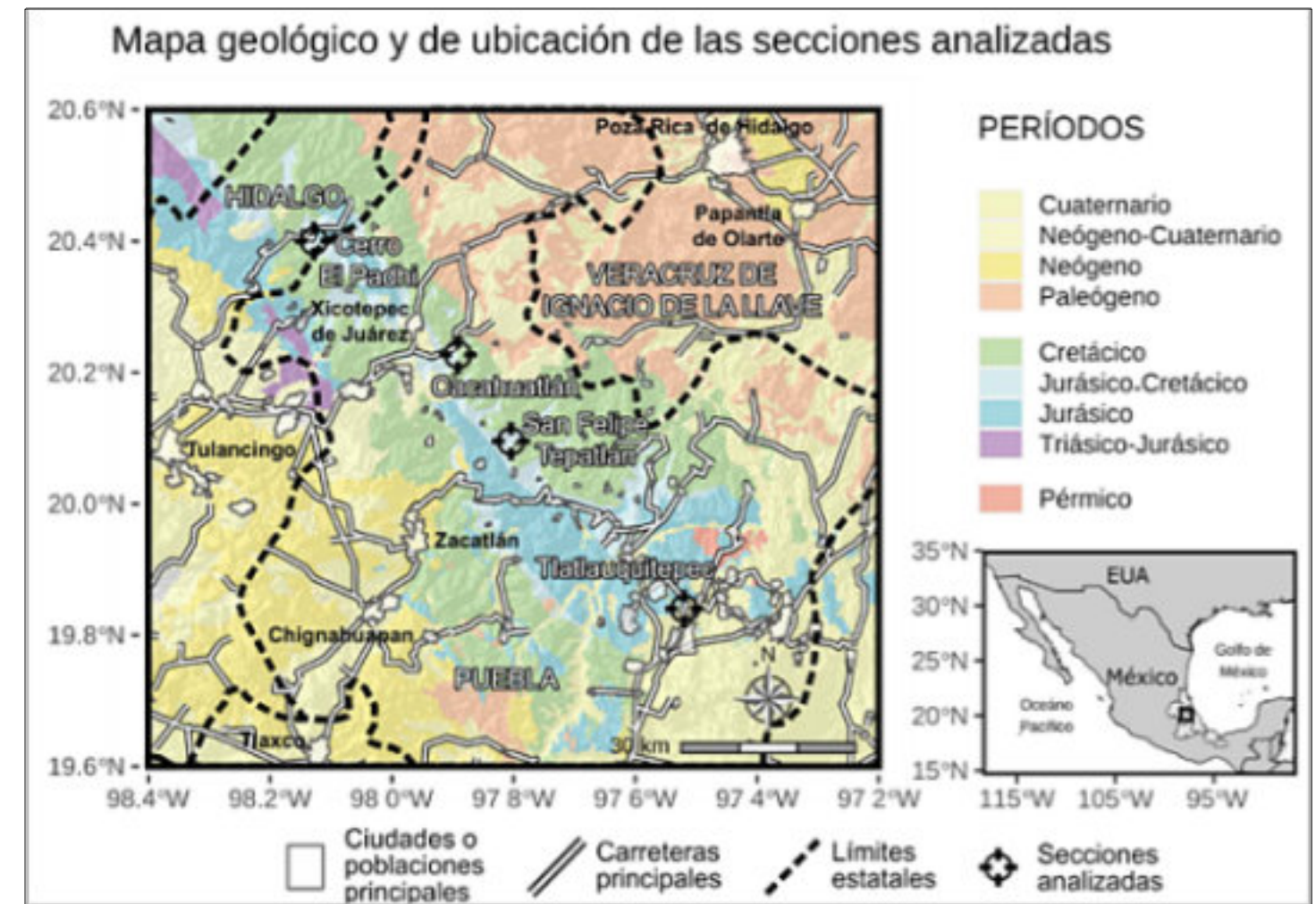


Figura 1. Mapa geológico y de ubicación de las secciones analizadas. La geología representada se tomó de las cartas geológico-mineras Pachuca F14-11 (SGM, 1997), Ciudad de México E14-2 (SGM, 2002a), Veracruz E14-3 (SGM, 2002b), Poza Rica F14-12 (SGM, 2004b). Las carreteras y vías principales fueron simplificadas de la red Nacional de Caminos (INEGI, 2022). Los polígonos para las áreas se tomaron del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2013).

Detección y localización de terremotos mediante aprendizaje de máquina en la Costa de Guerrero, México

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis que para optar por el grado de: Licenciado en Geociencias. 2024.

Sustentante: **Gustavo Antonio Ayala Morales.**

Director de Tesis: *Dr. Luis Antonio Domínguez Ramírez.*

Resumen

Una de las tecnologías de mayor auge y desarrollo en la actualidad es el aprendizaje de máquina. Esta tecnología consiste en una serie de paradigmas de programación capaces de ‘aprender’ de forma análoga a como lo hacemos los seres humanos. De esta forma, la máquina (computadora) recibe una gran cantidad de datos de entrada y mediante modelos probabilísticos busca patrones comunes que le permiten realizar tareas específicas. Existe una enorme variedad de aplicaciones de este tipo de algoritmos, desde el reconocimiento de objetos hasta la conducción de autos autónomos. En este trabajo, utilizamos algunas de estas herramientas de aprendizaje máquina para el análisis de sismos que ocurren en las costas de Guerrero. Esta zona es de especial interés científico debido a que existe una región anómala en la cual no se han registrado grandes sismos de magnitud mayor a 7.0 en los últimos 100 años y que recibe el nombre de la Brecha de Guerrero. Con el objetivo de analizar con un mayor detalle la sismicidad de esta zona, examinamos los registros sísmicos de una red de 7 sismómetros de fondo marino para el periodo de noviembre del 2017 a noviembre del 2018.

Con el objetivo de evaluar la eficiencia y conveniencia del uso del aprendizaje máquina, se analizaron de forma visual (manualmente) los registros sísmicos de 100 sismos para las 3 componentes de cada una de las 7 estaciones. En total, se analizaron 2100 registros sísmicos con los cuales se obtuvo una base de datos de 4,200 tiempos de arribo de ondas P y S. Conjuntamente se empleó una paquetería de aprendizaje profundo para la selección automática de estos arribos. Posteriormente, se utilizó un software de localización probabilística con lo que se obtuvo la localización de los sismos utilizando tanto los tiempos de arribo obtenidos de forma manual y automática.

De esta forma, el modelo de aprendizaje de máquina utilizado fue capaz de detectar 93 eventos de los 100 de prueba. La diferencia promedio de la localización entre ambos epicentros, fue de 9.05 km; y la de ambos hipocentros de 11.45 km. Situando al modelo dentro del margen de error, al no rebasar la diferencia de 15.00 km. Cabe resaltar que la detección y localización de sismos arrojó hipocentros profundos (>50km) mayores a lo esperado para esta región de la zona de subducción. Para determinar que esto no es resultado de un artefacto en los datos o un error causado por el software de localización, se calculó la polarización de la onda P para estimar los ángulos de arribo a la superficie a cada una de las estaciones y se comparó con los ángulos esperados utilizando un modelo de velocidades regional. Mediante esta prueba de validación se pudo concluir la existencia de sismos por debajo de la interfaz de las placas.

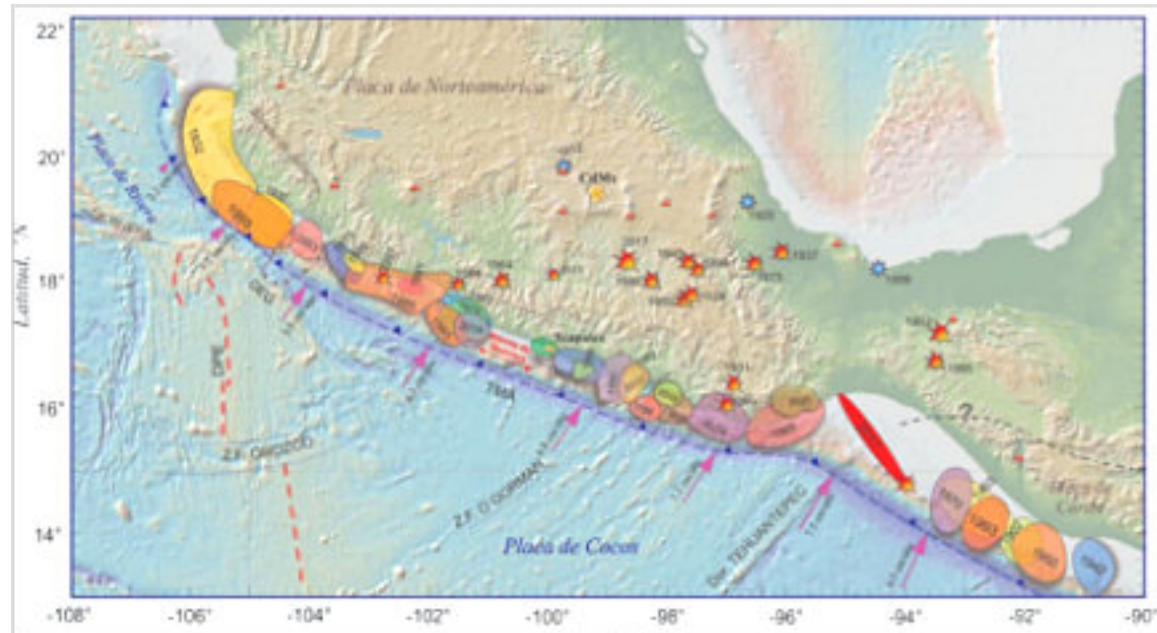


Figura 1.1. Mapa de 100 años de sismicidad, en donde se muestran los diferentes sismos ocurridos desde 1900 hasta el 2017 (Kostoglodov, V., & Pacheco, J.F. ;1999).

The Geological Society of America
Special Paper 442
2008

Devonian brachiopods of southwesternmost Laurentia: Biogeographic affinities and tectonic significance

Arthur J. Boucot

Department of Zoology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331-2914, USA

Forrest G. Poole

U.S. Geological Survey, Box 25046, MS-973, Federal Center, Denver, Colorado 80225-0046, USA

Ricardo Amaya-Martínez

Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora 83000, México

Anita G. Harris

1523 East Hillsboro Boulevard., Apartment 1031, Deerfield Beach, Florida 33441-4307, USA

Charles A. Sandberg

U.S. Geological Survey, Box 25046, MS-939, Federal Center, Denver, Colorado 80225-0046, USA

William R. Page

U.S. Geological Survey, Box 25046, MS-980, Federal Center, Denver, Colorado 80225-0046, USA

ABSTRACT

Three brachiopod faunas discussed herein record different depositional and tectonic settings along the southwestern margin of Laurentia (North America) during Devonian time. Depositional settings include inner continental shelf (Cerros de Los Murciélagos), medial continental shelf (Rancho Placeritos), and offshelf continental rise (Rancho Los Chinos). Ages of Devonian brachiopod faunas include middle Early (Pragian) at Rancho Placeritos in west-central Sonora, late Middle (Givetian) at Cerros de Los Murciélagos in northwestern Sonora, and late Late (Famennian) at Rancho Los Chinos in central Sonora. The brachiopods of these three faunas, as well as the gastropod *Orecoxia*, are easily recognized in outcrop and thus are useful for local and regional correlations.

Pragian brachiopods dominated by *Acrospirifer* and *Meristella* in the “San Miguel Formation” at Rancho Placeritos represent the widespread Appohimchi Subprovince of eastern and southern Laurentia. Conodonts of the early to middle Pragian *sulcatus* to *kindlei* Zones associated with the brachiopods confirm the ages indicated by the brachiopod fauna and provide additional information on the depositional setting of the Devonian strata. Biostratigraphic distribution of the Appohimchi brachiopod fauna indicates continuous Early Devonian shelf deposition along the entire southern margin of Laurentia. The largely emergent southwest-trending Transcontinental arch apparently formed a

Boucot, A.J., Poole, F.G., Amaya-Martínez, R., Harris, A.G., Sandberg, C.A., and Page, W.R., 2008, Devonian brachiopods of southwesternmost Laurentia: Biogeographic affinities and tectonic significance, in Blodgett, R.B., and Stanley, G.D., Jr., eds., The terrane puzzle: New perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera: Geological Society of America Special Paper 442, p. 77–97, doi: 10.1130/2008.442(05). For permission to copy, contact editing@geosociety.org. ©2008 The Geological Society of America. All rights reserved.

El comportamiento geoquímico de las Tierras Raras en las aguas ácidas del sistema volcánico-hidrotermal del Puracé (Colombia).

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2019.

Sustentante: **Miguel Ángel Pérez García.**

Director de Tesis: *Dr. Claudio Inguaggiato.*

Resumen.

En esta tesis se caracterizó el comportamiento geoquímico de los elementos de tierras raras (Lantanidos + Itrio) en las aguas ácidas del sistema hidrotermal del volcán Puracé (Colombia). Las aguas presentaron valores de $pH < 3.7$, Eh entre 74.2 y 326 mV, temperatura entre 42 y 89° y Sólidos Totales Disueltos (STD) entre 1 y 5.6 g l⁻¹. De acuerdo a su composición de elementos mayores y pH, las aguas se dividieron en 3 grupos: 1) sulfatos dominantes con altos contenidos de Al, Na y Fe, (Pozo Azul); 2) cloruros dominantes con una relación Cl/SO₄ de 1.9 pero con el Na como catión dominante y bajas concentraciones de Al, Fe y Mn (Hornos 3 y 7); 3) Cloruro-Sulfatadas, Na dominantes, con altas concentraciones de Al, Fe y Mn comparadas con los otros grupos (La Mina y La Mina 1). Al relacionar el pH con la concentración de tierras raras se identificó una tendencia lineal, esta nos indica que las concentraciones de tierras raras aumentan al disminuir el pH. Se encontró que la mayor concentración de tierras raras era en los sitios con mayor STD. Mediante la normalización a la roca magmática promedio local (andesita), se identificaron 3 patrones de comportamiento en las tierras raras, coincidentes con los 3 grupos previamente identificados con los elementos mayores: 1) ligero empobrecimiento en tierras raras ligeras (La al Nd), 2) marcado empobrecimiento en tierras raras ligeras y 3) patrones aproximadamente planos. El comportamiento de las tierras raras en las aguas del volcán Puracé es similar a otras aguas ácidas en sistemas volcánicos hidrotermales de Colombia, por lo que se infirió que en sistemas con características físico-químicas similares, adquieren patrones de comportamiento de agotamiento en tierras raras ligeras o linealidad, debido a la precipitación de los minerales secundarios (probablemente yeso, alunita, caolinita). Se realizó un ejercicio de reconstitución de composición química de las aguas con fuerte agotamiento en tierras raras ligeras, el cual consistió en elaborar una simulación donde se rehizo la distribución en tierras raras previa a la precipitación de yeso, alunita y caolinita. Como resultado final se sugirió una combinación de estos minerales como las posibles fases que agotaron las tierras raras ligeras en las muestras.

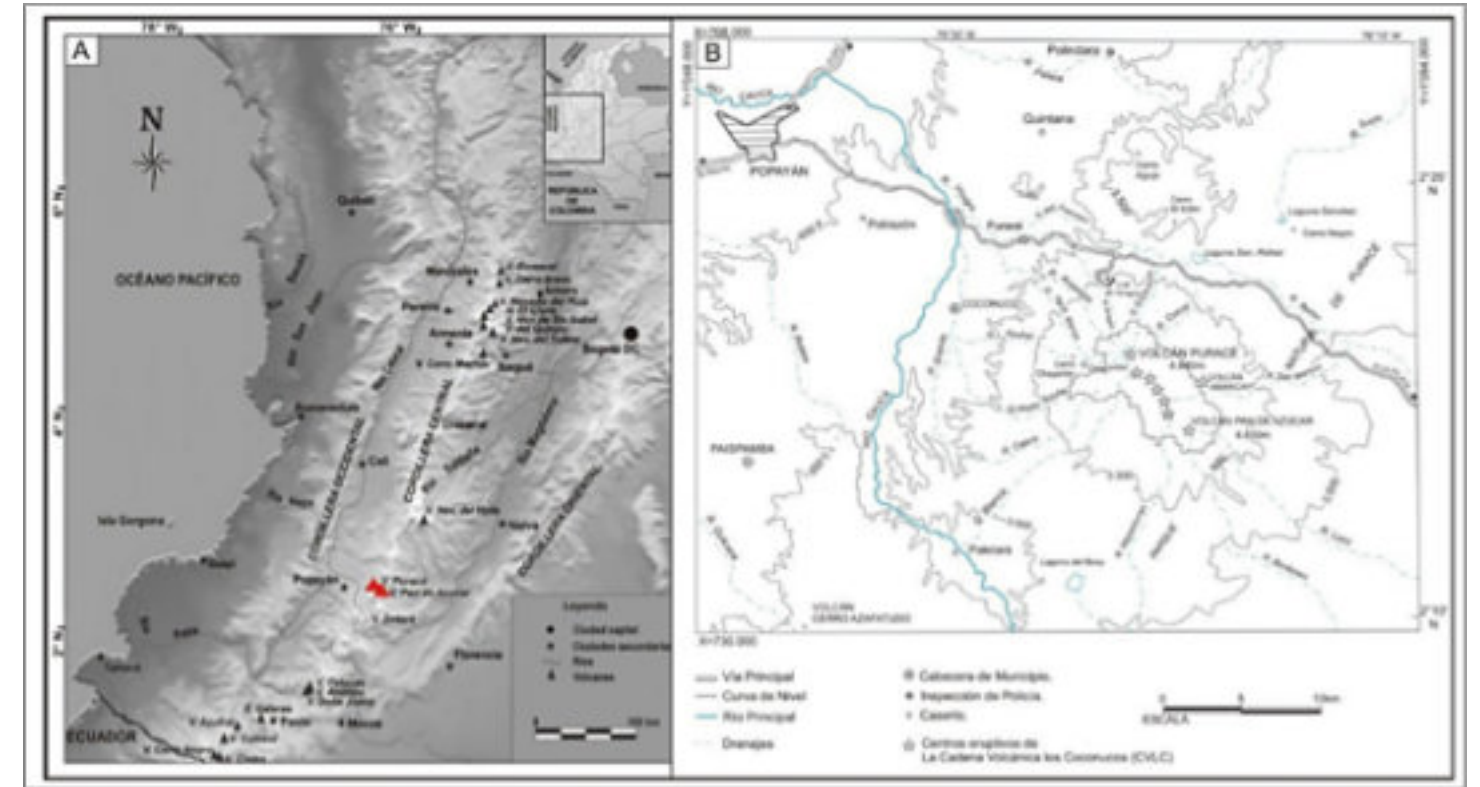
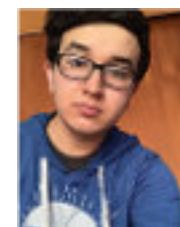


Figura 1.1. A la izquierda: localización del volcán Puracé de color rojo, en el contexto del vulcanismo activo de Colombia, a la derecha: localización de la CVLC y principales drenajes de la zona. Fuente: Monsalve, 2014.

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



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

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

diegogabriel807@gmail.com

El libro recomendado

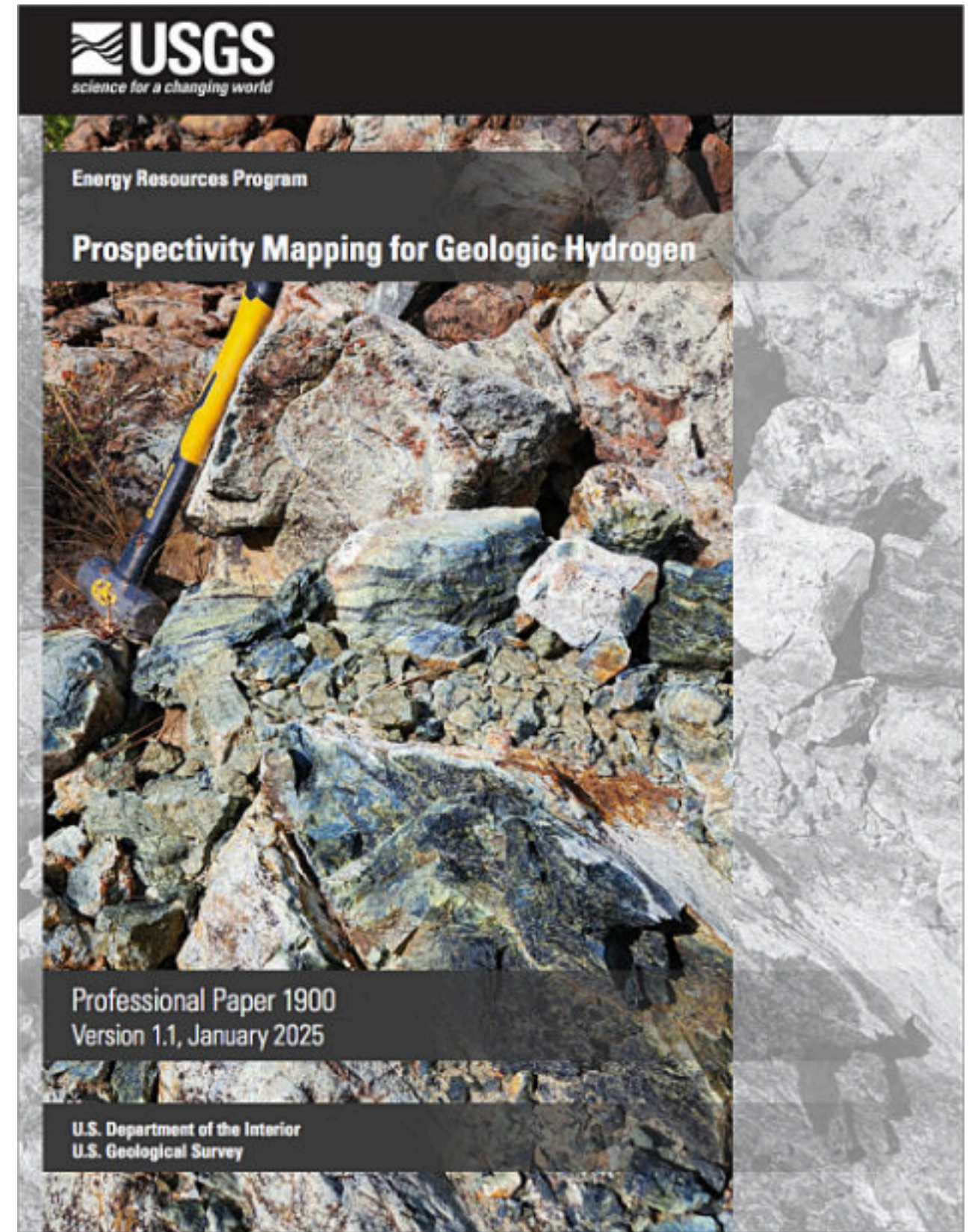
<https://librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/3855/978-607-30-9702-4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



El libro recomendado

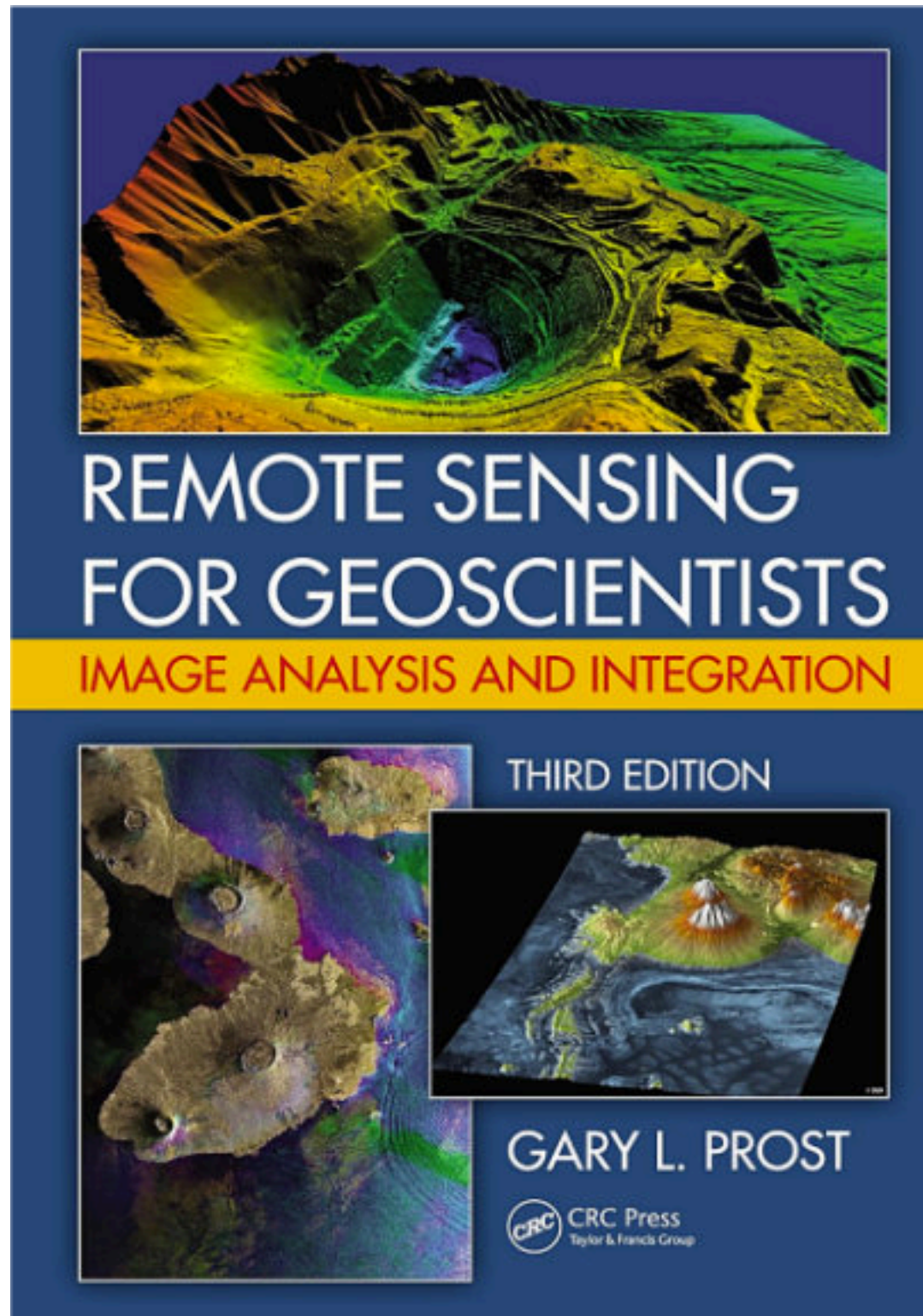
<https://pubs.usgs.gov/pp/1900/pp1900.pdf>

Free copy



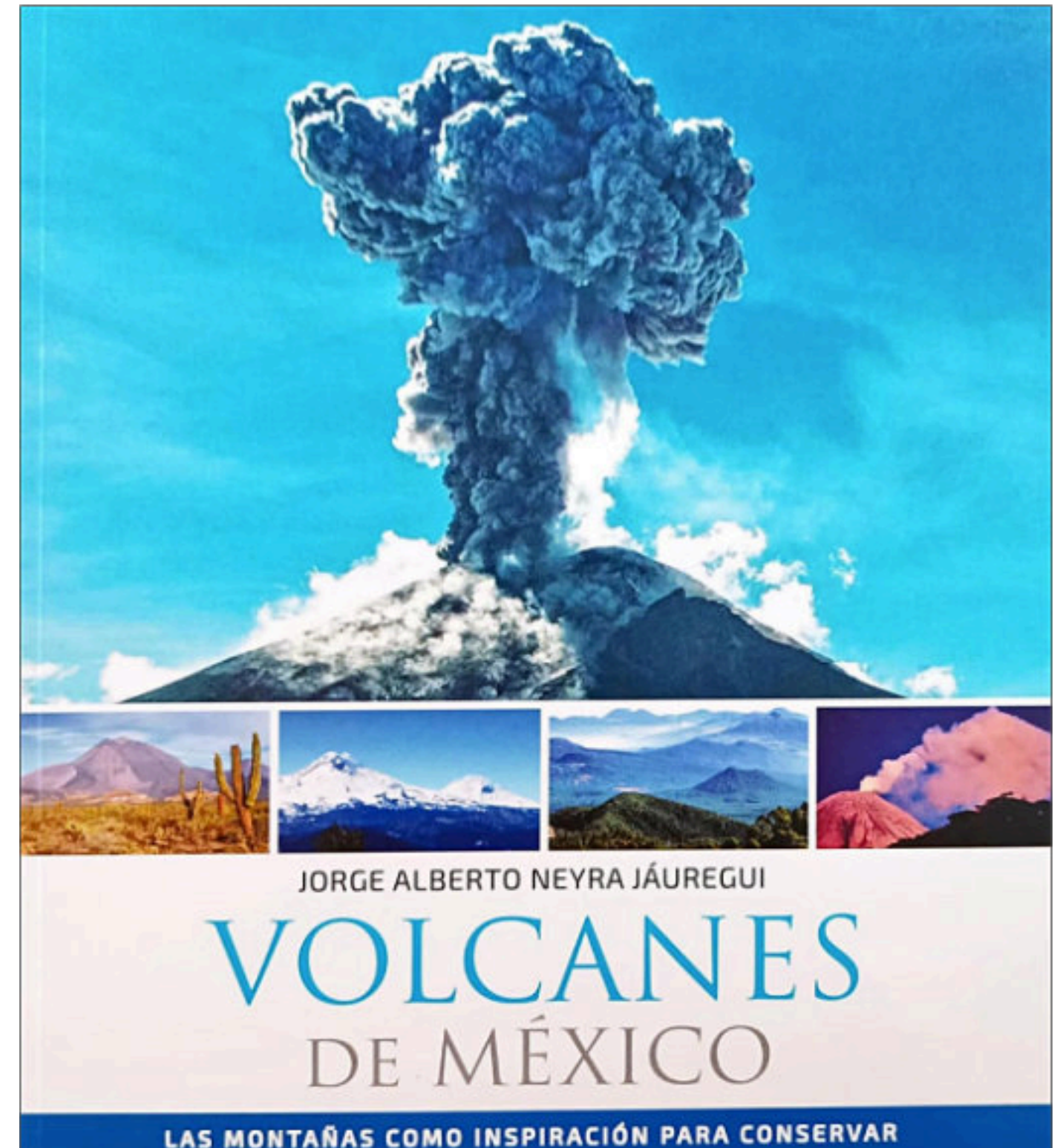
El libro recomendado

https://www.amazon.com/Remote-Sensing-Geoscientists-Analysis-Integration-ebook/dp/B00OD429S0/ref=sr_1_1?crid=2UUFKDBP4AWC6&dib=eyJ2IjoiMSJ9.1fy61Rv4u3psRXshHhA-LAtPJ1LF0pGxiHyEoihEgo2clDhtO8PSeGpQ11Ej0iCoOZCifwix1PWTAfRAUvaEY09O3aZqw6lYpl6NeyNuYzGnJ-gZHIM9rzdXxr7wN06T3b4_F34MlxmRC7h1kbXmtg.N1MU8E8k2Zza7jJ5RuZq0USFDYsCRNaog08u7rDD68&dib_tag=se&keywords=REMOTE+SENSING+FOR+GEOSCIENTISTS&qid=1735764610&srefix=remote+sensing+for+geoscientists%2Caps%2C133&sr=8-1



El libro recomendado

<https://www.amazon.com.mx/Volcanes-M%C3%A9xico-Jorge-Alberto-J%C3%A1uregui/dp/6074951853>



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. Impacto del calentamiento global en los ecosistemas latinoamericanos y su repercusión en el clima mundial.

Natalia Silva Cruz

Colaboradora de la Revista

El cambio climático tiene afectación en todo el planeta: veremos ascensos del nivel del mar, aumento de la severidad de inundaciones, huracanes, ciclones y tormentas; degradación de la fauna marina, deshielo de glaciales, descongelamiento de permafrost, intensificación de sequías, disminución de áreas productivas para agricultura, olas de calor extremo, y demás. Evidentemente, algunas zonas serán más afectadas que otras, tenemos por ejemplo los pequeños estados insulares en desarrollo, las regiones polares, el África Subsahariana, múltiples zonas del Asia Meridional y Sudoriental, países del Medio Oriente, poblaciones costeras de todo el mundo, deltas de ríos, regiones montañosas y por supuesto, áreas importantes de Latinoamérica como el ecosistema amazónico, los glaciares andinos e islas del Caribe. Hablemos de los ambientes más vulnerables frente al cambio climático en Latinoamérica.

1. La Selva Amazónica. Este impresionante lugar es el mayor sumidero de carbono de tierra firme, cuenta con un área de 5,5 millones de kilómetros cuadrados y se estima que absorbe unos 1,7 millardos de toneladas de CO₂ al año¹. Se anticipa que el ciclo del agua se verá afectado puesto que a mayores temperaturas se aumentará la tasa de evaporación, dando lugar a suelos secos y reducción de humedad en el aire, las lluvias serán más complejas de predecir y su comportamiento será errático. El calentamiento global pone evidentemente en riesgo la flora encargada de secuestrar ese carbono puesto que se modificarían las condiciones básicas para su desarrollo, pero, principalmente, amenaza la fauna de anfibios que habitan allí puesto que son de las especies más sensibles a las variaciones térmicas y de humedad. Ahora, el Amazonas no solo está sufriendo los estragos del cambio climático, sino de la deforestación, que amenaza el ambiente por múltiples frentes, aunque parezca irreal, esta región no solo ha disminuido su capacidad de absorción porque cuenta con menos plantas, sino porque la deforestación está acompañada de incendios que facilitan la "limpieza" de vegetación, de manera que es

posible que en una región importante del Amazonas brasileño (en un 20% del total del Amazonas) actualmente se esté emitiendo más CO₂ que el que se absorbe debido a las quemadas y a la introducción de prácticas como ganadería o industrialización en lugares que anteriormente eran selváticos².

Impacto mundial: el calentamiento global, en conjunto con la deforestación, disminuirá en gran medida la capacidad de absorción de carbono del Amazonas, que siendo hoy el responsable del secuestro del 5% del CO₂ mundial, podría convertirse en un emisor, como ya lo es en algunas regiones del sur. La perturbación del ciclo de lluvias no será localizada, estas alteraciones afectarán el ciclo del agua en toda Suramérica y podría llegar a regiones del Medio Oeste de Estados Unidos, generando una disrupción de la agricultura de todo el continente americano.

2. Sistema Andino y la Patagonia. El deshielo acelerado de glaciales amenaza la disponibilidad de agua en poblaciones ubicadas en países como Argentina, Chile, Perú y Bolivia. La fauna deberá migrar a regiones más altas donde las áreas para su desarrollo son mucho más reducidas, aumentando enormemente el riesgo de extinción de varias especies.

Impacto mundial: el soporte de agua dulce que provee los Andes es trascendental para el progreso de múltiples países, de él dependen la agricultura, la ganadería, el acceso a agua potable y el funcionamiento de hidroeléctricas. Además, volúmenes de agua provenientes del deshielo de glaciares del Cono Sur aportarán a la subida del nivel del mar, que pone en peligro islas y ciudades costeras de todo el planeta.

3. Islas del Caribe y regiones costeras. El calentamiento de los océanos dará paso al blanqueo de sistemas coralinos de regiones como el Caribe, lo que amenaza todo el ecosistema marino y aumenta la exposición de ciertas zonas a posibles daños por huracanes y ciclones. La subida del nivel del mar pone en riesgo de inundación todas las islas y zonas costeras bajas propias del Caribe, América Central y el Pacífico.

Impacto mundial: la cadena de alimentación de productos marinos es completamente vulnerable y se pone en peligro no solamente la disposición de comida sino la prosperidad económica de regiones que dependen enormemente de su comercio, como son las regiones Latinoamericanas ubicadas en el Caribe y el Pacífico.

4. Ecosistemas de la Península de Yucatán. La alteración de patrones de lluvia en los bosques secos tropicales generará sequías prolongadas y degradación de los suelos, amenazando la vida silvestre que depende ampliamente de la disponibilidad de agua, como son el armadillo y el jaguar, algo similar se observará en la región de El Gran Chaco, en Suramérica, que también cuenta con bosques secos. Simultáneamente, los manglares de la Península de Yucatán están bastante amenazados debido a la subida del nivel del mar, intensificación de tormentas, acidificación de los océanos, cambios de salinidad y variaciones de temperatura.

Impacto mundial: la pérdida de ecosistemas como el manglar reducirá la capacidad de absorción de carbono del planeta, además de que aumentará la vulnerabilidad de la costa y permitirá el paso de huracanes, tal como sucedió con Wilma, en 2005 y Mitch, en 1998, que atravesaron con facilidad zonas de manglares degradados.

5. Pantanos como el Delta del Orinoco y el Pantanal. Se prevé que se observarán cambios en las temporadas de lluvia, alterando el ecosistema, lo cual afectará enormemente a especies como chigüiros, caimanes y aves acuáticas propias de estos hábitats.

Impacto mundial: los pantanos son sumideros de carbono que además contienen agua, previniendo inundaciones y manteniendo una rica biodiversidad, su deterioro tendrá impacto en el abastecimiento de agua dulce de las

regiones aledañas, además de que afectará el ciclo hidrológico global.

6. Desiertos como el de Atacama y Sonora. Las temperaturas extremas a las que se expondrán harán más difícil la supervivencia de especies nativas, además, la explotación de recursos como minerales (como el litio) y agua será más compleja.

Impacto mundial: la transición energética tiene una intrínseca relación con el almacenamiento de energía, por lo que requerimos la extracción de litio en cantidades enormes, lo que afecta directamente el ecosistema y la disponibilidad de agua dulce, de manera que, si bien estamos ayudando a controlar la emisión de carbono a la atmósfera, simultáneamente estaríamos impactando negativamente el ambiente.

La afectación de los ecosistemas latinoamericanos como consecuencia del cambio climático tendrá repercusiones locales y globales, se espera que la disponibilidad de agua y alimentos se vea bastante afectada. El ciclo del agua se verá alterado en todo el planeta. Poblaciones enteras están en riesgo de perder sus hogares. Las pérdidas económicas serían enormes, el costo de asegurar bienes tendría alzas bastante considerables, esto en el caso de que los sistemas de seguros continúen estando disponibles. Tenemos poco tiempo disponible para mitigar los efectos del calentamiento global y así asegurar un futuro en un planeta habitable para las futuras generaciones.

¹Arsenault, C. New study offers latest proof that Brazilian Amazon is now a net CO2 source. Sep 2021.

²Climate action. Deforestation in the Amazon is causing parts of it to release more carbon than it absorbs. Feb 2020.



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

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

ensilvacruz@gmail.com

Geología y literatura fantástica, ¿una buena relación?

Blanca Martínez-García

Un buen lema a la hora de hacer divulgación de la geología es innovarse o morir. Incluso, puede ser repetido como un mantra mientras se elabora material docente, sobre todo en niveles preuniversitarios. Y es que no es sencillo captar el interés por nuestra ciencia por parte del público en general, en especial de los adolescentes. Quizás una buena idea sea emplear la lectura de grandes clásicos de la literatura fantástica en los que la geología sea protagonista y discutir las hipótesis descritas en esos relatos. Pero, ¿han existido escritores que le hayan dado tanta importancia a la geología en sus novelas?

Cuando nos preguntamos por la relación entre literatura y geología, siempre pensamos en nuestra ciencia como una mera herramienta literaria para hacer descripciones del lugar en el que ocurre la trama de la obra. El uso de términos geológicos cuyo significado conoce todo el mundo, tales como bahía, marisma, montaña o lago, hace que los lectores nos sumerjamos en dicha obra y nos metamos en el papel del protagonista de la misma. Sin embargo, ha habido autores que, en sus creaciones literarias, le han dado ese protagonismo directamente a la geología y de una manera realmente sorprendente. Pero vamos a empezar esta historia con un evento geológico real, que es como debe comenzar toda obra de ciencia ficción.

1816, el año sin verano

En abril de 1815 entró en erupción el volcán Tambora, localizado en la isla de Sumbawa, en Indonesia. Esta erupción ultraplíniana tuvo un índice de explosividad volcánica (IEV) 7, lo que la convierte en la más explosiva registrada en la historia reciente. Expulsó toneladas de ceniza y gases volcánicos que rápidamente cubrieron la atmósfera, provocando una disminución generalizada de las temperaturas en el Hemisferio Norte y la consecuente pérdida de cosechas, que a comienzos del s. XIX implicaba inevitablemente hambrunas y enfermedades. Así que, a los miles de muertes directas provocadas por los flujos piroclásticos, la lava y los tsunamis generados por la propia erupción, hay que sumar otros miles más debido a esa escasez de alimentos. Tal fue la afectación climática asociada a esta erupción volcánica que a 1816 se le conoce como “el año sin verano”.



Recreación de la erupción del volcán Tambora en 1815, realizada por Greg Harlin y Wood Ronsaville Harlin para la revista Smithsonian magazine. Imagen www.smithsonianmag.com

Pero cuando se acerca el invierno se agudiza el ingenio. En junio de ese año sin verano de 1816, George Gordon Byron, más conocido como Lord Byron, invitó a varios amigos a pasar unos días en una casa victoriana a los pies de un lago suizo, entre los que se encontraba Mary Wollstonecraft Godwin, más tarde conocida como Mary Shelley. Rodeados por ese clima frío y húmedo, con tantas muertes y enfermedades, y algo envalentonados por el alcohol y el láudano, a Byron se le ocurrió hacer una apuesta con el resto para ver quién sería capaz de escribir la historia más terrorífica en esos días. Así vio la luz Frankenstein o el moderno Prometeo, de Mary Shelley. Había nacido la ciencia ficción, incubada por una erupción volcánica. Y es en este género donde una serie de escritores decidieron emplear su obra como medio de divulgación del conocimiento científico de la época, incluida la geología. Curiosa relación a modo de homenaje.

Renovando la novela gótica

En 1809, en Boston (Estados Unidos), nació Edgar Allan Poe. Tuvo una infancia desdichada, ya que a los cuatro años se quedó huérfano, siendo acogido por el matrimonio Allan y adoptando así su apellido. En 1815, la familia viajó a Escocia debido a negocios y en 1816 se trasladaron a Londres. El viaje en barco atravesando el Atlántico no supuso un buen recuerdo para un niño pequeño que nunca había dejado de pisar tierra firme, pero lo que realmente traumatizó a Poe durante toda su vida fue ver pequeños icebergs libres en las costas inglesas, generados al norte de las Islas Británicas fruto de la bajada de temperaturas producida por la erupción del volcán Tambora.

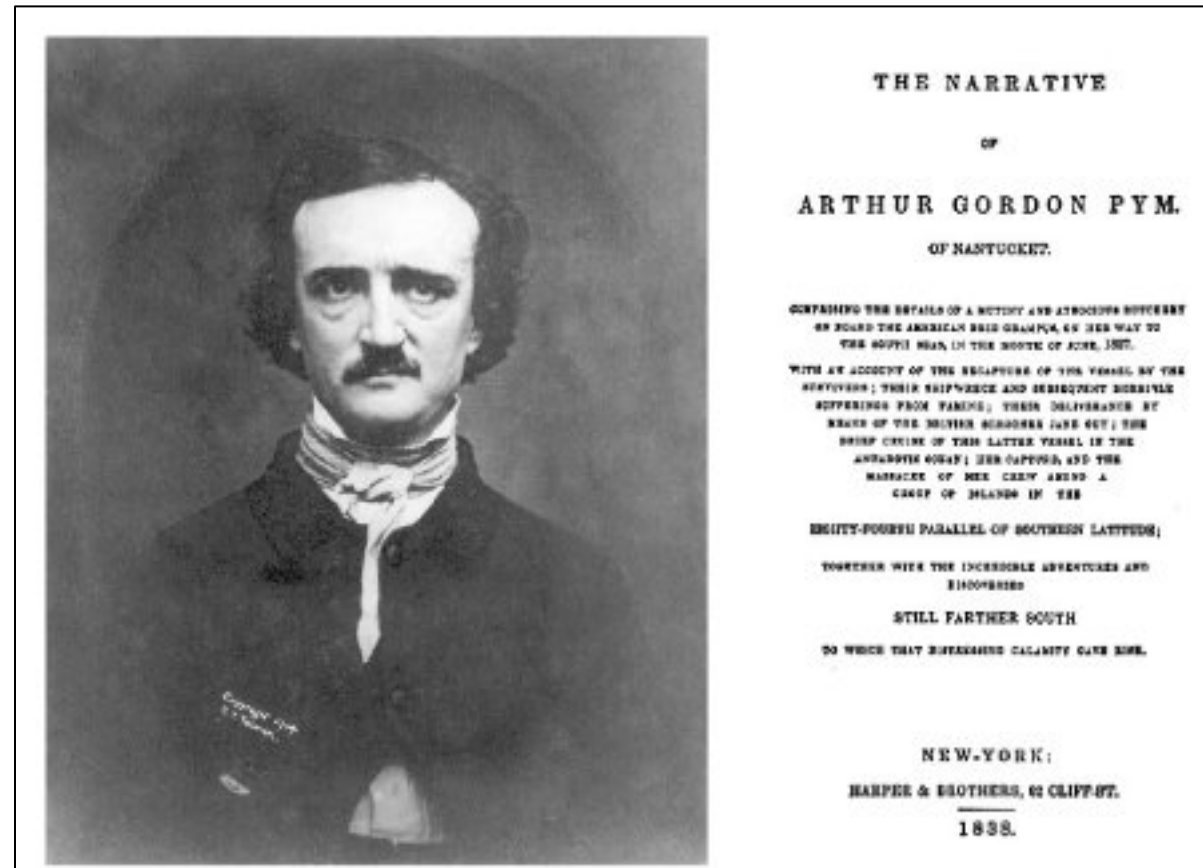
Poe quiso intentar vivir de la escritura, teniendo como influencia a Byron y otros escritores góticos de finales del s. XVIII y comienzos del s. XIX. Sin embargo, decidió renovar esa literatura gótica y de terror al más puro estilo de Mary Shelley, añadiendo una base científica a muchas de sus historias, convirtiendo sus relatos en herramientas de divulgación de la ciencia para el público en general. Y aunque tenía predilección por la astronomía y las matemáticas, no se olvidó de la geología.



Fotograma de la película Remando al viento (Gonzalo Suárez, 1987), donde la actriz Lizzy McInnerny interpreta a Mary Shelley, que recrea la reunión de Lord Byron y sus amigos en Suiza en 1816.

Un ejemplo de la presencia de la geología en la obra literaria de Poe lo encontramos en el relato satírico Algunos episodios de la vida de un hombre de moda (Lionizing, 1835). En esta obra, el autor junta en una cena a varios personajes que destacan por alguna particularidad, y uno de esos personajes es un geólogo que se dedica a hablar sobre tipos de minerales y rocas, utilizando términos como esquisto, chorlo, pudinga o amatista. Esta preferencia de Poe sobre el tema a tratar por su personaje no es casualidad, ya que nos encontramos en pleno apogeo de la realización de los primeros mapas geológicos en Europa y Norteamérica, no sólo con un objetivo científico, sino también económico para las grandes potencias mundiales de la época. Así que, realmente, la petrología y la mineralogía eran temas que estaban de moda durante la primera mitad del s. XIX.

Pero también en su única novela larga, La Narración de Arthur Gordon Pym (The Narrative of Arthur Gordon Pym of Nantucket, 1838), Poe se acuerda de la geología. Esta obra trata de un joven norteamericano que se escapa de casa para ser marinero y, después de mil pesares, termina enrolado en una expedición a la Antártida. Poe escribió esta novela fruto del trauma infantil que sufrió en el viaje que realizó de niño desde Norteamérica hasta Escocia y, especialmente, afectado por el recuerdo de ver los pequeños icebergs libres en las costas inglesas en 1816. Pero volvamos a la parte científica de la historia. En aquella época aún se desconocía si la Antártida era un único continente helado o una serie de islas aisladas, así que el autor pudo dejar volar su imaginación e inventarse la geología de esta tierra inexplorada. Y Poe se la imagina como una mezcla de rocas ígneas, principalmente granito, y sedimentarias, destacando las margas negras, con unas propiedades y una estratificación nunca vistas en ninguna otra parte de nuestro planeta.



Daguerrotipo de Edgar Allan Poe, obtenido por W. S. Hartshorn en 1848, y portada de la primera edición de La Narración de Arthur Gordon Pym (The Narrative of Arthur Gordon Pym of Nantucket, 1838). Imágenes tomadas de <https://commons.wikimedia.org/>

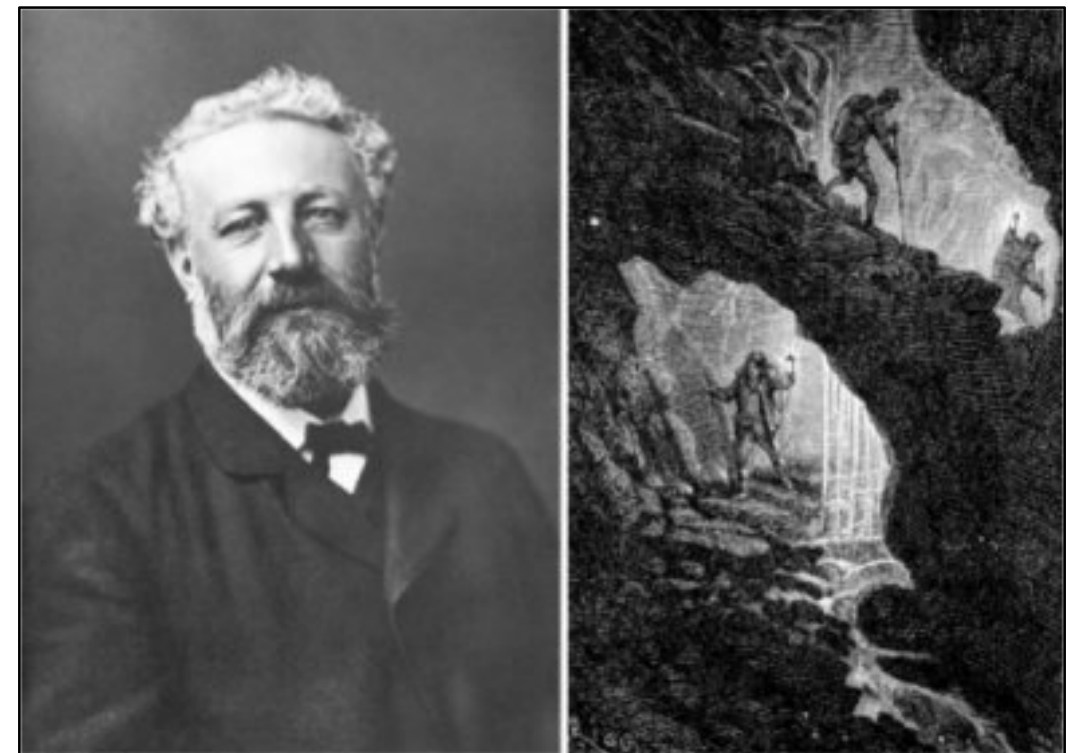
El nacimiento de la Ciencia Ficción Moderna

Jules Gabriel Verne nació en Nantes (Francia) en 1828. Aunque su padre quería que fuese abogado, desde muy joven decidió vivir de la escritura. Admiraba públicamente a Poe, pero se alejó de la literatura gótica decantándose por la novela de aventuras, pero manteniendo una potente base científica en todas sus obras ya que, desde niño, demostró una curiosidad casi enfermiza, dedicándose durante toda su vida a coleccionar artículos y libros científicos. Por esta razón es considerado como uno de los padres de la ciencia ficción moderna junto a Herbert George Wells. Tal era su obsesión por el conocimiento científico que quiso convertir sus novelas en herramientas de divulgación científica para el público en general, llegando a escribir algunas obras que se pueden considerar como auténticos manuales científicos de la época. Y sin olvidarse de la geología, claro.

Una de las novelas de Verne en las que la geología cobra protagonismo es La esfinge de los hielos (Le sphinx des glaces, 1897). Esta obra trata sobre un geólogo que se encuentra estudiando la geología de las Islas Kerguelen, en el Sur del

Océano Índico, y acaba enrolado en una expedición a la Antártida. Según Verne, todos estos terrenos son rocas de origen ígneo, empleando para su descripción términos como lavas endurecidas, escorias polvorientas o cráteres extinguidos.

Sin embargo, el manual de geología por excelencia de Verne es Viaje al centro de la Tierra (Voyage au centre de la Terre, 1864), ya que en esta obra recoge todo el conocimiento geológico del s. XIX. Describe las aventuras vividas por un profesor de mineralogía alemán y su sobrino, a la par que pupilo, cuando deciden emprender un descenso hacia el centro de nuestro planeta. Una de las primeras ideas geológicas que presenta Verne en la novela trata sobre la posibilidad de alcanzar el centro de la Tierra, confrontando las dos hipótesis imperantes en la época. Por un lado, si la temperatura aumenta según se incrementa la profundidad, el centro de la Tierra debería encontrarse en estado gaseoso. Por el contrario, si el planeta se ha enfriado desde el interior hacia el exterior, su centro estaría en estado sólido y se podrían encontrar aberturas y cuevas que lo atravesasen de parte a parte. Para sustentar esta última hipótesis, Verne hace que su protagonista experimente con el enfriamiento de esferas metálicas, al más puro estilo del Conde de Buffon. Alude también al enfrentamiento entre la hipótesis neptunista de Abraham Werner y la plutonista de James Hutton referentes al origen y formación de las rocas, describiendo que la corteza continental está formada por granito como la roca primordial, sobre la que se encuentran tres capas formadas por esquistos, gneiss y micaesquistos. Así mismo describe la hipótesis contraccionista de los geosinclinales de James Dana, basada en movimientos verticales de la corteza elástica, para explicar la formación de las montañas y ciertos hundimientos de terrenos sedimentarios hacia el interior de la Tierra. Igualmente opone el catastrofismo de Georges Cuvier al uniformismo y actualismo de Charles Lyell, describiendo de manera detallada la tabla cronoestratigráfica de finales del s. XIX, citando todos los periodos geológicos conocidos, así como los tipos de rocas y los fósiles que los caracterizaban, en clara alusión a un incremento en la diversidad y complejidad biológica desde tiempos más antiguos hacia más modernos. Pero éste no es el único guiño a la evolución planteada por Darwin apenas seis años antes. Porque una cosa que sorprende leer en varias partes de la obra de Verne son numerosas referencias al diluvio, a la creación o a los siglos de historia natural. Pero esas alusiones religiosas desaparecen cuando el autor hace referencia al hombre cuaternario. Era la época en la que se estaban descubriendo numerosos yacimientos de homínidos primitivos que hacían plantearse a los paleoantropólogos una edad más remota para el origen de nuestra especie. Y es en esta parte el único lugar de toda la obra donde Verne cita una edad, cien mil años de existencia para la raza humana.



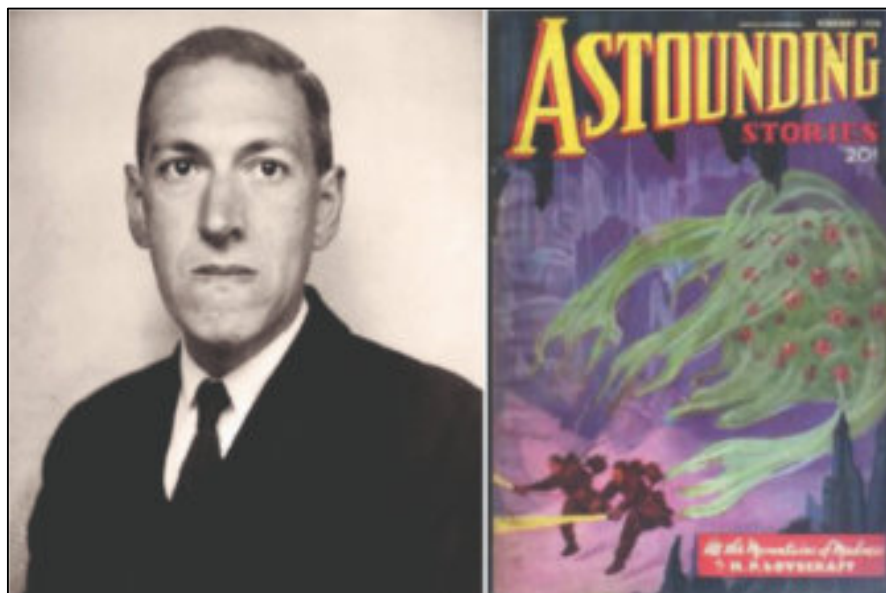
Fotografía de Jules Gabriel Verne, tomada por F. Nadar probablemente en 1878, y grabado de É. Riou realizado para la primera edición de Viaje al centro de la Tierra (Voyage au centre de la Terre, 1864). Imágenes tomadas de <https://commons.wikimedia.org/>

La mitología del horror cósmico

En 1890 nació en Providence (Estados Unidos) Howard Phillips Lovecraft. Aunque fue un niño precoz en lo relativo a la escritura, realmente se planteaba escribir más por placer que para vivir de la producción literaria. Al igual que Verne, Lovecraft también era un auténtico admirador de Poe y otros escritores góticos, que influyeron radicalmente en su manera de escribir. E igualmente se decantó por mostrar el conocimiento científico de la época en sus obras. Y Lovecraft sí que tenía bastante preferencia por la geología.

Una de las obras en las que tiene protagonismo la geología es El color surgido del espacio (The Colour Out of Space, 1927). Este relato trata sobre un extraño meteorito que cae en una granja de un pequeño pueblo de Estados Unidos y un grupo de investigadores de la universidad se acercan a coger muestras y estudiarlo. Así, Lovecraft describe, como si se tratase del apartado de metodología de una publicación científica del ámbito de la geología, todos los análisis físico-químicos que realizan sobre la muestra, desde calentarla al carbón hasta atacarla con ácido clorhídrico o amoniaco.

Pero es en la novela En las Montañas de la Locura (At the Mountains of Madness, 1936) donde se observa la mayor influencia de la geología en la obra de Lovecraft. Trata sobre un geólogo que dirige una expedición científica a la Antártida con el objetivo de estudiar su origen y evolución geológica. Y Lovecraft lo plantea como una actualización del manual de geología de Verne, Viaje al centro de la Tierra, que incluía los últimos avances científicos desde finales del s. XIX hasta comienzo del s. XX. Así, Lovecraft aprovecha para completar la tabla cronoestratigráfica relatada por Verne, incluyendo nuevos periodos geológicos y restos fósiles a modo de listado paleontológico. También define las rocas metamórficas utilizando la formación de la pizarra a modo de ejemplo. Aunque estas rocas ya fueron citadas por Hutton y Lyell en sus tratados de geología, no fue hasta finales del s. XIX cuando se conocieron en profundidad los procesos de metamorfismo, por lo que Verne no nombraba este tipo de rocas e incluía los gneiss o los esquistos dentro de las rocas ígneas. Así mismo, Lovecraft emplea el registro fósil como evidencia de una evolución biológica cada vez más compleja hacia momentos más modernos, pero con ciclos de extinciones y radiaciones posteriores. Destaca también la edad aceptada por Lovecraft para las formas de vida más antiguas, datándolas entre quinientos y mil millones de años. Durante el s. XIX imperaban los cálculos de Lord Kelvin, que aportaban una edad para la Tierra de entre veintiséis y cien millones de años, pero cerca del cambio de siglo, el descubrimiento de la radioactividad por Henri Becquerel y su mayor conocimiento a partir de los estudios de Pierre y Marie Curie, permitieron ampliar esta edad a varios miles de millones de años, tal y como postulaban muchos geólogos como Lyell. Así que Lovecraft estaba actualizado en cuanto a los últimos métodos de datación radiométrica. Incluso asume como una certeza científica que en otros tiempos en la Antártida imperaba un clima tropical y no fue hasta hace unos quinientos mil años que no se cubrió de hielo. Y la última hipótesis de la que se hace eco Lovecraft es la deriva continental de Alfred Wegener, precursora de la teoría de la tectónica de placas definida en los años sesenta del s. XX.



Fotografía de Howard Phillips Lovecraft, realizada por L. B. Truesdell en 1934, y portada del número de febrero de la revista Astounding Stories, donde se publicó En las Montañas de la Locura (At the Mountains of Madness, 1936) dividida en tres partes. Imágenes tomadas de <https://commons.wikimedia.org/> y <https://en.wikipedia.org/>, respectivamente.

Lo que la geología ha unido

En este pequeño repaso a la producción literaria de estos tres grandes maestros de la literatura fantástica ha quedado patente que la geología es un tema recurrente en sus obras. Pero no es la única temática que ha sido su fuente de inspiración. Los tres parecían tener una curiosidad desmedida por la evolución temporal y la naturaleza geológica de la Antártida.

Esto se debe a que Poe concibió La Narración de Arthur Gordon Pym como si fuese una transcripción del diario del protagonista, pero dejó la novela sin final aludiendo a que se habían perdido las dos últimas entradas de dicho diario. Cuando Verne leyó la obra quedó fascinado y se obsesionó con escribir una segunda parte para darle un final científico. Así fue como nació La esfinge de los hielos, en donde queda patente que estamos ante una continuación de la obra original de Poe. Y el final imaginado por Verne también es muy geológico, ya que alude al magnetismo terrestre. Algo parecido le sucedió a Lovecraft, que también admiraba la novela de Poe y quiso aportar su propio final, en este caso desde una visión de terror cósmico. Escribió de esta manera En las Montañas de la Locura, que incluye numerosas referencias a la novela original de Poe. Pero no hay que olvidar que Poe escribió La Narración de Arthur Gordon Pym fruto de ese trauma infantil sufrido por el viaje en barco por el Atlántico y, especialmente, por la visión de pequeños icebergs en las costas inglesas en 1816, producidos por la bajada generalizada de las temperaturas tras la erupción del volcán Tambora ocurrida un año antes.

Parece que fue un evento geológico natural, una erupción volcánica en una isla de Indonesia, la que germinó la semilla de la literatura fantástica tal y como la conocemos hoy en día. El cambio social y de mentalidad sufrido tras las consecuencias climáticas asociadas a dicha erupción produjo una revolución en la literatura gótica de Mary Shelley que repercutió en Edgar Allan Poe. Y este autor ha influido en generaciones de autores posteriores que se han decantado por mezclar una base científica actualizada con una magnífica ficción literaria, entre los que podemos citar a Jules Gabriel Verne, Howard Phillips Lovecraft, Herbert George Wells, Edgar Rice Burroughs, Isaac Asimov, Arthur Charles Clarke o Michael Crichton. Probablemente, sin la erupción del volcán Tambora en 1815 no tendríamos todos los géneros y subgéneros de literatura fantástica que conocemos hoy en día.

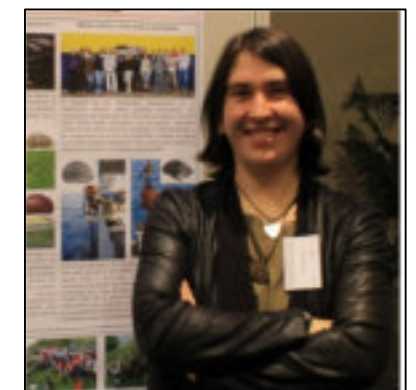
Y aunque también nos parezca increíble, empleando únicamente algunas de las obras de tres grandes maestros de la literatura fantástica, Poe, Verne y Lovecraft, es posible preparar una clase sobre la evolución histórica de la geología durante más de un siglo. ¿Aún nos preguntamos cuál es la relación entre literatura y geología?

Bibliografía:

- Lovecraft, H.P. 1927. The Colour Out of Space. Amazing Stories, 2 (6).
- Lovecraft, H.P. 1936. At the Mountains of Madness. Astounding Stories, 2-4.
- Poe, E.A. 1835. Lionizing: A Tale. Southern Literary Messenger, Richmond.
- Poe, E.A. 1838. The Narrative of Arthur Gordon Pym of Nantucket. Harper & Brothers, Nueva York.
- Verne, J.G. 1864. Voyage au centre de la Terre. Pierre-Jules Hetzel, París.
- Verne, J.G. 1897. Le sphinx des glaces. Pierre-Jules Hetzel, París.

Fuente: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/09/geologia-y-literatura-fantastica-una-buena-relacion/>

Blanca Martínez-García, licenciada (2006) y doctora (2012) en geología por la Universidad del País Vasco. Actualmente soy miembro activo del Departamento de Geología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, vocal de la Sociedad Geológica de España y una de las coordinadoras de la Comisión de Mujeres y Geología de la SGE. Especialista en reconstrucciones paleoambientales de medios acuáticos cuaternarios y miocenos empleando microfósiles. Siempre comprometida con la divulgación de la geología, me encanta innovar y buscar nuevas fuentes de inspiración. Colegiada número 7556. Email: cyclocypris.ovum@gmail.com Twitter: [@BlancaMG4](https://twitter.com/BlancaMG4)



WATTIEZA - THE WORLD'S OLDEST GIANT CLADOXYLOPSID TREE AND THE FIRST FORESTS DURING DEVONIAN TIMES

CHRIS BERRY¹ & JHONNY E. CASAS²

¹ Department of Geology, University of Cardiff. Reino Unido

² Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



INTRODUCTION

In recent decades new data have been obtained regarding the earliest trees, and their ecology in early forest ecosystems. The evolution of trees of modern size growing together in forests, fundamentally changed terrestrial ecosystems. The oldest trees were often thought to be of the latest Devonian age (about 372–390 Ma) as indicated by the widespread occurrence of *Archaeopteris* (Progymnospermopsida), however, Middle Devonian fossil tree stumps, rooted and still in life position, from the Gilboa fossil locality (New York), were discovered by a fossil hunter named Lockwood between 1852 and 1854. More stumps were discovered in the 1870s from the same Gilboa locality when workers were blasting in a quarry to obtain rock to repair roads damaged by a major flood. The stumps, later named *Eospermatopteris*, were widely cited as evidence of the Earth's 'oldest forest'.

However, *Eospermatopteris* affinities and significance have proved to be enigmatic because the aerial portion of the plant was unknown until 16 years ago when a

second source of material came to light from a quarry about 16 km from the uppermost *Eospermatopteris* stump site. The second group of fossils, described by Stein et al. (2007), preserved nearly complete *Eospermatopteris* plants. The slender trunk was topped with at least eight branches that spread out from the apex like outstretched fingers. The plant did not have flattened leaves instead, the branches were covered in whorls of forked branchlets. Similar branches to those discovered at the second site in New York had been found in Middle and Late Devonian rocks in Belgium and Venezuela. They were described as a cladoxylopsid named *Wattieza*.

The first complete fossil of the world's oldest tree, a primitive Devonian plant resembling a modern palm has been uncovered by paleontologists in Schoharie County, upstate New York. The eight-meter long fossil of the species *Wattieza* has enabled scientists to reconstruct entirely the ancient tree for the first time and solves an old palaeobotanical mystery. As previously mentioned, the genus *Wattieza* described from Belgium and

Venezuela (Berry, 2000), showed a similar construction of branch systems, including probable basal abscission surfaces and speckled texture, but bears more complex appendages, some with recurved tips bearing sporangia. However, the trunk remained unknown until the discovery in New York, published by Stein et al. (2007).

Back in June 2004, paleontologists L. Van Aller and F. Mannolini of the New York State Museum in Albany found the fossilized crown of a massive tree in a small sandstone quarry in Gilboa, New York. The following year, they dug out a trunk of the same species, extracting it fragment by fragment and reassembling it like a puzzle of an eight-meter-long fossilized tree. The finding solved a more than 150 years mystery: A fossilized "forest" of stumps, discovered at a site just 16 km away in the mid-1800s, that had perplexed generations of botanists ever since. Without the upper sections of the trees, experts were unable in the past to accurately identify the species.

The spectacular specimens from Schoharie County, New York, showed an intact crown belonging to the cladoxylopsid *Wattieza* and its attachment to the *Eospermatopteris* trunk and base. This evidence allows the reconstruction of a tall tree-fern-like plant with a trunk bearing large branches in longitudinal ranks. The branches were probably abscised as frond-like modules. Lower portions of the trunk show longitudinal carbonaceous strands typical of *Eospermatopteris*, and a flat bottom with many small anchoring roots.

The union of *Wattieza* branches with a trunk and base identical to those of *Eospermatopteris* provides the first direct evidence of general body form including attachment for both genera, and allows new insight into the enigmatic Gilboa trees (Figure 1). This evidence also provides the first reasonably complete picture of the size and architecture of large cladoxylopsids. Evidence from the specimens combined indicates that the height of the tree may have exceeded eight meters. The basal diameter falls within the range of the stump sizes observed at Gilboa. However, the largest stumps at Gilboa are twice the diameter of those studied by Stein et al. (2007), suggesting even greater height for *Wattieza*.

Stein et al. (2007) have traced the age of *Wattieza* species to the latest Givetian to earliest Frasnian age, for New York's material, but the *Wattieza* material

described by Berry (2000) in Sierra de Perijá was dated a little bit earlier: Middle Givetian (380-385 Ma) in Casas et al. (2022), a time in which the world's primitive land plants, first developed characteristics associated with modern-day trees, such as taller trunks, more diverse reproductive methods and the first signs of leaf development. This was also the period when the first seed-bearing plants spread across dry land to form forests.



Figure 1. Reconstruction of *Wattieza*. Source: https://es.wikipedia.org/wiki/Wattieza#/media/Archivo:Wattieza_reconstruccion.jpg

Wattieza itself did not bear seeds and reproduced with spores, like today's ferns. The scientists presume that each branch contained chlorophyll. But because they lacked leaves, the ancient trees' branches probably weren't efficient at collecting light. Nevertheless, these trees (probably the biggest on Earth at the time), succeeded because their height enabled them to spread spores more effectively than their competition did.

CLADOXYLOPSIDA – THE WATTIEZA DISTRIBUTION

Belgium

A single small plant fragment from the Middle Devonian of Belgium was first illustrated by Stockmans (1968) in Berry (2000) as *Wattieza givetiana*. The species are based on a single illustrated specimen, part, and counterpart, but another even smaller fragment is present in the collection. It consists of a small central axis with laterally attached, several times bifurcate, terminally recurved fertile ultimate units (Berry, 2000). Specimens were collected from rocks excavated during work to create a mineral water plant at the source of the Try-Coquia stream near Sart-Dame-Avelines in the Brabant Massif, Belgium

Wattieza givetiana

Locality: Source du Try-Coquia at Sart-Dame-Avelines, Belgium.

Horizon: Mazy Formation

Age: Givetian (Middle Devonian).

Venezuela

Devonian strata in the Sierra de Perijá, western Venezuela, have yielded a large collection of Middle and Late Devonian plant megafossils (Berry et al, 1993). From the Lower Member of the Campo Chico Formation, these include the lycopsids *Leclercqia cf. complexa*, *Haskinsia sagittata*, *H. hastata*, *Colpodexylon cachiriense*, *C. coloradense*, *C. camptophyllum* and *Gilboaphyton griersonii*, the zosterophyll *Serrulacaulis cf. furcatus*; and the iridopteridaleans: *Anapaulia moodyi* and *Compsocradus laevigatus*, as well as a new aneurophytalean progymnosperm: *Tetraxylopteris reposana*, and other as yet undescribed plants. This locality yields one of the most diverse assemblages found in old Gondwana terrains. It included diverse lycopsids, zosterophylls, progymnosperms, iridopteridaleans, and of course the Pseudosporochnales order, represented by *Wattieza casasii* (Berry 2000; Casas et al. 2023; Berry & Casas 2024).

Wattieza casasii

Locality: Caño Colorado, Sierra de Perijá, Zulia State, western Venezuela.

Material: The description is based on 13 main slabs and numerous other fragments.

Horizon: Green mudstones and shales close to the base of the Campo Chico Formation.

Age: From miospore analysis, samples yield Middle Givetian (about 380-386 Ma), for the lower member of this formation.

Repositories: National Museum and Gallery, Cardiff, Wales and Palaeontological section, Museo de Biología, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Etymology: In honor of Jhonny E. Casas, one of the discoverers of the original material.



Figure 2. System of fertile branches of *Wattieza casasii* (Campo Chico Formation, Sierra de Perijá, Venezuela). Source: <https://www.peapaleontologica.org.ar/index.php/peapa/articulo/view/401>

New York

The name *Wattieza* has become more significant in the last few years because very well-preserved fragments were discovered in New York. They are the distal fertile leaf equivalent appendages carried on the digitate branches of the first forest tree found in New York State

(Figure 3), belonging to the family Pseudosporochnales in the Class Cladoxylopsida (Stein et al. 2007).



Figure 3. Base from *Wattieza* trees (NY). Chris Berry as scale.

Wattieza sp.

Locality: Department of Environmental Conservation quarry on the northwest slope of South Mountain, Schoharie County, New York.

Horizon: Oneonta Formation.

Age: Palynostratigraphy of nearby samples, yields the latest Givetian to earliest Frasnian age.

CONCLUSIONS

Wattieza specimens from Belgium, Venezuela, and New York, provide new insights into Earth's earliest trees and forest ecosystem evolution. The tree-fern-like morphology described is the oldest example so far of an evolutionarily recurrent arborescent body within vascular plants. In forming the first forests (Figure 4), these trees must have changed the Earth system. Given their modular construction, these plants probably produced an abundant litter, indicating the potential for significant terrestrial carbon accumulation and a detritus-based, creating new types of micro-environments for smaller plants and tiny arthropod fauna; and binding the soil together during the Middle Devonian period (Stein et al. 2007).



Figure 4. *Wattieza* trees formed Earth's first forests.

ADDENDUM

During the year 2007, after the publication by Stein et al. (2007) about the new discoveries in New York, *Wattieza* became quite famous, and appeared in many newspapers (Figures 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) and science magazines (Figures 13, 14).



Figure 5. Fossilized trees mystery solved (BBC, United Kingdom).



Figure 6. Reconstructed the oldest type of tree known so far (El País, Spain).



April 18, 2007, 5:30 PM GMT-4 / Source: LiveScience

By By Kar Than

Earth's oldest known tree stood nearly 30 feet tall and looked like a modern palm, a new reconstruction shows.

Workers uncovered hundreds of upright stumps of the 385 million-year-old tree more than a century ago, after a flash flood in Gilboa, New York uncovered them, but little else was known about the tree's appearance.

Then, in 2004, scientists unearthed a 400-pound fossilized top – or crown – of the same genus a few miles away. The following summer, the same team discovered fragments of a 28-foot trunk. Piecing together stump, trunk and crown now reveals [what the full tree looked like](#) for the first time.

"These were very big trees," said study team member William Stein, a paleobotanist at the State University of New York at Binghamton.

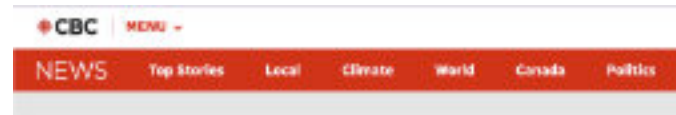
"Our reconstruction shows them to be a lot longer and much more tree-like than any of the reconstructions before," Stein told LiveScience. "I don't think any of us dared think of them being quite that big."

The tree belonged to a group of early fern-like plants called *Wattieza*. Unlike flowering plants, which use seeds to reproduce, *Wattieza* used spores, the reproductive method of choice for algae, ferns and fungi.

Figure 7. World's first tree reconstructed (NBC News, USA).



Figure 8. Scientists reconstruct the oldest tree in the world (20minutos, Spain).



Oldest tree fossil found, scientists say

7:57 PM EDT - Updated: Apr 18, 2007 5:14 PM EDT | Last Updated: April 18, 2007

Scientists say they have pieced together the world's oldest known tree from two fossils dating back 385 million years, a discovery they say could help explain the role early forests played in climate change.

The researchers from the U.S. and Britain said the fossilized trunks and branches found two years ago near Gilboa, N.Y., match those of stumps first discovered in the region over 100 years ago.

The findings, published in the April 19 issue of the British scientific journal *Nature*, shed new light on the appearance and function of these early trees.

The trees, of the genus *Wattieza*, stood at least eight metres high and resembled palm trees, with fern-like branches instead of the flat, round leaves found in many trees today.

Wattieza is at least 15 million years older than *Archaeopteris*, which had been identified in 1999 as the earliest known tree.

The stumps discovered in 1870 in Gilboa had confounded attempts to match them for over 100 years, making the discovery of their other halves a significant find, Cardiff University Prof. Christopher Berry, one of the co-authors of the study, said in a statement.

Figure 9. Oldest tree fossil found, scientists say (CBC News, USA).



Earth's oldest tree had fronds, not leaves

By Reuters

August 9, 2007 11:30 PM GMT-4 - Updated 17 years ago

By Julie Stenrup

CHICAGO (Reuters) - The branches of Earth's oldest tree probably waved in the breeze like a modern palm, scientists said on Wednesday, based on two intact tree fossils that help explain the evolution of forests and their influence on climate.

The 385-million-year-old fossils, which scientists believe are evidence of Earth's earliest forest trees, put to rest speculation about fossilized tree stumps discovered more than a century ago in Gilboa, New York.

"Previously, paleobotanists thought that a tree called *Archaeopteris* was the oldest tree. Now we know there were tree-like plants in the world much earlier," Hermit said in a telephone interview.

The fern-like trees are about 25 million years older than *Archaeopteris*, which Hermit said resembled a modern tree, with conventional branches.

Instead of leaves, the *Wattieza* had frond-like branches with branches that resembled a bottlebrush, said William Stein, a paleobotanist at Binghamton University in Binghamton, New York, and co-author of the study.

Figure 10. Earth's oldest tree had fronds, not leaves (Reuters, USA).



Fossil finds reveal 'feather duster' tree



Two new fossils of the Earth's oldest tree, a type of fern that grew 30 feet tall, have shown scientists what forests may have looked like 380 million years ago.

For the first time, it has been possible to piece together an accurate picture of the ancient tree belonging to the plant family *Wattieza*.

Experts now know it resembled nothing found on Earth.

Reaching 30ft high, the tree had long thin trunk with small anchoring roots, ending in a crown sprouting ferns like the fronds of a feather duster.

It reproduced by shedding spores, in the same way as present-day ferns.

Large numbers of *Wattieza* appear to have grown together in forests.

Figure 11. Fossil finds reveal 'feather duster' tree (Mail Online, United Kingdom).



Earth's oldest tree had fronds, not leaves

Mumbai Mirror / Updated: Apr 20, 2007, 02:43 IST

Facebook | Twitter | LinkedIn | Email

(Left) Fossil tree trunks from the Gilboa Fossil Forest in US. (Right) A trunk of the fern-like *Eospermatopteris* tree, found in Gilboa

An international research team has found evidence of Earth's earliest forest trees, dating back 385 million years.

Upright stumps of fossilized trees were uncovered after a flash flood in Gilboa near New York in the US, more than a century ago. However, until now, no one has known what the entire trees looked like.

Two years ago, near Gilboa again, two fossils were found of trees which had fallen sideways, with their trunk, branches, twigs and crown still intact.

American researchers called in Dr Christopher Berry of the School of Earth, Ocean and Planetary Sciences. Dr Berry is an expert who has studied tree fossils around the world for the last 17 years. He was able to identify the trunks as being of the genus *Wattieza*, a tree fern-like plant.

While small fragments of *Wattieza* have been found in the past, these new specimens show that they reached at least 8 metres in height and formed the first known forests on earth.

Figure 12. Earth's oldest tree had fronds, not leaves (Mumbai Mirror, India).

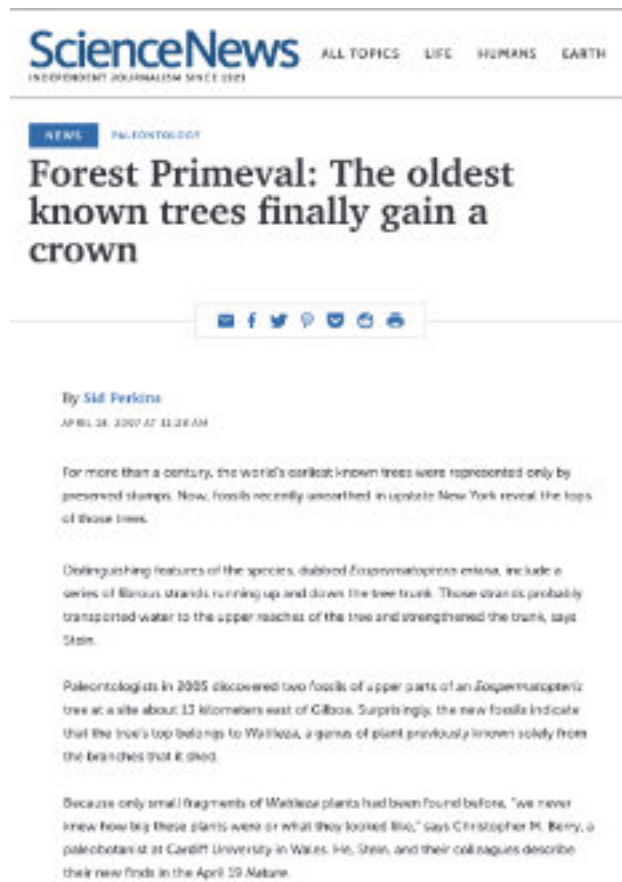


Figure 13. Forest Primeval: The oldest known trees finally gain a crown (Science News, USA).

REFERENCES

Berry, C. M. (2000) A reconsideration of Wattieza Stockmans (here attributed to Cladoxylopsida) based on a new species from the Devonian of Venezuela. Rev. Palaeobot. Palynol. 112(1-3):125-146. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034666700000385>

Berry, C.M. y Casas, J.E. (2024) Wattieza - The World's Oldest Giant Cladoxylopsid Tree And The First Forests During Devonian Times. Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Vol. LXXXIV, n.º 2, pp. 13-17 https://acifiman.org/boletines_articulos/wattieza-the-worlds-oldest-giant-cladoxylopsid-tree-and-the-first-forests-during-devonian-times/

Berry, C.M., Casas, J.E., Moody, J.M. (1993) Diverse Devonian plant assemblages from Venezuela. Doc. Lab. Geol. Lyon, 125, 29-42. https://www.persee.fr/doc/geoly_0750-6635_1993_act_125_1_1546

Casas, J.E., Berry, C., Moody, J.M., & Young, G. (2022) Formación Campo Chico, una increíble ventana a la flora y fauna fósil del Devónico (Givetiano–Frasniano) en la Sierra de Perijá, Venezuela. Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina 22 (1): 20–35. <https://doi.org/10.5710/PEAPA.08.03.2022.401>

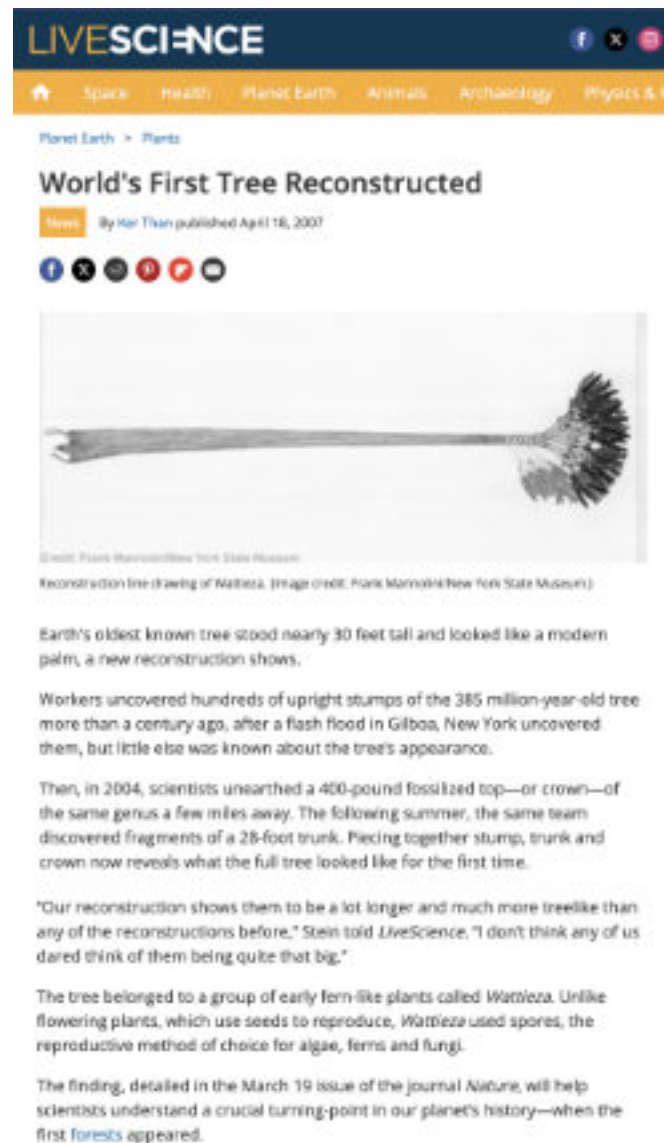


Figure 14. World's First Tree Reconstructed (Live Science, USA).

Stein W.E., Mannolini F., Vanaller Hernick L., Landing E. & Berry C.M. (2007) Giant cladoxylopsid trees resolve the enigma of the Earth's earliest forest stumps at Gilboa. Nature, 446, 904-907. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17443185/>



BerryCM@cardiff.ac.uk

Dr. Christopher Berry es un paleobotánico que se especializa en comprender la radiación temprana de los grandes grupos de plantas y el nacimiento de los ecosistemas forestales en el período Devónico, hace unos 380 millones de años. Esto se basa en la formación que recibió de la profesora Dianne Edwards, FRS y de Muriel Fairon-Demaret (Lieja, Bélgica). Su experiencia se basa en un apasionante programa de trabajo de campo en lugares tan variados como: Svalbard, Groenlandia, China, EE. UU., Venezuela, Colombia, Argentina, Europa; y una preparación de los fósiles recuperados, en los laboratorios de Cardiff. Sus publicaciones de más alto perfil, que versan sobre los primeros bosques fósiles y el crecimiento de los primeros árboles, han recibido publicidad mundial.



jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 38 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador and Perú.

Autor/Co-autor en 57 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en la revista Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2024), en la misma universidad. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

Tesis Doctoral Ganadora del 1º lugar en el Primer Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC 2023

Galardonada: Dra. Norma Elizabeth Olvera Fuentes
Colaboradora de la Revista

La seguridad hídrica de la ZMVM es vulnerable al cambio climático. Análisis de medidas de adaptación mediante el uso de mapas cognitivos difusos

Tratar de evaluar la seguridad hídrica de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) desde un enfoque tradicional, que se limite únicamente al sistema físico del abastecimiento de agua, implicaría la resolución de un sistema extremadamente complejo compuesto por alrededor de 22 millones de ecuaciones diferenciales acopladas. Sin embargo, este sistema está influenciado simultáneamente por múltiples factores: sociales, ambientales, ecológicos, económicos, industriales, turísticos, de infraestructura, climáticos y de toma de decisiones, entre otros. Por ello, esta visión clásica no es suficiente, ya que es necesario considerar todos esos otros elementos interrelacionados.

Dada la enorme cantidad de interacciones presentes en el sistema, resulta claro que no se cuenta con toda la información necesaria para describirlo en su totalidad. De hecho, sería prácticamente imposible intentar enumerar todos los datos que lo componen.

Por este motivo, el primer paso de este estudio fue alejarse de los enfoques tradicionales y reconocer que el sistema de abastecimiento de agua de la ZMVM es un sistema complejo, caracterizado por procesos de retroalimentación y propiedades emergentes. Dentro de este sistema, ocurren interacciones no lineales y dinámicas, retroalimentaciones circulares, así como un constante intercambio de energía e información entre los elementos del sistema y su entorno. Este enfoque permite entender que las propiedades del sistema no pueden explicarse simplemente a partir de sus

componentes individuales, sino que surgen como resultado de las interacciones entre todos ellos.

Una herramienta teórica y metodológica clave para analizar sistemas complejos como este es el uso de mapas cognitivos difusos (MCD), basados en la lógica difusa.

En este contexto, se identificó que el sistema de abastecimiento de agua de la ZMVM se compone de tres subsistemas fundamentales: el ambiental, el social y el proveedor. Cada uno de estos subsistemas está formado por seis problemáticas clave, además de los factores climáticos externos con los que cada subsistema interactúa. Esta estructura permitió identificar los principales problemas del servicio de abastecimiento de agua y organizarlos dentro de estas tres categorías.

El escenario más crítico para la ZMVM, en cuanto a los efectos del cambio climático, se caracteriza por un incremento constante de la temperatura y una disminución de las precipitaciones. A través de una profunda revisión de la literatura existente, se identificaron las relaciones de causa y efecto entre estos problemas. Por ejemplo, en la Figura 1, la flecha que conecta el concepto (C1) con el concepto (A4) indica que el aumento de la temperatura provoca directamente una mayor pérdida de ecosistemas. De forma similar, se muestran las relaciones entre los demás conceptos, estimando la intensidad de estas interacciones mediante categorías lingüísticas: Alta (H), Media (M) o Baja (L). Esta representación global se sintetiza en un MCD.

Los MCD funcionan de manera similar a una telaraña: cuando se produce una perturbación en un punto de la red, esta afecta otras regiones más alejadas. Analizar cómo se propaga y qué resultados genera esta afectación es clave para entender la evolución de este sistema, y es precisamente una de las principales funciones de los MCD. En este estudio, se activó como variable de influencia el aumento continuo de la temperatura. Los resultados de cómo evolucionan los valores de los diferentes conceptos a medida que se realizan iteraciones se presentan en la Figura 2.



Figura 1. MCD en el que se muestran conceptos y relaciones entre los subsistemas ambiental y climático. Los pesos lingüísticos de las relaciones causales se indican por H(alto), M(medio) y L(bajo).

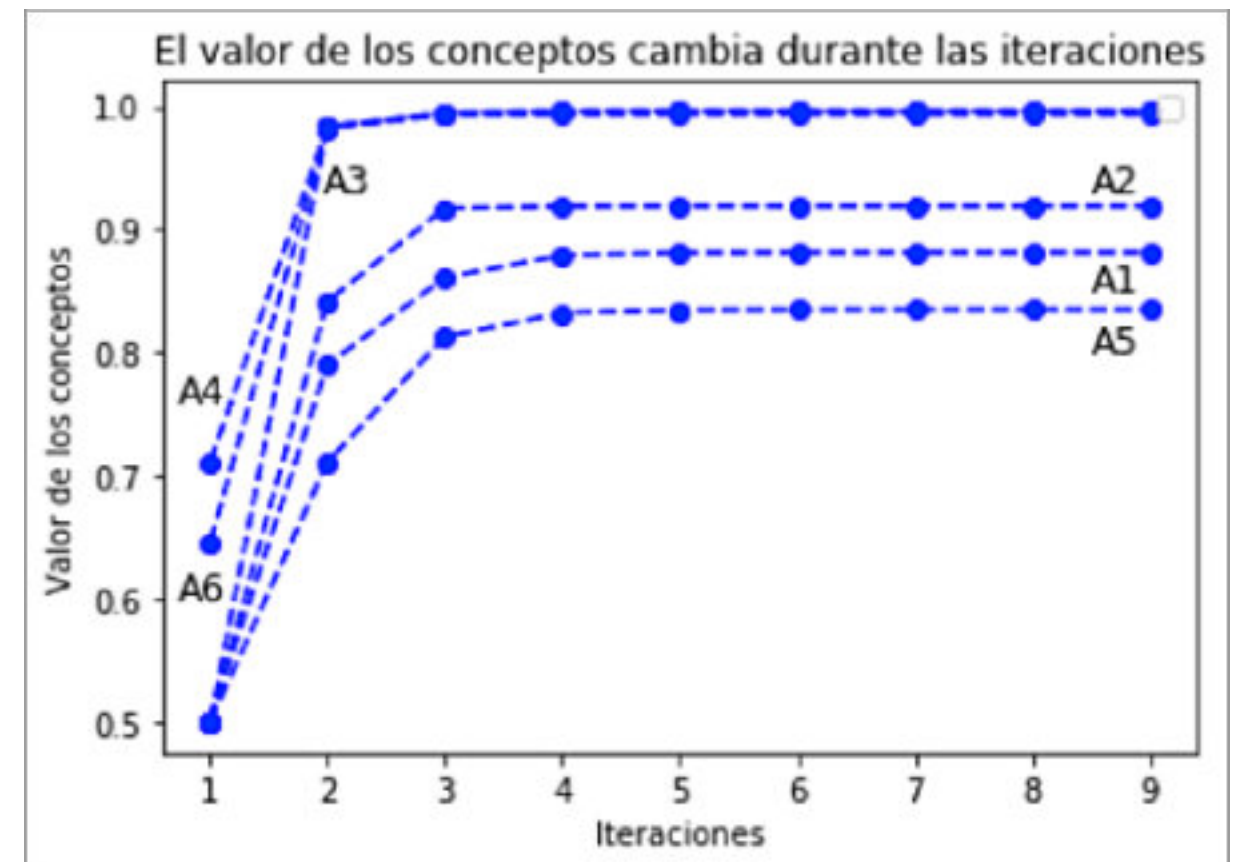


Figura 2. Tendencia al estado de equilibrio del subsistema ambiental ante decrementos en la precipitación: se enciende y mantiene como forzante el incremento en la temperatura.

Como se puede observar, después de la primera iteración, los conceptos A4, A3 y A6 alcanzan rápidamente un valor de uno. Esto indica que, ante el aumento constante de la temperatura, los conceptos más impactados, en orden de mayor a menor, son: la pérdida de ecosistemas (A4), la disminución de recursos hídricos (A3) y la conservación de suelos (A6). Se obtuvieron patrones similares en los subsistemas social y proveedor, cuyos detalles pueden consultarse en la tesis completa.

El segundo escenario examinado ante los impactos del cambio climático se caracterizó por un aumento en la temperatura y en la precipitación. Los resultados obtenidos mostraron que, a pesar de las diferencias entre los escenarios de aumento o disminución de la precipitación, así como la presencia o ausencia de eventos climáticos extremos, los patrones de evolución y comportamiento de los componentes de cada subsistema fueron similares. El hecho de que los valores de los

conceptos sigan patrones similares, tanto en escenarios de aumento como de disminución de la precipitación, está en línea con la idea de que, aunque se incrementara la cantidad de lluvia en la región, esto no tendría un impacto significativo en la mitigación de los problemas previamente mencionados. La razón principal de este fenómeno, que a primera vista parece contradictorio, radica en que ni la infraestructura actual del sistema de abastecimiento de agua en la ZMVM, ni la mayoría de los ciudadanos, reutilizan o almacenan el agua de lluvia.

Los mapas cognitivos difusos permiten analizar los impactos de intervenciones estratégicas, como el incremento en la vigilancia y cuidado de los suelos de conservación. En este caso, las intervenciones propuestas resultan particularmente beneficiosas para los conceptos de pérdida de suelos de conservación (A6) y pérdida de ecosistemas (A4), los cuales alcanzan aproximadamente el 58% de su valor original, Figura 3. Aunque esta medida

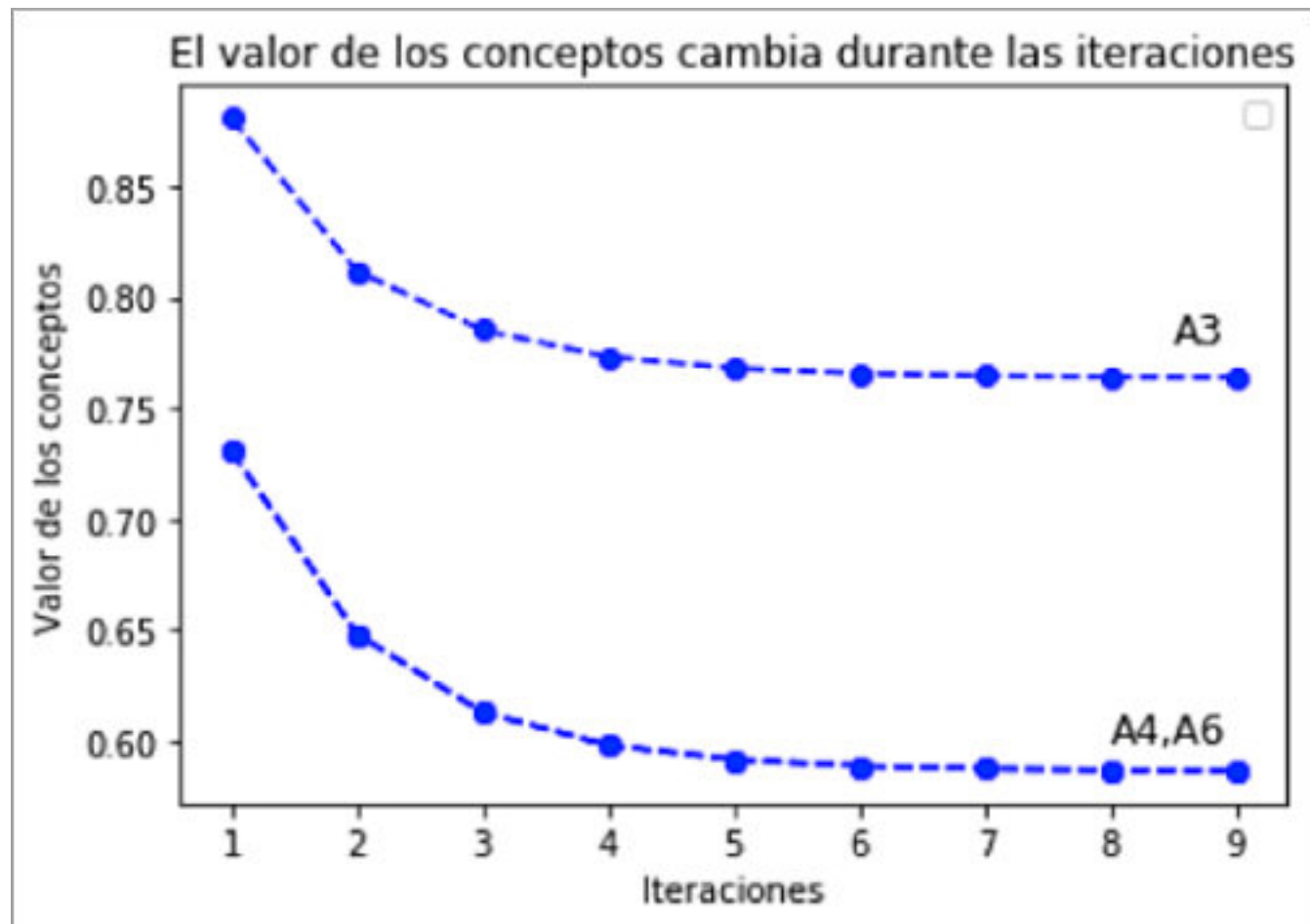


Figura 3 . Manteniendo como forzante la medida de intervención “Incremento en la vigilancia y protección de los suelos de conservación”. Efecto de la intervención sobre el subsistema ambiental.

no reduce de manera drástica la disminución de los recursos hídricos (A3), sí contribuye a mitigar su impacto. Para lograr un efecto más significativo sobre este concepto, sería necesario implementar medidas adicionales que busquen reducir su valor al mínimo posible. De manera similar, se han propuesto medidas de adaptación para los subsistemas social y proveedor.

Esta investigación aporta en la construcción de conexiones entre los diferentes sectores de la sociedad,

especialmente entre las autoridades y el ámbito académico, con el objetivo de diagnosticar, planificar y poner en marcha las estrategias más efectivas para mejorar la seguridad hídrica en la ZMVM.

Olvera-Fuentes, NE. (2022). La seguridad hídrica de la ZMVM es vulnerable al cambio climático. Análisis de medidas de adaptación mediante del uso de mapas cognitivos difusos. Disponible en:

<http://132.248.9.195/ptd2022/junio/0826011/Index.html>



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

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

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

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

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

norma.olvera@atmosfera.unam.mx

SISMICIDAD HISTÓRICA O SISMOLOGÍA HISTÓRICA, IDENTIDAD Y TERRITORIO

José Antonio Rodríguez Arteaga
Colaborador de la Revista

rodriguez.arteaga@gmail.com

RESUMEN

Este ensayo describe parcialmente la evolución de los estudios sobre los fenómenos telúricos venezolanos, basado en 4 ejemplos que han afectado al país desde el primigenio, ocurrido en tierras de Cubagua, región oriental del país en 1530.

Tras una evaluación detallada del material compilado y consultado, se constata la efectividad de un discurso que pretende destacar verdad y objetividad, términos básicos en el abordaje de cada uno.

Es necesario destacar que en la sismicidad de Venezuela como en la de otras naciones, la verdad histórica se encuentra en permanente construcción por el aporte de nuevos documentos. Así, cada autor aborda su trabajo en función de la óptica particular de quien recoge la *data*, investiga y publica. Es así que en este trabajo se persiguen los múltiples "bordes" de la sismicidad e incluye 2 particulares términos: *sismicidad histórica* y/o *sismología histórica* usados muy a menudo en forma indistinta, aunque poseen diferencias sutiles entre ambos.

En el caso que se presenta, el fin último es documentar y contextualizar pensamiento y estudio, logros alcanzados producto de una investigación rigurosa aplicable en cada evento sísmico. En tal sentido, la evaluación sísmica ocurrida en territorio nacional, presenta múltiples limitaciones, razón por la cual, la *línea temporal* de sus estudios es muy sutil y al efecto, el enfoque dado al presente artículo se basa en la evolución y el tratamiento para complementar *memorias* sin definir lapsos de tiempo.

Palabras claves: Sismología histórica, sismicidad histórica, documentación sísmica, evolución.

INTRODUCCIÓN

Un muy prolífico investigador (Gómez, 2009:64-66) manifiesta que la localización y tamaño de los terremotos partiendo de datos externos no es tarea sencilla, pero constituye una herramienta muy útil en el estudio de los mismos. Este beneficio se sustenta en que los datos macrosísmicos (daños) son los únicos registros disponibles de eventos pre-instrumentales acaecidos en Venezuela, antes del año 1900.

Por ello, al compilar catálogos esencialmente históricos, es necesario contar adicionalmente con instrumentos de cálculo transparentes cuyos resultados permitan obtener los parámetros de los terremotos compatibles con los provenientes de un catálogo instrumental.

Proveniencia del término utilizado en el estudio

Ahora bien, ¿De dónde deriva el término?, es sismicidad o sismología histórica?

Necesariamente ha de señalarse que el término sismología histórica fue acuñado y empleado por Jean Vogt (1929-2005) al abordar conceptos básicos sobre registros empleados para sismólogos (Vogt, J., 1988:15-24). Este investigador ha sido considerado por M. Stucchi (1995: 568), como el responsable al estudiar sobre algunos conceptos básicos de registros históricos, siendo considerado el padre de la "sismología histórica moderna" (Levret, 2005) en donde la investigación sísmica hace uso de procedimientos científicos empleando normas y procedimientos conformes a la historia en por diferentes métodos de la sismología clásica utilizados hasta fecha reciente. En este sentido, Vogt puso en marcha el camino de retorno a la investigación de las fuentes originales coetáneas al evento sísmico insertando la misma en un contexto no sólo histórico, sino económico y social.

En 1988, un grupo de investigadores venezolanos reunidos en el estado Trujillo, unieron esfuerzos para realizar estudios e investigaciones en materia histórico-sísmica y como toda reunión científica esta primera mostró mucho entusiasmo, continuándose sucesivos encuentros desde 1998 a 2012, en la cual fueron modificados los términos de "sismicidad histórica" a "sismología histórica" (Palme y Altez, 2004:40-41).

¿Cuáles fueron las razones del tránsito de una a otra sin aparente justificación? Peraldo, G. (*com. per.*, 2015) señaló el trasfondo basado en un punto de vista:

(...) *la sismicidad histórica bien puede señalarse que es anterior a la sismología histórica, siendo la expresión válida para el análisis geofísico, mas no para el histórico, pues hay eventos sísmicos que son necesarios analizar con anterioridad al primero, teniendo en cuenta un importante aspecto: la necesidad de extraerle información a la historia para luego pulir lo sismológico y tras ello, analizar el aspecto social transformador (...).*

Sin embargo:

(...) *no hay una diferencia sustancial entre ambas disciplinas, sismicidad vs. sismología histórica, en todo caso son sutilezas que bien pueden ignorarse (...), mas a la luz de lo anteriormente expuesto, es necesario obtener un doble enfoque (...).*

No obstante, el cambio en la denominación realizada en Venezuela fue algo decidido en forma casual, sin acuerdos previos y cuyo único propósito fue ampliar el tema e incluir otros tópicos relacionados, como la paleosismología, por ejemplo, muy prolífica en temas actuales y que no se había incorporado como tema de investigación (Christl Palme, *com. pers.*, 2015). En la actualidad el mismo ha llegado a ocupar ... *cinco décadas de búsqueda de la huella geológica de los sismos prehistóricos en el país...* (Audemard, 2019) a modo de la actualización de 2003 de la compilación del mismo autor.

En conclusión, el término sismología histórica continuó luego de finalizadas las primeras reuniones técnicas, manteniéndose hasta las sextas y últimas jornadas celebradas en 2012 en conmemoración al "Bicentenario de los dos sismos de 1812", evento o eventos aún controversiales pese a los datos de Centeno Graü (1969) quien expone la existencia de un sismo triple o en todo caso con triple epicentro macrosísmico: Caracas, Barquisimeto-San Felipe y Mérida.

Es necesario señalar que 1812 ha sido tratado bajo diferentes ópticas (e.g. Palme *et al.*, 2005; Choy *et al.*, 2011 y Altez, 2014 entre otras tantas) sin que los trabajos reseñados impliquen que previamente este sismo decimonónico no haya sido estudiado.

Un enfoque paralelo

En el catálogo *Sismología Histórica de América Central* (Peraldo y Montero, 1999) explican las diferencias existentes entre la sismología histórica y el estudio de los sismos ocurridos contextualizando los eventos.

Así señalan que debe considerarse la misma como:

(...) *el estudio de sismos destructivos ocurridos en una región determinada dentro de un marco cultural e histórico definido (...).*

El producto del análisis y del cuestionamiento histórico-sismológico de los terremotos ocurridos en el pasado llevará a su categorización.

En la conferencia *Al filo de la geofísica y de la historia*, (Peraldo, 2012:9-10) señala que la sismicidad histórica, no ha sido empleada por personas estudiosas de la historia como una disciplina que arroja luz a los estudios de la cotidianidad; de una estructura socioeconómica determinada; o en un tiempo definido que podría coadyuvar eficientemente en los estudios históricos sobre riesgo y vulnerabilidad comparada. Entonces, su estudio sistemático debe contener, en primer lugar, un análisis histórico preciso que reconstruya el *escenario socioeconómico impactado* y que sirva para *depurar los datos macrosísmicos calculados por medio de relaciones empíricas* y así, el razonamiento geofísico que ha de hacerse al dato obtenido puede ser mejor sustentado y por tanto llegar a conclusiones más firmes sobre un sismo objeto de estudio.

Expuesto de esta manera, el tratamiento histórico depura la información sismológica que debería ser tratada a partir de razonamientos geofísicos. Siendo así, la sismicidad histórica no solo interesa para analizar el fenómeno en forma puntual como un estudio de eventos naturales destructivos, sino que analiza los escenarios de riesgo impactados y las consecuencias del mismo (Peraldo, G., 2012:255). En este sentido, el Sismo de Bailadores de 1661, ocurrido en el estado Mérida, al SO de Venezuela, es un ejemplo de los aspectos ya mencionados.

¿LIMITACIONES EN EL TIEMPO?

Realmente no existe *per se* un límite de tiempo que deba definirse para esta disciplina, pues, aunque el evento

sísmico sea instrumental y de reciente data, el abordaje que de él se da, requiere de un estudio desde la percepción del mismo basado en testigos del evento o en referencias de primera mano (Peraldo, G., *com. pers.*, 2015).

Así, Mora y Peraldo (2011:44) sismólogos costarricenses estudiarán un sismo instrumental empleando como metodología de trabajo *las técnicas de la historia reciente subalterna y el pensamiento tradicional geofísico, valiéndose de una mezcla de razonamiento sismológico de asignación de valores basados en una escala prefijada y el criterio de los protagonistas del impacto* (Mora y Peraldo, 2011: 44).

A tal efecto, ... *pasado, presente y futuro ...*, se han adaptado al tratamiento innovador expuesto por los precitados investigadores demostrando un resumen que envuelve el sismo histórico con el tratamiento de estudiar los posibles vínculos bajo 5 aspectos: (1) El estudio de sismos destructivos dentro de un marco cultural e histórico definido; (2) La depuración de los datos macrosísmicos calculados por medio de relaciones empíricas; (3) El razonamiento geofísico que ha de hacerse al dato obtenido y sustentado que permita llegar a conclusiones firmes; (4) El análisis de los escenarios de riesgo impactados, y (5) La vulnerabilidad social, entre otros.

Calibración y validación de la data

Uno de los aspectos válidos en los estudios sobre sismología histórica es calibrar y validar métodos empleando para ello programas informáticos *ad hoc* para el cálculo epicentral y la magnitud de los terremotos a partir de datos de intensidad.

Tal práctica ha sido empleada en Venezuela por investigadores del *Instituto de Geofísica de la Universidad de los Andes, IGULA*, la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS, junto a un estudiante de pregrado en ingeniería geofísica de la Universidad Simón Bolívar, USB aplicando uno de los variados métodos estadísticos que existen: Bakun & Wentworth (1997-1999) - B&W - en cuyo principio para el cálculo epicentral aplica un concepto físico, la atenuación de la intensidad macrosísmica la cual se describe en función de la distancia y la magnitud, $I = f(d, M_w)$.

Pese a que cada vez y con más frecuencia se ha de recurrir a documentación primaria y secundaria, textos, testimonios orales y prensa en general para consolidar una investigación social como aproximación al estudio sismológico, es necesario normalizar el empleo de métodos de cálculo confiables, que combinen la *data* de eventos histórico-sísmicos con la determinación de sus ubicaciones y magnitudes. El uso de las intensidades en la escala modificada de Mercalli para determinar magnitud y epicentro arrojan problemas en la asignación de intensidades al ser producto de interpretaciones subjetivas. Así, Palme, C., *et al.* (2005:233-253) emplearon la metodología geoestadística de B&W ya citada, para evaluar las intensidades de sismos históricos de la región merideña con buenos resultados.

LAS ARISTAS DE UN ESTUDIO SÍSMICO-HISTÓRICO

Varias aristas tienen los mismos: (1) Los estudios sismológicos del lugar de afectación, lo cual implica el estudio sistemático del relieve al igual que los *marcadores artificiales* como el patrimonio arquitectónico existente y la tipología constructiva de la época. Ellos, en función de los "imaginarios colectivos del miedo y del sentimiento de seguridad ante el peligro de terremotos", son claros contrastes en la determinación de fuentes tectónicas de amenaza sísmica que dejaron huella permanente en las geoformas del sitio afectado o la destrucción de infraestructura edificada tal como señalan Oropeza y Zambrano (2007:162) quienes emplean parte del paisaje ruinoso de Caracas, producto del terremoto de 1812 y los deslizamientos rotacionales producidos en la barranca oeste de la quebrada Catuche activados (¿?) por este sismo (**Fotografía 1**); (2) La percepción del evento; (3) la reconstrucción del escenario de riesgo sísmico, y (4) el análisis de su evolución.

De ello, Venezuela tiene relevantes ejemplos unidos al análisis histórico del fenómeno natural tal como expone G. Pilonieta (2003:145-146) quien identifica a un singular y andino fotógrafo y protagonista, *Pedro Pablo Romero González*, quien captó días después del 28 de abril de 1894, los destrozos producidos por el *Gran Terremoto de los Andes (Fotografía 2)* o a *Arturo Helmund Tello* (1898-1958) (**Fotografía 3**), que para 1929, muestra a la población caraqueña los destrozos de Cumaná, estado Sucre en un cortometraje de su propia factura o como "avance filmico-noticioso" de la película de moda (Rodríguez, 2015); o la gran grieta formada en un túmulo funerario (**Fotografía 4**) de mármol más el desplazamiento de la torre del composanto y que afectó el cementerio de Aricagua en ocasión del sismo del mismo nombre el 30 de junio de 1959 (Altez y Rodríguez, 2009:297).

De lo señalado, se dispone en un panorama variopinto a las *aristas* de los estudios en sismología histórica venezolana, signados por ejemplos diferentes, pero integradores en cuanto a la información obtenida y su aplicación. De allí parte la complementación en las investigaciones sismológicas y su tratamiento, sin necesariamente definir lapsos de tiempo en estudios.

Es necesario señalar que las noticias sobre terremotos en Venezuela se encuentran en documentos muy variados (Rodríguez y Leal, 2012: 282) y se debe contar con una clasificación bien detallada, en donde la crítica del documento sea válida, si se desea veracidad en la investigación a objeto de resolver y explicar las características de cada evento en particular. Infortunadamente no todo ha sido así y no todos los estudios nacionales lo abordan en tal forma.

Investigaciones históricas nacionales

En los últimos tiempos muchos especialistas en el área de la sismología con escaso acompañamiento de profesionales del método histórico, han comenzado a agrupar eventos sísmicos empleando la compilación de catálogos paramétricos, que representan la base principal

para la sismicidad y la evaluación del peligro sísmico. Un borrador de trabajo está en vías de propuesta para ser emprendido a partir de 2025 con el objeto de mejorar el conocimiento disponible.

En 1999 muchos estudiosos hicieron uso de términos como *terremoto histórico* y *sismicidad histórica*, que "mezclan" el método histórico con el instrumental (*léanse* Palme y Altez, 1999), llegando al término *terremoto histórico* como anterior al sismo de 1900 sito en Caracas y cuyo término (...) *el último sismo histórico* y *primer instrumental* (...) es empleado por Jakubowitz y Larotta en 1974.

La sismología venezolana se ha topado con varias corrientes de pensamiento, que cumplen con apuntalar el *sentir popular* en varios rumbos: *ideario de deidades*, *atribución de los sismos a fenómenos no-naturales* hasta devenir en una corriente netamente sismológica en la que se han establecido datos exactos en los cuales el fenómeno es analizado considerando sus hallazgos; reuniendo información cronológica en listados de información; y volcando el conocimiento adquirido en una labor de publicar el hallazgo en inventarios especializados y de mínima circulación, valga decir, solo para especialistas.

Si bien, los sismos que han afectado a Caracas y otras ciudades de Venezuela seguirán sucediendo, una de las estrategias en planificación apunta hacia la reducción y control de la *vulnerabilidad física y social* dirigiendo esfuerzos en procura de complementar el conocimiento en materia de fallas geológicas activas que, a su vez, refuercen su comprensión en materia de ingeniería sismorresistente.

Una visión muy transversal de estos enfoques domina la investigación histórico-sísmica. No obstante, persiste históricamente la necesidad de elaborar catálogos; valiosas fuentes documentales que en algunos casos limitan el acceso a los datos de importancia, registrándose eventos que no pasan más allá de una anécdota.

Producto de ello es la aparición de quienes se han dedicado a recoger en incipientes o logradas memorias, toda acción de los terremotos y sus secuelas, hasta la presencia del academicismo en donde se discute la naturaleza del fenómeno bajo un contexto científico, esencialmente reevaluado que en muchas circunstancias han permitido la depuración de catálogos o han afinado la selección de datos macrosísmicos, haciendo énfasis en la no inclusión informativa hasta el hallazgo de nueva *data* que cambie la evidencia de dudosa a cierta, muy común en la catalogación nacional por la ausencia en general de parte del tratamiento científico razonado en tiempos evolutivos de la sismología histórica criolla (*léase*: Peraldo, G, 2012).

En la actualidad es muy limitada la presencia de especialistas en estos temas por muy variadas razones, siendo la principal por jubilación institucional y la carencia de reemplazos.

CONFIRMACIÓN DE SISMOS HISTÓRICOS VENEZOLANOS, LOS PRIMEROS INTENTOS

Es necesario establecer lapsos que limitan la historia sismológica nacional. En ello es necesario conocer sus restricciones y aquellos factores que la sobreestiman. (1) Importancia geopolítica y económica del área afectada; (2) Aislamiento poblacional; (3) Complejidad del contexto tectónico; (4) Ubicación del epicentro en zonas despobladas y/o costa afuera; (5) Magnificación de daños por efectos de sitio y/o inducidos; (6) Preservación de las fuentes de información primaria y secundaria y su acceso; (7) Exageraciones o datos falsos en la descripción de los hechos; (8) Condiciones especiales "simultáneas" al evento sísmico, y, (9) Errores en la cronología de ocurrencia (Rodríguez y Audemard, 2003:47).

Estos acondicionamientos ocupan importantes espacios en la verificación de sismos pasados, los cuales ponen a modo de advertencia límites al tratamiento que se ha formulado estableciendo lapsos de tiempo que abarquen la *dimensión temporal y espacial* de los mismos. Aquellos que necesariamente quedan fuera de la memoria humana, como la paleosismología ya mencionada, han ocupado un generoso lugar que por su extensión no será tratada en este trabajo.

Si bien hasta fecha actual se han señalado las características básicas en los estudios de sismología histórica autóctona, se ha considerado natural mostrar un listado de temas, autores e investigaciones realizados. Estas no representan un trabajo exhaustivo, pero muestran en apretada síntesis la temática estudiada, considerando así que los datos de un investigador sean complementados con los datos de otro, ofreciendo un panorama histórico y sismológico a la investigación realizada. Este sería un enfoque novedoso, que en muchos casos no se ha trabajado directamente o muy pocos investigadores han llevado tal tarea.

Lamentablemente y pese al deseo en tener un catálogo de toda la actividad realizada a la fecha, ello no es factible por lo menos en estas páginas, de allí su orden, relevancia y limitación, toda vez que ello está vinculado a un trabajo con más de una referencia ya histórica, ya sismológica, o ambas. Tan solo serán reseñados y explicados aquellos trabajos que, atendiendo a la *data* corta y sólida, no pretenda una discusión. Meramente se citarán fechas y un complemento. Larga y dispendida sería por lo pronto la explicación de todas las fuentes e investigaciones, complementarias a este ensayo.

Una muestra evaluada y reevaluada entre sismos antiguos y actuales

Al efecto, se mantiene el abordaje de eventos histórico-sísmicos atendiendo al criterio empleado por Peraldo y Montero (1999) y Mora y Peraldo (2012) quienes han emitido opinión respecto al tratamiento de la *data* en sismología histórica. Se ha llevado un orden cronológico estricto de los sismos venezolanos que acá aparecen, complementando la información con estudios realizados y atendiendo al material revisado.

Los sismos presentes son descritos en formato libre y en razón del medio en donde fue publicado sin pretender ser exhaustivos, esto como advertencia inicial; luego, el formato se mantendrá tal como ha sido descrito sin menosprecio de otros enfoques diferentes al que se ha tomado, estando conscientes que en estos temas el discurso es más extenso interviniendo muchos autores y diferentes temas. Los acá mostrados acoplan perfectamente bien el aspecto histórico y la tónica geofísica complementada en datos de una o de otra disciplina: la historia y la sismología, bases importantes para mostrar la viabilidad de los estudios que se realizan Peraldo y Montero, 1999)

Febrero 3, estado Mérida, 1610

Llamado de *Bailadores*.

En él, Fray Pedro Simón relata los efectos directos del sismo y describe con lujo de detalles el gigantesco y violento movimiento de remoción en masa llamado igualmente el *alud sísmico de La Playa*, nombre con el que se conoce al lugar de ocurrencia del terremoto. En base al relato y observaciones de campo, se obtuvieron los siguientes resultados: Magnitud 7,2 M_s; Intensidad máxima: XI (MKS); Hipocentro promedio: 10 km; Fuente sismogénica: Falla de Boconó; Epicentro: 3 km al SO de Bailadores; Volumen desplazado de roca y detritos por el alud: 14 x 10⁶ m³ (Ferrer y Laffaille, 1998).

El *alud* así producido llega a desplazar volúmenes entre 14 x 10⁶ m³ y 21 x 10⁶ m³ a partir de una masa previamente deslizada proveniente del flanco sur del Páramo de Mariño (Palme y Altez, 1999) tal cual sigue: (...) *formara un dique a cuya consecuencia se hizo una laguna navegable durante los siguientes cinco meses, formada a partir de grandes masas de materiales residuales desarrollados en rocas cristalinas altamente saprolitizadas* (Singer, 1998: 289).

Este represamiento afectó cultivos y poblados aguas abajo al momento de su ruptura (e.g. Singer y Lugo, 1982; Ferrer y Laffaille, 1988).

Tal como exponen Laffaille, K. *et al.*, (2009: 107-110), un examen del contexto sísmico de Venezuela tomando como referencia aspectos relevantes histórico-sísmicos y sus principales rasgos geomorfológicos, ponen en evidencia fallas geológicas sísmicamente activas permitiendo así revelar un país con alto nivel de riesgo.

Este análisis, en el que se superpone la distribución geográfica de la población nacional, permite concluir que la *construcción de vulnerabilidad física* es el factor que juega el papel más importante en la determinación de este alto nivel de riesgo. Es válido señalar que el elemento central del problema lo constituye la *ocupación de espacios geográficos* previamente afectados, o que podrían serlo por eventos cosísmicos, por el diseño urbano y la cultura social de la población allí asentada.

Abril 28, estado Táchira, 1894

Conocido como el *Gran Terremoto de los Andes Venezolanos*, ocurrió a las 22:15 (HLV). Además de la ruina

producida en muchos pueblos merideños (Febres Cordero, 1931: 148) ocasionó en Mérida 4 muertos; Santa Cruz de Mora, 115; en Zea, 69; Tovar, 50; Mesa Bolívar, 51; Lagunillas [de Mérida], 21 fallecidos; Chaguará, 9 y otros pueblos andinos. El total de víctimas fue de 319 con numerosos heridos (Febres Cordero, 1931).

Aparte de todas las poblaciones de los andes venezolanos la onda sísmica abarcó las localidades de Coro, La Vela, Acarigua, Tinaco, Tinaquillo, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, Villa de Cura, San Juan, Ortíz, Cúa, Charallave, Santa Lucía, San Casimiro, Ocumare del Tuy, Altavilla, Valle de la Pascua, Tucupido y Zaraza. En Maracaibo se sintió fuerte (Centeno Graü, 1969: 260-261).

Esta fecha tiene particular connotación en territorio andino venezolano, toda vez que produjo una ruptura de superficie cercana a los 4 km. Dichos análisis han permitido tal como lo refieren Rengifo y Laffaille (1998: 141) la reevaluación de los efectos macrosísmicos empleando métodos convencionales.

En función de las curvas isosísmicas, las mismas dan una idea que el evento se haya producido por un movimiento de la Falla de Boconó, aunque resulta evidente que la forma de patrón de las mismas se haya influenciado de alguna manera por la presencia del accidente estructural mencionado. Como resultado se han sido estimados los parámetros del sismo obteniéndose: (1) coordenadas epicentrales $8,55^\circ \pm 0,05^\circ$ N ; $71,69^\circ \pm 0,05^\circ$ O; profundidad aproximada de 14 km \pm 2 km y magnitud M_L 7,1 – 7,4. (2) área de daños: 7.000 km² (Centeno Graü, 1949) - desde Trujillo, Venezuela hasta Pamplona, Colombia -. De los datos estudiados se plantea la posibilidad que el sismo haya tenido su epicentro fuera de la Falla de Boconó, apareciendo como posibles la Falla del Piedemonte Occidental y fallamientos inversos estudiados en 1997.

Fue así que toda la zona andina de Venezuela, sucumbió ante el peor sismo que recuerden sus habitantes. Aunque hay relatos de un cataclismo ocurrido en 1610, cuando la población era escasa y disgregada, fue este poderoso sismo, el que con mayor dureza ha puesto de manifiesto las vulnerabilidades heredadas y las que en territorio andino habían construido hasta dicho año. Laffaille y Estévez (1997), al referirse al evento en su artículo *Sismicidad y prevención sísmica en los andes venezolanos*, presentan algunas consideraciones a la hora de hacer una lectura crítica de las historias escritas que produjo aquel evento natural.

Al presente, estos mismos autores, complementan sus datos, al manifestar:

(...) toda la zona de fallas de Boconó, desde la depresión del Táchira en su extremo suroeste hasta el Mar Caribe al noreste, es sísmicamente activa. La mayoría de los eventos más grandes se alinean bien con la traza principal de la Falla de Boconó, mientras que los más pequeños, así como unos pocos grandes, están dispersos dentro de un corredor de varias decenas de kilómetros de ancho, adyacente a

esta traza, lo que indica que muchas de sus fallas subsidiarias son igualmente activas (...).

La realidad al conmemorarse el 131 aniversario del Terremoto de 1894 es que, si bien hay que hacer gestos de respeto al pasado, es necesario definir ... qué vamos a hacer ante el futuro.

Marzo 14, estados Táchira y Mérida, 1932

Escobar y Rengifo (2003), realizaron una minuciosa investigación histórica de tal evento que causó alarma en ambas entidades políticas. De acuerdo a los epicentros reportados por diferentes autores, el mismo mantiene discrepancias de hasta 20 km con algunos cálculos realizados. Al respecto elaboraron un mapa de isosistas el cual no se presenta en este trabajo, el cual permitió ubicar el epicentro en $8,15^\circ$ N y $72,03^\circ$ O entre las poblaciones de La Grita y Seboruco con intensidad máxima (MSK) de VIII e hipocentro a 22 km. de profundidad; parámetros que difieren de los valores reportados y que guardan compatibilidad con la vinculación evento-accidente tectónico -Falla de Boconó -. Al respecto Fiedler, (1972: 2450) señala lo _{mm}: 8,5-9 6,8 Mc, sin destacar fallecidos.

Sin dar detalles sobre este evento, tanto su evaluación como la correspondiente al siguiente año, 1933, Escobar y Rengifo, (2003: 220-221) han sido investigaciones con base a los efectos producidos en las poblaciones occidentales, conduciendo su pesquisa a estimar parámetros básicos como la intensidad máxima, ubicación epicentral, profundidad focal y magnitud.

Para ello el esquema de trabajo adaptado corresponde a: (1) Recolección de información de distintas fuentes; (2) Recopilación de información basada en narraciones personales de testigos; (3) Evaluación de la información disponible para la asignación de una intensidad en cada población afectada; (4) distribución de las intensidades y (5) Determinación del epicentro macrosísmico y otros parámetros usando las ecuaciones del campo sísmico (Shebalin, 1968).

Marzo 8, El Tocuyo, 1950

La localidad de El Tocuyo fue destruida casi en su totalidad. En Guárico, Anzoátegui, Humocaro Alto y Guaitó fueron destruidas la mitad de las casas; las destrucciones fueron muy fuertes en Chabasquén y las víctimas totales del terremoto alcanzaron a 16 fallecidos. Las unidades geológicas afectadas por los movimientos en los focos sísmicos de las localidades de Maracaibo, Coro, Tucacas y Maracay estaban constituidas por materiales elásticos que generalmente tienen oscilaciones periódicas propias y tienden a producir resonancia, amplificando así la sollicitación del sismo.

El Terremoto de El Tocuyo de 1950 (Fotografía 5) estudiado previamente por Choy, et. al., (2003) ha sido uno de los más destructivos ocurridos en el estado Lara. Dicho evento ha sido una constante de investigación desde 1998 cuando el mismo autor (Choy, 1998:203-217) y sus coautores trabajan determinando profundidad y

mecanismo focal rumbo deslizante, valga decir la “huella del sismo”.

Se puede observar detenidamente en el caso de *Arrasar y construir: un análisis de vulnerabilidad histórica para el caso del terremoto de El Tocuyo del 3 de agosto de 1950* 3 enfoques diferentes en la sismicidad, no sin antes definir el contexto bajo el cual fue elaborado: *componente sísmico y vulnerabilidad asociada* (Leal y Rodríguez, 2012). Dicho estudio reviste una gran especificidad contextual, permitiendo: (1) Establecer los elementos que hacen vulnerables a una comunidad ante la concreción de una amenaza natural o antrópica en un momento determinado; (2) Comprender la configuración histórica y estructural de dichas vulnerabilidades; (3) El proceso del desastre o de emergencia, y (4) Proponer una interpretación del evento que ayuda a comprender las transformaciones surgidas a consecuencia de dicho terremoto, determinando jerárquicamente la vulnerabilidad; esto es, cómo se distribuyen y relacionan las diferentes tipologías constructivas.

Así, en El Tocuyo, los efectos del sismo fueron devastadores. En pocos instantes, la que hasta entonces fue la ciudad colonial mejor conservada de Venezuela quedó inhabitable e irreconocible, provocando el colapso de 250 casas y el severo deterioro de 700 viviendas, muchas de las cuales se desplomaron en los días siguientes a consecuencia de las numerosas réplicas.

En consecuencia, Alvarado (1950) periodista del diario El Nacional para la época, reflexionando sobre el efecto del evento tocuyano, expresó:

(...) no fue la fortaleza del sismo sino la construcción deleznable lo que determinó la catástrofe(...).

Queda claro el sentido social que debe abordar todo estudio, independientemente del año en que afectó el terremoto a determinada población. Luego del sismo, la potencialidad económica de El Tocuyo como productor de azúcar, se articuló perfectamente con las políticas migratorias, agrícolas e industriales del Estado venezolano, y al mismo tiempo, con los intereses de los terratenientes de la región; actuando, en consecuencia, como factor determinante en la decisión de reconstruir totalmente la ciudad. Obviamente, la *reactivación económica* no podía operarse al margen de la *rehabilitación urbana*, y por consiguiente, la localidad destruida representaba múltiples oportunidades para el pujante sector de la construcción que se veía venir.

Bajo esta particular conjunción de intereses, *El Tocuyo colonial* estaba condenado a desaparecer: *la hora del tractor, propia de “los años del bulldózer”*, había sonado para la antigua ciudad. En este sentido, cuando Gasparini (1991) y García (1994) señalan la factibilidad de reconstruir El Tocuyo respetando su arquitectura colonial, se remiten a una *factibilidad material y técnica* que no a otro hecho citado.

Así como se ha venido enumerando documentación básica, extenso sería reseñar un trabajo completo, no obstante, se debe señalar que se pretende bajo este

aspecto netamente histórico, conjugar los aspectos de una fracción de *la historiografía tocuyana* con la data existente de orden geofísico para qué con lo segundo, obtener una visión que bien empleada, señale al lector lo que se ha denominado *vulnerabilidad histórica*. Valga decir, *¿Es El Tocuyo una urbe que ha crecido teniendo trastornos de identidad, e incluso ha obedecido esencialmente a condiciones socio-políticas imperantes al momento de su ejecución, la autoconstrucción e incluso su intervención?*

DEL SISMO DEL 50´ HACIA UNA INVESTIGACIÓN BIUNÍVOCA

Con motivo del 2º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica, Grases y Rodríguez, (2001) realizaron un trabajo en el que ponen a prueba una muestra de veintiséis (26) eventos sísmicos venezolanos a título de ejercicio no-exhaustivo, empleando los datos históricos de cada uno de ellos volcados en sus curvas isosísmicas, para la estimación de sus magnitudes con el fin de ampliar la base de datos para estudios de peligrosidad sísmica.

El procedimiento se basó en calcular las diferentes áreas de intensidad con el área de ruptura y aplicar expresiones de cálculo del tipo expuesto Por Singh et al. (1980), obteniendo regresiones que describen la atenuación de las isosistas de intensidades I_{MMp} para 4 grados de la escala empleada de V a VIII. En igual forma la aplicación de este procedimiento de cálculo para sismos anteriores al siglo XX pertenecientes a una misma región señalaron que los rangos de magnitud obtenidos están mejor respaldados que los valores empleados anteriormente (*para detalles del trabajo realizado, se sugiere consultar el trabajo original señalado en la bibliografía de este artículo*).

PERSPECTIVAS

En esta revisión de trabajos y eventos, se ha intentado dar una visión de conjunto de lo alcanzado al presente. Evidentemente faltan más sismos y sus estudios, pero desde una perspectiva amplia, se mantiene la necesidad de vincular historia y sismología. Ambas se complementan sin necesidad que exista preeminencia de una disciplina sobre otra.

Por su parte, la literatura histórico-sísmica ha de visualizarse como el tema capaz de obtener valoraciones en aspectos que aparentemente no tienen peso específico, pero que sin embargo juegan papel importante a la hora de evaluaciones *in situ* como son el *contexto económico y social, el aspecto constructivo, la peligrosidad sísmica*, siempre manteniendo la calidad de la documentación, su orientación hacia fechas actuales y hacia sus reevaluaciones.

De reciente factura, personal de los Departamentos de Ciencias de la Tierra (hoy Geología de Terremotos) y Sismología de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS se han dado a la tarea de estudiar el terremoto de Caracas del 29 de octubre de 1900 con el objeto de reevaluar este terremoto caraqueño bajo diferentes enfoques. Los resultados han sido numerosos

El objetivo, por lo pronto seriamente detenido por diferentes razones que no serán discutidas pretende iniciar en un futuro cercano, investigaciones en la reevaluación de otros sismos históricos y de sismos recientes.

REFERENCIAS CONSULTADAS

ALTEZ, R. 2014. Historia comparada de los sismos de Caracas: dinámica y variabilidad de las intensidades. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1) 2014, 129-153. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela. Reimpreso en *Bol. de Historia de las Geociencias N° 115. Edic. de la Soc. Venezolana de Historia de las Geociencias. Diciembre 2014. 48-71 p.*

ALTEZ, R. y RODRÍGUEZ, J. A. (coords.). 2009, Catálogo Sismológico Venezolano del siglo XX. Documentado e ilustrado. Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. Tomo 1, p. 297.

ALVARADO, A. L. 1950, "El Tocuyo", Diario El Nacional, Caracas: 30 de agosto de 1950, p. 4. En: LEAL, A. y RODRÍGUEZ, J., 2013. Geonaturalia, 2013: 221.

BAKUN, W. y WENTWORTH C. 1997. Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 87, 1502-1521.

CENTENO, M. 1969. Estudios sismológicos. *Bibliot. Acad. Ciencias Fís. Mat. y Nat.*, Vol. VIII, Caracas. 365 p.

CHOY, J. 1998. Profundidad y mecanismo focal del terremoto de El Tocuyo. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 39(1 y 2) 1998, 203-217. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

CHOY, J., PALME, C. y MORANDI, M. 2003. Implicaciones tectónicas del terremoto de El Tocuyo, del 3 de agosto de 1950, Venezuela. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 44(2) 2003, 207-217. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

CHOY, J.; PALME, C.; GUADA C.; KLARICA S., Y MORANDI, M., 2011, Implicaciones de la localización de los centros de intensidad del subevento de Caracas del Terremoto de 1812 y del Sismo de Caracas de 1967. *Rev. Fac. Ing. Univ. Central de Venezuela*. 26(2): 77-88.

ESCOBAR, A. y RENGIFO, M., 2003 Reevaluación de dos sismos históricos en las inmediaciones de La Grita y Zea. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 44(2) 2003, 219-245. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

FEBRES CORDERO, T., 1931, Cronicón sísmico de los Andes Venezolanos. En: *Archivo de Historia y Variedades*. Tomo II, (Edit. Sur América) Caracas. 146-166 pp.

FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 1998. El alud sísmico de La Playa: causas y efectos. El terremoto de Bailadores (1610). En: *Revista Geográfica Venezolana*, 39 (1 y 2): 23-86. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

GARCÍA J, 1994, Inserción de El Tocuyo en el proceso de modernización venezolano (1945-1960). Trabajo Especial de Grado, Escuela de Historia, Universidad Central de Venezuela, Caracas (inédito), p. 58.

GARCÍA P. 1995. Los estudios de suelo en Venezuela: antecedentes, logros y perspectivas. 40 años de contribución de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo al desarrollo agrícola de Venezuela. 15 al 20 de Octubre. Maracay, Venezuela.

GASPARINI G. 1991, Formación urbana de Venezuela, siglo XVI, Caracas, Ediciones Armitano, p. 205.

GÓMEZ, A., 2009, Determinación de terremotos a partir de datos macrosísmicos: iniciativa de calibración en Europa y Sur América. En: *Mem. V Jornadas Venez. De Sismología Histórica y VI Simp. Venez. de Hist. de las Geociencias*. Univ. De los Andes; FundaPris; CorpoAndes; Fundacite-Mérida; Cigir; Univ. Central de Venezuela; Funvisis. 64-66 pp.

GRASES, J. y RODRÍGUEZ, J. A., 2001, Estimaciones de magnitud de sismos venezolanos a partir de mapas de isosistas. 2° Congreso iberoamericano de ingeniería sísmica, Madrid, España, octubre 16-19. (versión CD).

GRASES, J., 1990, Terremotos destructores del Caribe, 1502-1990. 1a ed. Orcyt-UNESCO, Montevideo, Uruguay, 132 pp.

GRASES, J., 2007, Secuencia de sismos sentidos o destructores en el área de Caracas y sus alrededores. *Acad. Nac, Ing. Háb.*, (14)105-138. Caracas, <http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/boletines/boletin14.php> [Documentación en línea], (diciembre 22, 2024).

JAKUBOWICZ, E. y LAROTTA J., 1974, Terremoto del 29 de octubre de 1900. *Bol. IMME, Fac. de Ing., Univ. Central de Venezuela*. 12(47):23-77.

LAFFAILLE, J. y ESTÉVEZ, R., 1997, Sismicidad y prevención sísmica en los andes venezolanos. En: *Seminario sobre el terremoto de Caracas del 29 de julio de 1997: 30 años después*. (E. Gajardo, edit.) (versión en CD).

LEAL, A. y RODRÍGUEZ, J., 2013, Arrasar y construir: análisis de vulnerabilidad histórica para el caso del terremoto de El Tocuyo del 3 de agosto de 1950. En: *Geonaturalia. Territorio, Recursos Naturales y Ambiente:*

hacia una historia comparada Estudio a través de Argentina, México, Costa Rica, Haití, Paraguay, Uruguay y Venezuela. (coord. Celina Lértora). Ed. Fund. para el Estudio del Pensamiento Argentino e Iberoamericano, Buenos Aires-Argentina. 1era Edición, 279-311.

LEVRET, A., 2005, Jean Vogt, In Memoriam. <http://emidius.mi.ingv.it/vogt/> (Documentación en línea), [Septiembre 10, 2015].

MORA, M. y PERALDO, G., 2012, Análisis macrosísmico del terremoto de Buena Vista de Pérez Zeledón, 3 de julio de 1983 (Ms 6,1), Costa Rica. En: *Rev. Geol. Amér. Central*, 44: 41-70.

OROPEZA, J. y ZAMBRANO, A., 2007, Elaboración de una base de datos de geología urbana para fines de microzonificación sísmica para la ciudad de Caracas. Universidad Central de Venezuela, Fac. de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado, 245 p. (inédito).

PALME, C. Y ALTEZ, R., 2004, La sismología histórica de Venezuela. En: *Rev. Investigación, Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico - CDCHT, Enero - Junio 2004, (9): 40-42.*

PALME, C.; MORANDI, M. y CHOY, J. 2005. Reevaluación de las intensidades de los grandes sismos históricos de la región de la cordillera de Mérida utilizando el método de Bakun & Wentworth. *Rev. Geog. Venez.*, Número especial 2005, 233-253. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

PERALDO, G. y MONTERO, W., 1999, Sismología Histórica de América Central. *Inst. Panam. de Geogr. e Hist.*, IPGH-México, Univ. de Costa Rica. Pub. N° 513. 347 p.

PERALDO, G., 2012, Sismología histórica, al filo de la geofísica y la historia. Aspectos metodológicos para su estudio. Resúmenes VI Jornadas Venez. de Sism. Hist. http://www.funvisis.gob.ve/archivos/evento_VIJVSH/Memorias.pdf, [documentación en línea], p. 9. (septiembre 10, 2024),

PERALDO, G., 2012, Sismos apócrifos: depuración de los catálogos sísmicos históricos. En: *Geonaturalia. Territorio, Recursos Naturales y Ambiente: hacia una historia comparada Estudio a través de Argentina, México, Costa Rica, Haití, Paraguay, Uruguay y Venezuela*. (coord. Celina Lértora). Ed. Fund. para el Estudio del Pensamiento Argentino e Iberoamericano, Buenos Aires-Argentina. 1era Edición, 251-278.

PILIONETA G., 2003, Romero González, el fotógrafo del terremoto. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 44(1): 145-147. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

RENGIFO, M. Y LAFFAILLE, J., 1998. El terremoto del año 1894 en los Andes venezolanos. En: *Revista Geográfica*

Venezolana, 39 (1 y 2): 141-161. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

RODRÍGUEZ, J. A. 1996. Aprender del pasado, cuatro huellas en la memoria sísmica del país. *Boletín Soc. Venezolana de Historia de las Geociencias*. Diciembre, 1996, 59:37-45 p.

RODRÍGUEZ, J. A. y AUDEMARD, F. 2003. Sobrestimaciones y limitaciones en los estudios de sismicidad histórica con base en casos venezolanos. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 44(1) 2003, 47-75. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

RODRÍGUEZ, J. A. y LEAL, A. 2012. Catálogos sismológicos venezolanos, estado del arte. En: *Geonaturalia. Territorio, Recursos Naturales y Ambiente: hacia una historia comparada Estudio a través de Argentina, México, Costa Rica, Haití, Paraguay, Uruguay y Venezuela*. (coord. Celina Lértora). Ed. Fund. para el Estudio del Pensamiento Argentino e Iberoamericano, Buenos Aires-Argentina. 1era Edición, 279-311.

RODRÍGUEZ, J. A. 2015. Dos testimonios audiovisuales del sismo de Cumaná, estado Sucre en 1929 y su aporte a la fílmica sismológica venezolana. En: *Rev. Nuestro Sur : Historia, Memoria y Patrimonio, Dossier Historia, terremotos y tsunamis en América Latina, Centro Nacional de la Historia*. 16 p.

RODRÍGUEZ, J. A.; LEAL, A. y SINGER A. 2010. Aproximación a la hagiografía sísmica de Venezuela: ... no permitas que muramos de sustos ni de temblores. En: *Bitácora-e, Rev. Elect. Latinoam. de Estudios Sociales, Históricos y Culturales de la Ciencia y la Tecnología*, 2011, N° 1. 24-40 p.

SHEBALIN, N.. 1968. Methods of using engineering-seismology data in seismic zoning. En *Medvedev, S. F. (ed.), Seismic Zoning of the URSS. Akad. Nauk-URSS*. pp.

SINGER, A. y LUGO, M. 1982. El alud sísmico del 03-02-1610 en el valle del Mocotíes (Andes venezolanos). Confrontación con los testimonios del siglo XVII y de las evidencias de campo actuales (Resumen). *Acta Científica Venezolana*. 33: 214.

SINGER, A. 1998. Evaluación retrospectiva de los efectos geológicos destructores del Terremoto de 1610 en los Andes venezolanos por medio de la confrontación de testimonios del siglo 17 y de observaciones de campos actuales. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 39 (1y 2): 289-296. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Univ. de los Andes, Mérida-Venezuela.

SINGH, S., REICHLER, M. y HAVSKOV, J. 1980. Magnitude and epicenters estimations of mexican earthquakes from isoseismic maps. *Geofísica Internacional*, 19(4): 269-284.

STUCCHI, M. 1995. Short notes from a journey through earthquakes and historical records. *Annali di Geofisica*. 38(5-6): 567-571.

European earthquakes 1, Materials of the CEC project Review of Historical Seismicity in Europe. (Ed. M. Stucchi), CNR – Instituto di Ricerca sul Rischio Sismico. (1): 15-24.

VOGT. J., 1988, Historical seismology. Some notes on sources for seismologists. In: Historical investigation of



Fotografía 1. Parte de Caracas, arruinada por el terremoto de 1812. Cuadro de F. Bellermann (Fuente: Oropeza y Castillo, 2007).



Fotografía 2. Muestra de los daños en los Andes, producto del sismo de 1894 (Fuente: G. Pilonieta, 2003).



Fotografía 3. Arturo Hellmund Tello en la plaza Altamira, Caracas, actualmente Francia (Fuente: Rodríguez, 1996).



Fotografía 4. Túmulo funerario destruido en el sismo de Aricagua de 1959 y daños en la torre del cementerio Fuente: Altez y Rodríguez, 2009).



Fotografía 5 Casas destruidas en El Tocuyo, 1950. (Fuente: Archivo Audiovisual del Diario El Impulso, Barquisimeto).



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.artega@gmail.com

20 DE FEBRERO DE 2025 82º ANIVERSARIO DEL PARICUTÍN

[...mi esposo (Dionisio Pulido) no había caminado mucho cuando se oyó un ruido feo, como trueno de agua, como de un manadón de borregos que se asustan, como que si fuera pasando el tren. Feo que se oyó, y vi que se abrió la tierra allí cerquitas de dónde estaba. Y allí cercas de donde se abrió la tierra estaba un pino y pronto ardió; yo me asusté muchísimo, mi esposo también. Él ya no se animó a acercarse acá con nosotros, sino que desde lejos nos gritó: “Se acaba el mundo, qué es eso, qué está pasando. Se acaba el mundo”.]

Fragmento del libro: “Yo vi nacer un volcán” de Rafael Mendoza Valentin

<https://www.amazon.com/-/es/Yo-Vi-Nacer-Volcan-Recuerdos/dp/B000HD9CTA>



Fotografías por **Laura Itzel González León**, Colaboradora de la Revista.



Cristales pseudomórficos de trona en carbonato (calcita), precipitados en la superficie de estructuras estromatolíticas (Nine Mile Canyon, Uinta Basin, Utah, EUA). La trona es un carbonato con fórmula $\text{Na}_3(\text{HCO}_3)(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y se clasifica como un mineral evaporítico típico de ambientes lacustres alcalinos. Fotografías del **Dr. Jordi Tritlla Cambra**.



Vista norte-sur de paisaje volcánico en el Archipiélago de Galápagos, Ecuador. Al frente, cono volcánico y lavas de Isla Bartolomé. Al fondo varios islotes de la isla de Santiago, donde destaca, a la derecha, el cono de la Isla Sombrero Chino, la cual lleva su nombre debido a la forma de sombrero chino que posee.



Panorámica de la isla Santiago y el "Pinnacle Rock" visto desde la cima de la Isla Bartolomé. El Pinnacle Rock es un tapón volcánico, de forma triangular y puntiagudo perteneciente a la última isla mencionada. Se interpreta como un remanente erosivo de un gran dique volcánico que se cree conectó a las islas Bartolomé y Santiago en tiempos pasados. Fotografías de **Jesús Porras**.



Steam eruption on Volcán Lascar, Saturday March 11, 2023, as seen from the Salar de Atacama, Chile. This 5,692 m andesitic stratovolcano is the most active volcano in the central Andes, with estimates that it has been active for at least the past 56,000 years.



Volcán Licancabur rises like a ghost above the Puna Plateau as seen from San Pedro de Atacama, Chile. The stratovolcano is built on Pleistocene ignimbrites, seen in the foreground. The youngest flows are dated at 13,000 years. The 5,916 m summit straddles the Chile-Bolivia border. Both of these stops are part of the *Atacama Desert geo-tour* described in **Prost, G.L.**, 2024, *South America's Natural Wonders*, CRC Press.



Benioff Siempre

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

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

Comunícate con

María Guadalupe Cordero Palacios

lup@comunidad.unam.mx

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

Salt deposits in the Caribbean area

Keith H. James, Ph.D.

Consultant Geologist

16 Maeshenllan

Llandre, Bow Street, Ceredigion SY24 5DD, Wales, UK

frayigo@gmail.com

Abstract

Many data indicate presence of salt in the Caribbean area. This article summarizes information from the plate margins and interior, including stratigraphy, salt occurrences and seismic data. While most interpretations of data are premised upon an oceanic (Pacific) origin of the Caribbean Plate, an important implication of this paper is that the Caribbean formed in place between N and S America and shares history with the Gulf of Mexico and the Yucatán basins. A valuable investigation of Caribbean salt would employ satellite data to search for oil slicks. Focus should start on the Honduran shelf, the eastern flank of the Beata Ridge, the Muertos Trough and the Aves Ridge. Reprocessing of old seismic data would be valuable.

Key Words: salt occurrences, seismic data, geologic history of the Caribbean, suggested investigations.

The article "Breaking geological paradigms with reprocessed seismic data in the onshore Colombia" work by Karyna Rodriguez in the August 2003 edition of the AAPG Explorer has important implications for Caribbean geology.

Rodriguez and others (Searcher Seismic) suggested that much higher than expected velocities of interpreted mud diapirs in Colombia's NW Sinu Basin could instead indicate salt.

Related to this, salt domes and saline springs show

widespread distribution (400 x 150 km) of salt in Colombia's nearby Bogota Basin (McLaughlin, 1972). Cretaceous strata include four evaporite zones, ranging in age from Berriasian-Valanginian, through Barremian to Aptian to Turonian-Coniacian.

Three salt mines are excavated in an anticlinal trend that extends 130 km. In the Zipaquirá mine one may visit a large underground cathedral. Mud diapirs were interpreted on the eastern side of the Magdalena delta by Shepard (1973). His map shows a roughly NE trend of diapirs. Some are up to 10 km in diameter and some are surrounded by rim synclines – classic features of salt diapirs.

Higgs (2009) proposed that major salt deposits (ca. 3 km thick) were originally present to the east in neighbouring Venezuela and Trinidad. Now hidden or disappeared they could have been associated with thick (>2 kms) Upper Jurassic – Lower Cretaceous Couva Marine anhydrite deposits in the Gulf of Paria.

Flinch (2024) reported that diapirs in the Guarapiche area of northern Venezuela, close to the Gulf of Paria, contain salt that could represent a subthrust unit extending into the deeper part of the Gulf.

An oil company interpreted salt diapirs on seismic data, rooted in Jurassic salt in the SW part of the Gulf of Venezuela. Mud diapirs interpreted on seismic in the northeastern Maracaibo Basin could be salt diapirs.

Mud diapirs are also interpreted, again on old seismic data, in the major offshore Panama and South Caribbean Deformed belts. None has been drilled. They could be part of regional Caribbean salt deposits recorded by seismic data (below). The belts are separated from the mainland by wide, undisturbed basins and might ride upon salt décollements.

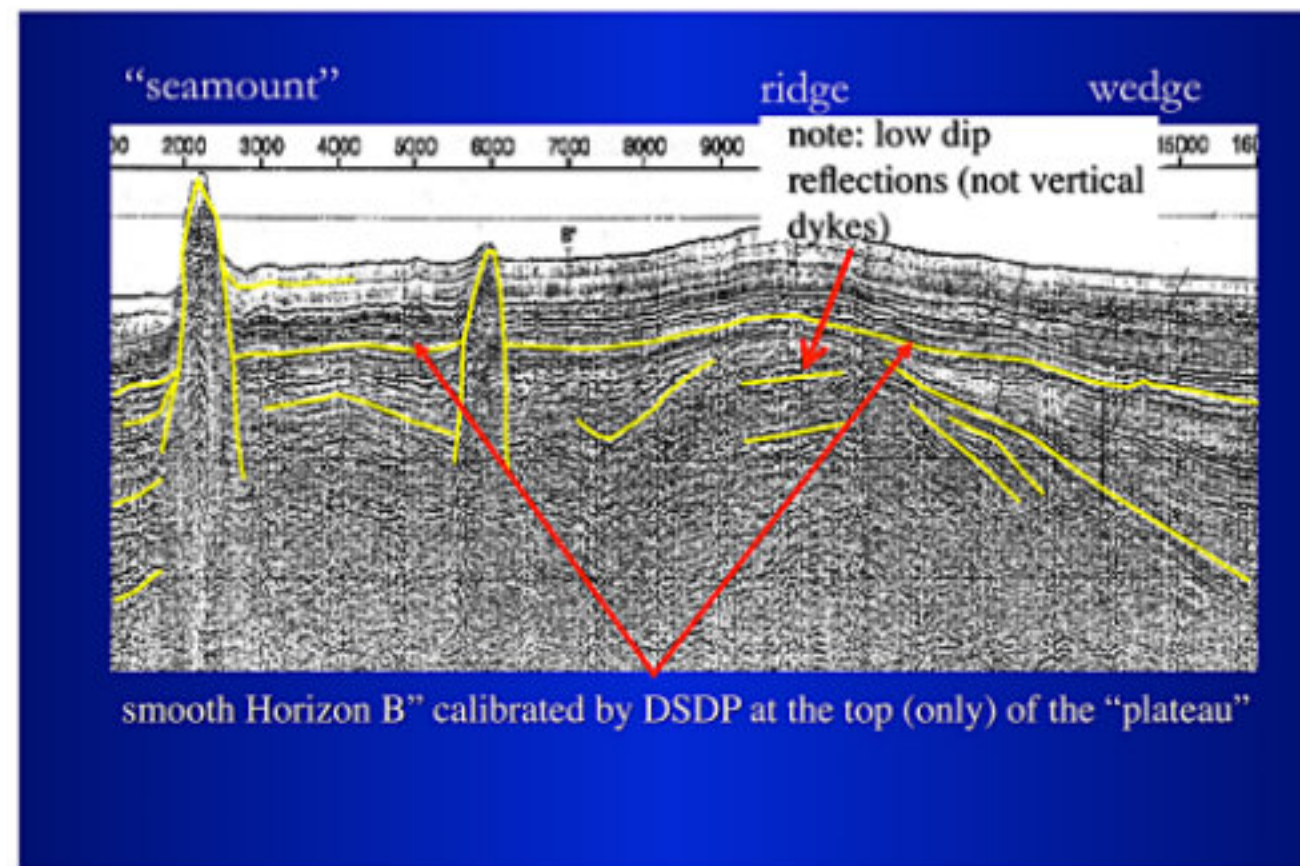


Figure 1 displays part of seismic line ew9501 recorded in the Caribbean by Lamont-Doherty Earth Observatory in 1995 and reprocessed by the University of Texas Geophysical Institute (Fig. 5). The Deep Sea Drilling Program calibrated regional seismic Horizon B" as Coniacian – Santonian - Campanian basalt. It was taken to be the top of a "Caribbean igneous plateau" (Donnelly, 1973; Kerr & Tarney 2005). Two active features rise through and push up the seafloor. The larger is called Kathy's Seamount. Horizon B" is smooth or rough. Diebold (2009) wrote that smooth B" is reminiscent of continental flood basalts. Rough B" perhaps is subaqueous (Figure 7).

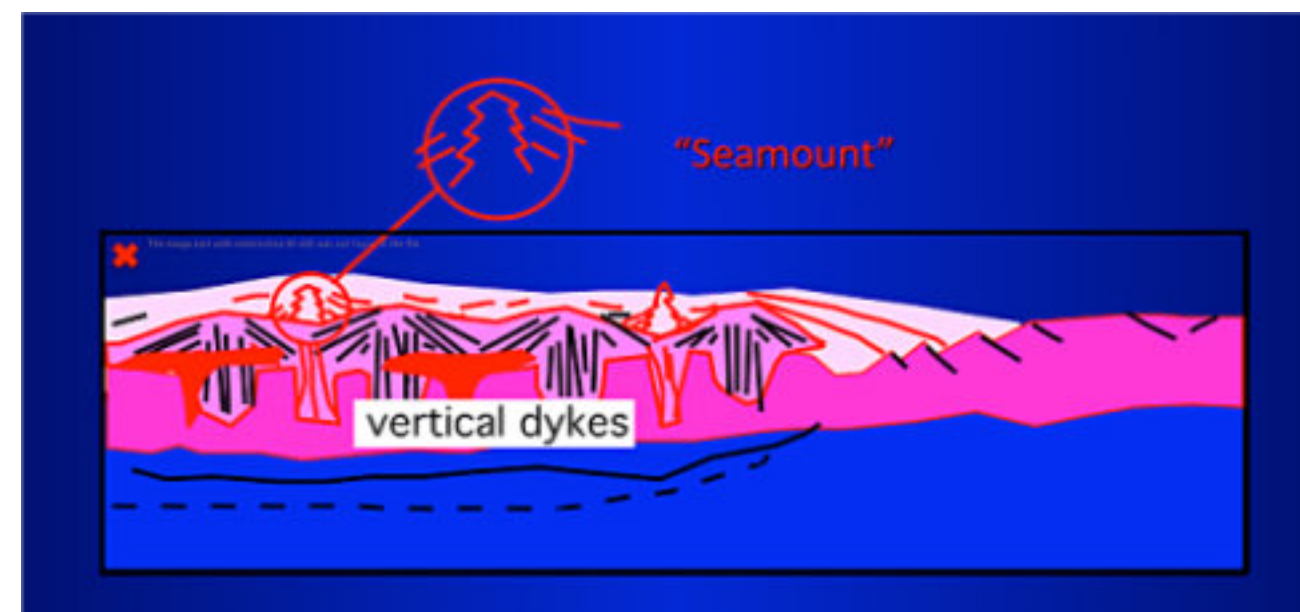


Figure 2. The Lamont published interpretation was premised on the understanding that the Caribbean contains a Large Igneous Province (LIP; Diebold, 2009), formed in the Pacific.

The interpretation shows highs of vertical dikes flanked by volcanic aprons, overlain by seamounts and further aprons. However, there is no reported volcanic activity in the Caribbean interior. The features do not show seamount geometry of build up on the seafloor. No alternative was discussed.

John Diebold, Marine Science Coordinator of Lamont-Doherty (personal communication, 2010) said that a retired colleague, T.W. (Nick) Donnelly, had been compiling

a map of Caribbean seamounts. These data were missing. However, Diebold recalled that the features were common - "there are dozens, if not hundreds" - in the Colombian and Venezuelan basins. Some were buried, some protruded above the sea floor. Many were surrounded by a submerged moat (*read withdrawal/rim syncline*). When I suggested salt diapirs as alternatives to seamounts, he said he was not familiar with salt. We were to continue our discussions of the seismic data but sadly he died.

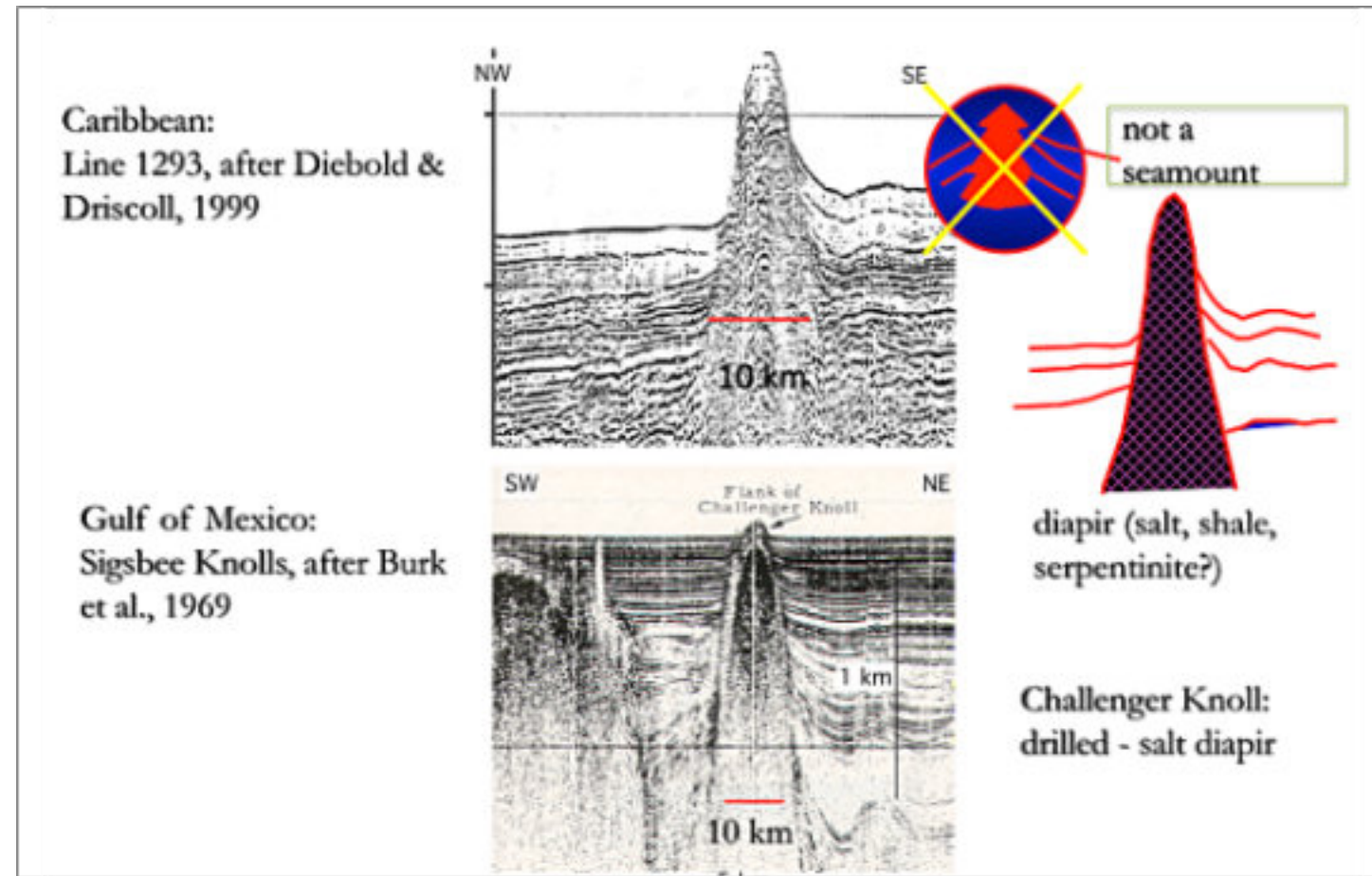


Figure 3 shows detail over the larger diapir of Figure 1 along with the cored (oil saturated sandstone recovered) Challenger salt dome of Gulf of Mexico Sigsbee Knolls, which rise 600 - 700 metres above the seafloor. These figures involve considerable vertical exaggeration – the domes are actually low amplitude mounds (Fig. 8 includes a true scale illustration). For those who worry that salt diapirs rising above the sea floor would dissolve, relax, they are protected by cap rock where insoluble content is concentrated.

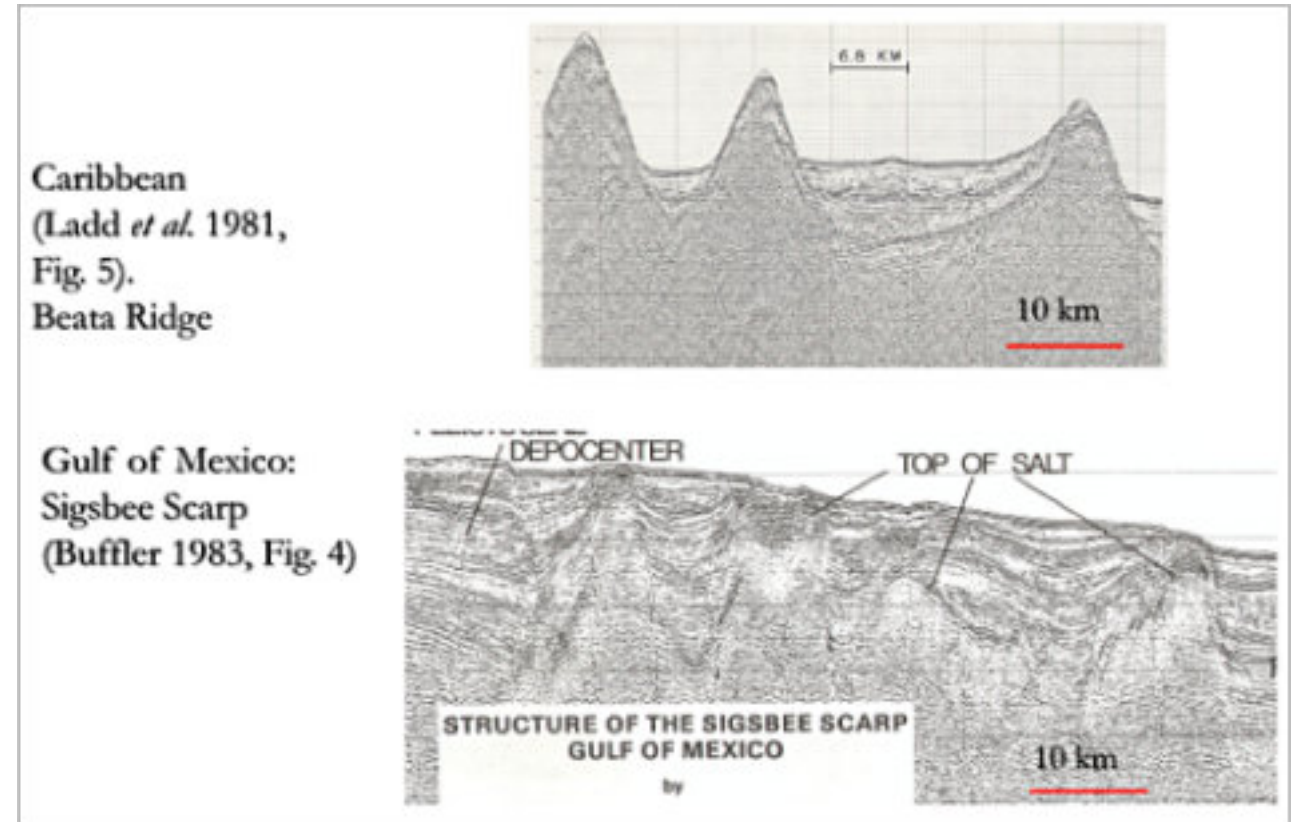


Figure 4 shows further comparison of Caribbean and Gulf of Mexico diapirs. The Caribbean illustration comes from the eastern flank of the Beata Ridge (ridges on Figure 10).

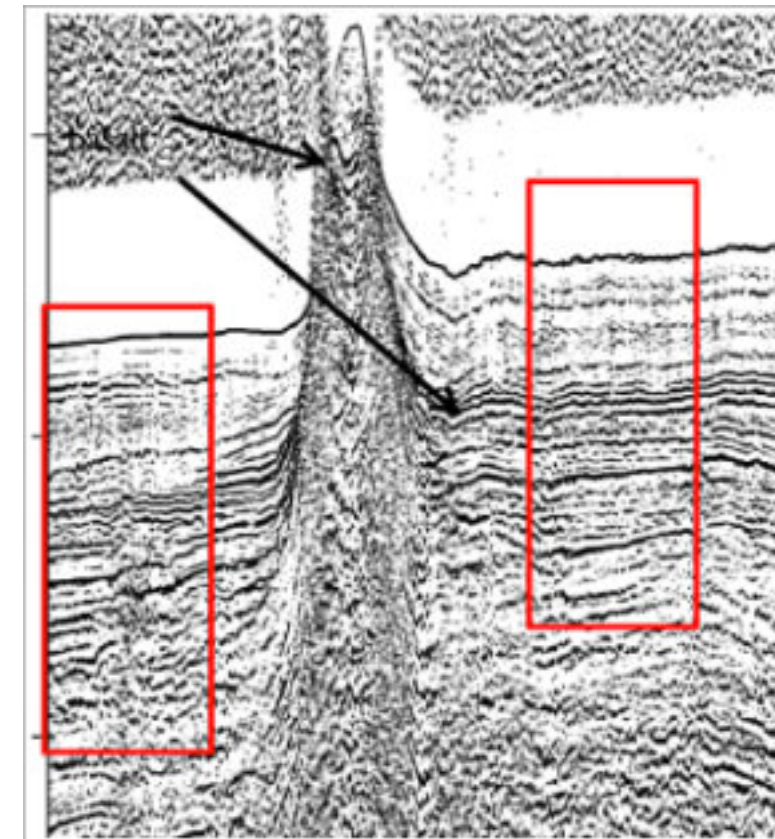


Figure 5 shows that the large, active diapir on Figure 1 is associated with a normal fault with around 150 m of throw.

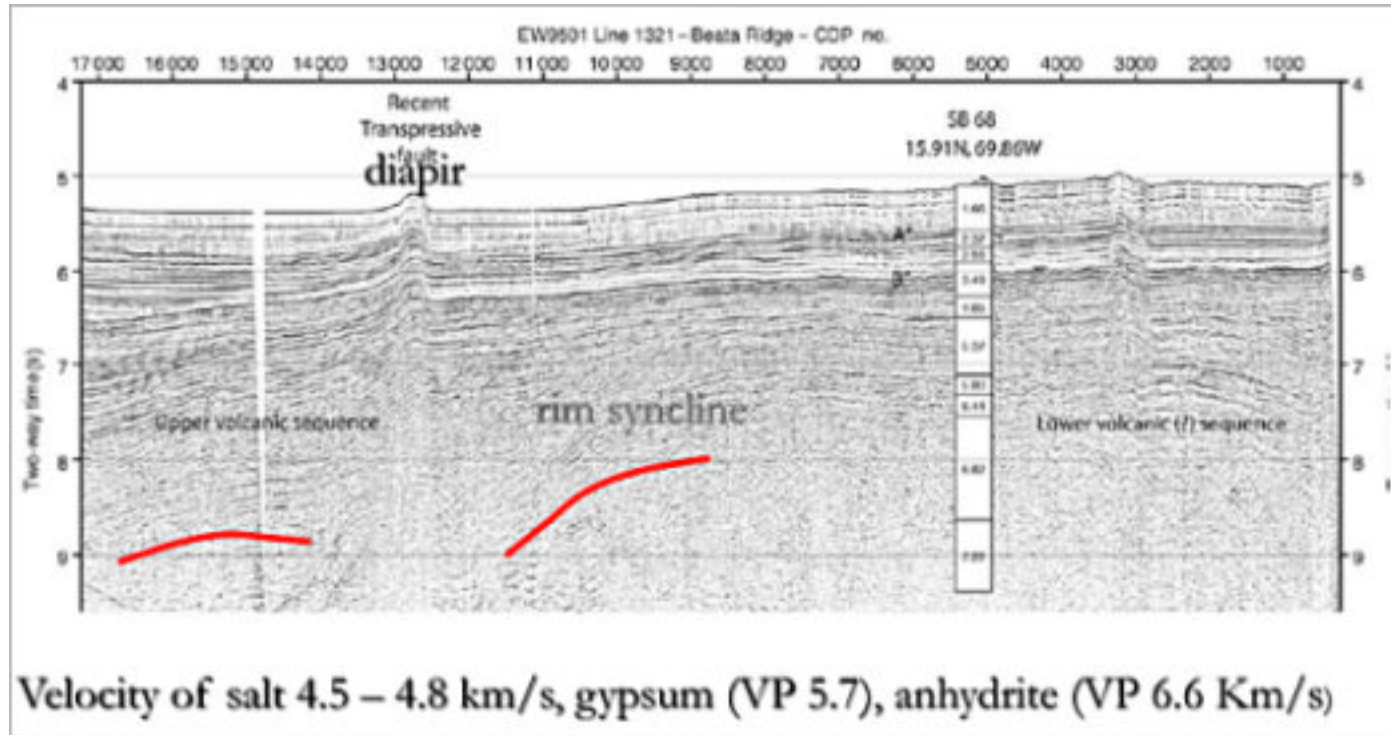


Figure 6. Seismic and sonobuoy data over the Venezuela Basin (line ew9501/1321, Diebold, 1999; Diebold et al., 1999) show lower and upper sequences, around 3.45 and 9.35 km thick below Horizon B". The lower sequence is homogeneous to reflection data but is layered and of high velocity on refraction data. There are local highs and ridges, flanked by wedges of dipping reflections. The upper sequence shows widespread reflections filling lows in the lower sequence. The lower sequence has a strong, low frequency reflection top and indications of Moho at the base.

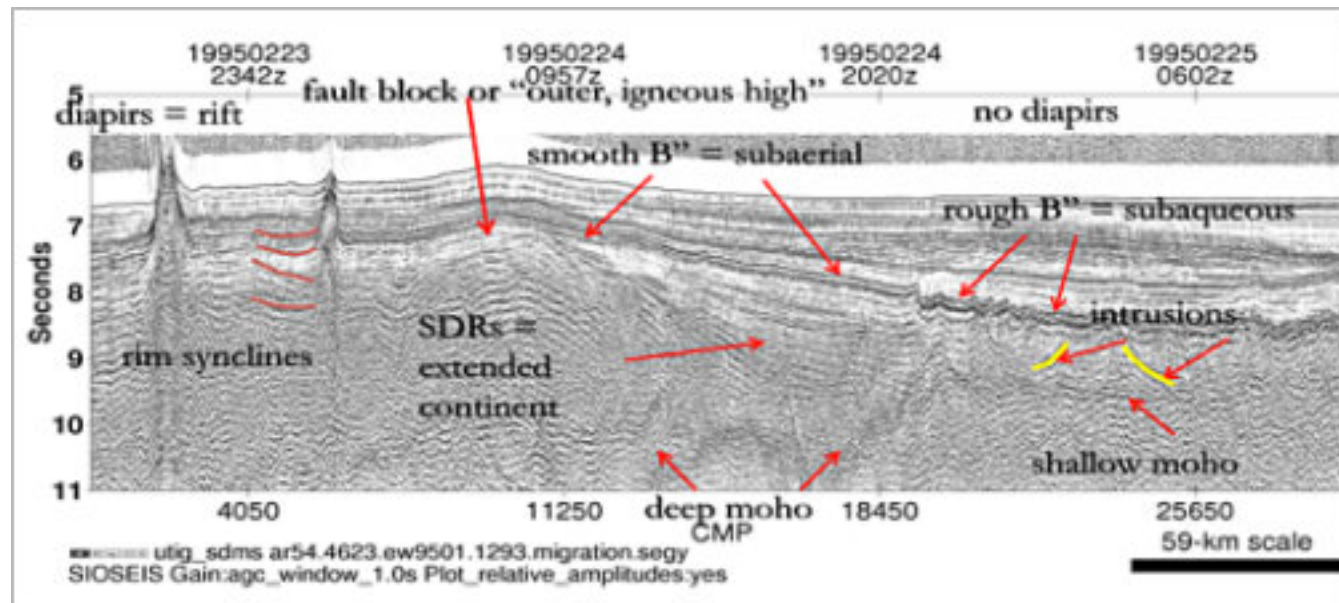


Figure 7 shows my interpretation of Line 1293 (Fig 1). The Caribbean diapir pushes through Seismic Horizon B". About 10 km wide (a common dimension of salt diapirs) and rising at least 700 m above the sea floor, it is associated with a fault (Fig. 5). Horizon B" appears near the top of the diapir (salt diapirs commonly raise large xenoliths (see Figures 8, 9). Horizon B" deepens and becomes rough (subaqueous?) and the Moho rises (plate extension).

Diebold (1999) interpreted a "transpressive fault" at CDP 13000 -13500. There is a strong set of dipping horizons to the SE. I think these record withdrawal synclines

descending to at least 8s twt adjacent to a vertical diapir that pushes up horizons A and B" and raises the seafloor.



Figure 8. Poza de la Sal, Spain. The largest diapir in Europe. Large xenolith of andesite above salt.

The sub-B" section shows classic extensional features. From left to right lie a platform, carrying diapirs and an outer high, a wedge of dipping reflections, both with smooth Horizon B" (subaerial? continental?) and deep Moho, then a zone of rough B" (subaqueous?) and shallow Moho.

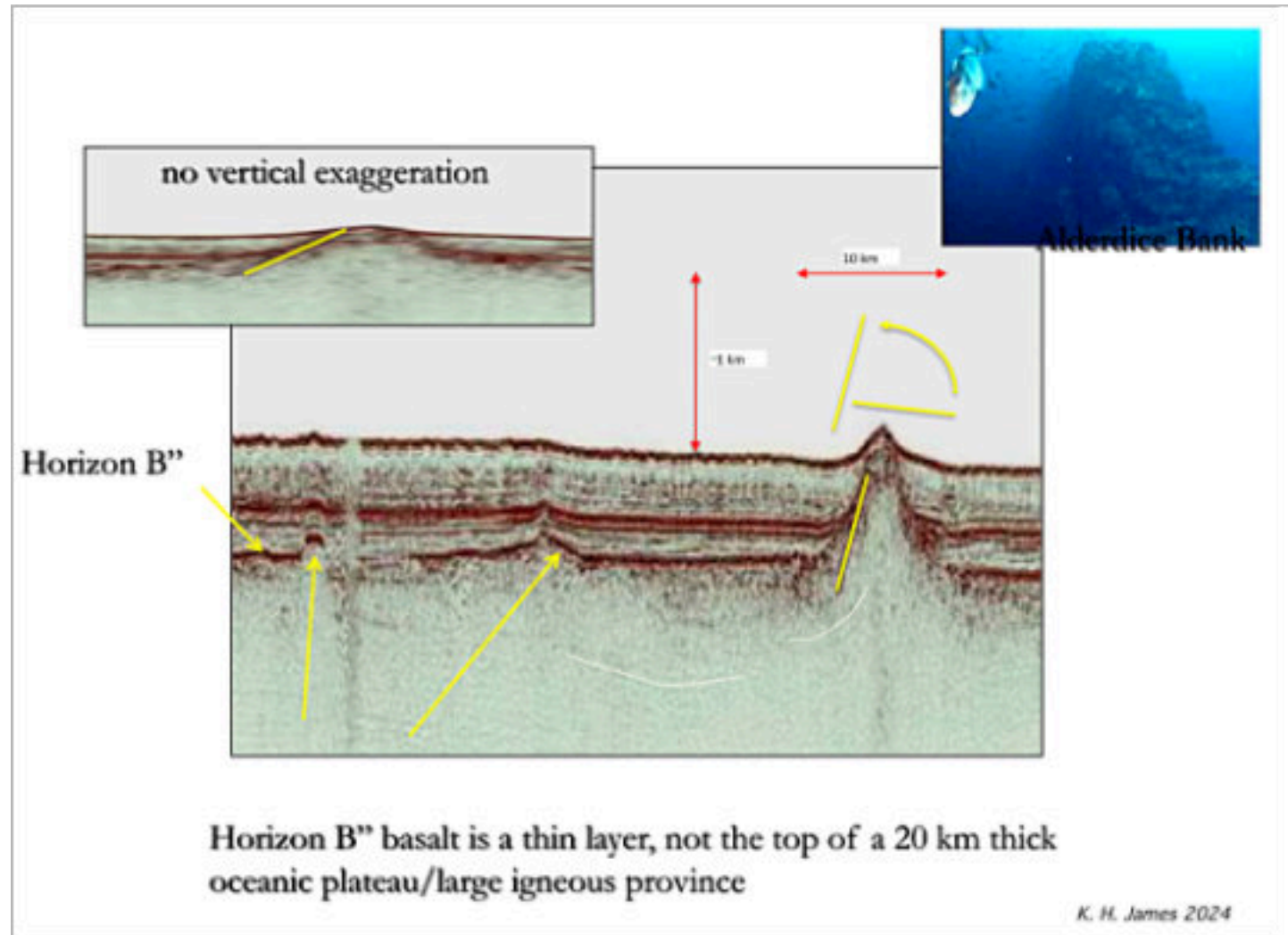


Figure 9, after Escalona & Mann (2003) shows Caribbean diapirs lifting and rotating Horizon B'' (the inset shows Alderdice Bank, a Gulf of Mexico analogue offshore Louisiana, where Cretaceous basalt is raised to the seafloor (Reed, 1994). The popular concept of a Pacific-derived oceanic plateau, where B'' is the top of a volcanic pile up to 20 km thick (the "Caribbean Large Igneous Province") clearly is wrong.

The diapirs on Figure 7 arise from the pre-Turonian section. They likely are Jurassic or Neocomian salt, sharing history with the Gulf of Mexico.

Figures in Diebold 1999 show deep withdrawal synclines adjacent to diapirs. Dipping reflections descend to at least 9 seconds two-way time. If my interpretation (Fig. 7) is

right, the Caribbean shares geological history with eastern N America and the major Gulf of Mexico and northern S America hydrocarbon provinces. A Triassic – upper Cretaceous section, including salt and related source rocks, is present and the Caribbean carries abundant hydrocarbon plays.

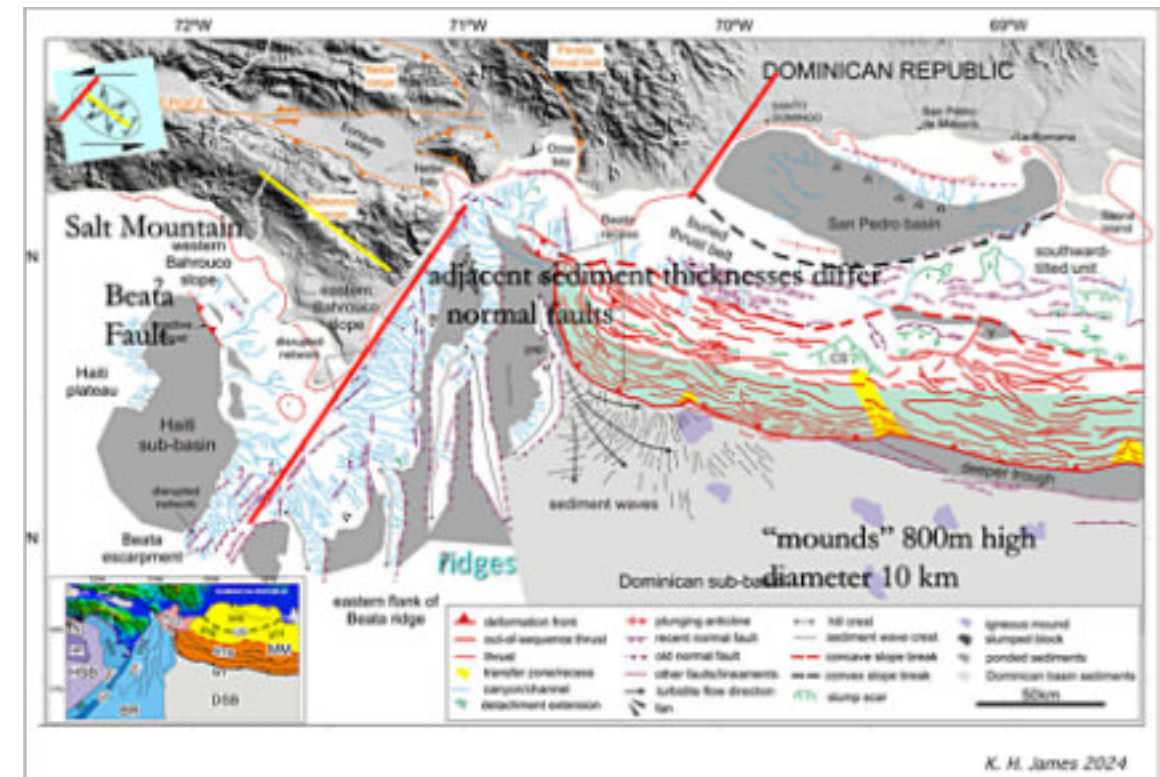


Figure 10. Map of the Dominican Sub-Basin, south of Hispaniola (after Granja-Bruña et al., 2014, Fig.4).

The 150 km NE – SW Beata Ridge, with 20+ km thick crust and low gravity/negative magnetic anomalies, separates the Caribbean Colombian and Venezuelan basins. French submersible Nautilus sampling of the western flank of the ridge (Mauffret. et al. 2001, Fig. 5) recovered material

showing stratigraphic repetition indicative of thrusting (Miocene overlain by Palaeocene, then Lower Cretaceous,; Oligo-Miocene overlain by Palaeocene-Eocene). Perhaps the Ridge is an inverted graben.

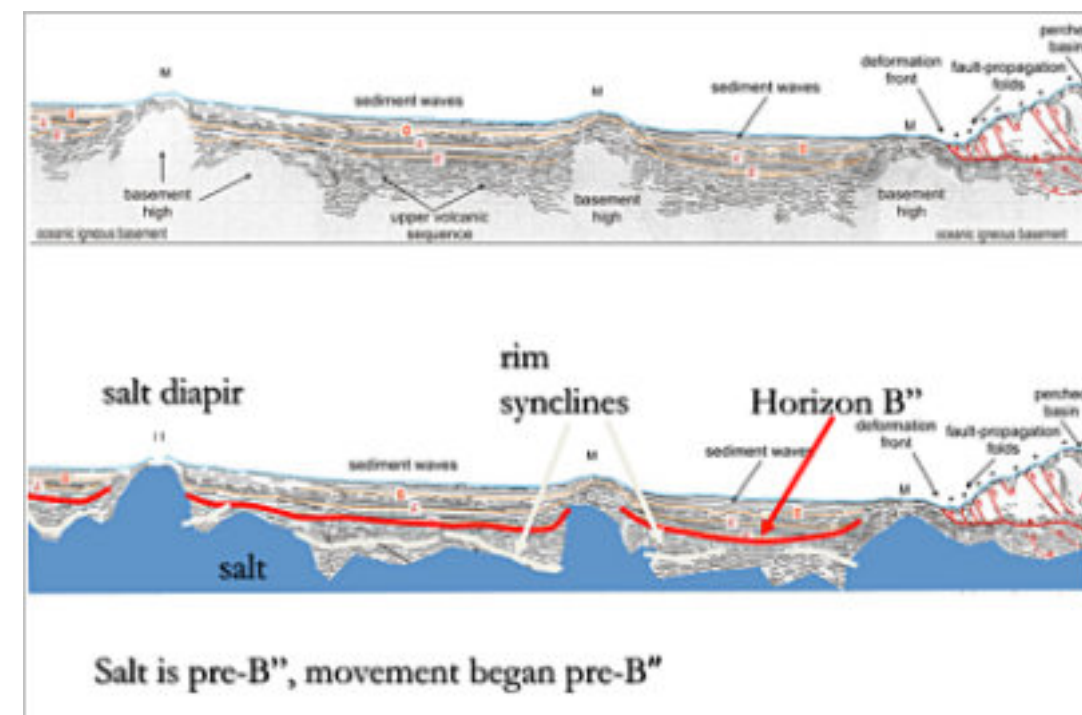


Figure 11. Seismic data over the Dominican Sub-Basin (Figure 10) (Granja-Bruña et al., 2014, Fig.5). The upper section shows interpreted basement. The lower section shows my interpretation of salt features.

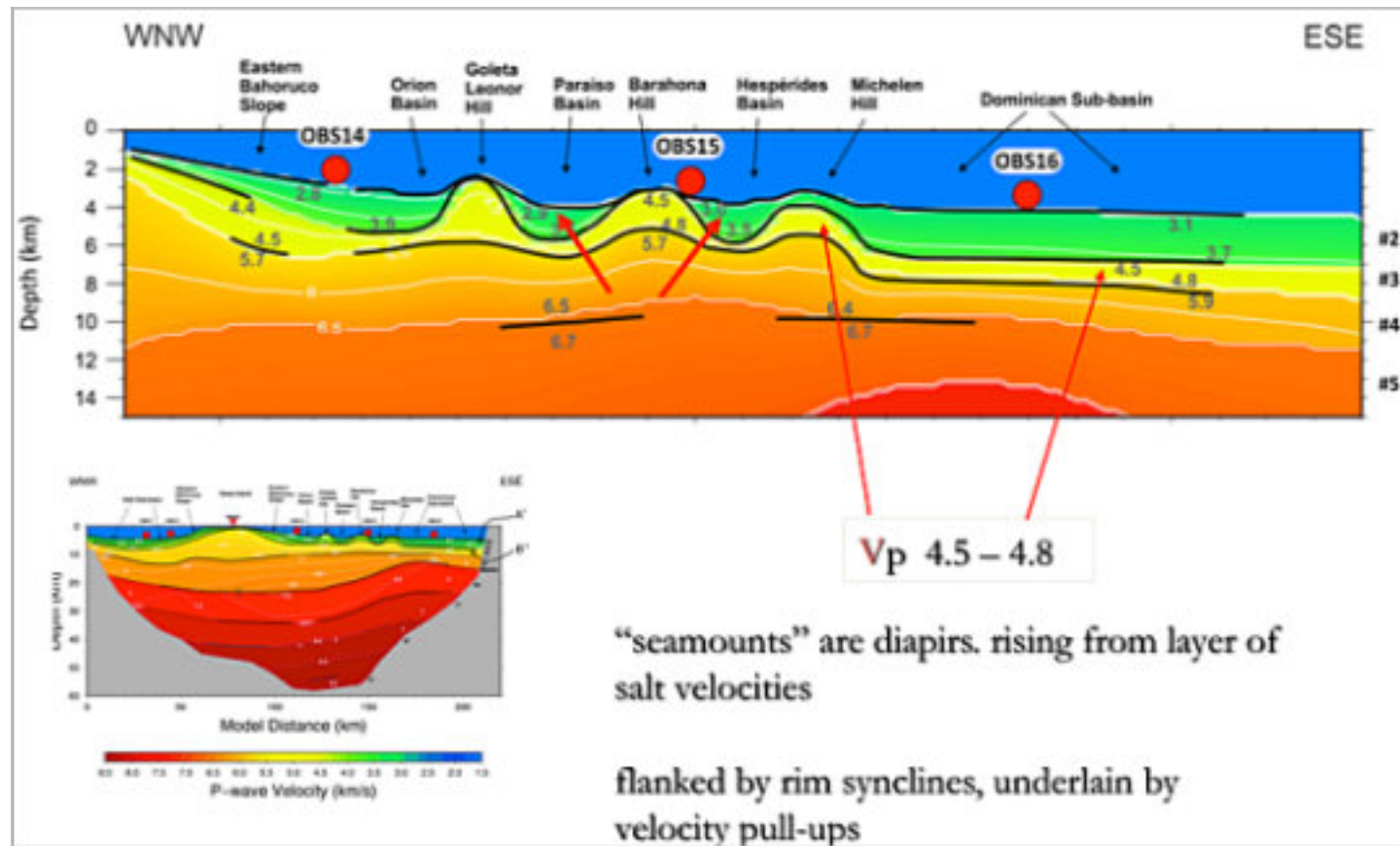


Figure 12 Eastern Beata Ridge (Nuñez et al., 2016. Figs 5, 10).

The eastern flank carries seafloor “hills” (ridges, basement highs, Figures 10, 11). Fault blocks for some but interpreted as seamounts by Nuñez et al, (2016). The highs, with diameters of 12 – 14 km and heights of 2.3 – 2.9 km, are flanked by withdrawal synclines and underlain by velocity pull-ups that affect Horizon B”. The same features (Fig. 4) shown by Ladd et al. (1981) carry uplifted Horizon B” (see also Rezak et al, 1972, below). The question here is how does salt exist above Horizon B”? Perhaps it is allochthonous. Is it related to the onshore Hispaniola Salt Mountain (below)?

The source layer velocities (Vp 4.5 - 4.8 km/s; Nuñez, Figs. 5, 10) are typical of salt (e.g., Gulf of Mexico salt Vp 4.42 - 4.58 km/s; (Zong et al., 2015)). A section over the Aves Ridge (AR, Figure 13; Fox & Heezen 1975, p. 435 fig. 10) shows a layer of 4.2 – 4.8 km/s. In the Venezuela and Colombia basins a layer with velocity range of 3.2 - 5.5 km/s occurs between unconsolidated sediments and a 6.1 km/s crustal layer.

Almost all salt bodies contain gypsum (VP 5700 ms⁻¹) or anhydrite (VP 6500 ms⁻¹). Some contain K-Mg-rich salts with velocities as low as 3500 ms (Jones & Davison, 2014). Anhydrite occurs in salt dome cap rocks. Such velocities might explain the varied sonobuoy results (Fig. 6) shown in Diebold’s 2009 paper.

The Caribbean LIP is said to be uplifted onshore where the Beata Ridge meets Hispaniola (Fig. 10). Here a 16 km long diapir crops out - Salt Mountain. There are layers of gypsum, salt and argillaceous slate. This is correlated with Pliocene evaporites in the adjacent basin (Paul Mann, pers. comm., 2008).

To the east, along strike in the Muertos Trench, south of Hispaniola, “mounds”, 10 km in diameter, rise 800 m above the sea floor (Figs. 10, 11). Several “volcano-like” structures are reported in the Puerto Rico Basin further east (Figure 13) (Mauffret & Leroy, 1987) and on the Lower Nicaragua Rise SW of the Beata Ridge (Case et al., 1990).

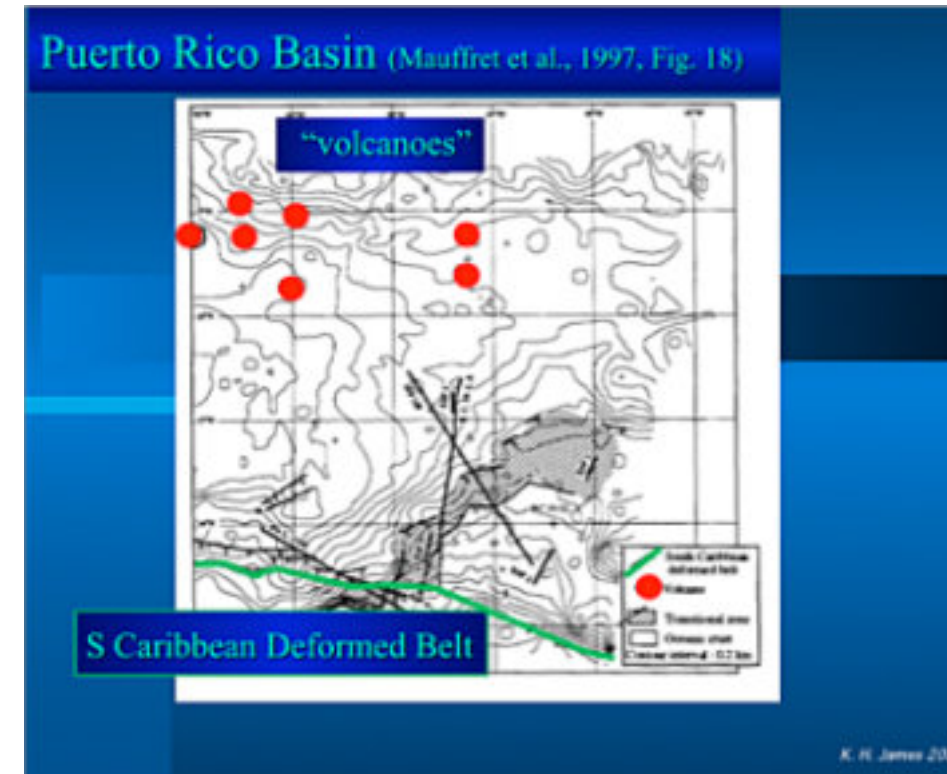


Figure 13. Volcanoes are interpreted in the Puerto Rico Basin (Mauffret & Leroy, 1997) could be diapirs.

The well Mosquitia 1, drilled south of Caratasca Lagoon, NE Honduras, penetrated a thick sequence of evaporites within a Cretaceous section (Mills & Hugh, pers. comm., see below).

Pinet (1972; Figs. 2, 4, 6, 7, 9) reported steep-sided diapirs on the sea floor NE of Honduras, connected to domal masses at depth, flanked by upturned beds Figure 14.

They do not show magnetic signature (rules out serpentinite). Written communication from Mills & Hugh (1970; quoted by Pinet (above)) shows a cluster of probable salt domes 75 km offshore east of Honduras. Pinet suggested that salt underlies the whole of the Honduran shelf. Correlation with salt in the Chiapas Basin of southern Yucatán corresponds to estimates of 300 km of sinistral offset along the Cayman Trough.

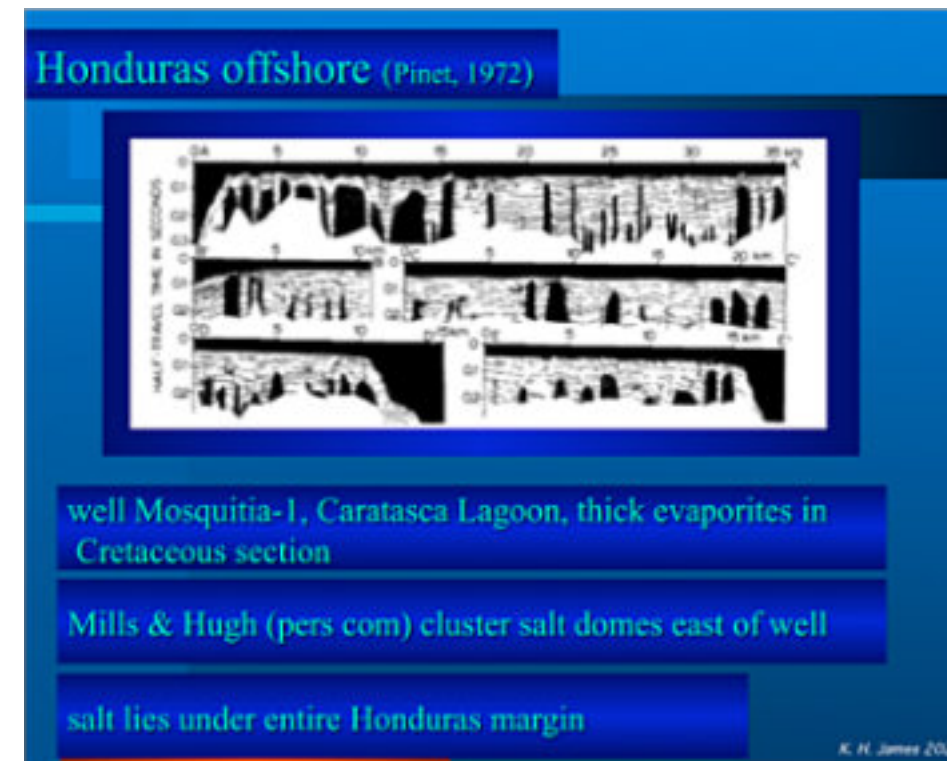


Figure 14. Sketches of seismic lines, offshore NE Honduras (Pinet, 1972). Oils from the Windsor-1 well in the onshore north coast region of Jamaica, are derived from a mature, very oil-prone type II to type IIS kerogen (Cameron, 2004). Biomarkers and carbon isotopes exactly match those of oil of the Belmopan Field in Belize. Both are very similar to Oxfordian Smackover derived oils of the central Gulf Coast region of the USA.

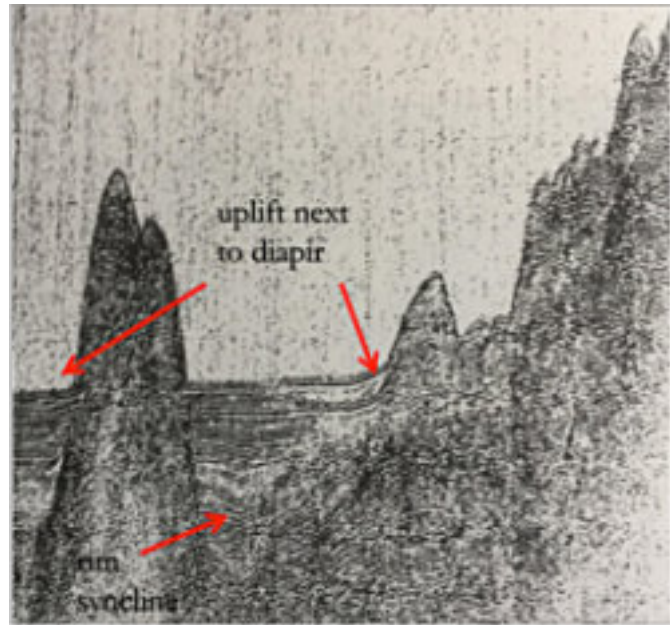


Figure 15. Seismic line over the Lower Nicaragua Rise (Rezak, 1972 – Case fig. 18)

This line shows diapirs flanked by rim synclines and upturned adjacent beds (Rezak et al., 1972, Fig. 7).

Free-air anomalies generally within ± 25 mgal of zero characterize central Yucatán, Colombian and Venezuelan basins. The Yucatán Basin lies between the Gulf of Mexico and the Caribbean, within the Middle American regional system of NW-SE reactivated ancient faults (James, Fig. 17).

Basement in the Yucatán Basin is defined as the unit below the deepest continuous seismic horizon, almost always marked by a distinct, high amplitude reflection or group of reflections. It occupies the same position relative to overlying sediments as does the late Cretaceous B" horizon of the Venezuelan Basin (Rosencrantz, 1990). Basement is irregular and has relief of more than 2 km. It "seems to have a volcanic origin" (Rosencrantz).

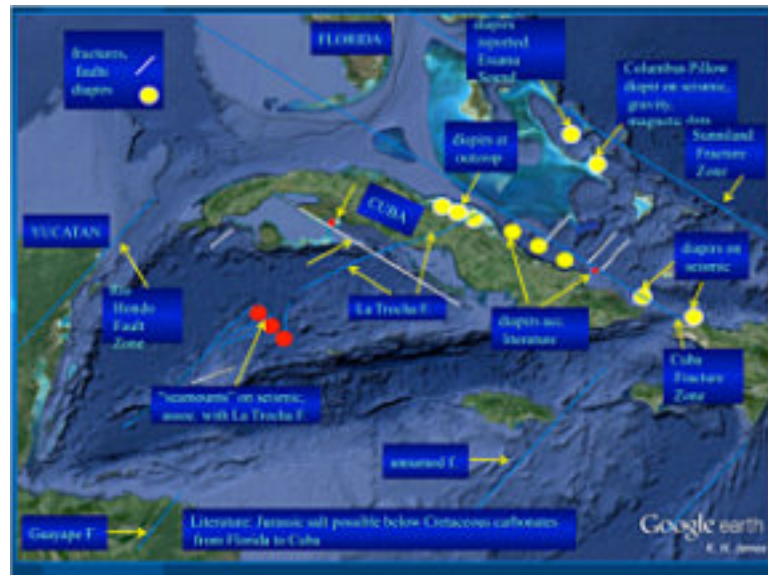


Figure 16. occurrences of possible salt, in the Yucatán basin, diapirs onshore N Cuba, Old Bahamas Channel, Bahamas.

Seismic data show an upper layer of reflections filling topography at the top of a lower layer with dipping reflections below horizon B. Rosencrantz stated "The geology is similar to that of the Colombian and Venezuelan basins". Data in the SW of basin (Rosencrantz, Fig. 7) show "horst and graben" features. Highs of around 10 km diameter have ponded sediments in between (withdrawal synclines?).

Diapir-like features are present in the centre of the basin, close to NE-SW trending faults of the La Trocha (LTF, Figure 17) system (Rosencrantz, 1990, figs. 10, 12, 15; interpreted as seamounts). Salt diapirs crop out where the fault crosses the north coast of Cuba and are seen in the Old Bahamas Channel and on the Bahamas platform to the north.

These data suggest that salt is present in the Yucatán Basin.

The Gulf of Mexico provides a model for the Yucatán and Caribbean basins. The related basins formed by extension as a NW trending zone pulled apart to the NW between inherited faults (Figure 17).

Seismic, gravity, magnetic and marine magnetotelluric data in the northern Gulf of Mexico indicate that autochthonous salt deposition was focused above a basement low (Bornatici, 2011). Hudec et al., (2014) wrote that a pre-existing crustal depression formed on hyper-extended continental and transitional crust. The thickest part of the salt estimated to have been 3 – 4 km. True basement is not seen.

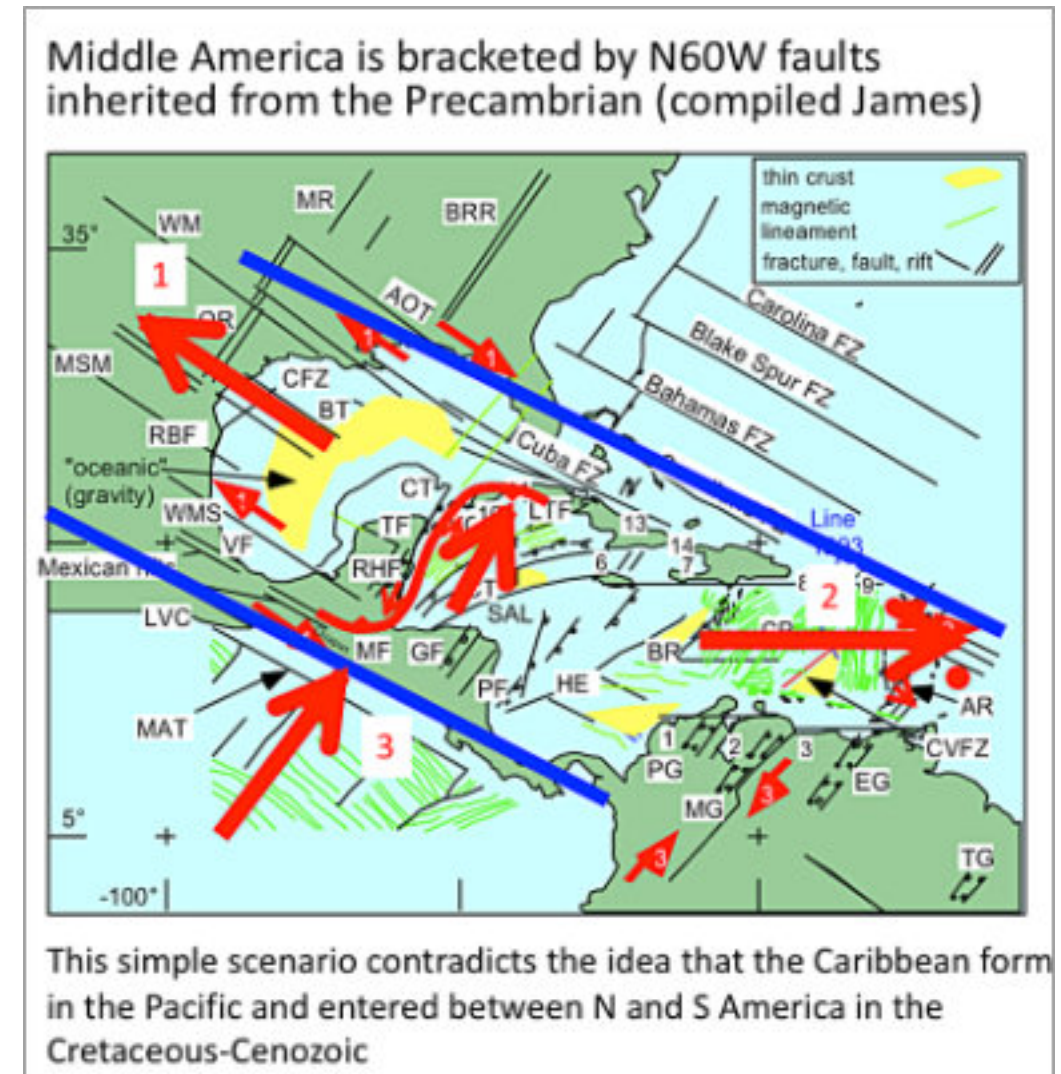


Figure 17. Regional tectonic fabric, Middle America (James)

Key:

AOT Arkansas – Oklahoma Transform; AR, Aves Ridge, BF, Beata F; BR, Beata Ridge; BRR, Blue Ridge Rift; BT, Brazos Transfer, CE, Campeche Escarpment; CFZ, Corsair Fault Zone; CT, Catoche Tongue; CP, Caribbean Plateau; CVFZ, Central Venezuela fault zone; EG, Espino Graben; GF, Guayape F; HE, Hess Escarpment; LTF, La Trocha F; MAT, Middle America Trench; MG, Mérida Graben; MiG, Mississippi Graben; MF, Motagua F; MSM, Mohave-Sonora Megashear; OR, Oachita Rift; PF, Patuca F; PG, Perijá Graben – Urdaneta; RBF, Río Bravo fault; RGR, Río Grande Rift; RHF, Río Hondo F; SAL, San Andrés Lineament; TF, Ticul F; TG, Takutu Graben; TT, Texas Transform; TSZ,

Tenochtitlan Shear Zone; TZR, Tepic–Zacoalco Rift; VF, Veracruz F; YC, Yucatán Channel. (1) Lower Magdalena Valley – Río Magdalena mouth; (2) Maracaibo Basin–Gulf of Venezuela; (3) Guarumen Basin (overthrust/hidden, revealed by seismic and drilling) – Golfo Triste; (4) El Hatillo – Cariaco; (5) Gulf of Paria – Carupano; (6) Windward Passage – Gonave Basin; (7) Asua Basin; (8) Puerto Rico – Hispaniola Mona Passage; (9) Anegada Passage. Green lines, magnetic anomalies (Gough 1967; Hall & Yeung 1980; Ghosh et al. 1984). Red arrows: 1 – extension towards the NW; 2 – eastward relative movement of the Caribbean. 3 - SW - NE shortening in the western Caribbean.

The Aves Ridge (Figs. 14, 15), at the eastern end of the Caribbean, west of the Lesser Antilles, is popularly thought to be an extinct Cretaceous volcanic arc, separated from the LA by opening of the Grenada Basin. However, there is no evidence that the ridge was a volcanic arc. There is no seismic indication of subduction and there is no accretionary wedge. The N-S trend of the ridge has never been explained in the literature. It fits the extensional strain of dextral movement along the NE boundary of Middle America (blue line in Figure 17). The Lesser Antilles radiate eastwards away from the ridge, overriding the Atlantic.

In 2016 the Russian organization Geology Without Limits recorded a seismic line over the southern Aves Ridge and

Lesser Antilles. The data (Figure 14) show gas chimneys rising along the eastern margins of Aves highs and up to the sea floor, where biogenic? mounds occur.

In 1978 the vessel *Researcher* encountered a subsea oil slick at 600 feet depth, 10 – 30 miles wide, extending from west of Martinique towards the Sargasso Sea in the Atlantic (Harvey et al., 1979). Analysis of samples showed that the oil was crude, not processed, oil (Requejo & Boehm, 1985), probably from a massive submarine oil seep at 600 feet depth from an area on the Venezuelan platform where seeps are reported.

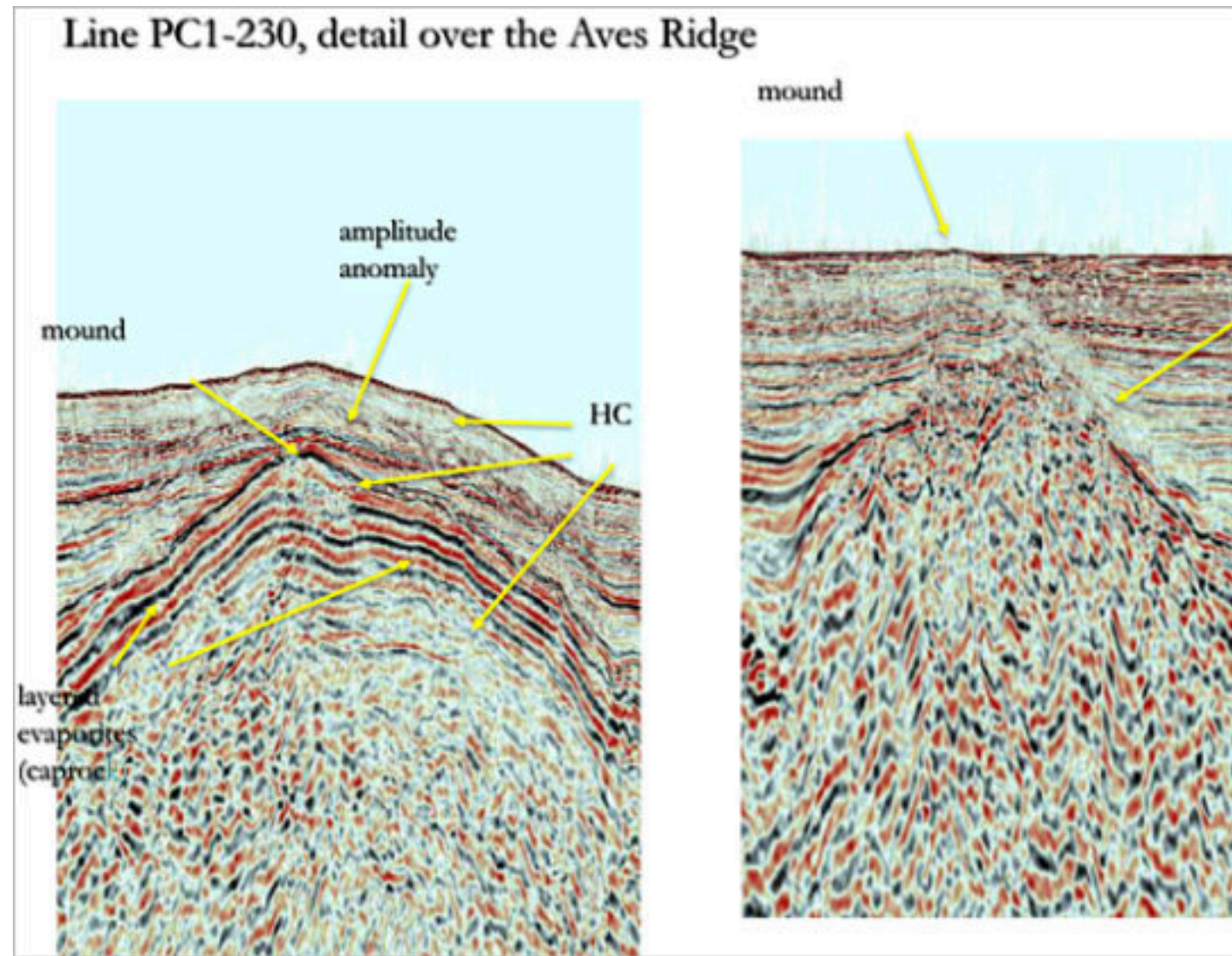


Figure 18, Detail from the western end of GWL Line PC1-230 over the Aves Ridge. Hydrocarbons rise along the eastern flank of the ridge and over the ridge crest. Biogenic? mounds form where hydrocarbons reach the seafloor. See also Bird, et al., 1999 (Figure 8), which shows highs flanked by synclines.

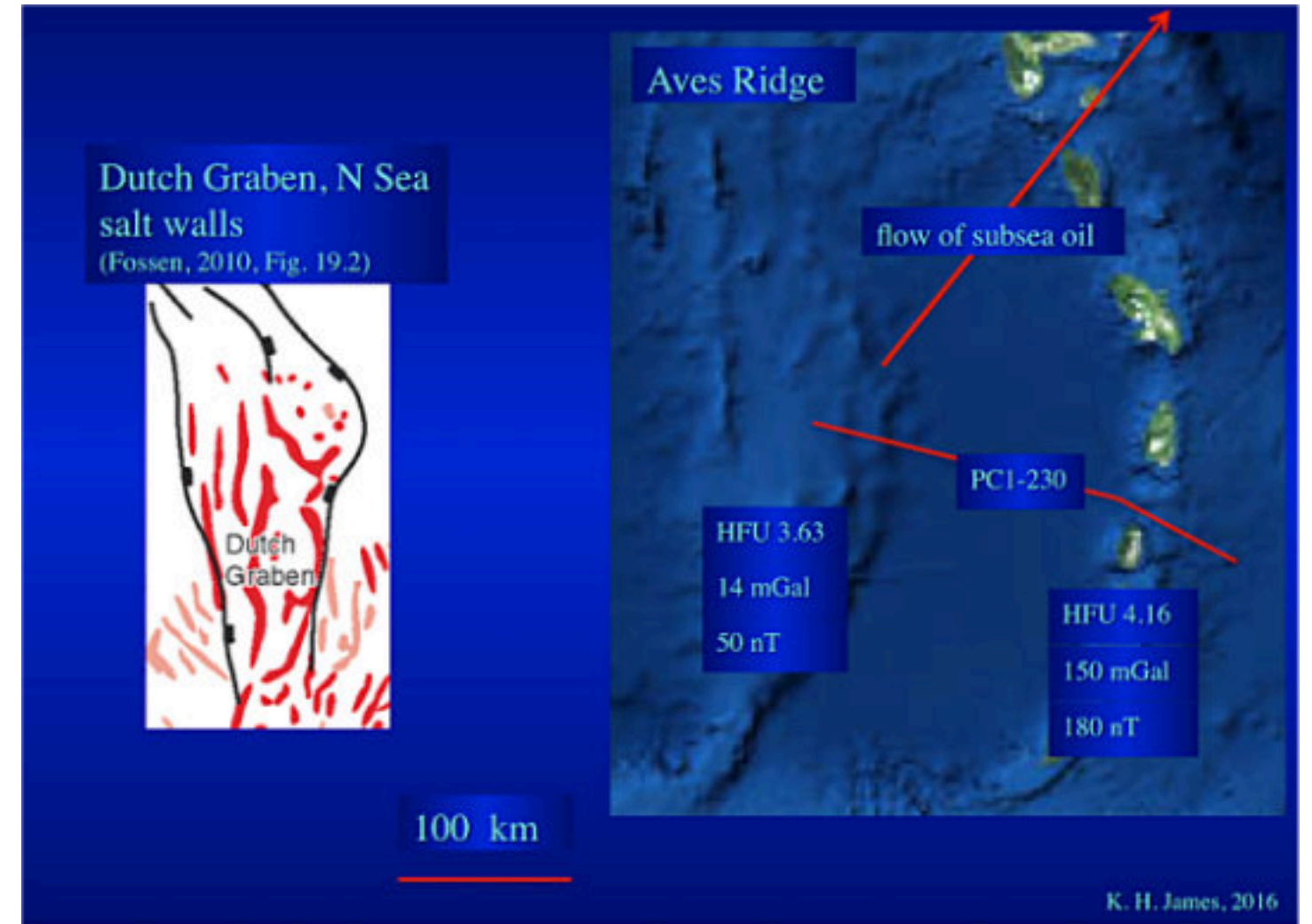


Figure 19. Map showing the locations of the sub-sea oil samples and GWL line PC1-230. For interest, it also shows a map of salt ridges in the Dutch Graben, North Sea (same scale). Gravity and magnetic values over the Aves Ridge are significantly lower than over the Lesser Antilles volcanic arc.

There is a strong relationship between the Caribbean, Cayman Trough, Yucatán, and Gulf of Mexico, Figure 13. They all lie within a zone of northwestward extension crossing southwestern N America, bounded by major NW trending fractures such as the Sunniland and Cuba fault zones in the northeast and the Mexican Rifts and Middle American Trench in the southwest, Figure 17.

Presence of volcanic Horizon B" in the Caribbean (and the Yucatán Basin?) perhaps reflects greater extension there than in the Gulf of Mexico.

The regional tectonic fabric (Figure 17) also includes NE trends, which show major dextral offsets north of the Gulf of Mexico. They appear as magnetic lineaments in the Caribbean along the eastern flank of the Beata Ridge and further east. Diebold (1999) related these to structure.

Major NE faults cross the Maya and Chortis blocks (Figure 17; again, extension) and negate complex models of their rotation.

The NW trending faults date back at least to the late Proterozoic – Palaeozoic (Thomas, 2014). Triassic Pangaeon rifting followed the NE fabric, with rapid deposition of continental sediments in deep, elongate rifts (Manspeizer, 1988). We should expect to see this in Yucatán and Caribbean basement.

In summary, there are many reasons to relate the geology of the Gulf of Mexico, Yucatán and Caribbean basins. Many data indicate presence of salt in the Caribbean and Yucatán basins. Data provided by Diebold (1999) and others illustrated in this paper probably would improve with reprocessing.

Presence of salt in the Caribbean – Yucatán basins is important. 1) It is a major, unrecognized geological feature. It negates a Pacific origin for these areas (e.g. Pindell, 2021) and leads to paradigm change for understanding of Middle American geology. 3) The close relationship between salt, hydrocarbon source rocks and hydrocarbon accumulations means the basins could carry significant hydrocarbon reserves.

Seeps in the Gulf of Mexico are associated with regional salt (Fragó Botella et al., 2004; Durham, 2007). Valuable investigations of Caribbean salt would employ satellite data to search for oil slicks. The Caribbean focus should start on the Honduran shelf, the eastern flank of the Beata Ridge, the Muertos Trough and the Aves Ridge.

References

Acosta, J., E. Uchupi, A. Munóz, P. Hernanz, C. Palomo and M. Ballesteros, 2005, Salt Diapirs, Salt Brine Seeps, Pockmarks and Superficial Sediment Creep and Slides in the Canary Channel off NW Africa: Geophysics of the Canary Islands, p. 41-57.

Ball, M. M. and C. G. A. Harrison, 1969, Origin of the Gulf and Caribbean and implications regarding ocean ridge extension, migration and shear: GCAGS Trans., v. XIX, p. 287-294.

Bird, D. E., S. A. Hall, J. F. Casey and P. S. Millegan, 1999, Tectonic Evolution of the Grenada Basin: IN: Mann, P. (ed.), Caribbean Sedimentary Basins, Sedimentary Basins of the World, Elsevier, p. 389-416.

Bornatici, L., 2011, Regional integrated interpretation, Central North Gulf of Mexico: SEG San Antonio 2011 Ann. Mtg. p. 2334-2338.

illustrate seismic, gravity, magnetic and marine magnetotelluric data in the northern Gulf of Mexico. Autochthonous salt deposition was focused above a basement low.

Brown, D., New Look at Legacy Seismic Could Jumpstart Colombian Exploration, AAPG Explorer, August 2023, p. 11.

Buffler, R. T., 1983, Structure of the Sigsbee Scarp, Gulf of Mexico: In, Bally, A. W., Seismic expression of structural styles, AAPG studies in structural geology Series #15, v. 2,

Burk, C. A., M. Ewing, J. L. Worzel, A. O. Beall, W. A. Berggren, D. Bukry, A. G. Fisher and E. A. Pessagno, 1969, Deep-Sea Drilling into the Challenger Knoll, Central Gulf of Mexico: AAPG Bull., v. 53, p. 1338-1347.

Cameron, N. R., 2004, Jamaican Oil Biomarkers Require a Re-examination of the Petroleum Geology of the Northern Caribbean: AAPG Bulletin, Vol. 88 (2004), No.13. (Supplement).

Case, J. E., W. D. MacDonald and P. J. Fox, 1990, Caribbean crustal provinces; Seismic and gravity evidence; In: Dengo, G. and J. E. Case (eds.), The Geology of North America, v. H., The Caribbean Region, GSA, p. 15 - 36.

Diebold, J. B., 2009, Submarine Volcanic stratigraphy and the Caribbean LIP's formational environment: In: James, K. H., Lorente, O. A & Pindell, J. L. (eds), 2009, The Origin and Evolution of the Caribbean Plate. Geological Society, London, Special Publications, no. 328, p. 799-804.

Diebold, J., N. Driscoll, and the EW-9501 Science Team, 1999, New insights on the formation of the Caribbean basalt province revealed by multichannel seismic images of volcanic structures in the Venezuelan Basin: IN: Mann, P. (ed.), Caribbean Sedimentary Basins, Sedimentary Basins of the World, v. 4, Elsevier, p. 561-589.

Dillon, W. P., J. A. Grow, K. D. Klitgord, B. A. Swift, C. K. Pauli and K. V. Cashman, 1972, Growth Faulting and Salt Diapirism: Their Relationship and Control in the Carolina Trough, Eastern North America: GSA Bulletin, v. 83, no. 4. p. 1157-1162.

Donnelly, T. W., 1973, Late Cretaceous basalts from the Caribbean, a possible flood-basalt province of vast size: EOS, American Geophysical Union Transactions, v. 54, p. 1004.

Durham, L. S., 2007, Deep Seeps Tip Off Oil Hunters: AAPG Explorer, August, p. 20 - 22.

Escalona, A. and P. Mann, Fragó Botella, M. N. Huguin Quiñones and A. K. Williams, 2004, New petroleum systems detected in the deep-water Mexican Gulf by satellite radar imagery: AAPG International Conference, Cancún, Mexico, Abstracts, p. A17.

Fox P.J. and B. C. Heezen, 1975, Geology of the Caribbean Crust: In: Nairn A.E.M., Stehli F.G. (eds) The Gulf of Mexico and the Caribbean. Springer, Boston, MA..

Funnell, B. M. and A. G. Smith, 1968, Opening of the Atlantic Ocean: Nature, v. 219, p. 1328

Granja Bruña, J. L., A. Carbó-Gorosabel, P. Llanes Estrada, A. Muñoz-Martín, and U. ten Brink, M. Gómez Ballesteros, M. Druet and A. Pazos, 2014, Morphostructure at the junction between the Beata Ridge and the Greater Antilles island arc (offshore Hispaniola southern slope): Tectonophysics, v. 618, p. 138-163.

Harvey et al., 1979, Observation of a subsurface oil-rich layer in the open ocean: Science, v. 205, p. 999-1001.

Higgs, R., 2009, The vanishing Carib Halite Formation (Neocomian), Venezuela-Trinidad prolific petroleum province: In: James, K. H., Lorente, O. A & Pindell, J. L. (eds), 2009, The Origin and Evolution of the Caribbean Plate. Geological Society, London, Special Publications, no. 328, p. 657-684.

Hudec, M. R, I. O Norton, M. P. A. Jackson, and F. J. Peel, 2013, Jurassic evolution of the Gulf of Mexico: AAPG Bull., v. 97, no. 10, p. 1683-1710. J.

James, K. H., 2009, In-situ origin of the Caribbean: discussion of data: In: James, K. H., M. A. Lorente and J. Pindell, (eds.) Origin and evolution of the Caribbean Plate, Geological Society of London, Special Publications, v. 328, p. 77-125.

James, K. H., 2024, Legacy Seismic has Important Implications for Caribbean Geology: New interpretations of data could indicate salt presences in the region.

Jones, I. F. and I. Davison, 2014, Seismic Imaging in and Around Salt Bodies: Problems and Pitfalls: SEG Technical Program, expanded abstracts. Interpretation, Vol. 2, No. 4.

Kerr, A. C. and J. Tarney, 2005, Tectonic evolution of the Caribbean and northwestern South America: The case for accretion of two Late Cretaceous oceanic plateaus: Geology, v. 33, no. 4, p. 269-272.

Ladd, J. W., T-Ch. Shih and C. J. Tsai, 1981, Cenozoic Tectonics of Central Hispaniola and Adjacent Caribbean Sea: AAPG Bull. V. 65, no. 1, p. 466-489.

Marzoli, A., Callegaro, S., Dal Corso, J., Davies, J. H. F. L., Chiaradia, M., Youbi, N., Bertrand, H., Reisberg, L., Merle, R. and Jourdan, F., 2018, The Central Atlantic Magmatic Province (CAMP): A Review: In: Tanner, L., (eds.), The Late Triassic World. Topics in Geobiology, v. 46, Springer, Cham.

Mauffret, A. and S. Leroy, 1997, Seismic stratigraphy and structure of the Caribbean igneous province: Tectonophysics, v. 283, p. 61 - 104.

Mauffret, A., Leroy, S., d'Acremont, E., Maillard, A., Mercier de L'Epina, B., Tadeu Dos Reis, A., Miller, N., Necessian, A., Pérez-Vega, R., and Perez, D., 2001, A transect of the Caribbean volcanic province: first results of the seismic cruise CASIS 2 (Une coupe de la province volcanique Caraobe : premiers résultats de la campagne sismique Casis 2): Compte Rendus de L'Académie des Sciences, Series IIA, Earth and Planetary Science, 333(10): 659-667.

McLaughlin, D. H., 1972, Evaporite deposits of Bogotá area, Cordillera Oriental, Colombia: AAPG Bull., v. 56, p. 2240-2259.

Nunez, D., D. Cordoba, M. O. Cotilla and A. Pazos, 2016, Modeling the Crust and Upper Mantle in Northern Beata Ridge (CARIBE NORTE Project). Pure and Applied Geophysics, v. 173, Issue 5, p.1639-1661.

Pautot, G., J-M. Auzende and X. Le Pichon, 1970, Continuous Deep Sea Salt Layer along North Atlantic Margins related to Early Phase of Rifting: Nature, v. 227, no. 5256, p. 351-354.

Pindell, J., 2021, Perfil Profesional, Revista Maya, no. 9, p. 44-45.

Pinet, P. R., 1972, Diapirlike Features Offshore Honduras: Implications Regarding Tectonic Evolution of Cayman Trough and Central America: GSA Bull., v. 83, p. 1911-1922.

Postaagasi, C., 2012, Salt tectonism in the Caroline Trough: MS thesis, U of S Carolina.

Reed, J. M, 1994, Probable Cretaceous-to-Recent rifting in the Gulf of Mexico Basin: J. Pet. Geol., v. 17(4), p. 429-444.

Requejo, A. G. and P. D. Boehm, 1985, Characterization of hydrocarbons in a subsurface oil-rich layer in the Sargasso Sea, Marine Environmental Research, v. 17, issue 1, p. 45-64

Rezak, R., J. W. Antoine, W. R. Bryant, D. A. Fahlquist and A. H. Bouma, 1972, Preliminary results of cruise 71-A-4 of the R/V Alaminos in the Caribbean: VI Conferencia Geologica del Caribe - Margarita, Venezuela, Memorias, p. 441-449.

Rodriguez, K., N. Hodgson, A. Mesa and R. Yorke, 2023, Breaking geological paradigms with reprocessed seismic data in the Sinu and San Jacinto Basins onshore Colombia: SEG- AAPG international Meeting for Applied Geoscience and Energy, Houston, Texas.

Rosencrantz, E., 1990 Structure and tectonics of the Yucatan Basin, Caribbean Sea, as determined from seismic reflection studies, Tectonics, v. 9., no. 5, p. 1037-1059.

Thomas, W. A., 2014, A Mechanism for tectonic Inheritance at Transform Faults of the Iapetan Margin of Laurentia: Geoscience Canada, v. 41, p. 321-344.

Zong, J., S. Coskun, R. R. Stewart, N. Dyaur and M. T. Myers, 2015, Salt densities and velocities with application to Gulf of Mexico salt domes: SEG Annual Meeting Post-convention Workshop, New Orleans.

Discussion

There are many complicated, models for the geology of the Caribbean. Most regard it as a large igneous province derived from the Pacific. None considers alternatives. None relates it to the Gulf of Mexico.

This article discusses data that suggest it carries a significant thickness (kilometres) of Triassic – Jurassic salt and shares history with the Gulf of Mexico and the Yucatán Basin within a regional belt of extension, bounded by reactivated Precambrian NW trending faults.



KEITH H. JAMES
Consultant Geologist,

C/Andia 5, 09346 Covarrubias, Burgos, Spain
16 Maeshenllan, Llandre, Bow Street, SY24 5DD, Ceredigion, Wales, UK

Tel: Mobile (0034) 676 120 984, (0044) 07955569335

BSc, Diploma Micropalaeontology, PhD Aberystwyth, Wales; MS Houston

Eight years teaching: *University of Houston, Texas*
University of Wales, Aberystwyth, Hydrocarbon University Venezuela

Twenty-six years Oil Industry Geologist

Worked with Shell in Gabon, Spain, Venezuela, UK (**Regional Geologist, Shell UK, London; International Geological Advisor Royal Dutch Shell, The Hague**). USA; **Chief Geoscientist and Senior Vice President Exploration, Conoco, International Exploration, Houston.**

Professional Profile:

I study the geology of the Caribbean, a widely recognised geological enigma

I challenge many Plate Tectonic tenets

I regard the Big Bang theory as puerile

Publications available on ResearchGate.

History

Selected Recent Publications:

James, K. H., 2018, "intra-oceanic" volcanic arcs, Lesser Antilles and Central American volcanic arcs: Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins, AAPG Data pages/Search and Discovery Article #90330©2018.

James, K. H., 2018, Hydrocarbons in the Caribbean: Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins: AAPG Data pages/Search and Discovery Article #90330©2018.

James, K. H., 2018, How do we explain the giant reserves of northern South America? Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins, AAPG Data pages/Search and Discovery Article #90330©2018 AAPG.

James, K. H., 2018, Is salt present in the Caribbean? AAPG Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins, AAPG Datapages/Search and Discovery Article #90330©2018.

James, K. H., 2018, Middle America – Intracontinental extension along ancient structures Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins: AAPG Datapages/Search and Discovery Article #90330©2018.

James, K. H., 2018, Middle America blueschists and serpentinites: Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins: AAPG Datapages/Search and Discovery Article #90330©2018.

James, K. H., 2018, Middle Eocene flysch/wildflysch, unconformity and overlying shallow marine carbonate rocks: Hedberg: Geology of Middle America – the Gulf of Mexico, Yucatan, Caribbean, Grenada and Tobago Basins and Their Margins: AAPG Datapages/Search and Discovery Article #90330©2018.

James, K. H., 2018, Not Written in Stone, Plate Tectonics at 50, AAPG Explorer, February, p. 18-23.

James, K. H., 2018, Exploring the Vast Potential of Middle America: Interview with Keith H. James, Innovators in Geosciences: AAPG Explorer, Jan 10,

James, K. H., 2016, Middle America – Intracontinental extension along ancient structures: Arthur Holmes Meeting, Geological Society of London, May, Abstract.

James, K. H., 2016, Middle America - intracontinental extension along ancient structures: Geological Society of London Wilson Meeting, May, poster.

James, K. H., 2015, Caribbean origins: update on in-situ arguments, including global data: Conference: GIS Géosciences franciliennes and Geology Without Limits, At Institut de Physique du Globe de Paris, Powerpoint presentation.

James, K. H., N. Amelin and L. Miles, 2015 Geology Without Limits Investigation of Lithosphere Deep Structure of the Caribbean by Seismic Methods. 20th Caribbean Geological Conference, Port-of-Spain, Trinidad & Tobago, poster

James, K. H., 2014, The Debate II: What's On the Caribbean Plate? AAPG Explorer, July, p. 46 -49.

James, K. H., N. Amelin, L. Miles and E. Petrov, 2013, "Geology Without Limits" Seismic Project Sets Caribbean Investigation: AAPG Explorer, September, p. 28-30.

James, K. H., 2013, Caribbean Geology: Extended and Subsided Continental Crust Sharing History with Eastern North America, the Gulf of Mexico, the Yucatán Basin and Northern South America: Geoscience Canada, Journal of the Geological Association of Canada, v. 40, no. 1, p. 3-8.

James, K. H., 2012, Whence the Caribbean? New Concepts in Global Geology, Newsletter 24, p. 19-23.

James, K. H., 2012, The Caribbean - is from Here or is it from There? American Association of Petroleum Geologists, Explorer Magazine, August, p. 24-26.

James, K. H., 2011, Continent below oceans: how much and how far? The future for deepwater exploration (and geopolitics): Oil and Gas Journal, March 7, v. 109.10, p. 44-53.

James, K. H., 2010, Observations on new magnetic map from the Commission for the Geological Map of the World, New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 57, December 2010, p. 14-26.

James, K. H., 2009, The Paleogene Richmond Formation of Jamaica: Not an impact related succession - a comment: Scripta Geologica, v. 139, p. 95-96.

James, K. H., 2009, In- situ origin of the Caribbean: discussion of data: In: James, K. H., M. A. Lorente and J. Pindell, (eds.), The Origin and evolution of the Caribbean Plate, Geological Society of London, Special Publications, v. 328, p.75-124.

James, K. H., 2009, In- situ origin of the Caribbean: interpretation of data: In: K. H. James, M. A. Lorente and J. Pindell, (eds.), The Origin and evolution of the Caribbean Plate, Geological Society of London, Special Publications, v. 328, p. 125-136.

James, K. H. and M. A. Lorente, 2009, The Pacific Origin Paradigm (POP) should be questioned for the Caribbean Plate: Geoscientist, September, p. 12-15.

James, K. H., 2008, Enterprise drives exploration: Oil & Gas Journal, March 24, p. 12.

James, K. H., 2008, Caribbean has overlooked hydrocarbon potential on North America's doorstep: Oil & Gas Journal, May 5, p. 46-48.

James, K. H., 2008, Comment on Peak Oil: Oil & Gas Journal, March 24, p. 12.

James, K. H., 2007, Structural Geology: from local elements to regional synthesis: In: Bundschuh, J. and G. E. Alvarado (eds.) Central America: Geology, Resources and Hazards, Ed. Balkema, Chapter 11, p. 277-321.

James, K. H., 2007, The Caribbean Ocean Plateau – an overview, and a different understanding: <http://www.mantleplumes.org/WebDocuments/CaribbeanPlateau.pdf>

James, K. H., 2006, Arguments for and against the Pacific origin of the Caribbean Plate: discussion, finding for an in situ origin: Geológica Acta, v. 4, no. 1-2, p. 279 - 302.

James, K. H. 2005, Palaeocene to middle Eocene flysch-wildflysch deposits of the Caribbean area: a chronological compilation of literature reports, implications for tectonic history and recommendations for further investigation: Transactions, 16th Caribbean Geological Conference, Barbados, Caribbean J. of Earth Sciences, v. 39, p. 29 - 46.

James, K. H., 2005, Arguments for and against the Pacific origin of the Caribbean Plate and arguments for an in situ origin: Transactions, 16th Caribbean Geological Conference, Barbados, Caribbean J. of Earth Sciences, v. 39, p. 47 - 67.

James, K. H., 2005, A simple synthesis of Caribbean geology: Transactions, 16th Caribbean Geological Conference, Barbados, Caribbean J. of Earth Sciences, v. 39, p. 71-84.

James, K. H., 2000, The Venezuelan Hydrocarbon Habitat, Part I, Journal of Petroleum Geology, v. 23 (1), p. 5-53.

James, K. H., 2000, The Venezuelan Hydrocarbon Habitat, Part II, Journal of Petroleum Geology, v. 23 (2), p. 133-164.

Mapping Jurassic volcanic sequences of the Nazas arc in northern Zacatecas, Mexico using Landsat Thematic Mapper images

Claudio Bartolini

Editor: Revista Maya de Geociencias

Abstract

Landsat Thematic Mapper images provide a great opportunity to map the geology of large-scale regions. About thirty years ago, mapping of the San Julian Anticlinorium, in northern Zacatecas, Mexico was done by the author using different Landsat Thematic Mapper images and perspectives, processed and provided by the Jet Propulsion Laboratory of NASA.

Introduction

The author enrolled at the Ph.D. program at the Department of Geological Sciences in the University of Texas at El Paso in 1992, under the advice of Dr. Kathleen Marsaglia. The same year NASA announced a scholarship program for graduate students and Claudio applied and was awarded a NASA Scholarship for the five year doctoral program at UTEP. Because he was planning on doing mapping in Mexico, he selected the Jet Propulsion Laboratory in California, where all Landsat Thematic Mapper images would be processed under the supervision of Dr. Harold Lang, who became his outside advisor for the Ph.D. program.

Dr. Marsaglia and Claudio discussed all the possibilities for a field work project in Mexico, and finally decided that the Triassic-Jurassic geologic time represented by red bed strata were a relevant and impactful topic to undertake. Coahuila, Durango, San Luis Potosi and Zacatecas are locations where volcanic rocks and red beds have been previously reported (deCserna (1956), Cordoba, 1964; Rogers et al. (1961), Pantoja-Alor, 1963, 1972; Belcher, 1979, Blickwede, 1981; Lopez-Infanzon et al., 1984, Lopez-Infanzon 1986). But in 1994 the author received a grant from Exxon Exploration to regionally expand the study area. Areas where redbed strata had been previously studied in Nuevo Leon and Tamaulipas were included (Carrillo-Bravo, 1961; Mixon, 1958, 1963; Mixon et al., 1959; Michalzik, 1986, 1991).

The regional geological reconnaissance of the Nazas volcanic arc and redbed successions was conducted in localities in the states of Coahuila, Durango, San Luis Potosi, Zacatecas, Nuevo Leon and Tamaulipas, but the geological mapping was concentrated in the San Julian - Apizolaya Quadrangle (Figure 1), which includes Sierras de San Julian, Gruñidora, Candelaria, Ramirez, El Raton, and Pico de Teyra, where Claudio did eight months of field work. Ar-Ar, Rb-Sr isotopic ages, whole rock and trace element geochemistry were done for volcanic rocks within the sequences.

The objective of this short manuscript is to present for the first time one of the many Landsat Thematic Mapper images produced at the Jet Propulsion Laboratory, which were used by the author to map the San Julian Anticlinorium in northern Zacatecas, Mexico.

Regional studies

A few studies had been done in the San Julian Anticlinorium, Zacatecas before the author began his dissertation field work, but the Caopas, Rodeo, Nazas formations (from older to younger) had already been defined. All these Jurassic volcanic arc sequences are strongly affected by regional metamorphism. Caopas Formation: porphyritic rhyolite, Rodeo Formation: andesite, tuff, phyllite, schist, agglomerate and pyroclastic rocks. Nazas Formation: dacite, rhyolite, andesite, ignimbrite, tuff, lahar, and pyroclastic rocks.

- The Caopas was first mentioned in this area by deCserna (1956), but Caopas name was proposed formally by Rogers et al. (1961). Cordoba (1964) and Cordoba and Guerrero (1965) mapped the area for the first time. Fries and Rincon-Orta (1965), Tardy and Ruiz (1974), Lopez-Infanzon (1984, 1986) did the petrology and geochronology of the Caopas.

- The Rodeo was first used by deCserna (1956), but formally named as Rodeo Formation by Rogers et al. (1961). De La Garza (1976) provided general lithologic descriptions of the Rodeo, and Denison et al. (1971), Tardy and Ruiz (1974), and Lopez-Infanzon (1986) provided isotopic ages for this unit. Anderson et al. (1991) did geochemical studies of the Rodeo andesites.

- The Nazas was originally called "Huizachal Formation" by deCserna (1956). Rogers et al. (1961) followed this usage for these strata. Cordoba (1964) first used the term Nazas Formation for these rocks. Tardy and Ruiz (1974) and Belcher (1979) studied the Nazas in the northeast flank of the Sierra de San Julian. Blickwede (1981) studied the stratigraphy of the Nazas Formation along the northeast

flank of the Sierra de San Julian, and Lopez-Infanzon (1986) carried out a regional reconnaissance of the area.

- The Zuloaga Limestone of early Oxfordian age (Imlay, 1953; Michalzik, 1991) unconformably overlies all the volcanic successions along the San Julian Anticlinorium, providing a minimum age for the volcanic arc of approximately 157 m.a.

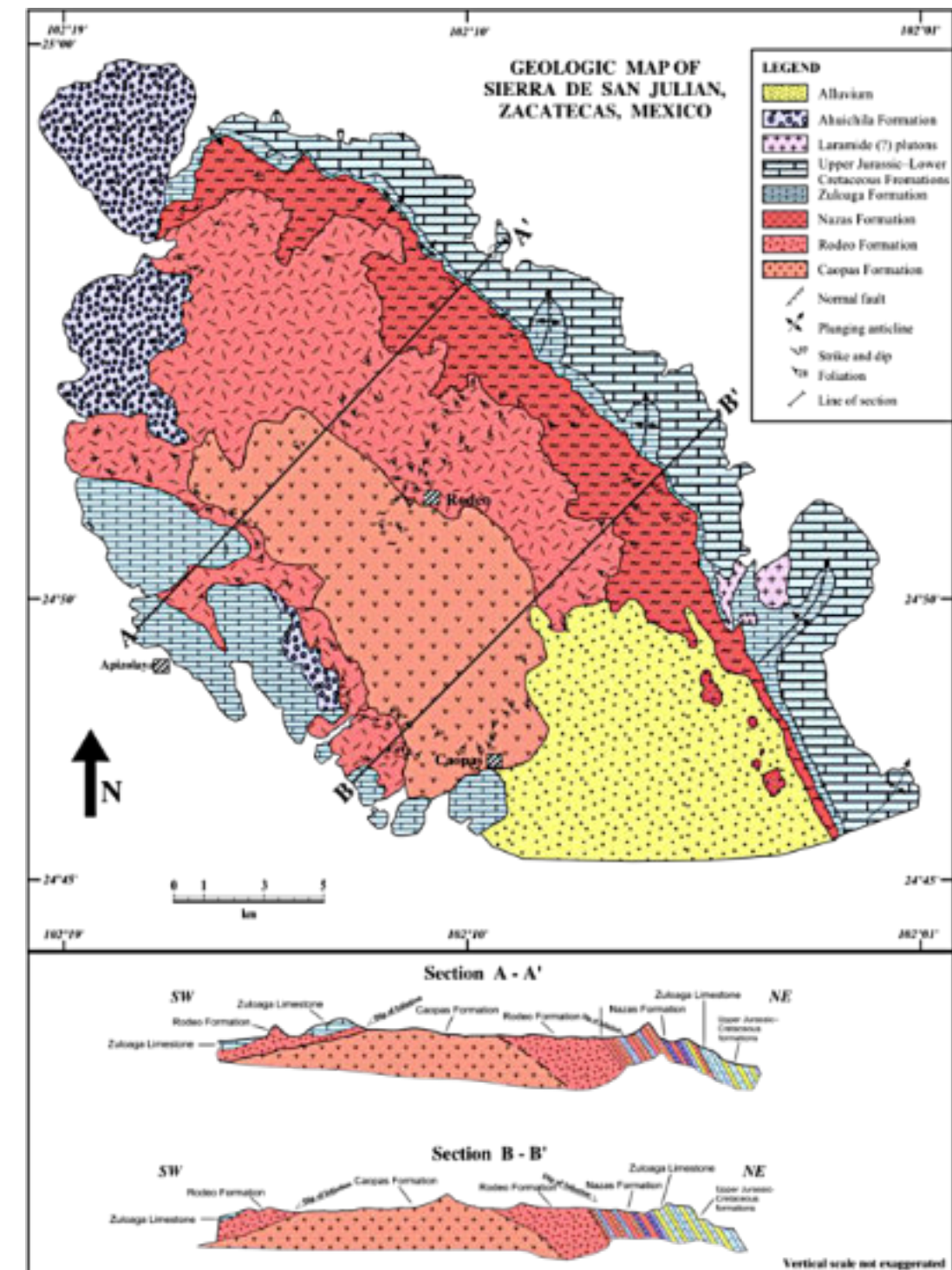


Figura 1. Geologic map and regional transects, San Julian Anticlinorium, northern Zacatecas, Mexico.

- The Ahuichila Formation of Middle Tertiary age (deCserna, 1956) is a massive conglomerate exposed in the northwest-most part of the San Julian Anticlinorium (Figure 1). It consists primarily of limestone rounded clasts of diverse size which derived from the Jurassic and Cretaceous outcrops. It was not the scope of this study.

The geologic map of the San Julian Anticlinorium (Figure 1) is from Bartolini, C., 1998, and published years later Bartolini, C., H. Lang, and T. Spell, 2003. After the large-scale reconnaissance study in six states of Mexico was finished by the author, it was possible to build a preliminary regional map of the distribution and tectonic framework of the Jurassic magmatic arc along the western North America and Mexico (Figure 2).

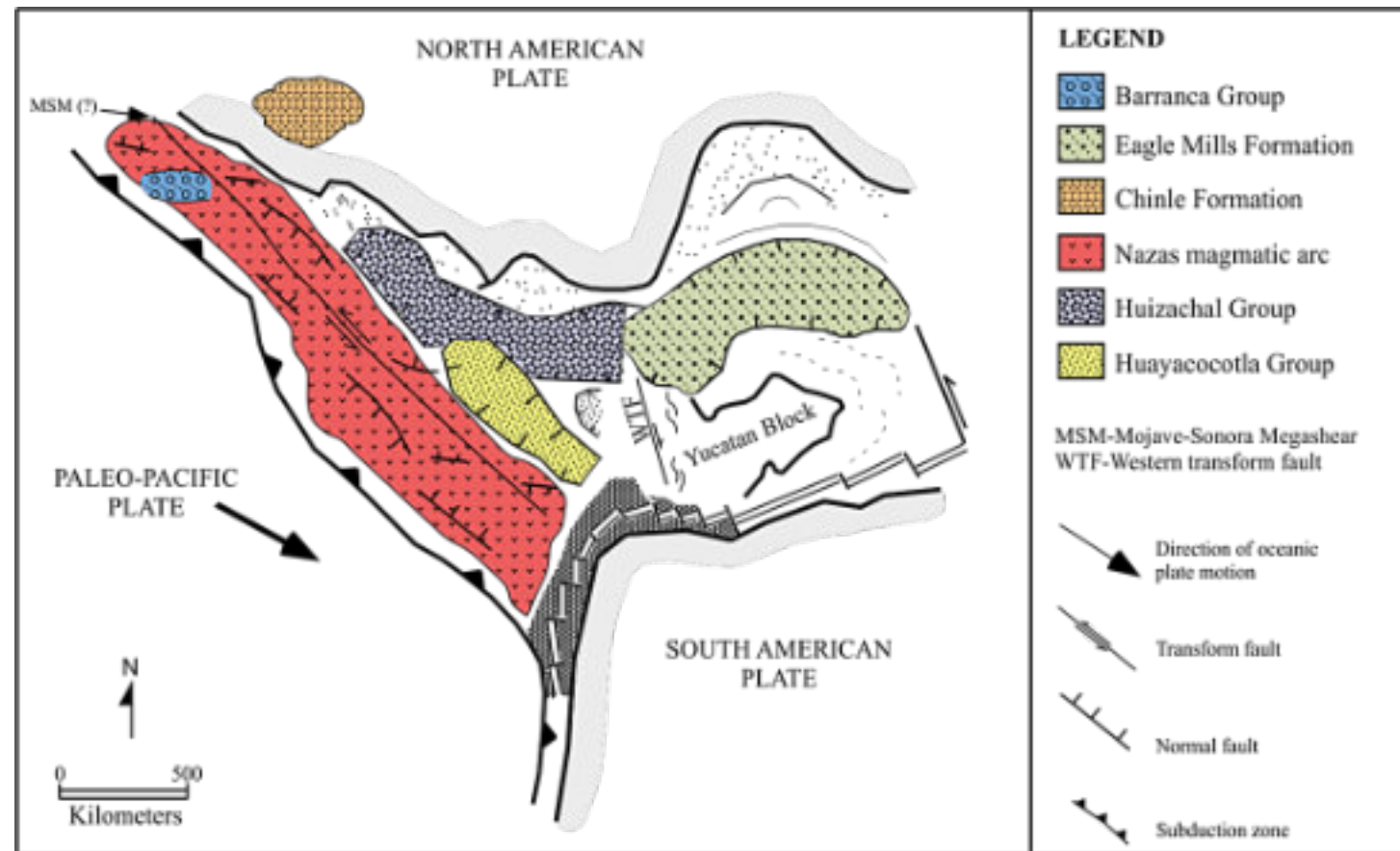


Figura 2. Distribution and tectonic framework of the Nazas Jurassic magmatic arc along western North America and Mexico.

The 3D Landsat Thematic Mapper image (Figure 3) with a perspective view toward the northeast shows very clearly the Caopas, Rodeo, Nazas, Zuloaga and Ahuichila formations. Broad contacts were outlined on the Google Earth map in order to show the distribution of the units within the Anticlinorium.

Gary Prost, who has much experience in satellite image digital Processing and interpretation, suggested that the author extrapolate the mapping contacts from the Landsat Thematic image onto an actual Google Earth map to test whether they fit well. On a regional scale, the contacts and structures between all the units mapped fit fairly well on the Google map (Figure 4).

Conclusion

Geologic mapping of the San Julián Anticlinorium in northern Zacatecas, Mexico was done by the author thirty years ago using different Landsat Thematic Mapper images and image perspectives which were both processed and provided by the Jet Propulsion Laboratory of NASA. The successful mapping of more than 3,000 sq km was only possible with NASA's top of the line technology.

Thirty years have passed since this study but the utilization of these Landsat images continue to be a valid and excellent tool in mapping the geology of semi-desertic regions of central Mexico.

References Cited

Anderson, T.H., McKee, J.W., and Jones, N.W., 1991, A northwest-trending Jurassic old nappe, northernmost Zacatecas, Mexico: *Tectonics*, v. 10, p. 383-401.

Belcher, R.C., 1979, Depositional environments, paleomagnetism and tectonic significance of Huizachal Red Beds (Lower Mesozoic), northeastern Mexico: University of Texas at Austin, Ph.D. Dissertation 276 p.

Blickwede, J.F., 1981, Stratigraphy and petrology of Triassic (?) "Nazas Formation" Sierra de San Julián, Mexico [M.S. thesis], University of New Orleans, Master Thesis, 100 p.

Carrillo-Bravo, J., 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al N-NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 13, p. 1-98.

Córdoba, D.A., 1964, Geology of the Apizolaya area (east half) Zacatecas, Mexico: University of Texas at Austin, Master of Arts Thesis, 111 p.

Cordoba, D.A., and Guerrero, J.G., 1965, Hoja Apizolaya 13R1 (9) Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000.

deCserna, Z., 1956, Tectónica de la Sierra Madre Oriental de Meéxico entre Torreón y Monterrey: *Contribución del Instituto Nacional para la investigación de recursos minerales de México: XX Congreso Geológico Internacional*, 87 p.

Denison, R.E., Burke, W.H., Hetherington, E.A., and Otto, J.B., 1971, Basement rock framework of parts of Texas, southern New Mexico, and northern Mexico, p. 3-14, in Seeward, K.O. and Sundeen, D.A., eds., *The geologic framework of the Chihuahua tectonic belt: West Texas Geological Society Symposium*.

Fries, C., and Rincón-Orta, C., 1965, Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría: *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, v. 73, parte 2, p. 57-133.

Halpern, M., Guerrero, J.G. and Ruiz, C.M., 1974, Rb-Sr ages of igneous and metamorphic rocks from southeastern and central Mexico: *A progress report*,

Resúmenes, Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, 30 p.

López-Infanzón, M., Bravo, BPR., Gutiérrez, L.G., Fernández, S.J., y Garduno, M.V.H., 1984, Estudio petrográfico y tectónico de las rocas metamórficas del área de Caopas-Rodeo, Zacatecas, *Resúmenes Sociedad Geológica Mexicana, Séptima Convención Nacional*, p. 17-18.

López-Infanzón, M., 1986, Estudio petrogenético de las rocas igneas de las formaciones Huizachal y Nazas: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XL. VII*, v. 2., P. 1-32.

Michalzik, D., 1986, Procedencia y parámetros ambientales de los lechos rojos Huizachal en el área de Galeana, Nuevo León, México: *Actas Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Tomo 1, n. 1*, p. 23-34.

Michalzik, D., 1991, Facies sequence of Triassic-Jurassic redbeds in the Sierra Madre Oriental (NE Mexico) and its relationship to the early opening of the Gulf of Mexico: *Sedimentary Geology*, v. 71, p. 243-259.

Mixon, R.B, 1958, The Jurassic formations of the Ciudad Victoria region, Tamaulipas, Mexico: Louisiana State University, Master of Science Thesis, 70 p.

Mixon, R.B, Murray, G.E., and Diaz, T.E., 1959, Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 43, p. 757-771.

Mixon, R.B, 1963, Geology of the Huizachal redbeds, Sierra Madre Oriental, Mexico: Louisiana State University, Ph.D. Dissertation, 97 p.

Pantoja-Alor, J., 1972, A geological reconnaissance of San Pedro del Gallo, Durango, Mexico: University of Arizona Master's Thesis, 162 p.

Pantoja-Alor, J., 1972, Datos geológicos y estratigráficos de la Formación Nazas, Memoria de la Sociedad Geológica Mexicana, Segunda Convención Nacional, Mazatlán, Sinaloa, México, p. 25-32, 194-196.

Rogers, C.L., deCserna, Z., Van Vloten, R., Tavera, E., and Ojeda, R., 1961, Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León, y San Luis Potosí: *Consejo de Recursos Naturales No Renovables, Boletín 56*, 322 p.

Author Publications

Bartolini, C., and Marsaglia, K., 1996, Mesozoic intra-arc volcanic-sedimentary (Nazas Formation) sequences in northern Durango, in K. F. Clark and J. M. Hoffer, eds., A geological traverse through parts of northwestern Mexico: Guidebook for the 1996 Field Conference, El Paso Geological Society Publication 24, p. 111–118.

Bartolini, C., and T. Spell, 1997, An Early Jurassic age ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) for the Nazas Formation at the Cañada Villa Juarez, northeastern Durango, Mexico (Abstract): Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 29, no. 2, p. 3.

Bartolini, C., 1997, The Nazas Formation of northern and central Mexico: Mesozoic volcanic- sedimentary arc sequences: Not red beds (Abstract): Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 29, no. 2, p. 3.

Bartolini, C., 1998, Stratigraphy, geochronology, geochemistry, and tectonic setting of the Mesozoic Nazas Formation, north-central Mexico: Ph.D. Dissertation, University of Texas at El Paso, 557 p.

Bartolini, C., H. Lang, and W. Stinnesbeck, 1999, Volcanic rock outcrops in Nuevo León, Tamaulipas and San Luis Potosí, Mexico: Remnants of the Permian-Early Triassic magmatic arc?, in C. 25 Bartolini, J. L. Wilson, and T. F.

Lawton, eds., Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico: Geological Society of America Special Paper 340, p. 347–356.

Bartolini, C., Lang, H., Cantú-Chapa, A., and Barboza-Gudiño, R., 2001, The Triassic continental margin of western Pangea in Mexico: Paleotectonic and paleogeographic implications, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and A. Cantú-Chapa, eds., The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: AAPG Memoir 75, p. 295-315.

Bartolini, C., and K. Mickus, 2001, Tectonic blocks, magmatic arcs, and oceanic terrains: A preliminary interpretation based on gravity, outcrop, and subsurface data, northeast-central Mexico, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and A. Cantú-Chapa, eds., The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: AAPG Memoir 75, p. 29-43.

Bartolini, C., H. Lang, and T. Spell, 2003, Geochronology, Geochemistry, and Tectonic Setting of the Mesozoic Nazas Arc in North-Central Mexico, and its Continuation to Northern South America: 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. 427–461.



Claudio Bartolini (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America. Claudio was an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of the Americas. He is a

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com



Claudio somewhere in the mountains of Mexico (1994).



With “Don Cuco” in Real de Catorce, San Luis Potosi.

Don Cuco was my field guide in San Luis Potosi and Coahuila (1995).

He was a great person.



With “Don Domingo” in Zacatecas (1994).

Don Domingo was my field guide in Zacatecas and Durango.

Another great human being.

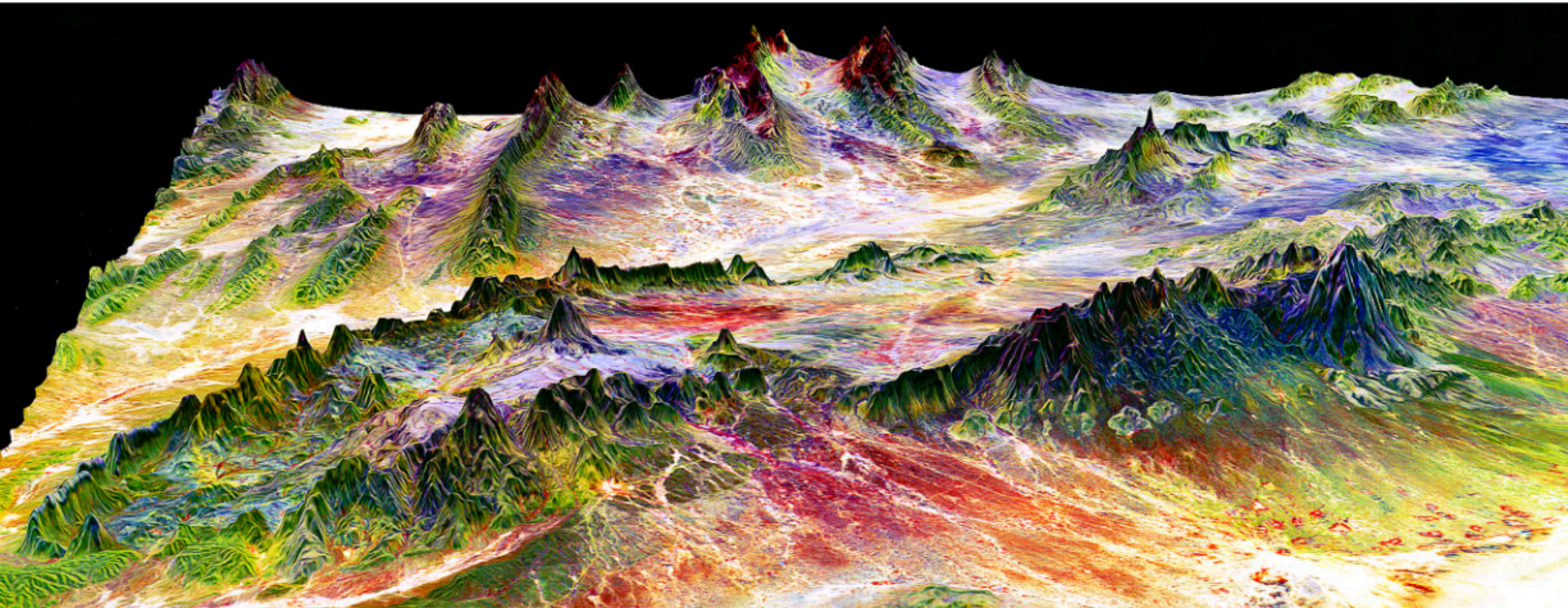


Figure 3. Landsat Thematic Mapper image of the Caopas-Apizolaya Quadrangle, northern Zacatecas, Mexico. Perspective view toward the east includes Sierras de San Julian, Pico de Teyra, Candelaria, Ramirez and Gruñidora (northwest-trending structure in foreground). Laramide fold-and-thrust belt in the background trends east-west (west of the City of Saltillo, Coahuila). Digital processing at NASA Jet Propulsion Laboratory, California, consisted of a combination of digital elevations with false color composite images using TM bands 4 (reflected near IR), 3 (visible red), and 7 (reflected short IR). This image was produced for Claudio Bartolini (NASA Scholar) to map 3,000 km² of Mesozoic magmatic (Caopas, Rodeo, and Nazas formations) and sedimentary rocks (Zuloaga Limestone and Ahuichila Formation (Tertiary) in this region for his Ph.D. Dissertation at the Department of Geological Sciences in the University of Texas at El Paso. **Image by Harold Lang and Claudio Bartolini, 1994.**

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2024/12/Bartolini-and-others-2003.pdf>

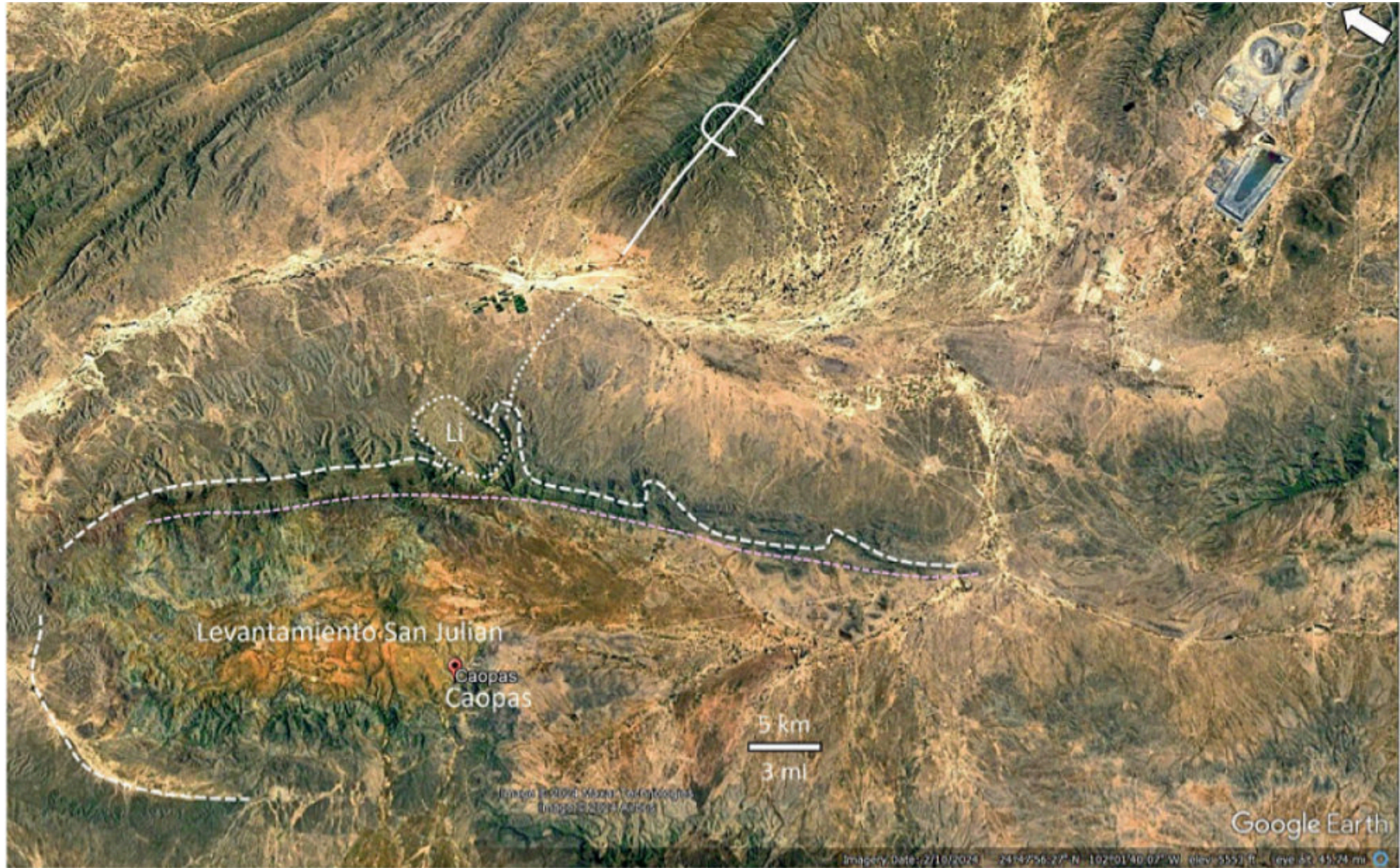


Figure 4. This natural color vertical satellite image of the San Julian Uplift near Caopas, Mexico, shows the uplift across the bottom of the image. A series of Laramide anticlines that verge to the north are shown in the upper half of the image. Where the anticlines impinge on the northeast flank of the San Julian Uplift, a natural down-plunge projection reveals a cross section of the Laramide detachment folds (white dashed line). These folds were rotated to near-vertical by the later San Julian Uplift, and one fold has been injected by a late Laramide intrusive (Li). These folds clearly show a detachment in Upper Jurassic (Oxfordian) evaporites, mainly gypsum (pink dashed line). The San Julian Uplift itself appears to be a tilted fault block with a steep northeast flank and gentle southwest flank. It is clearly younger than the folding exposed on its northeast flank. North is to the upper left. Courtesy of Google Earth, © 2024 Google Earth, Maxar Technologies, Airbus. By **Gary Prost**.

Tomografía: Técnica innovadora para realizar análisis numérico de núcleo ó igualmente llamada física de rocas digital: Una nueva revolución en petrofísica.

(1) Eduardo González Partida* (1), Néstor Alfredo Cano Hernández (2), Alejandro Carrillo-Chávez (1), Sumit Mishra(1), Arun Kumar, (3) Joseph Madondo (4), Juan Josué Enciso- Cárdenas, (5) Genaro de la Rosa (5) y Dante Artega Martínez (1).

(1) Instituto de Geociencias; UNAM, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, CP 76230, Qro. Qro.

(2) Instituto de Geología, UNAM, Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacan, CDMX, Mexico; Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM-UNAM),

(3) Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Priv. Xochicalco s/n, 62588, Temixco, Mor, Mexico.

(4) Rhodes University, Department of Geology: Department of Geology; Artillery Road, Makhanda, 6139: PO Box 94, Makhanda (Grahamstown), 6140, South Africa.

(5) Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, Boulevard Simón Bolívar # 303A, Nueva Rosita, Coahuila de Zaragoza, C.P. 26830, México.

*Autor de Correspondencia: Correo Electronico:

egp@geociencias.unam.mx

Introducción.

Dentro de la amplia gama de actividades geocientíficas que intervienen en el conocimiento de un reservorio petrolero y geotérmico, los procesos petrofísicos, petrológicos y de interacción agua/roca están íntimamente interrelacionados (ver los trabajos de :Archie, 1950, Avseth , Mukerji , Mavko 2007, Bidner 2001, Kalam 2012, Schön, Jü 2015, Yang 2017 y bibliografía adjunta). La Roca encajonante de un yacimiento petrolero y geotérmico, está sometida a cambios inducidos por la temperatura, la salmuera circulante, la presión, el tipo de minerales que componen la roca y el arreglo textural entre ellos, en definitiva lo que se denomina fenómenos de interacción “agua/roca”, una manera de evaluar estos fenómenos es estudiando las características petrológicas, geoquímicas y petrofísicas de la roca original exhumada y comparándolas con las rocas alteradas del reservorio petrolero (diagénesis) y geotérmico. Entre las propiedades más importantes que se utilizan para describir estos fenómenos se encuentran la porosidad, la permeabilidad, la compresibilidad del volumen de poros, el factor de resistividad de la formación, el exponente de saturación, la velocidad de las ondas acústicas P y S, las permeabilidades relativas, las presiones capilares, las constantes elásticas y otras propiedades mecánicas, el coeficiente de dilatación térmica, la conductividad térmica, la difusividad térmica y el calor específico ya que todas estas propiedades están influenciadas por los procesos de interacción agua/roca y son

interdependientes. Por otro lado la ejecución de una amplia variedad de actividades relacionadas con las etapas de exploración, localización, evaluación y desarrollo de los yacimientos petroleros y geotérmicos depende fuertemente de que se tenga un buen conocimiento de la magnitud y de la variabilidad espacial de estas propiedades. Tanto la factibilidad técnica como la económica de desarrollar un prospecto de yacimiento geotérmico dependen de que las rocas que intervienen exhiban una combinación adecuada de sus propiedades, para así constituir una estructura geológica confinante y almacenadora del recurso petrolero o geotérmico, que sea factible técnicamente de desarrollarse y a la vez que tenga el potencial de reeditar en un beneficio económico.

Metodología de trabajo.

La tomografía digital computarizada o microtomografía en tres dimensiones (M3D), es una técnica muy novedosa que va a revolucionar el conocimiento en ciencias de la tierra ya que su aplicación es muy vasta. Esta técnica es laboriosa y, de cierta forma, artesanal en el proceso de la preparación y montaje de la muestra. Ello, debido a lo novedoso de la misma y los pocos accesorios que se encuentran disponibles en el mercado. Todo el proceso de adquisición de la imagen, tratamiento y análisis digital dependen netamente de las capacidades y experiencia del operador, ya que se deben ajustar la mayoría de los parámetros de forma manual. La técnica de tomografía digital computarizada trabaja únicamente a partir de la diferencia de densidades, por lo que no se obtiene información sobre la composición química de la muestra. Las imágenes de salida obtenidas del tomógrafo son en escala de grises, con un total de 65,536 diferentes tonos, con los cuales, a partir del uso de software especializado, es posible (1) establecer diferenciaciones de fases y lograr imágenes a colores según las densidades aisladas, (2) establecer rangos de densidad a los cuales se les pueden asignar diferentes gamas de color, y (3) realizar extracciones, adiciones, y cálculos avanzados de petrofísica, entre otras operaciones. La metodología de trabajo sigue los siguientes pasos referidos, respectivamente, a la selección, montaje, análisis, e interpretación de muestras:

El primer paso consiste en hacer una correcta selección y corte de la muestra a estudiar. Cabe mencionar que existe una relación directa entre el tamaño de la muestra extraída (cortada) y la calidad de la imagen. Cuanto menor sea el tamaño de la muestra mayor definición se puede obtener; por ejemplo, para una muestra de 4 mm de diámetro se puede obtener un voxel de 1.9 µm (un voxel es la unidad tridimensional usada en los sistemas computacionales, comparable a un pixel en dos dimensiones: un voxel de 1 µm tiene un volumen de 1 µm³, es decir, 1 µm por arista).

El siguiente paso consiste en montar y fijar la muestra sobre alguna base que tenga una densidad muy baja (de cristal, acrílica o polimérica), ya que el sujetador no alcanza a llevar

la muestra hasta el punto de emisión de rayos-X y un material de igual o mayor densidad que la de la muestra afectaría el resultado del escaneo. La muestra debe quedar lo más cercano a 90° para que no haya movimiento al hacer la rotación y evitar lo más posible el efecto de “bailarina de ballet”.

En los siguientes pasos, se requiere el uso de computadoras con capacidades fuera de lo normal, y se requieren al menos dos diferentes computadoras: una de ellas para la captura de las imágenes directas, y otra para generar la reconstrucción y análisis. Esta última debe ser un clúster, puesto que el tamaño de los archivos reconstruidos son mínimo del orden de 30 GB, y con tratamientos digitales pueden aumentar 20 GB adicionales. En esta etapa de adquisición de datos, es preciso realizar una calibración del equipo por cada muestra que se vaya a analizar, ya que la calibración depende del fenómeno que se necesite observar. Una vez realizada dicha calibración se ajustan todos los parámetros: voltaje, potencia, tiempo de exposición de la imagen, cantidad de imágenes, posicionamiento de la muestra, distancia entre la muestra y el emisor de rayos-X, y distancia entre el receptor (CCD) y la muestra, entre otros parámetros. Todos los parámetros deben ser ajustados según el tipo de muestra para lograr la mejor definición y calidad de imagen posible, ya que los parámetros que funcionan para un tipo de muestras pueden no ser óptimos para otra. La forma de trabajar para la adquisición de imágenes es la siguiente: (1) el tomógrafo emite un haz de rayos-X que es capturado como una radiografía convencional en el receptor CCD, (2) la muestra va girando para tomar tantas imágenes como se hayan programado, y (3) al final se unifican las imágenes y se hacen ajustes para programar la forma de tomar una foto. Un ajuste común es tomar 3 fotografías de cada giro con un tiempo de exposición de 750 milisegundos. De esas tres imágenes se hace un promedio y ésta es la imagen que se colecta (la máquina que realiza la adquisición de imágenes manda directamente la información a la computadora donde se hará el análisis). Mientras más imágenes se tengan al momento de hacer la reconstrucción, se obtendrá una mejor definición y calidad del modelo tridimensional, por lo que una buena tomografía para una muestra de diámetro de 4 mm puede tomar aproximadamente unas tres horas solamente para la adquisición de imágenes, sumando el protocolo de calibración, calentamiento del equipo, reconstrucción y análisis.

Obtención de datos.

El siguiente paso consiste en realizar la reconstrucción de imágenes a través de un software especializado y transformar las imágenes obtenidas en un modelo 3D. Con dicho software se pueden también ajustar diversos parámetros para realizar correcciones a posibles errores en la alineación de la muestra, usar algunos filtros para mejorar las imágenes, entre otros parámetros. En este paso se requiere el clúster (mínimo con procesador Xeon) antes

mencionado. En la UNAM-CEGEO donde se midieron las muestras se ha instalado un laboratorio de última generación gracias al apoyo financiero de CONACYT via el CEMIEGEO; El equipo tiene las siguientes características: Un Microscopio de rayos X ZEISS Xradia Versa 510 con los componentes: 1).-Fuente de rayos x: Alto rendimiento, fuente de transmisión sellada (30 – 160 kV, máximo 10 W), 2) Detectores de contraste optimizado, 3) Sistema detector de doble etapa innovadora con torreta detector de múltiples objetivos en diferentes aumentos con scintillators optimizados para mayor contraste, 4) Detector de 2000X2000 pixeles con supresor de ruido, 5) Porta muestra de ultra alta precisión con 8 grados de libertad, 6) Capacidad de 15 kg para la muestra y 7) Tamaño mínimo de voxel alcanzable con el máximo aumento: 70 nm.

Información que se obtiene.

La física de rocas digital es una técnica innovadora usada por las marcas petrolera de vanguardia, ya que tiene muchas ventajas sobre la petrofísica “tradicional” y entre las principales están:

- Ahorra tiempo y costos.
- Permite realizar múltiples experimentos numéricos sobre exactamente la misma muestra.
- Realiza diferentes análisis simultáneamente en una muestra.
- Investiga propiedades de rocas bajo múltiples escenarios.
- Prueba diferentes estrategias de producción o mejora escenarios de recuperación.

Las simulaciones en el ordenador pueden utilizarse para:

- Calcular las propiedades físicas de la roca determinadas durante el análisis básico de rutina y el análisis especial del núcleo.

- Evaluar la calidad de los análisis de laboratorio.
- Simular el transporte reactivo como la disolución de carbonatos.
- Predecir los resultados de experimentos en sistemas microfluídicos.
- Analizar las propiedades geométricas de las rocas (espacio poroso, granos).

Análisis sobre las propiedades de flujo.

Se pueden simular experimentos de flujo mediante la resolución de las ecuaciones de Stokes, Navier-Stokes o Stokes-Brinkman y obtener curvas de presión-velocidad, resistividad del flujo, velocidad del flujo y permeabilidad al flujo. Igualmente se puede predecir:

- Predicción de la velocidad media del flujo para una caída de presión dada
- Predicción de la caída de presión para una velocidad de flujo media dada
- Predicción del tensor de permeabilidad total o parcial

Análisis sobre las propiedades de saturación.

Aquí se simular las curvas de saturación-presión capilar y permeabilidad relativa.

- Curva de presión capilar

- Permeabilidad efectiva y relativa
- Índice de Resistividad

Análisis sobre las propiedades de elasticidad.

Se simulan las propiedades elásticas efectivas de materiales porosos y compuestos.

- Propiedades elásticas anisotrópicas de la roca
- Condiciones in-situ (compresión) de las muestras de roca

Análisis sobre las propiedades de conductividad.

se simula la conductividad térmica efectiva y la conductividad eléctrica efectiva en materiales porosos y materiales compuestos.

- Conductividad térmica efectiva
- Conductividad eléctrica.

Análisis sobre las propiedades de movimiento de partículas.

se simula la advección y difusión para el transporte de partículas sólidas en flujo de líquido o gas a través de materiales porosos.

- Simular el transporte de partículas sólidas en el flujo de líquidos o gases a través de materiales porosos

Análisis sobre las propiedades de porosidad.

Aquí se puede caracterizar las propiedades de los poros y sólidos en materiales porosos.

- Distribución geométrica del tamaño de poro
- Distribución del tamaño de poro por porosimetría (por Intrusión de Mercurio o Extrusión de líquido)
- Ruta de Percolación
- Área de superficie
- Línea de contacto trifásica
- Porosidad Abierta y Cerrada
- Distribución de la longitud del acorde
- Presión de punto de burbuja
- Transformada de distancia euclidiana(EDT)
- Identificación de poros a través del algoritmo de Cuenca.

Ejemplo de Aplicación.

En la zona de Tatatila Las Minas en Ver., existe un intrusivo que afecta a caliza Cretácica (Fuentes-Guzmán et al., 2020 y 2023), desarrollando un skarn y aquí se aplicó esta nueva herramienta, los datos visuales se presentan a continuación y una tabla resumen # 1.

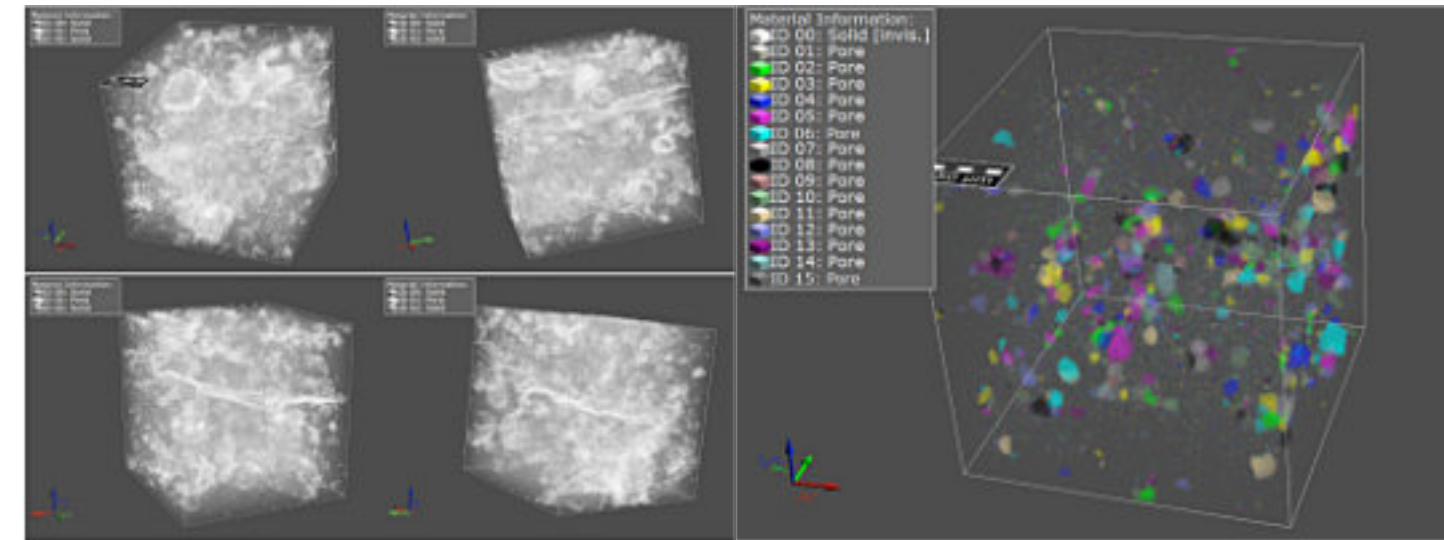


Fig.1. mCT-Tat-4 (Caliza Distal).- Modelo binario.

El modelo (Fig. 1) binario se obtiene segmentando las densidades, las cuales se encuentran en el rango 0 a 255 en la escala de colores, para poder observarlas en valores de 0 y 1 y de esta manera, separar el poro de la matriz. En este modelo cúbico se observa la matriz en gris con una mayor transparencia que el poro, en color blanco. Permite observar la estructura interna de la muestra: Poros, Fracturas, contactos entre la Caliza y posibles fósiles, etc.

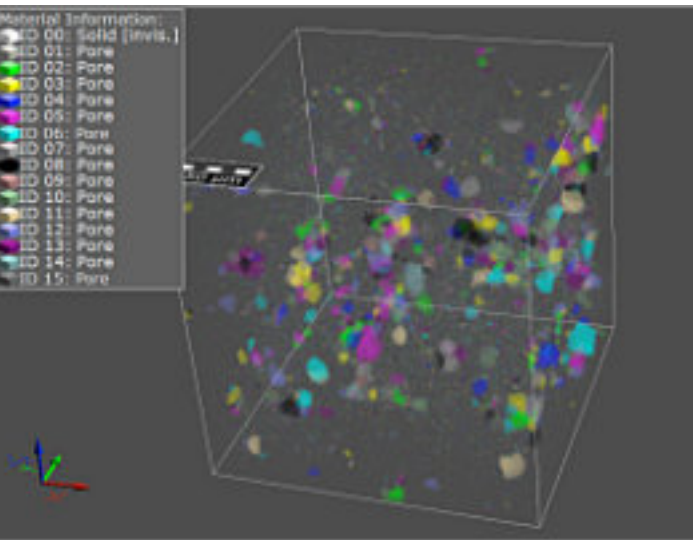


Fig.2. mCT-Tat-1 (Mármol).- Identificación de Poros a Través del Algoritmo de Cuenca.

En este modelo de la fig. 2 se observan los poros segmentados. La aplicación de este algoritmo sirve para calcular la cantidad y la distribución de los poros en la muestra.

Fig.3.- En este modelo se observa la distribución de la porosidad total de 12.44% la cual está separada en Porosidad Efectiva (Blanco), 8.18%, y; Porosidad No Efectiva o Cerrada (Amarillo), 4.25%.

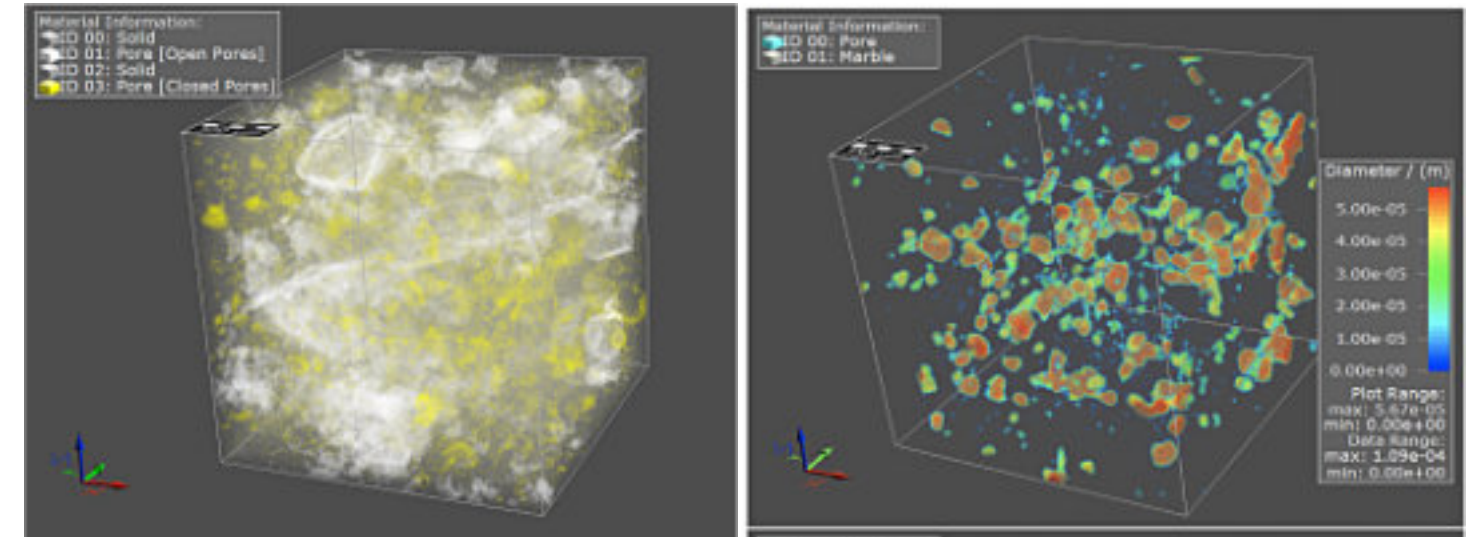


Fig.3.- En este modelo se observa la distribución de la porosidad total de 12.44% la cual está separada en Porosidad Efectiva (Blanco), 8.18%, y; Porosidad No Efectiva o Cerrada (Amarillo), 4.25%.

Fig.4. mCT-Tat-1 (Mármol).- Distribución Geométrica de Tamaño de Poros.

En este modelo (Fig 4) se observa la Distribución Geométrica de los tamaños de poro según su diámetro. Éstos son determinados insertando esferas en el volumen poroso sin hacer distinción entre gargantas de poro, poros cerrados. En este modelo se puede observar que no existe conectividad en la muestra, lo que indica que estamos ante la presencia de un medio impermeable.

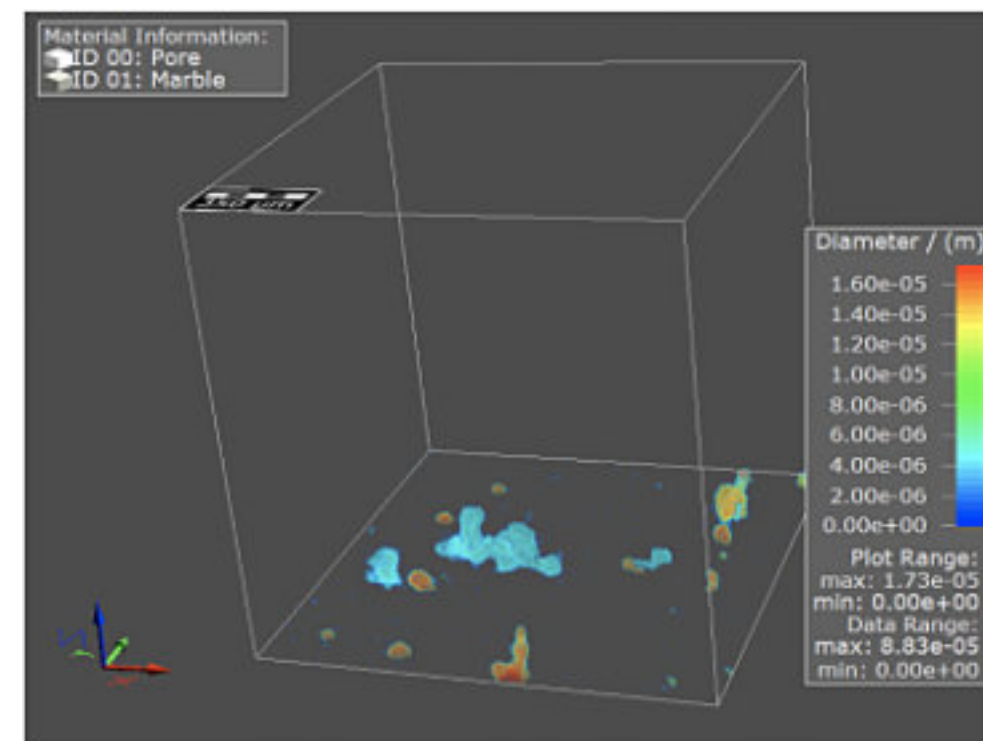
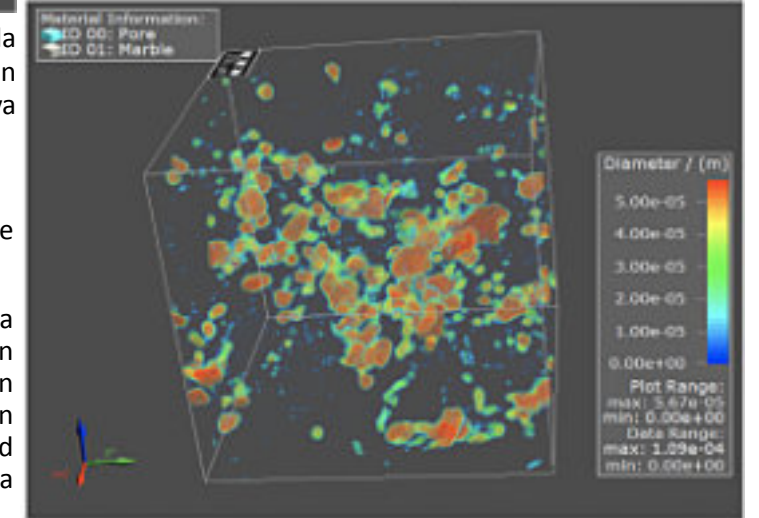


Fig.5. mCT-Tat-1 (Mármol).- Distribución de Tamaño de Poro por Porosimetría.

En la fig 5, se hace una prueba digital equivalente a la Porosimetría de Intrusión de Mercurio aplicada en el Eje Z (ignorando los poros cerrados) para medir los tamaños de garganta de poro. En este caso, la prueba no se concluye ya que no existe mayor conectividad entre los poros.

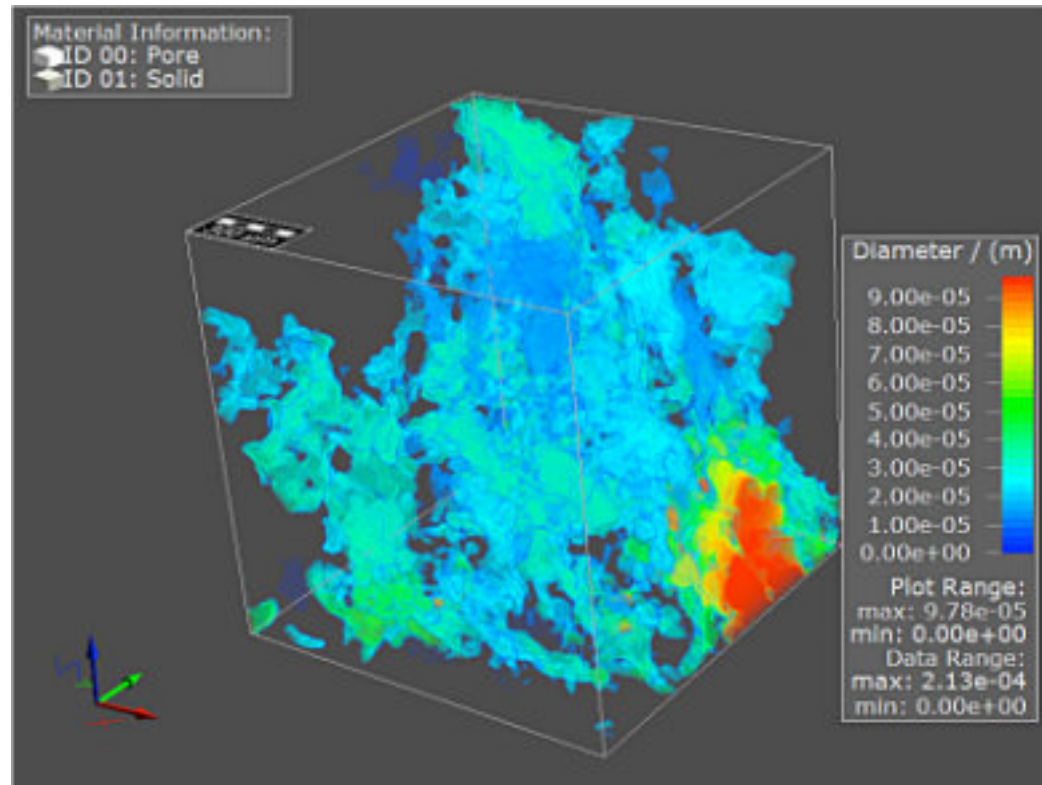


Fig.6. mCT-Tat-7 (Endo Exo Skarn).- Distribución de Tamaño de Poro por Porosimetría. Aplicando el mismo método de la Fig.5 se concluye la prueba en los poros conectados (90.71% de la porosidad total ver (fig. 6) desplegando la distribución de estos según su diámetro.

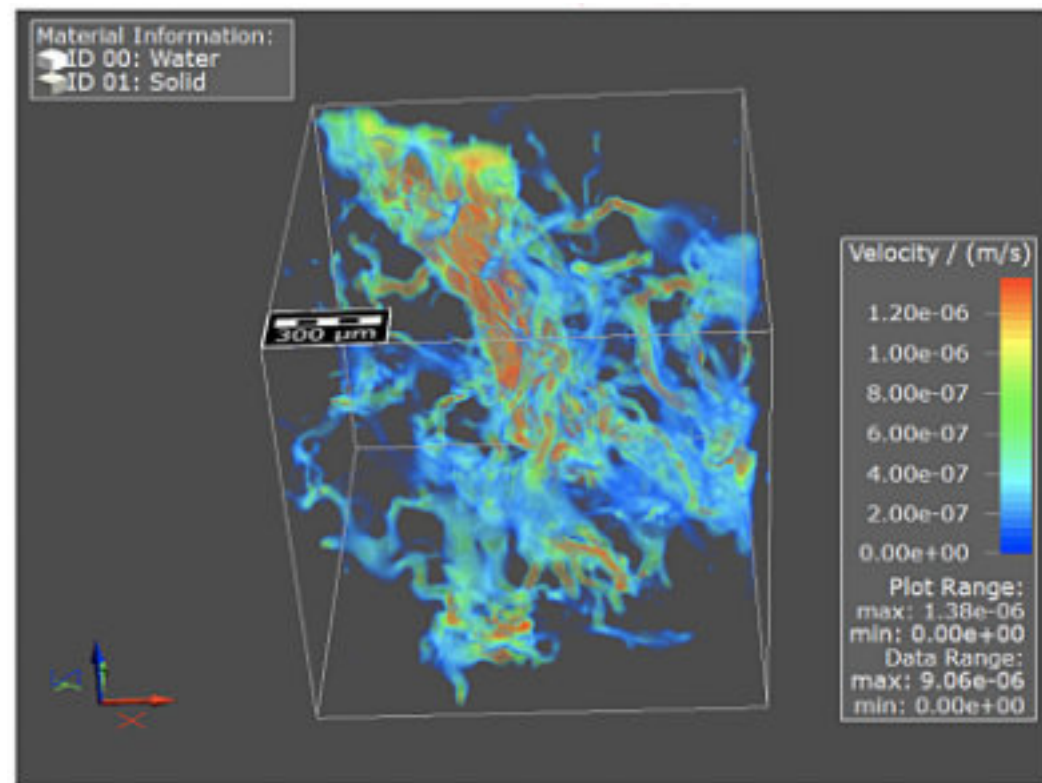


Fig.7. mCT-Tat-7 (Endo/Exo-Skarn) .- Prueba de Flujo. En la figura 7, se observa la permeabilidad (interconectividad) de los poros después de aplicar las ecuaciones de Navier-Stokes. En la imagen se muestra la velocidad con la cual, el fluido (agua), atraviesa el medio poroso. Se toma en cuenta la viscosidad del fluido, tortuosidad, tamaño de poros, presión, etc.

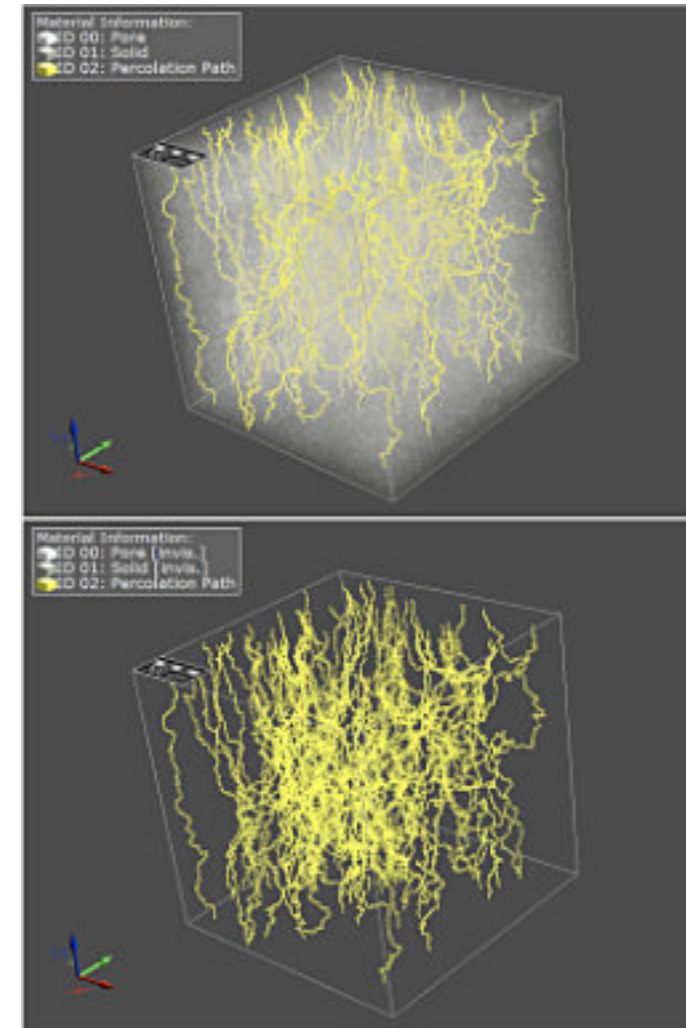


Fig.8. mCT-Tat-3 (Mármol Distal).- Rutas de percolación.

Las rutas de percolación (fig. 8) se calculan especificando el diámetro máximo de la partícula que puede moverse a través del medio en los caminos más cortos. En esta muestra, donde el eje Z tenía un grosor de 1559 μm , se obtuvieron 91 caminos por donde pudiera moverse una partícula con un diámetro máximo de 5.2 μm con un promedio de 3599.99 μm de recorrido. La distancia mínima de recorrido obtenido fue de 1968.64 μm y la máxima de 4479.48 μm .

Tabla # 1.- Resumen de los datos petrofísico de la zona de Tatatila las Minas Veracruz.

	mCT - Tat - 1	mCT - Tat - 2	mCT - Tat - 3	mCT - Tat - 4	mCT - Tat - 7	mCT - Tat - 10						
Tipo de roca	Mármol	Granito	Mármol Distal	Caliza Dura	Endo Exo Skarn	Andesita Basa						
Localidad	El Talamo	Beto-Cruz	Beto-Cruz	El Deseo	Beto-Cruz	Las Minas						
Coordenadas (Lat., Long.)	98°07'46.00", 21°09'00.00"	98°08'00.00", 21°10'00.00"	98°08'00.00", 21°10'00.00"	98°07'29.07", 21°09'00.00"	98°08'00.00", 21°10'00.00"	98°08'00.00", 21°09'00.00"						
Resolución (micrómetros)	0.1004	0.1004	0.1004	0.1004	0.1004	0.1004						
Tamaño muestra (centímetros)	30x30x30	30x30x30	30x30x30	30x30x30	30x30x30	30x30x30						
Porosidad Total (%)	0.0408	0.0274	10.204	0.4220	10.008	14.020						
Porosidad Efectiva (%)	0.1004	0.0000	10.204	0.1004	0.0000	0.0000						
Granulometría (Distribución de tamaños de poros representativos en Porosidad Absoluta)	μm	μm	μm	μm	μm	μm						
	%	%	%	%	%	%						
	0-0.075	41.75	0-10.0	87.21	0-10.0	86.12	0-21.17	70.01	0-10.0	88.882		
	20.0-47.5	12.90	18.4-20.0	12.48	56.4-20.0	28.05	10.0-20.0	32.78	31.17-50.00	28.86	50.0-20.0	28.872
47.5-80.0	25.52	20.0-31.07	0.01	20.0-31.07	2.58	20.0-31.07	2.11	50.00-50.00	88.86	20.0-31.07	1.108	
80.0-100.0	15.80	-	-	10.0-20.0	11.12	10.0-20.0	0.87	80.0-100.0	11.88	10.0-20.0	0.018	
100.0-150.0	0.0	-	-	-	-	47.5-80.0	1.88	100.00-100.00	4.71	80.00-100.00	0.0288	
150.0-190.0	0.0	-	-	-	-	100.0-150.0	0.43	180.00-240.00	1.13	100.00-100.00	0.005	
Porosidad (Distribución de tamaños de garganta de poros representativos en Porosidad Efectiva)	μm	μm	μm	μm	μm	μm						
	%	%	%	%	%	%						
	0-0.075	0.00	0-10.0	86.76	0-10.0	86.210	0-20.00	85.708	0-10.00	85.01	0-10.0	87.087
	20.0-47.5	0.07	18.4-20.0	0.00	56.4-20.0	0.16	20.00-40.00	4.80281	32.34-44.47	0.11	50.0-20.07	0.006
47.5-80.0	0.04	20.00-31.07	0.0000	20.0-31.07	0.00	47.5-80.00	0.00073	80.07-100.00	1.00	10.0-20.00	0.008	
80.0-100.0	0.00	-	-	-	-	100.00-150.00	0.0000	180.00-240.00	0.01	100.00-100.00	0.000	
Grav. Dirección Z para prueba de Permeabilidad (Porosidad y Rutas de Percolación)	NA	NA	1.000	1.000	1.000	1.000						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
Permeabilidad Absoluta (Darcy)	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
Rutas de Percolación (Longitud)	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
	NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070						
NA	NA	30.7	10.0781434	200.0000	6.67317070							

La maravilla de los avances científico.

Actualmente no existe ningún grupo sólido que integre las relaciones petrofísicas y de interacción agua/roca como lo proponemos aquí, debido a la falta de especialistas en los temas. Sería la primera vez, no solo en México, sino a nivel mundial en que se estuvieran integrando novedosas técnicas de investigación: Tomografía-petrofísica convencional- petrología de interacción agua/roca todo con el fin de entender mejor los procesos naturales que están gobernando un reservorio petrolero y geotérmico. Técnico que utilizas de estos servicios: NO TE PIERDAS DEL AVANCE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO, estamos para servirte en la UNAM. Actualmente un grupo de investigadores de la UNAM, con el proyecto CONAHCyT# CF-2023-G-490 y UNAM-DEGAPA-PAPIIT # **IN100225** , se esta investigando sobre estos temas, para apoyar a la industria productiva del país.

Bibliografía del tema.

Archie, G.E., 1950. Introduction to petrophysics of reservoir rocks. AAPG Bull. 34, pp. 943- 961.

Avseth P., Mukerji T., Mavko G., 2007. Quantitative Seismic Interpretation- Applying Rock Physics Tools to Reduce Interpretation Risk, Cambridge University Press.

Bassiouni, Z. (1994). Theory Measurement and Interpretation of Well Log. Texas, EU: Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME.

Bidner, M. S., 2001. Propiedades de la Roca y los Fluidos en Reservorios de Petroleo.pdf.

Eudeba, Universidad de Buenos Aires. Primera edición, pp. 15-237.

Bieniawski, Z. T., 1974. Geomechanical Classification of Rock Masses and Its Application in Tunneling. Proceedings, Third International Congress of Rock Mechanics.

Cubitt, John & Wales, Holt., 1996. Electrical Properties.Elsevier. Vol 65, pp. 301-367.

Dandekar, A. Y., 2006. Petroleum Reservoir Rock and Fluid Properties. CRC Press, pp. 486.

Deere, D. U., 1963. Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposes.

Felsmechanick und Ingenieurgeologie (Rock Mechanics and Engineering Geology). 1: 1, pp. 16-22

Duncan, C. W. 1999. Foundations on rock. 2nd ed. E & FN Spon.

Dvorkin J., Nur A., 2009. Scale of Experiment and Rock Physics Trends. The Leading Edge, volumen 28, pp. 110-115.

Farmer, I. W., 1968. Engineering properties of rocks. Spon Ltd. London.

Kalam, M.Z., 2012. Digital rock physics for fast and accurate special core analysis in carbonates. In: Gomes, J.S. (Ed.), New Technologies in the Oil and Gas Industry.

InTech, ISBN: pp. 978-953. <http://dx.doi.org/10.5772/52949>.

Fuentes-Guzmán Edith, Eduardo González-Partida, Antoni Camprubí, Geovanny Hernández-Avilés, Janet Gabites, Alexander Iriondo, Giovanni Ruggieri, Margarita López-Martínez. 2020.- The Miocene Tatatila–Las Minas IOCG skarn deposits (Veracruz) as a result of adakitic magmatism in the Trans-Mexican Volcanic Belt. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, número especial denominado Depósitos minerales de América Latina y el Caribe, cuya edición está coordinada por Carl E. Nelson, Lisard Torró y Joaquín A. Proenza, y cuya publicación se producirá dentro del v. 72 (3) . <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2020v72n3a050520>

Edith Fuentes-Guzmán, Antoni Camprubí , Eduardo González-Partida , Geovanny Henández-Avilés Alicia Lacinska , Giovanni Ruggieri Pura Alfonso Edith Cienfuegos- Alvarado, Juan Carlos Mesino-Hernández Carlos Ortega-Obregón Francisco J. Otero- Trujano Juan Tomás Vázquez Ramírez. 2023. The Tatatila–Las Minas IOCG skarn (Veracruz, Mexico): Mineralogical, fluid inclusion and stable isotope constraints . Journal of South American Earth Sciences. 122- 104112. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104112> .

Kennedy, M., 2015. Practical Petrophysics:Developments in Petroleum Science. Elsevier, V.

62, pp. 1-387.

Knackstedt M.A., Latham S., Madadi M., Sheppard A., Varslot T., Arns C., 2009. Digital Rock Physics: 3D Imaging of Core Material and Correlations to Acoustic and Flow Properties. The Leading Edge, volumen 28, pp. 28-33.

Schön, Jü. H., 2015. Chapter 8 – Electrical Properties. Developments in Petroleum Science.

Vol. 65. 301-367 pp.

Vargas- Meleza, L., and Valle- Molina, C., 2012. Avances y aplicaciones en física de rocas para exploración de hidrocarburos: Ingeniería Investigación Tecnológica, v. 13, pp. 439–450.

Yale, D.P., 1985. Recent advances in rock physics. Geophysics, V. 50, No. 12, pp. 2480-2491.

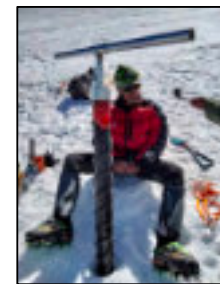
Yang, S., 2017. Fundamentals of Petrophysics. Springer Mineralogy. pp. 502.



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



Néstor Alfredo Cano Hernández es Doctor en Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de México, enfocado en el área de yacimientos minerales y petrogénesis de rocas ígneas. Ha trabajado en diversos proyectos de investigación enfocados en depósitos epitermales, tipo pórfido, skarns polimetálicos, de oro orogénico y pegmatitas ricas en metales raros. Además, cuenta con nueve artículos de investigación en revistas internacionales e indizadas.



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

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



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



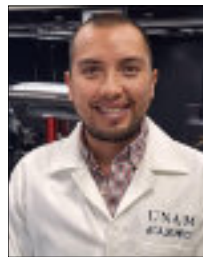
La investigación del **Dr. Arun Kumar** se centra en comprender los procesos de los campos geotérmicos de México, utilizando herramientas como la geoquímica, estudios magnéticos, petrografía y análisis de inclusiones fluidas. Con cinco años de experiencia en geoquímica y estudios ecológicos, el Dr. Arun ha investigado previamente las tasas de meteorización química en las cuencas de los Ghats Occidentales en la India y su impacto en el presupuesto global de CO2 atmosférico. Además, ha estudiado la geoquímica de metales traza en sistemas lóticos y lénticos, analizando iones principales, elementos traza en muestras geológicas y diatomeas bentónicas. El Dr. Arun completó sus estudios doctorales en la Academia de Educación Superior de Manipal en la India.



El **Dr. Joseph Madondo** es investigador postdoctoral en el Centro de Geociencias de la UNAM. Se graduó como doctor en Ciencias de la Tierra en la UNAM. Su área de especialización es la metalogénesis de los depósitos de manganeso en México. Actualmente está trabajando en los depósitos de Manganeso en Autlán.



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



El Ingeniero petrolero Dante Arteaga Martínez. egresado de la Facultad de ingeniería en la UNAM, actual técnico académico del laboratorio universitario de microtomografía de rayos X (LUMIR), con experiencia de 9 años en microtomografía y procesamiento de imagen, sus actuales líneas de investigación se enfocan en entender los procesos de transporte de fluidos en medios porosos a distintas escalas usando imágenes tridimensionales, así como entender los fenómenos de deformación de rocas al ser sometidas a compresión y altas temperaturas.

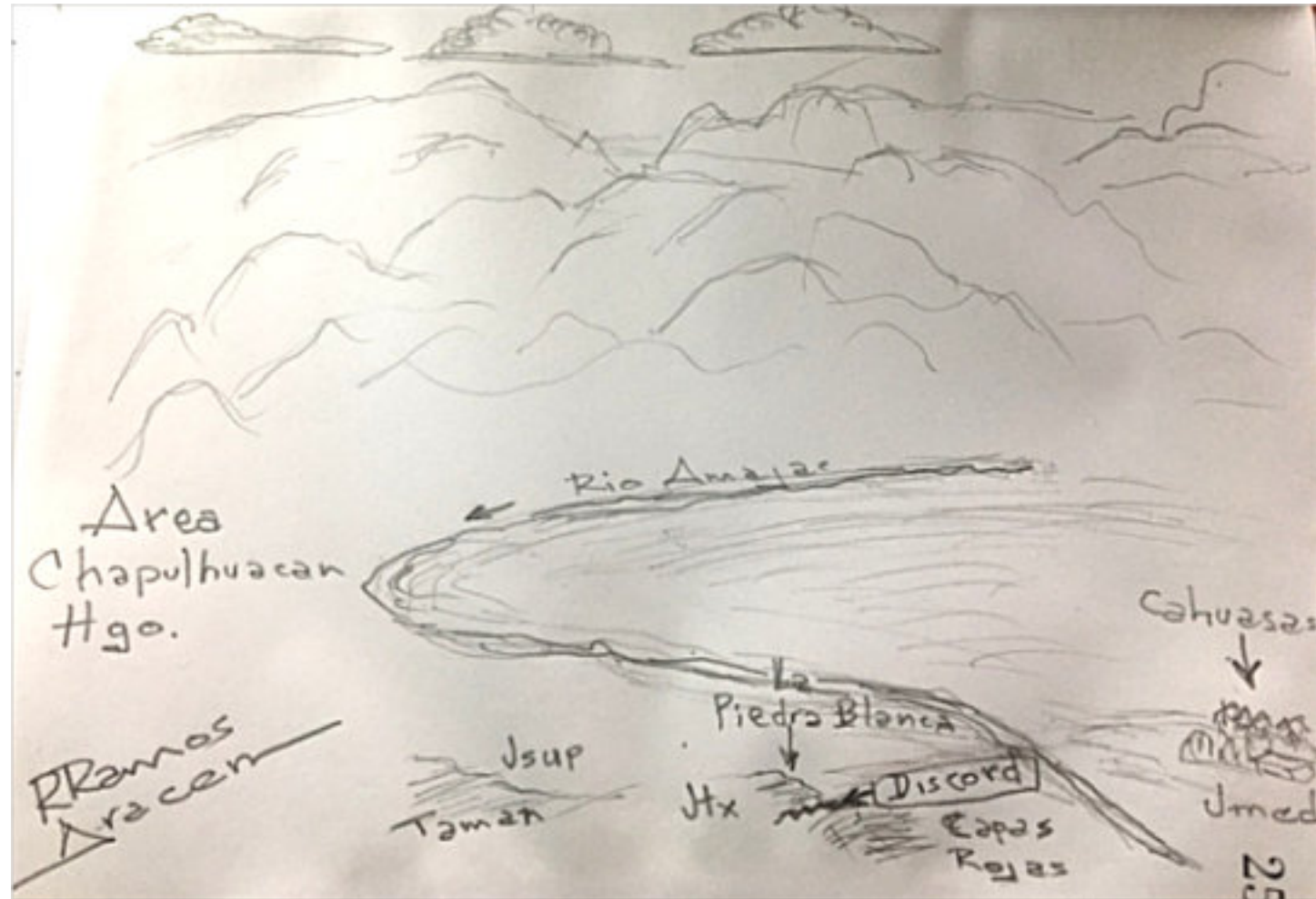
“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

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 travesía marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd. Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango, Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes, 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.



Área de Chapulhuacan, Hgo.

Título, Paisaje en el área de Chapulhuacán Hgo.

Localidad, Chapulhuacan, Hgo.

Título, Discordancia entre el Jurásico medio / Jurásico superior.

Desarrollo del trabajo: En el Prospecto Tamazunchale.

Descripción del Dibujo. En la figura 1, se describen gráficamente un contacto litológico por la discordancia regional entre la Fm. Cahuasas de edad Jurásico medio con la Fm. Tepexic de edad Calloviano y Taman de edad Kimmeridgiano del Jurásico Superior.



Área de Nonoalco, Hgo.

Título, Pliegues en Zig Zag.

Localidad, Nonoalco, Hgo.

Título, Pliegues en Zig Zag.

Desarrollo del trabajo. En los trabajos de Geología Regional se observaron afloramientos de la deformación estructural en las capas del Jurásico superior como en este caso en el área de la carretera entre Huejutla y Nonoalco, Hgo.

Descripción del Dibujo. La deformación convergente en dirección hacia el Noreste.

se observan con capas de tipo mudstones arcillosos con lutitas con deformación compresiva de tipo Zigzag.



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 Simposio 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 GEOLOGICO MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

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

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

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

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

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

BURIAL AND EXHUMATION HISTORY OF A SMALL IMPACT CRATER IN THE INNER COASTAL PLAIN OF ALABAMA, USA

David T. King, Jr. and Lucille W. Petruny, Geosciences, Auburn University, Auburn, Alabama 36849 USA

Abstract: The burial and exhumation history of Wetumpka impact crater, which is located at the boundary between the crystalline Piedmont terrain of the southern Appalachian Mountains and the inner coastal plain terrain of Alabama, has been shrouded in mystery since the onset of geological investigations of that crater (Neathery et al., 1976; King et al., 2002). Recent satellite imagery helps to reveal an important chapter in the burial and exhumation history of the crater, as briefly explained in this paper.

Introduction: Wetumpka is a Late Cretaceous, marine-target impact structure in central Alabama (Fig. 1), which is well-exposed and relatively well-preserved. The semi-circular rim of hills that comprises the crater rim is easily discerned from topographical maps (Neathery et al., 1976) and satellite images (Fig. 2). Wetumpka has a 5-km east-west diameter, but an exterior disturbed terrain (actually a partial annular brim zone (King and Ormö, 2011)) extends its north-south diameter to 7.6 km (King et al., 2006; King and Ormö, 2011). Wetumpka has been substantially eroded since the end of the crater's explosive

formation in the shallow waters of the Gulf of Mexico, which covered southern and central Alabama during Late Cretaceous. Based on zircon and apatite grains from its impact breccia, the U/Th-He age date for Wetumpka is 84.4 +/- 1.4 million years (Waltho et al., 2012), which places it astride the Santonian-Campanian global stage boundary.

Sea-level change and crater erosion: A recent analysis of the likely relationship between global eustatic sea-level change and the crater's elevation and location suggests that Wetumpka was an emergent feature within the shallow waters of the northern Gulf of Mexico from the time that it formed until approximately 30 million years ago when global sea level decline probably left the crater on dry land permanently (inferred from Haq et al., 1988; King and Petruny, 2025). During that initial, approximately 55 million year span, Wetumpka was deeply eroded. Particularly important in this erosional history are thought to be the relatively brief, <1 to 2 million years long, spans of short-term, but substantial sea level declines (per Haq et al., 1988). These episodes are thought likely to have accelerated erosion of Wetumpka impact crater during crater emergence and thus rejuvenation of local stream erosion (King and Petruny, 2025). For example, Tabares Rodenas (2012) used a structural reconstruction of the western crater rim of Wetumpka to show that ~ 200 m of overturned schist has likely been eroded away at Wetumpka.

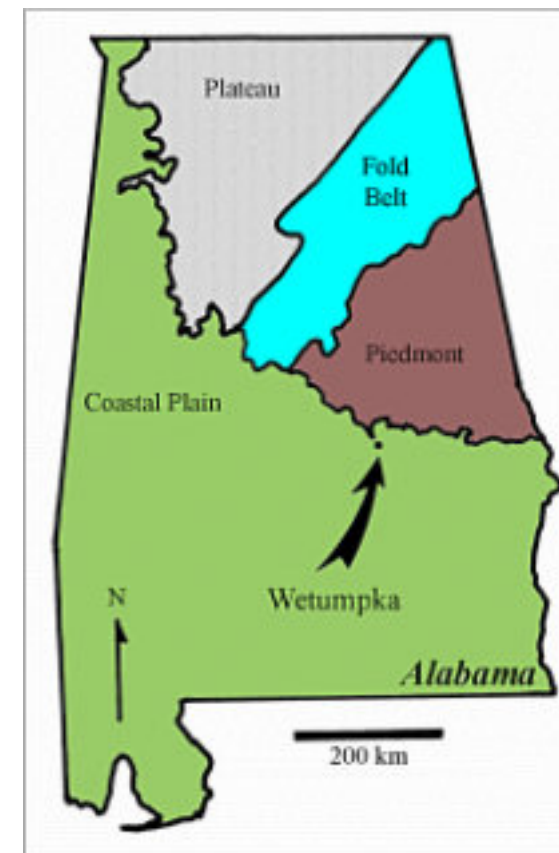


Figure 1. Location of Wetumpka impact crater relative to the physiographic provinces (terrains) of Alabama.

Wetumpka impact crater and the high-terrace deposits: After about 30 million years ago (early Oligocene), the crystalline Piedmont – coastal plain boundary region of Alabama was inundated by clastic sediment that was being rapidly shed from the adjacent Appalachians Mountains. This vast influx of sediment, which was

carried toward the Gulf of Mexico by Alabama’s ancestral rivers (e.g., Cahaba, Coosa, Tallapoosa, and Chattahoochee; Adams, 1926; Lacefield, 2019), rapidly began to bury the eroded crater. By early to middle Miocene, what is now called the “high-terrace” land surface had formed across the inner coastal plain area of

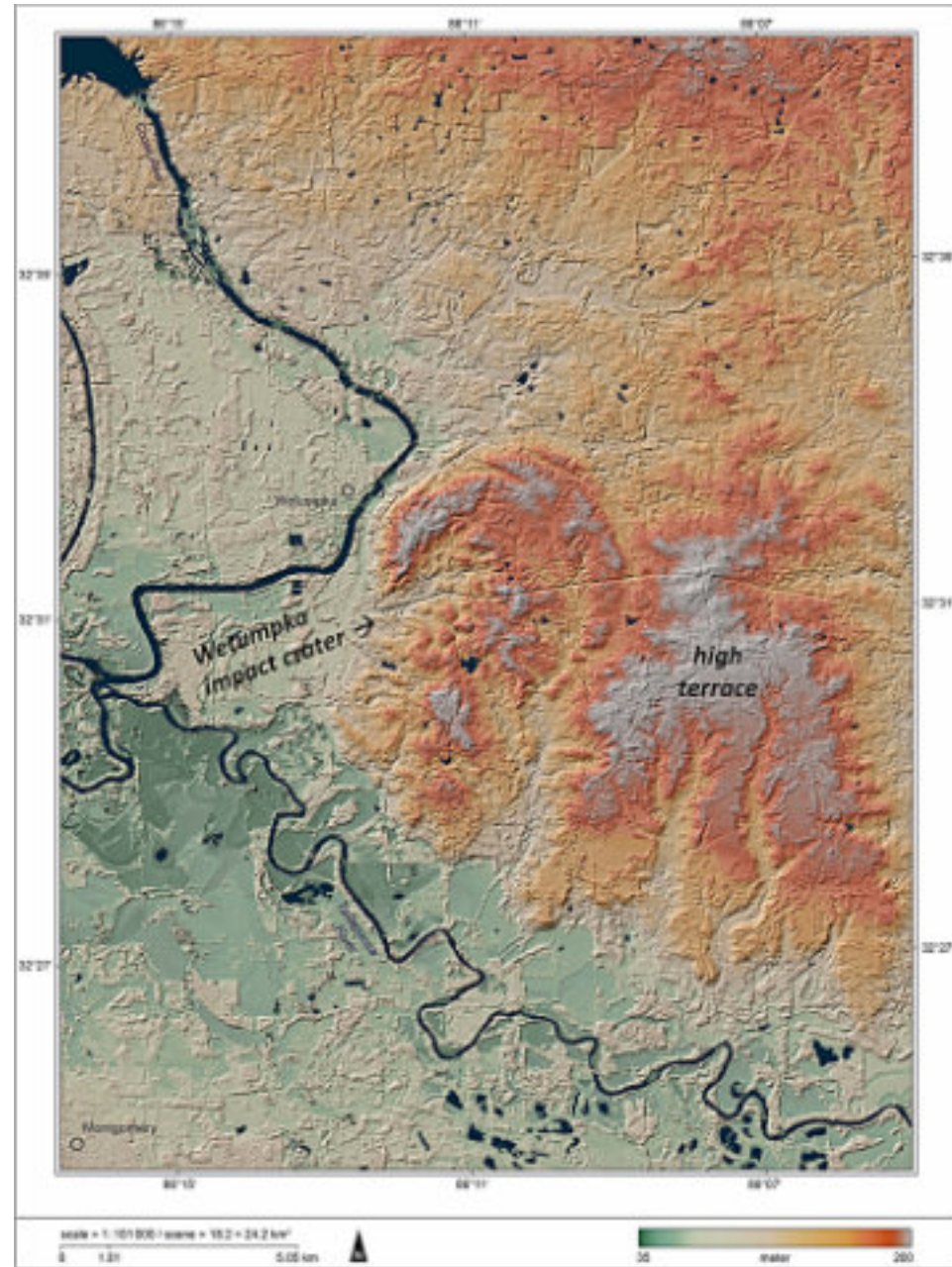


Figure 2. TanDEM-X image of central Alabama showing the semi-circular rim of Wetumpka impact crater and the remains of high-terrace deposits adjacent to the crater. The highest elevations (approximately 200 m above sea level) are shown in light tones (white); see elevation scale at lower right. Note that the higher elevations of Wetumpka impact crater are at approximately the same elevation as the flat-topped high terrace area. This is thought to be so because the impact crater was buried in the Miocene sediment of the high terrace but the highest points of the crater’s features, such as the rim and some of the interior crater-filling sediments, were covered by the youngest levels of the high-terrace sands and gravels. These deposits are found today atop high points of the crater rim and interior (Neathery et al., 1976; King and Petruny, 2025). Post-Miocene excavation of Wetumpka impact crater, owing to renewed orogenic uplift (as explained in the present paper), also resulted in stream dissection of the high-terrace deposits. TanDEM-X image kindly provided by Manfred Gottwald of the German Aerospace Center; used with permission.

Alabama. The sedimentary deposit underlying the high terrace was of sufficient thickness that it buried many low-relief topographical features, as indicated by high-terrace gravel and sand deposits that can be found atop hills in the vicinity of what remains of the high-terrace land surface (e.g., Neathery et al., 1976; see their Fig. 1). We think that Wetumpka impact structure was buried more-or-less completely within this Appalachian-derived, high-terrace sediment as indicated by high-terrace deposits at high-elevation points on the crater rim and within the crater. These deposits were noted on the first detailed geological map of Wetumpka impact structure, as published in the paper by Neathery et al. (1976). These high terrace deposits are marked as stratigraphic unit Qht (Q for Quaternary; Neathery et al., 1976), but they are *not Quaternary*.

Despite a long-term controversy and inaccurate characterizations of the age of the “high terrace” deposits, King and Petruny (2025) presented an analysis of the high-terrace age that strongly indicates it is largely Miocene, not Quaternary, Pleistocene, or Pliocene, as suggested by others in the past. A recent study of palynomorph species from the high terrace and its coeval stratigraphic units indicates the actual age of the high terrace is likely Miocene (Jarzen et al., 2010). Raymond et al. (1988) states that these high-terrace deposit have no formal status and no formal name, even though this vast sedimentary mass is a key feature representing an important portion of Late Cenozoic geological history of Alabama. Imagery from TanDEM-X satellite clearly reveals the extent of what remains of this ancient, very gently dipping land surface (Fig. 1) in the vicinity of Wetumpka impact structure.

High terrace revealed: Satellite imagery from the German TanDEM-X, which uses synthetic aperture radar to obtain digital elevation models of the Earth’s surface (ESA, 2025), shows very well the semi-circular rim of the Wetumpka impact crater, as well as the adjacent remains of the Miocene high-terrace deposits noted above. Figure 1 shows this regional image; Wetumpka impact crater is on the left (west) and what remains of the high-terrace deposits is on the right (east). The width of the image is approximately 20 km. The image shows an elevation scale, where the lighter tones (white) are about 200 m above modern sea level. The flat-topped nature of the high-terrace remnant on the east side of the Wetumpka impact crater is clearly visible. This is what remains of the ancient Miocene land surface where ancestral rivers, noted above, flowed toward the Gulf of Mexico. The sand and gravel deposits along with floodplains and paleosols present evidence of the fluvial history of this ancient

paleographic feature (Adams, 1926; Lacefield, 2019; King and Petruny, 2025).

Orogenic uplift and crater exhumation: During middle Miocene, an orogenic uplift of the southern Appalachians caused extensive erosion of the area, and thus in so doing caused a reorganization of major rivers. We think that this uplift also triggered the exhumation of Wetumpka impact crater. This orogenic event, which may be related to detachment of Appalachian mountain roots (Gallen et al., 2013), is reflected in a record of remarkable stream capture (e.g., the Cahaba, Coosa, and Tallapoosa rivers joined to form the confluent Alabama River; Adams, 1926; Lacefield, 2019). Whatever the cause of this uplifting of the southern Appalachians, this event has been recognized and investigated for nearly 100 years (starting with Adams, 1926; see also a review in Gallen et al., 2013).

Summary: In this remarkable story of burial and exhumation of a unique feature of the central Alabama landscape, namely Wetumpka impact crater, sea-level change, rejuvenation and erosion, sedimentary fluvial and alluvial processes, and subsequent orogenic uplift have combined to help preserve the otherwise rather ephemeral scar of a cosmic impact. There are few craters on Earth that are similarly preserved, perhaps less than 100 or so (PASSC, 2025). So, this history of Wetumpka’s journey to modern preservation indicates how only a rare combination of events leads to this end.

References

- Adams, G. I., 1926, The Streams of the Coastal Plain of Alabama and the Lafayette Problem: *Journal of Geology*, v. 37, p. 193-203.
- ESA (European Space Agency), 2025, Earth on-line; TerraSAR-X and TanDEM-X. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/terrasar-x-and-tandem-x> [last accessed 20 Jan. 2025].
- Gallen et al., 2013, Miocene rejuvenation of topographic relief in the southern Appalachians: *GSA Today*, v. v. 23, no. 2, p. 4-10.
- Haq, B. U., J. Hardenbol, and P. R. Vail, 1988, Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change: *Sea-Level Changes—An Integrated Approach*, SEPM Special Publication No. 42, p. 71-108.
- Jarzen, D. M., S. L. Corbett, and S. R. Manchester, 2010, Palynology and paleoecology of the middle Miocene Alum Bluff flora, Liberty County, Florida, USA: *Palynology*, v. 34, p. 261–286.

King, D. T., Jr., T. L. Neathery, L. W. Petruny, C. Koeberl, and W. E. Hames, 2002, Shallow marine-impact origin for the Wetumpka structure (Alabama, USA): *Earth and Planetary Science Letters*, v. 202, p. 541-549.

King, D. T., Jr. and J. Ormö, 2011, Wetumpka – a marine target impact structure examined in the field and by shallow core drilling, in Garry, W.B., and J.E. Bleacher, eds., *Analogues for planetary exploration: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 483*, p. 287-300.

King, D. T., Jr., J. Ormö, L. W. Petruny, and T. L. Neathery, 2006, Role of sea water in the formation of the Late Cretaceous Wetumpka impact structure, inner Gulf Coastal Plain of Alabama, USA: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 41, p. 1625-1631.

King, D. T., Jr., and L. W. Petruny, 2025, Burial and exhumation of Wetumpka impact structure, Alabama: *GeoGulf Transactions*, v. 74 (in press).

Lacefield, J., 2019, A geological history of the lower Tennessee River basin: Tennessee River Basin Conference at Lake Guntersville State Park, Alabama, 62p. <https://www.trbnetwork.org/annual-meeting-archives> [last accessed 20 Jan. 2025].

Neathery, T. L., R. D. Bentley, and G. C. Lines, 1976, Cryptoexplosive structure near Wetumpka, Alabama: *Geological Society of America Bulletin*, v. 87, p. 567-573.

PASSC (Planetary and Space Science Centre), 2025, Earth impact database: University of New Brunswick. http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/Index.html [last accessed 20 Jan. 2025].

Raymond, D. E., W. E. Osborne, C. W. Copeland, and T. L. Neathery, 1988, Alabama stratigraphy: Geological Survey of Alabama, Circular 140, 102p.

Tabares Rodenas, P., 2012, Drill-core and geophysical investigation of the western part of the crystalline rim of Wetumpka impact structure: unpublished M.S. thesis, Auburn University, Auburn, Alabama, 148p.

Wartho, J.-A., M. C. van Soest, D. T. King, Jr., and L. W. Petruny, 2012, An (U-Th)/He age for the shallow-marine Wetumpka impact structure, Alabama, USA: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 47, p. 1243-1255.



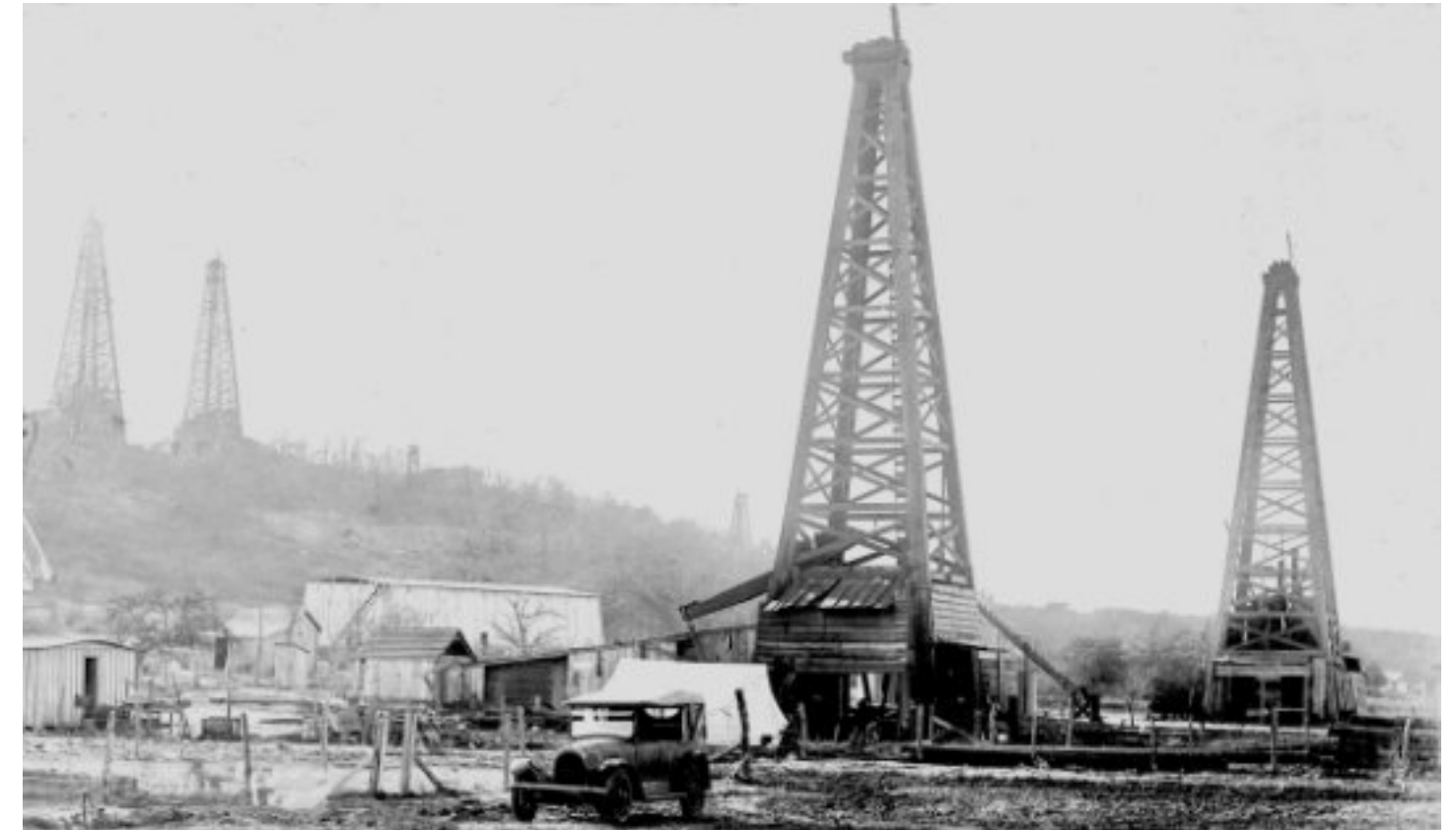
David T. King, Jr. Dr. King's academic research interests are related to stratigraphy and Earth history. In particular, he studies the effects of asteroid and comet impact upon Earth history and the stratigraphic record. In the area of applied research interests, his interests are petroleum exploration and deep subsurface waste disposal. He is an author of many scientific papers, including "Shallow marine-impact origin for the Wetumpka structure (Alabama, USA)", which was published in *Earth and Planetary Science Letters* (2002). With Hal Levin, he is co-author of an historical geology textbook, *The Earth through Time*, 11th ed. (2017). From 1997-2000, Dr. King served on the North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. He currently serves on the Alabama Board of Licensure for Professional Geologists as the representative of his state's academic community, and he is a licensed PG in the states of Alabama, Louisiana, and Texas.

Researchgate: <https://www.researchgate.net/profile/David-King-Jr>

BRIEF NOTES ABOUT THE BEGINNINGS OF WELL LOGGING

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Cover photo: <https://yesterdaysamerica.com/texas-boomtowns/>

Sensu stricto, the first record of a person who did some logs for scientific measures was perhaps Professor James David Forbes from the Edinburgh Observatory. In the time from 1837 to 1842 Forbes lowered some temperature sensors into three shafts up to 7.3 m deep into the ground, to record temperature variation with depth and time. These data were then analyzed by the famous physicist Lord Kelvin, who needed them to calculate the age of the earth. In 1846, Kelvin began experiments on the temperature of the earth at different depths and in different soils near Edinburgh, which yielded determinations of the thermal conductivity.

Well logging started to become commercial with two French brothers, Conrad Schlumberger (1878-1936), who graduated from the Ecole Polytechnique France as a physicist, and Marcel Schlumberger (1884-1953), an engineer from the Ecole Centrale de Paris. Their father Paul, a business man, supported their ideas and

experiments. It was them, who tried the first electrical measurements (at the surface), in particular for locating iron and copper deposits.

It took until 1920 for Conrad Schlumberger to publish the results of the experimental surface resistivity measurements he had carried out since 1911. Marcel tried the first resistivity tool in a borehole in 1921. Conrad was so passionate about his work that he quit his job as a professor in 1923 at École des Mines, Paris in 1923. Over the next three years, Conrad and Marcel spent the time conducting geophysical surveys in Romania, Serbia, South Africa, Congo, Canada and US. Also, in 1923 they successfully tested their new method at the prolific Aricestii field near Ploiesti, Romania, where they used electrical prospecting to map an oil-producing salt dome for the first time.

The Schlumberger brothers started in 1926 the company Société de Prospection Électrique (SPE), or

“Pros” as it was nicknamed, to use electricity to find minerals and oil. The newly created Société had its first office and headquarters at 30 rue Fabert in Paris. Initially, the Société carried out surface prospecting for the metal ore mining industry, but gradually extended its activities to embrace exploration of possible oil-bearing structures.

To better understand measurements made at the surface, the Schlumberger brothers needed to incorporate resistivity information from deeper formations, so they soon wanted to find oil deeper underground. To do this, Conrad came up with the idea of lowering an electrical probe, or sonde into a drilled well to measure the resistivity directly from the rocks below. Everything happened when a Director of the Pechelbronn Oil Company in France asked Conrad Schlumberger if his method could help them obtain more detailed information on the geological formations drilled by an exploratory well. Conrad Schlumberger immediately recognized that electrical prospecting techniques could be applied to measurements inside wells.

In 1927, Conrad outlined the principle of “electrical coring”. They hired a team led by experimental physicist Henri Doll (Conrad’s son-in-law), to develop the equipment and conduct the first oil well operation which was made on September 5, (1927). The operation took place in Pechelbronn (Alsace region), where the oil industry just started to grow (The Pechelbronn oil field was active until 1964). The well, usually being called “the Pechelbronn well” (well No 2905/Tower 7), was located at the site of a today monument at the intersection of Route de Wœrth with Rue de Preuschdorf in Dieffenbach-lès-Wœrth, about 3 km west of Merkwiller-Pechelbronn. Henri Doll, lowered an electrical sonde and logged the well with the help of Roger Jost and Charles Scheibli, using rudimentary equipment. The team logged about 140 m of the 488 m hole, starting at 279 m MD, taking a reading every meter and plotting the log by hand. The entire operation took five hours.

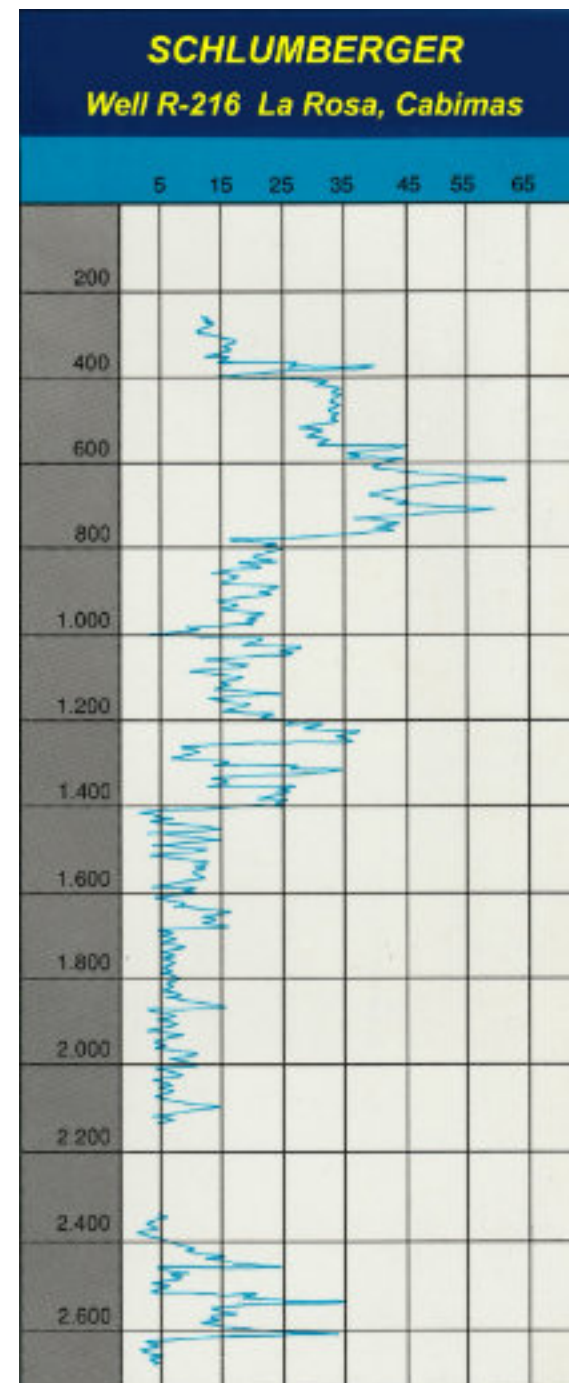
The hand drawn resulting log represented a turning point in oil exploration. Furthermore, the technique had potential for detecting hydrocarbon bearing layers, but this could not be demonstrated in Pechelbronn, because the pay zones were too thin. The measurements were carried out point by point. The instruments were raised and lowered by an electric

cable managed by some workers. The significance of this log was immediately evident when comparing data from nearby wells. The characteristic resistivity variations could be correlated very easily, clearly related to the geological formations of the area. These data, was acquired easily and at low cost, eliminating the costly mechanical sampling method used to obtain direct geological information in oil wells. However, it took some time before such a radical idea was accepted by the oil industry. A new term was coined to describe the results of this multidepth survey: It was called an electrical resistivity well log.



Logging survey at the Pechelbronn oil field (1928), Alsace, France. This is the same well in which Henri Doll, Roger Jost and Charles Scheibli, conducted the first electrical resistivity well logging operation in September, 1927. Source: Schlumberger.

In 1929, engineers and electrical logging teams were sent to 3 different countries, to test such equipment. The first test occurred in Venezuela (March 6), the second in the United States (August 17), and third in the Soviet Union (December 24). The first electrical recording in the Western Hemisphere was made that March 6th, in a La Rosa well (R-216), belonging to the Venezuelan Oil Concessions Company, Ltd. (SHELL), in Cabimas, Zulia State.



On March 6, 1929, Schlumberger carried out the first electrical logging of the American continent, in the R-216 well in Cabimas, Zulia State, Venezuela. Source: Schlumberger.

The numerous electrical logging jobs in those oil fields soon demonstrated the value of Schlumberger technology. Initial operations in the US were not so successful due to the economic depression of that time. While engineers struggled to achieve success with this new oil service, a very important discovery in 1931 called spontaneous potential increased the effectiveness of the electrical logging. Permeable and impermeable layers, such as sand and clay or limestone

and clay, could be clearly distinguished using the combination of measurements. This combination of spontaneous potential and resistivity curves was of much more value in locating oil and calculating production possibilities than the resistivity log alone. This greatly helped Schlumberger to successfully introduce the new recording technique.

Since the first electrical recording in March 1929, Schlumberger continued working in Venezuela without interruption. The excellent results obtained in Venezuela convinced the Royal Dutch Shell group and other companies to use Schlumberger's methods in other countries. In 1931, they began working in Romania and southern Sumatra; in 1932, in Trinidad, and the rest is a story for another article.



Equipment used in logging the first well in Maracaibo, Venezuela, in March 1929. The engineer plotted the log on chart paper, which was continuously driven by the wireline cable passing through two wheels coupled to the recorded mechanism. Source: Schlumberger.



Old Schlumberger logging truck, used at that time in Venezuela. Source: Schlumberger.

REFERENCES

Casas, J.E. (2023) Brief notes about the beginnings of well logging. *Boletín de la Historia de las Geociencias en Venezuela*, 143, 287-291.
 Johnson, H. M. (1962). A History of Well Logging. *Geophysics* 27: 507-527. <https://doi.org/10.1190/1.1439054>
 Schlumberger. 1920s: The First Well Log. <https://www.slb.com/about/who-we-are/our-history/1920s>



jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 38 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador and Perú.

Autor/Co-autor en 57 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, *Geophysics*, *The Leading Edge*, *Asociación Paleontológica Argentina*, *Paleontology*, *Journal of Petroleum Geology*, *Academia de Ciencias*, *Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences*; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en la revista AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: *Estratigrafía Secuencial*, *Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos* (2003-2024), en la misma universidad. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

The Power of Seeps

Jon Blickwede

Teyra GeoConsulting LLC

Houston, Texas

www.teyrageo.com

With so much emphasis placed on the development of new technology for finding oil & gas, and rightly so, we sometimes forget that there are some old tools and techniques that still retain their usefulness. The most ancient of all methods for petroleum exploration was first applied by early man, who discovered that a sticky black substance (biodegraded oil, or pitch) found in certain places at the Earth's surface, was an effective sealant/caulking material.

During my expatriate assignment for Amoco Venezuela in the 1990's, some of my most memorable experiences were the various excursions I took into the Orinoco Delta, where we understood that the Government was planning to offer two large blocks in the First (and turned out to be the last) Exploration Bid Round scheduled for 1996-97. The delta of the Orinoco River is roughly the same size as Switzerland, but to this day still hasn't a single road or other sort of modern infrastructure within the delta proper. By the 90's, neither had any modern seismic been acquired in the interior of the delta, or oil & gas exploration wells drilled, despite the existence of two significant oil fields on the northern (Pedernales Field) and western (Tucupita Field) delta fringe. Nevertheless, we perceived there was a significant risk that the outer portion of the delta, where one of the blocks had been defined, might be gas-prone — this part of the delta being near to the gas discoveries and producing fields of the Columbus Basin offshore eastern Trinidad. And in those years (and probably to this day), a gas discovery in the remote Orinoco Delta would have been deemed non-commercial.

The main inhabitants of the Orinoco Delta are the people of the Guarao indigenous group, thought to have settled in this

region thousands of years ago. The delta is not the most easily habitable part of eastern Venezuela, and it's believed that the Guarao were originally driven into the delta seeking refuge from more belligerent tribes in the region. There is essentially no dry ground, so the Guarao communities are built on stilts along the banks of the distributary channels. And only a single type of fruit or vegetable, ocumo chino, or dasheen, can be cultivated in the perpetually soggy ground. As such, the limited diet of the Guarao

consists of basically just two foodstuffs: the potato-like dasheen, and fish. The critical importance of the latter as their only significant source of protein means that the Guarao's fishing technology is paramount to their survival. And an essential material for that technology is pitch from oil seeps, both to seal the ends of sections of bamboo that are used as floats/bobbers set out in the channels with line and hooks on which fish bait is attached, as well as caulk for their main transportation, dugout canoes made from mangrove trees. The Guarao name for pitch is oray. Thus, my primary strategy to search for oil seeps was to travel by boat from one village to another, and inquire if anyone in the community knew of any places nearby where oray could be collected. If they claimed to know of such localities, usually a group of men would immediately offer to guide me to the site, which typically would be a



subaqueous spot in the mangrove jungle where they dove underwater and excavated in the mud with their hands and feet, emerging, amazingly, with nodules of pitch. How those hidden seeps might have first been encountered is still a great mystery to me.

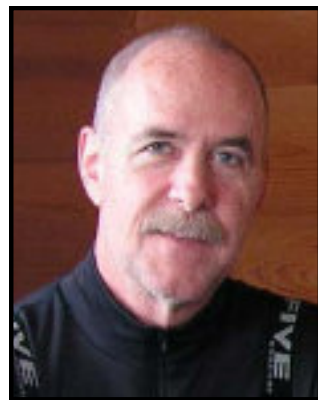
I visited the environs of the exploration block in the outer delta, called Punta Pescador, on a few of my excursions. I was armed with a treasure map of sorts, a copy of an old report from a couple of geological expeditions in the 1920's that had

been passed to me by a friend in Caracas, in which a number of oil seeps/pitch localities were documented in the area. The localities were marked on a series of roughly sketched maps, and using these in conjunction with my usual inquiries at the Guarao communities, I searched and searched for probably a total of three weeks, to no avail. Finally, during early December 1996, just before the bid deadline for Punta Pescador and the other nine blocks in the First Round, we were traversing a small channel where we'd been before, and lo and behold found a ~50 meter stretch of the channel with oil bubbling to the surface in a number of places and spreading out in a sheen. Samples were taken and hot-shotted back to Houston for analysis, which confirmed not only that it was indeed crude oil, but also revealed the chemical composition which correlated to oil produced at the Pedernales Field far to the west. Amoco management ended up deciding to

place a significant bid (something in the neighborhood of USD 100 million, as I recall—a huge bid in those days) on the Punta Pescador block, and won. I don't believe that any bid would have been made by Amoco unless that oil seep had been confirmed.

Later, 3D seismic was acquired in the Punta Pescador block by Amoco, and a wildcat was drilled in another part of the block than the oil seep. Though the well did not reach its ultimate objective, apparently only gas was encountered, and the license was dropped. But I still recall seeing and sampling that oil seep, and the ensuing excitement and impact it created.

You might have been hoping that I'd disclose the location of the seep in Punta Pescador. Well I'm sorry... that information is just too powerful. ☺



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

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

Entró a la Universidad de New Orleans, Louisiana en el año 1979, donde hizo su tesis de Maestría en Geología sobre la Formación Nazas en la Sierra de San Julián, Zacatecas, México.

Jon comenzó su carrera en la industria petrolera en 1981, trabajando siempre como geólogo de exploración, para varias compañías tal como Amoco, Unocal, y últimamente la petrolera estatal noruega Statoil, de la cual se jubiló en el año 2017. Ha realizado proyectos de geología regional de México, Centroamérica y el Caribe para todas estas empresas.

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

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

Research offers new evidence about the Gulf of Mexico's past

University of Houston

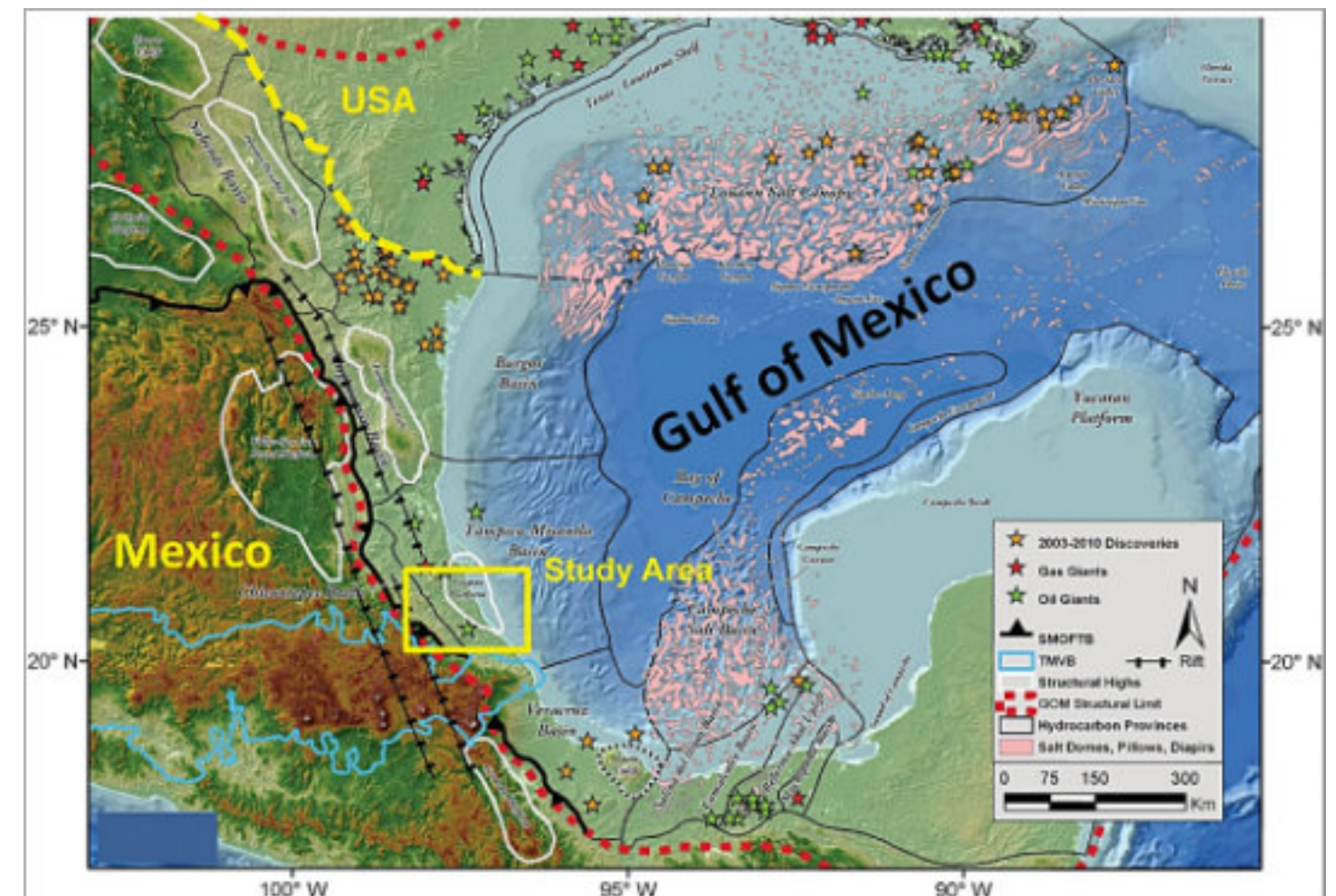
Geologists studying a region in the Mexican state of Veracruz have discovered evidence to explain the origin of the Wilcox Formation, one of Mexico's most productive oil plays, as well as support for the theory that water levels in the Gulf of Mexico dropped dramatically as it was separated from the rest of the world's oceans and the earth entered a period of extreme warming. The drop in water levels and the warming, known as the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM), occurred around 55.8 million years ago. The Gulf refilled about 850,000 years later.

Geologist Don Van Nieuwenhuise said the study, published in the 2016 February edition of *Interpretation*, explains the distribution of the Wilcox Formation from onshore Texas and Mexico into the deep waters of the Gulf and offers insight into the episode of extreme warming more

than 55 million years ago, with potential implications for climate change today.

Van Nieuwenhuise, director of professional geoscience programs at the University of Houston, is an author of the study, along with lead author Stephen P.J. Cossey, Joseph Davis, Joshua H. Rosenfeld and James Pindell. Cossey, Davis, Rosenfeld and Pindell are independent geologists. The findings support the theory that the Gulf of Mexico was landlocked as the Paleocene Epoch morphed into the warmer Eocene, punctuated by a massive loss of water due to evaporation and, millennia later, was inundated again.

Van Nieuwenhuise said oil producers long have been puzzled about the Wilcox Formation's appearance in the Gulf's deeper waters, hundreds of miles from where it appears onshore. This new information could mean there are still-undiscovered sections of the formation, also known as the Paleocene/Eocene Chicontepec Formation, he said. But while the research offers a better understanding of where additional oil reservoirs might be located, Cossey said it also expands what is known about the history of the Gulf.



"There have been geologists working in the Gulf of Mexico for decades," said Cossey, who is based in Durango, Colo. "After all these years, we're still finding out things we didn't know. This is important for oil and gas exploration, but it's also important in the history of the Gulf of Mexico and our knowledge of climate change."

The researchers said waters in the Gulf dropped at least 650 feet, leaving an exposed area that refilled less than a million years later - the blink of an eye in geologic time. "Proving the existence of the Paleocene-Eocene drawdown would profoundly alter the interpretation of the Gulf's geologic history with academic and economic ramifications," the researchers wrote. "The theory, if further validated, would provide a revised context and would enhance predictability for petroleum exploration. ... We can add another line of evidence that the (Gulf of Mexico) drawdown occurred and that it likely happened near the Paleocene-Eocene boundary," or in the era between the Paleocene and Eocene epochs.

Several members of the team had previously worked near the village of Chicontepec, in Veracruz. Cossey, in fact, has written a book about the region, "Chicontepec: A Mexican National Treasure."

He returned in February 2015 to an outcrop previously documented as a coal bed, convinced that the existence of turbidites, a type of sedimentary rock associated with deep ocean currents, next to the coal deserved more investigation.

Analysis of samples from the outcrop convinced the researchers that the "coal" was in fact a fossilized oil seep dating to the late Paleocene/early Eocene. Samples from above and below the oil contained fossilized sea life, additional evidence that the area was once submerged. The researchers report that the oil seep developed after a dramatic drop in water levels in the Gulf, triggered by evaporation and coinciding with the PETM, the previously reported surge in temperatures. They conclude the dropping sea levels reduced pressure on hydrate-rich sediments, resulting in a massive methane release. Although there is not yet proof the warming was triggered by the methane release, Cossey said the timing fits.

"We know there was an increase in temperatures about 56 million years ago," he said. "If we know the drawdown in the Gulf of Mexico caused that, we can better understand how natural events on earth can affect the climate."

Van Nieuwenhuise noted that today's warming oceans could also cause hydrates on the ocean floor to release methane, which may exacerbate climate change. The region where the outcroppings were found was re-submerged as the Gulf waters rose but are now above sea level and about 100 miles from the Gulf coast, due to later geologic movement known as Tectonic activity, which would have reopened the passage between the Gulf and the world's oceans.

Source: University of Houston



Termodinámica Geoquímica (Termodinámica para Geólogos): Fundamentos y aplicaciones

Compilado por:

Alejandro Carrillo Chávez, Instituto de Geociencias,
UNAM Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla,
Querétaro, 76230.

Correo electrónico: ambiente@geociencias.unam.mx

La termodinámica es una rama fundamental de la física que estudia las relaciones entre el calor, el trabajo y la energía. Para los geólogos, la termodinámica (termodinámica geoquímica) proporciona herramientas esenciales para comprender, cuantificar y predecir los procesos que se desarrollan en los sistemas químicos en la Tierra (Geoquímica). Estos procesos incluyen: el interior de la tierra, la corteza terrestre, la hidrosfera y la atmósfera física. Desde la cristalización de los minerales en el magma, el comportamiento de los fluidos en los sistemas hidrotermales, y hasta la fuente y controles de elementos potencialmente contaminantes en el medio ambiente, los principios termodinámicos sustentan muchos fenómenos geológicos. En este breve artículo se exploran los principios clave de la termodinámica y sus aplicaciones en geología, haciendo hincapié en su papel a la hora de desentrañar los procesos dinámicos de la Tierra.

Principios de la termodinámica geoquímica

En esencia, la termodinámica geoquímica se basa en las leyes de la termodinámica para describir las relaciones entre la energía, la entropía y el estado de la materia. Las tres leyes fundamentales (y la llamada Ley Cero) son:

0. Ley Cero de la Termodinámica: Esta ley establece el concepto de temperatura. Si dos sistemas están en equilibrio térmico con un tercer sistema, están en equilibrio térmico entre sí. Este principio es fundamental para comprender los gradientes de temperatura en el interior de la Tierra.

1. Primera Ley de la Termodinámica: La energía no puede crearse ni destruirse, sólo transferirse o transformarse.

Este principio rige la conservación de la energía en los sistemas geoquímicos.

2. Segunda Ley de la Termodinámica: La entropía de un sistema aislado tiende a aumentar con el tiempo, lo que conduce al concepto de equilibrio y espontaneidad de las reacciones.

3. Tercera Ley de la Termodinámica: A medida que la temperatura se aproxima al cero absoluto, la entropía de un cristal perfecto se aproxima a cero. Utilizando estas leyes, la termodinámica geoquímica se centra en cuatro propiedades clave:

- Energía libre de Gibbs (ΔG): Determina la espontaneidad de una reacción. Una ΔG negativa indica que una reacción es termodinámicamente favorable en condiciones específicas (las reacciones espontáneas siempre van de mayor a menor energía libre de Gibbs (ΔG)).

- Entalpía (ΔH): Representa el contenido de calor de un sistema, influyendo en las reacciones endotérmicas y exotérmicas.

- Entropía (ΔS): Refleja el grado de desorden o aleatoriedad de un sistema.

- Constante de equilibrio (K): Define la relación entre las concentraciones de los reactivos y los productos en una reacción química específica en el equilibrio.

Aplicaciones en Geoquímica

La termodinámica geoquímica es esencial para comprender los procesos dinámicos de la Tierra. Algunas aplicaciones clave incluyen:

1. Estabilidad Mineral y Diagramas de Fase
Los campos de estabilidad mineral están determinados por la energía libre de Gibbs de varias fases. Los diagramas de fase representan los rangos de estabilidad de minerales y fluidos en función de la temperatura, la presión y la composición. Por ejemplo, los polimorfos Al_2SiO_5

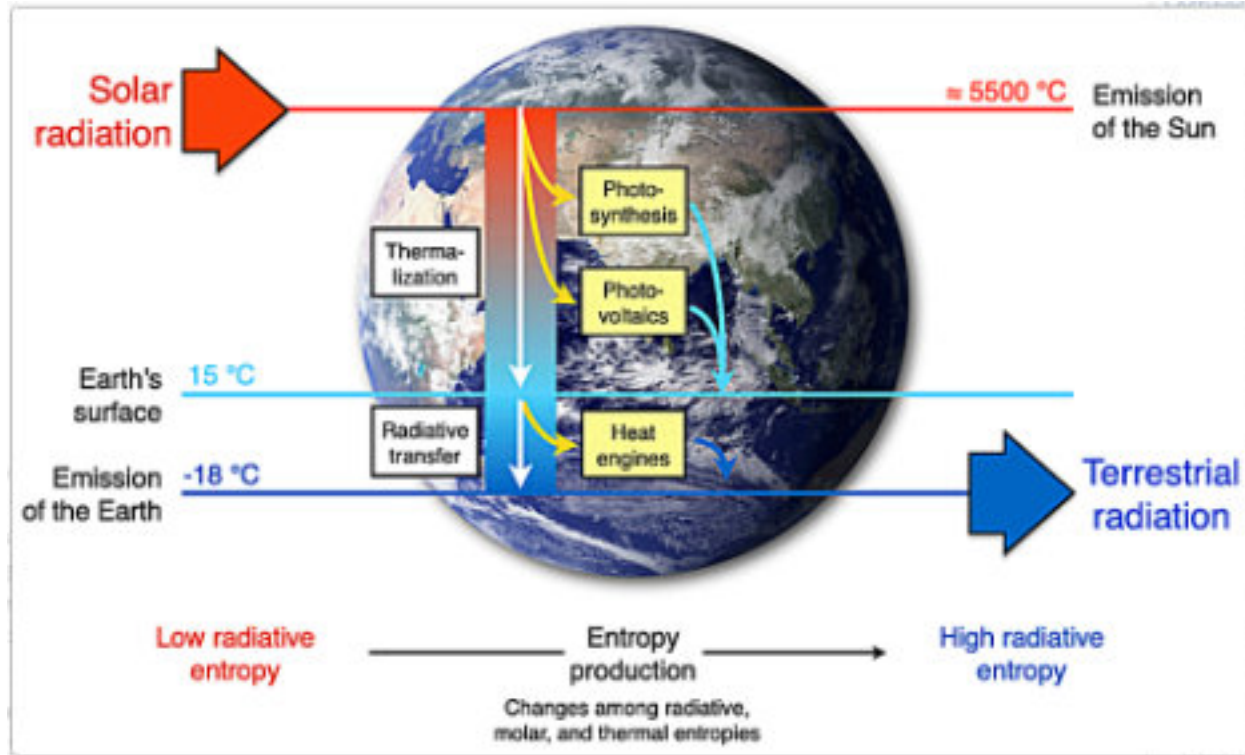


Figura 1. Diagrama esquemático que ilustra la configuración termodinámica principal de todo el planeta. La energía se degrada y la entropía aumenta a medida que la radiación solar es convertida en diferentes formas de energía y entropía por los procesos del sistema terrestre y, finalmente, es emitida al espacio como radiación terrestre en longitudes de onda mucho más largas. Para la dinámica del sistema terrestre, es muy diferente que este aumento de entropía implique la generación de energía libre, energía capaz de realizar trabajo (recuadros amarillos: motores térmicos, fotosíntesis y fotovoltaica), la energía que no realiza trabajo (recuadros blancos: termalización y transferencia radiativa; Kleidon, A. 2023).

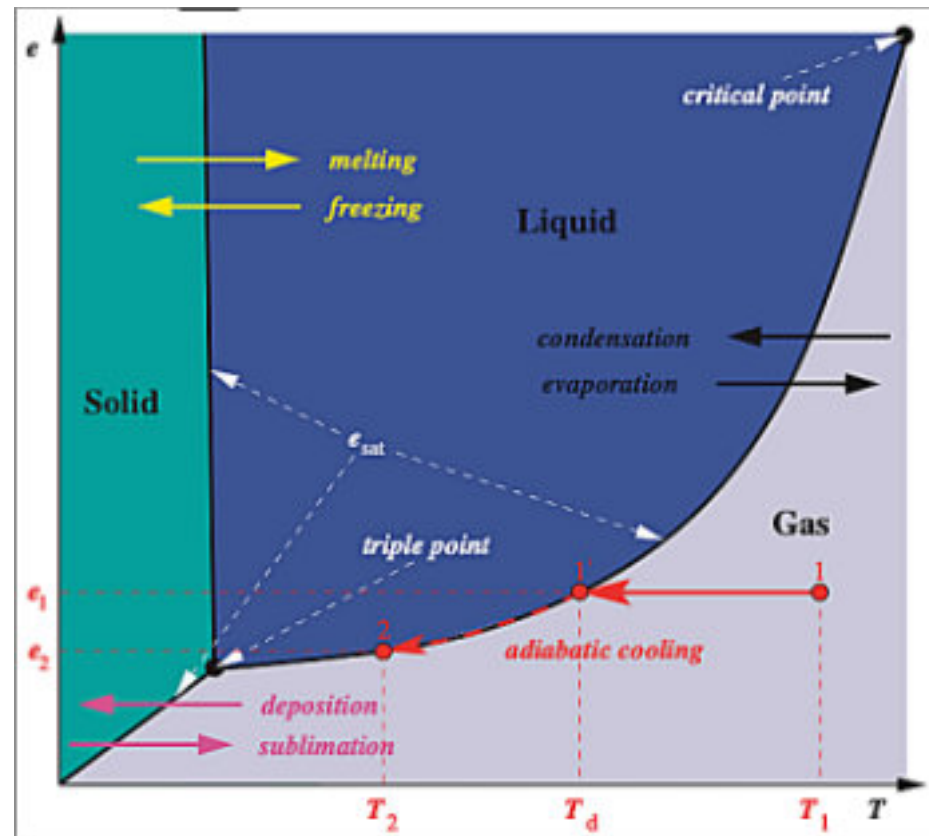


Figura 2. Diagrama de fases del sistema H₂O (agua). T = Temperatura del aire; T_d = Temperatura del punto de rocío (condensación); e = presión de vapor; e_{sat} = presión de vapor saturado. Ejemplo de aplicación de Termodinámica Geoquímica en ciencias de la atmósfera. (Bott, A., 2010).

(andalucita, cianita y sillimanita) se utilizan para inferir las condiciones metamórficas de las rocas.

2. Procesos magmáticos

La termodinámica explica la cristalización y diferenciación del magma. Utilizando principios como la conservación de la energía y el equilibrio de fases, los geólogos pueden modelar las trayectorias de enfriamiento de los magmas y predecir las composiciones de las rocas ígneas resultantes. Por ejemplo, la serie de reacciones de Bowen describe la cristalización secuencial de minerales a partir de un magma en enfriamiento, guiada por la estabilidad termodinámica.

3. Reacciones metamórficas

El metamorfismo implica cambios mineralógicos y texturales en las rocas debidos a cambios de temperatura, presión y entorno químico. Los cálculos termodinámicos

permiten a los geólogos predecir la dirección y el alcance de las reacciones metamórficas. Los cálculos de la energía libre de Gibbs (ΔG), derivados de la primera y segunda leyes de la termodinámica, determinan si una reacción se producirá espontáneamente en unas condiciones dadas.

4. Interacciones fluido-roca.

La termodinámica geoquímica ayuda a modelar las interacciones entre los fluidos (por ejemplo, agua, salmueras, gases) y las rocas. Estas interacciones controlan procesos como la meteorización, la alteración hidrotermal y la formación de yacimientos minerales. Los modelos termodinámicos calculan la solubilidad, la especiación y el transporte de elementos en soluciones acuosas. Estos modelos son vitales para predecir la precipitación de minerales y comprender el transporte de elementos de importancia económica como el oro y el cobre.

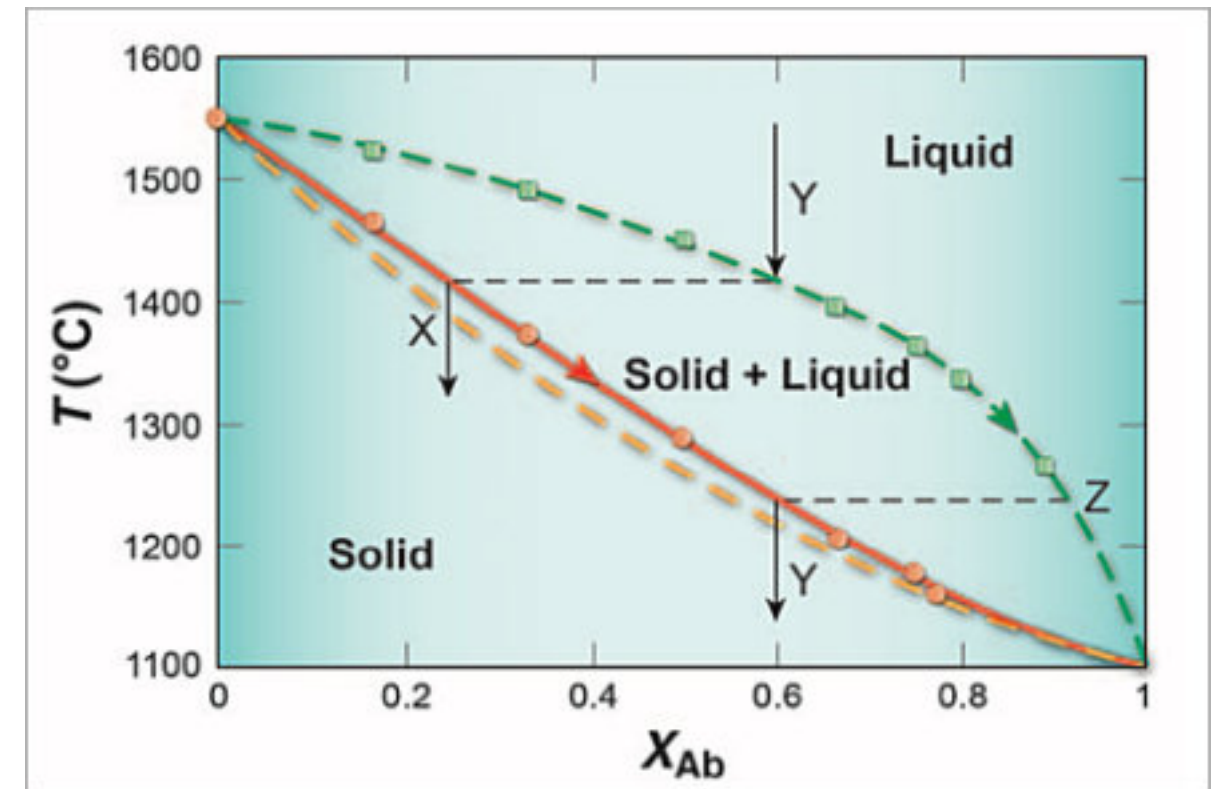


Figura 3. Relaciones de fusión de la plagioclasa. La figura muestra datos de experimentos (círculos y cuadrados; Bowen 1913) y un diagrama de fases calculado suponiendo una mezcla ideal de los dos componentes finales, albita y anortita, tanto en fase fundida como sólida (curvas discontinuas) o con un modelo no ideal para las plagioclasas (curva sólida). Se dice que las ramas liquidus y solidus son univariantes porque, una vez fijada la presión, el equilibrio entre el líquido y el cristal se alcanza a una única temperatura para una composición dada o, a la inversa, para una única composición a una temperatura dada. X_{Ab} es la proporción molar de albita en el sistema albita-anortita. Ejemplo de aplicación de Termodinámica Geoquímica en petrología ígnea. (Richet and Ottonello, 2010).

5. Ciclos geoquímicos

La termodinámica también desempeña un papel en los ciclos geoquímicos a gran escala, como el ciclo del carbono. Por ejemplo, la estabilidad de los minerales carbonatados en condiciones variables de presión, temperatura y concentración de CO_2 se rige por principios termodinámicos. Esto ayuda a explicar procesos como la formación de calizas, el metamorfismo y el papel de la meteorización de los silicatos en la regulación de los niveles atmosféricos de CO_2 .

5. Geoquímica ambiental

En contextos medioambientales, la termodinámica geoquímica evalúa la movilidad y biodisponibilidad de contaminantes como los metales pesados y los radionucleidos. Esto incluye el modelado geoquímico de sus interacciones con minerales, materia orgánica y agua en suelos y sedimentos.

Bases de datos termodinámicas y herramientas de modelización

La investigación geoquímica moderna se basa en datos termodinámicos y herramientas computacionales para simular sistemas químicos. Algunas bases de datos

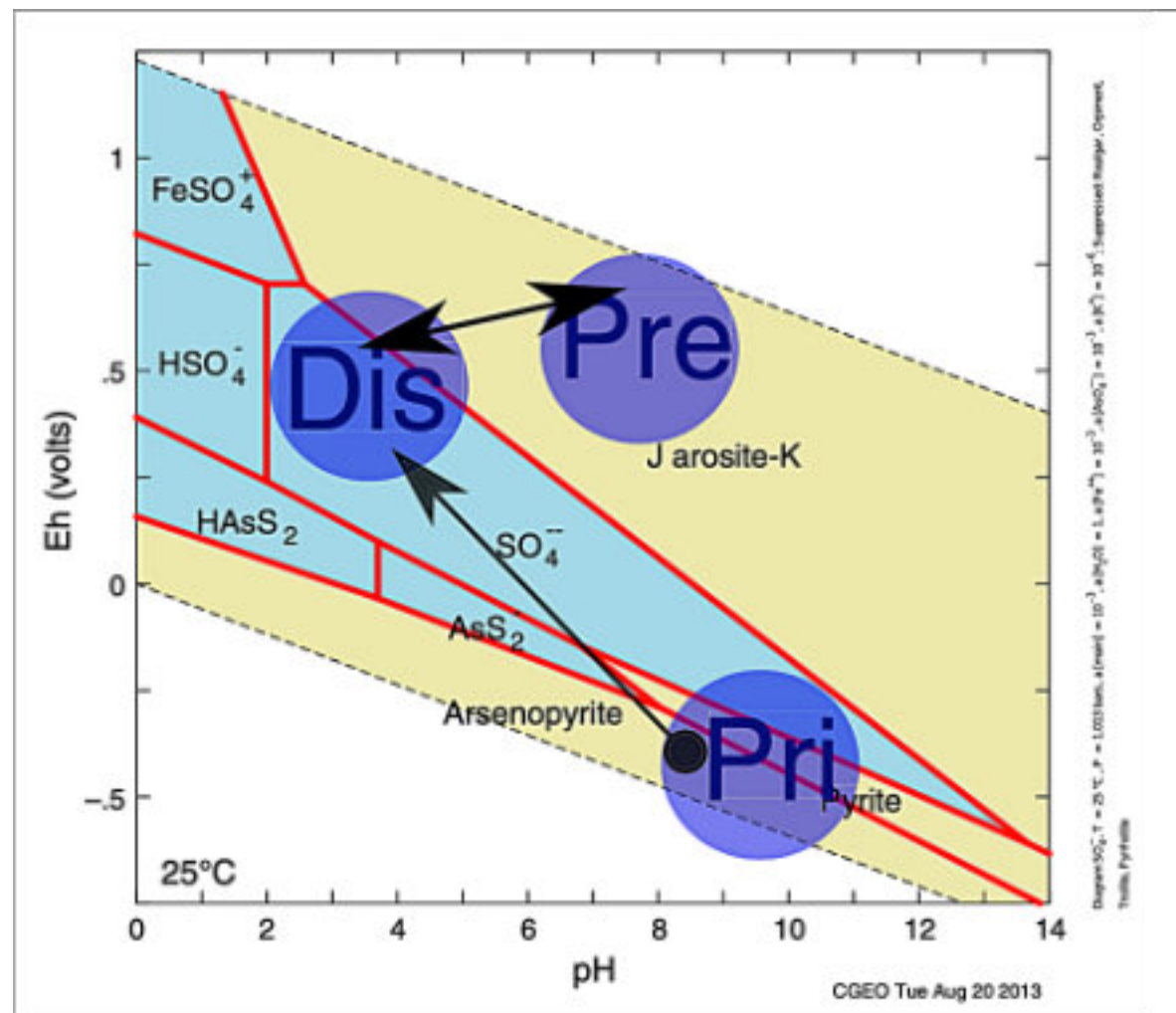


Figura 4. Diagrama pH vs Eh para el sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{AsO}_4^{2-}-\text{Fe}^{3+}-\text{SO}_4^{2-}-\text{K}$. La figura muestra los campos de estabilidad de la mineralogía primaria (pirita y arsenopirita; Pri) y el camino de oxidación-disolución al campo de estabilidad de disolución (Dis). La línea de doble flecha indica el camino reversible entre la precipitación de fases minerales secundarias (terciarias) y la disolución. Las condiciones del diagrama son: temperatura 25 °C; presión 1,013 bares (1 atm); actividad de $\text{H}_2\text{O} = 1$; actividad de $\text{Fe}^{3+} = 10^{-3}$ mol; actividad de $\text{AsO}_4^{2-} = 10^{-3}$ mol; actividad de $\text{SO}_4^{2-} = 10^{-3}$ mol; actividad de $\text{K} = 10^{-6}$ mol; minerales suprimidos: Rejalgar, Oropimente, Troilita y Pirrotita. Ejemplo de aplicación de Termodinámica Geoquímica en geoquímica ambiental (Carrillo et. al., 2014).

termodinámicas y software ampliamente utilizados incluyen:

- SUPCRT92: Un programa para calcular propiedades de estado estándar y equilibrios de reacción para minerales, gases y especies acuosas.
- PHREEQC: Una herramienta versátil para modelizar reacciones geoquímicas en sistemas acuosos.
- The Geochemist 's Workbench (GWB): Una suite completa para modelar rutas de reacción, especiación y transporte.
- ThermoCalc: Utilizado para cálculos complejos de equilibrio de fases en sistemas metamórficos e ígneos.

Desafíos y limitaciones

A pesar de sus amplias aplicaciones exitosas, la termodinámica geoquímica se enfrenta a desafíos. Los sistemas geológicos suelen ser abiertos y dinámicos, e intercambian energía y materia con su entorno. También se tiene las incertidumbres de los datos termodinámicos en condiciones extremas (muy altas temperatura y presión): Se necesitan mejores modelos de los sistemas naturales complejos y la integración de la cinética con las predicciones termodinámicas. Esta complejidad puede dificultar la aplicación de modelos termodinámicos simplificados, que suponen sistemas cerrados.

La investigación emergente en Geoquímica Termodinámica se centra en:

- Ampliar los datos termodinámicos (bases de datos) a condiciones de presión ultra-alta y alta temperatura relevantes para los procesos en el interior de la Tierra (corteza profunda y/o manto terrestre).
- Acoplar modelos termodinámicos con simulaciones de transporte reactivo para comprender la evolución de los sistemas naturales a lo largo del tiempo.
- Aplicación del aprendizaje automático y los macrodatos a los procesos terrestres profundos.

Conclusión

La termodinámica geoquímica es una piedra angular de las geociencias modernas, ya que ofrece un marco

cuantitativo para descifrar los procesos físicos y químicos que dan forma a nuestro planeta. Al tender puentes entre los principios teóricos y las aplicaciones prácticas, sigue aportando conocimientos fundamentales sobre el pasado, el presente y el futuro de la Tierra.

Bibliografía Básica

- Anderson, G. M., y Crerar, D. A. (1993). *Thermodynamics in Geochemistry: The Equilibrium Model*. Oxford University Press.
- Bethke, C. M. (2008). *Geochemical and Biogeochemical Reaction Modeling*. Cambridge University Press.
- Bott, A. (2010). *Thermodynamic Processes in the Moist Atmosphere*. *Elements*, v. 6, pp. 293–298.
- Carrillo-Chávez, A., Salas-Megchun, E., Levesse, G., Muñoz-Torres, C., Pérez-Arvizu, O. and Gerke, T. (2014). Geochemistry and mineralogy of mine-waste material from a “skarn-type” deposit in central Mexico: Modeling geochemical controls of metals in the surface environment. *Journal of Geochemical Exploration*, 144, 28-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.03.017>
- Helgeson, H. C., et al. (1978). Resumen y crítica de las propiedades termodinámicas de los minerales formadores de rocas. *American Journal of Science*.
- Kleidon, A. (2023). Working at the limit: A review of thermodynamics and optimality of the Earth system, *Earth Syst. Dynam.*, 14, 861–896, <https://doi.org/10.5194/esd-14-861-2023>.
- Richet, P. and Ottonello, G. (2010). Thermodynamics of Phase Equilibria in Magma. *Elements*, V. 6, pp. 315 - 320.
- Sverjensky, D. A., et al. (1991). The prediction of Gibbs free energies and equilibrium constants at high temperatures and pressures: The system $\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
- Shock, E. L., & Helgeson, H. C. (1988). Cálculo de las propiedades termodinámicas y de transporte de especies acuosas a altas presiones y temperaturas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
- Teaching Phase Equilibria (Thermodynamics): https://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/thermodynamics.html



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

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

The Age and Origin of the Veracruz Basin of Mexico: An Opportunity for Investigation

Joshua Rosenfeld

Independent Geologist and
Editor of the Revista Maya de Geociencias

The NNW- SSE Veracruz Basin (VB) is aligned along the western Gulf of Mexico (GoM) (Figure 1). It is bordered to the west by Mesozoic units of the Zongólica fold belt, to the east by the Anegada High, on the north by crystalline basement of the Teziutlán Massif underlying the eastern extreme of the Trans-Mexican Volcanic Belt, and to the south by the crystalline basement-cored Chiapas Massif. A major negative gravity anomaly characterizes the VB which also holds up to 10,000 meters of Cretaceous and Tertiary sedimentary strata. The gravity anomaly and sedimentary load indicate that the VB is underlain by oceanic crust. Drilling by Pemex on the Anegada High show that the uplifted basement of the Anegada High consists of basalt. Its location along the major transform fault along which separation, rotation and drifting of the

Yucatán Block southward occurred from its original position against the Texas coast and opened the GoM. Generation of oceanic crust west of the Anegada High VB implies that an additional short segment of spreading ridge formed the VB, and as the last segment of the GoM to open in the Cretaceous moved the Yucatan Block to its final position. This spreading center would have rifted the Chiapas Massif southwestward from its original position against the Teziutlán Massif. Figure 2 is a restoration of the proposed pre-rift configuration showing that the Chiapas Massif fits comfortably into the space opened by the VB. In this scenario the presence of any Jurassic units in the VB would be impossible.

Investigation of this hypothesis requires detailed comparison of the rocks of the Zongólica Foldbelt to those surrounding the Chiapas Massif, and determination of the nature of faults and kinematic indicators in both terranes. Therefore, this is an ideal opportunity for investigation since both areas have been geologically mapped and are accessible for field work.

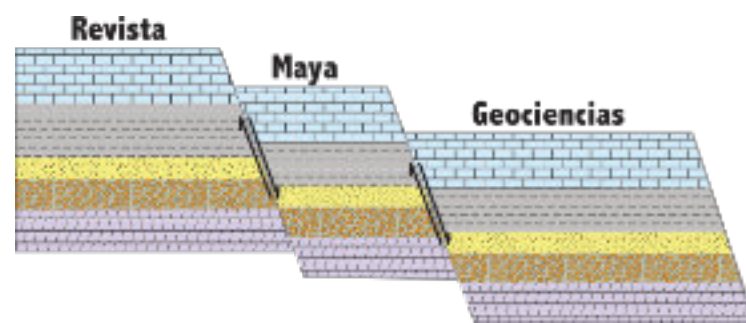
La Edad y Origen de la Cuenca de Veracruz de México Una Oportunidad de Investigación

Joshua Rosenfeld

Geólogo Independiente y
Editor de la Revista Maya de Geociencias

La Cuenca de Veracruz (CVC) se alinea a lo largo del Golfo de México (GdM) occidental (Figura 1). Colinda al oeste con las unidades Mesozóicas de la Faja Plegada Zongólica, al oriente con el Alto de Anegada, al norte por el zocalo cristalino del Macizo de Teziutlán debajo del extremo oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, y al sur por el zocalo cristalino del Macizo de Chiapas. Una anomalía gravimétrica muy negativa caracteriza la VB que también contiene hasta 10.000 metros de estratos sedimentarios de edades Cretácica y Terciaria. La anomalía gravimétrica y la carga sedimentaria indican que la CV tiene un fondo de corteza oceánica. Perforación del Alto de Anegada por Pemex descubrió que su basamento levantado consiste de basalto eruptado sobre la falla de transformación a lo largo de la cual ocurrió la separación, rotación y traslado del Bloque de Yucatán al sur desde la costa de Texas abriendo el GdM. La generación de corteza oceánica oeste del Alto de Anegada implica la presencia allí de un segmento corto de eje de abertura que hubiera sido el último segmento del GdM de abrir en el Cretácico con el traslado del Bloque de Yucatán a su posición actual. Este eje hubiera desplazado el Macizo de Chiapas hacia el sureste desde su posición original contra el Macizo de Teziutlán. La Figura 2 es una restauración propuesta de la configuración pre-rift y demuestra que el Macizo de Chiapas cabe comodamente en el área de la futura VB. En este escenario la presencia de cualquier unidad de edad Jurásica en la VB sería imposible.

La investigación sobre esta hipótesis requeriría comparar en detalle las rocas de las Fajas Plegadas Zongólicas a las que rodean el Macizo de Chiapas, y la determinación de la naturaleza de las fallas e indicadores cinemáticos en ambos terrenos. Por este motivo es una oportunidad ideal para investigar puesto que ambas áreas han sido mapeadas geológicamente y son accesibles para trabajo de campo.



La constancia y el estudio hacen a los hombres grandes, y los hombres grandes son el porvenir de la Patria.

BENITO JUÁREZ

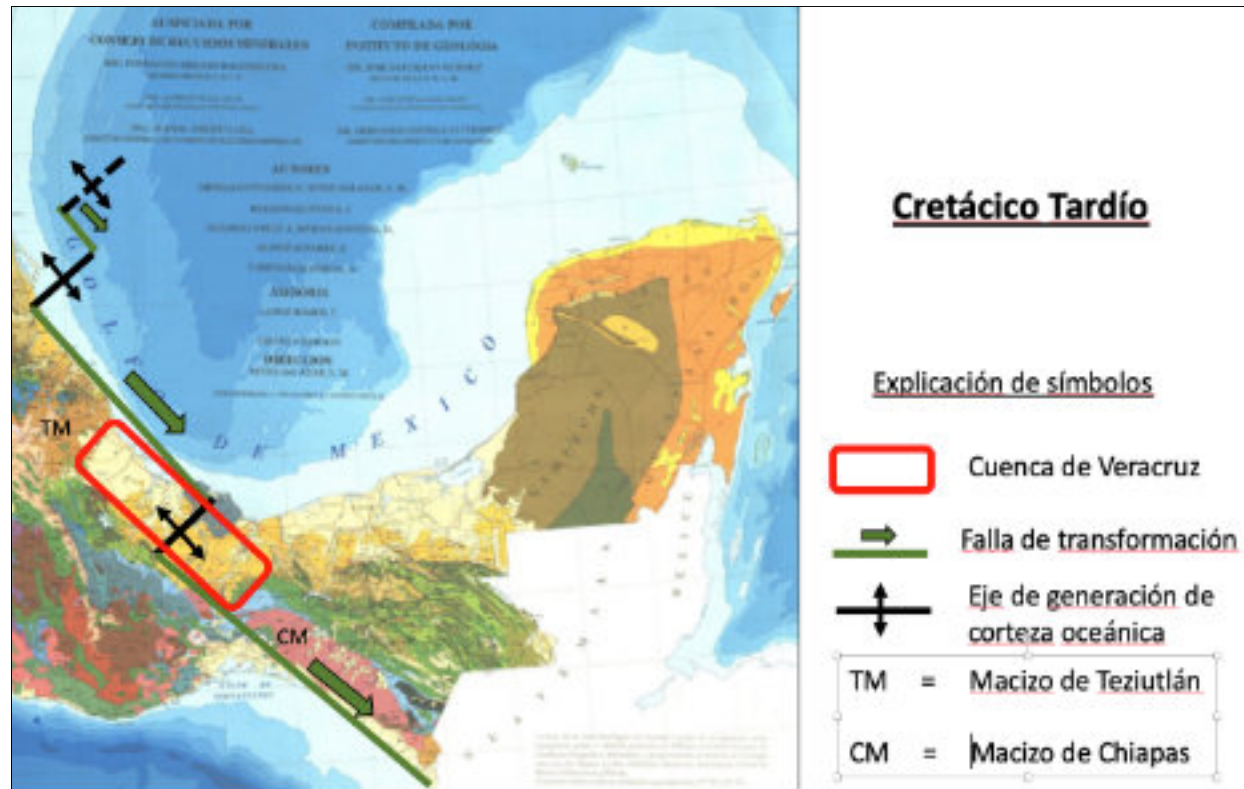


Figure 1. Final stage (Middle Cretaceous) of formation of the Gulf of Mexico involving opening of the Veracruz Basin and rifting between the Chiapas Massif and Teziutlan Massif, and displacement of the Yucatan Block to its present position.

Figura 1. Etapa final (Cretácico Tardío) de formación del Golfo de México involucrando abertura de la Cuenca de Veracruz y separación del Macizo de Chiapas del Macizo de Teziutlan, y traslado del Bloque de Yucatán a su posición actual.

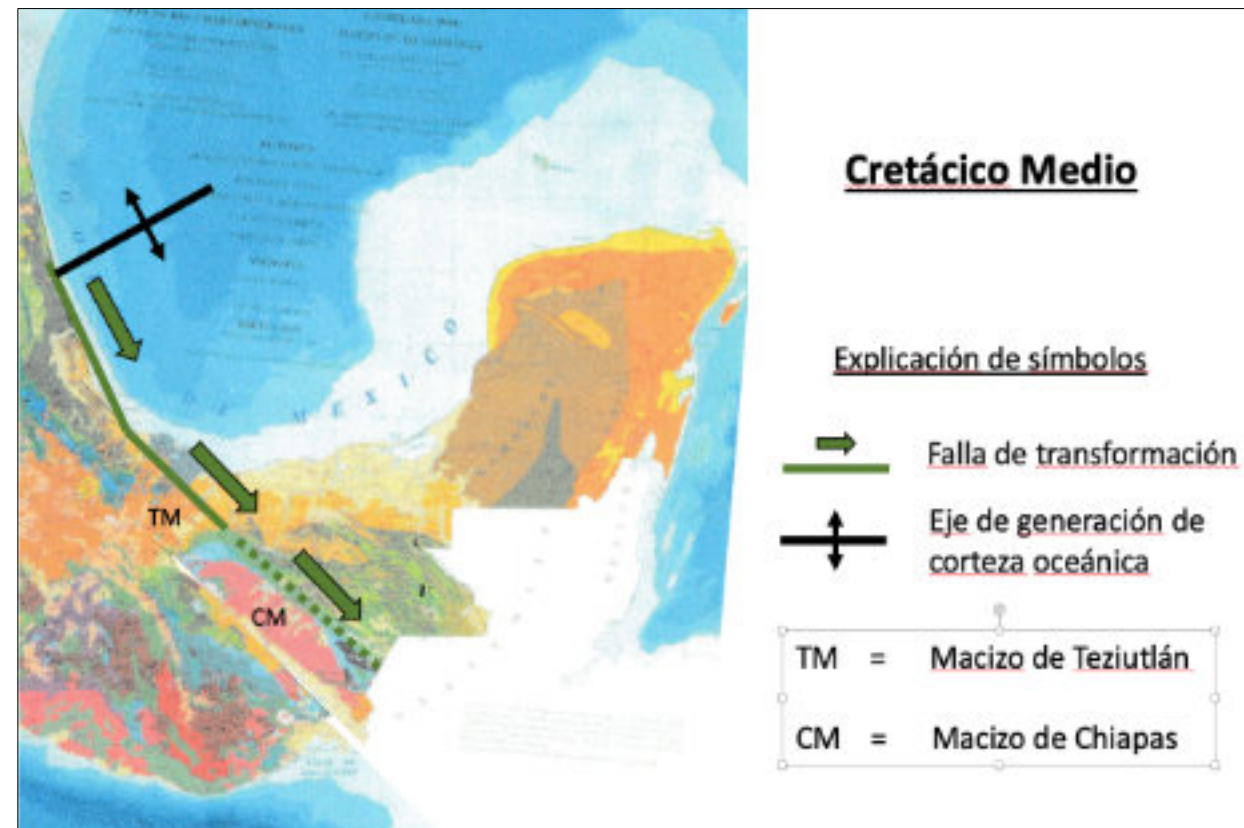


Figure 2. Pre-Veracruz Basin (Mid-Cretaceous) Gulf of México showing proximity of the Chiapas Massif to the Teziutlan Massif.

Figura 2. Pre-Cuenca de Veracruz (Cretácico Medio) Golfo de México indicando proximidad del Macizo de Chiapas al Macizo de Teziutlán.

Edad de la Sal en la Cuenca de Veracruz, México Oriental: ¿Jurásica ó Terciaria?

Joshua H. Rosenfeld

Geólogo Independiente

Editor de La Revista Maya de Geociencias

Granbury, Texas, U.S.A.

Resumen

En 1979 Pemex perforó el pozo petrolero Mataespino 101-B en la Cuenca de Veracruz (CVC) buscando objetivos del Paleógeno y/o Cretácico. Después de penetrar una sección gruesa de lutitas del Eoceno y un poco del Paleoceno se encontró 30 metros de sal (corregido por echado). Se cortó un núcleo en la cima de la sal, siguieron perforando y luego tomaron registros. Aunque la cabeza del registro indica que se perforó sal hasta 5,541 metros de profundidad, hay dudas sobre esa continuación porque los registros y las muestras de zanja terminan en limolita a 5,325 m. Entonces hay discrepancias entre las litologías registradas, muestreadas y reportadas. No había conocimiento de esta sal antes en este pozo, ni en la CVC ni tampoco en las rocas Mesozóicas inmediatamente al occidente de la cuenca. Además, la CVC dista cientos de kilómetros de la sal del Istmo al sur y la sal Luann al norte. Sin embargo, basados en su contenido fosilífero se interpretó esta sal como Jurásica, y que se continua hasta abajo como una intrusión o domo salino. Este artículo propone que la sal pudiera haber sido depositado durante el Paleógeno cerca al límite Paleoceno/Eoceno. Esto apoyaría la teoría de la bajada de nivel del Golfo de México (GdM) al finales del Paleoceno y la CVC, separada del GdM por el Alto de Anegada, evaporó completamente por un tiempo relativamente corto. Este artículo toca aspectos relevantes de la historia de la CVC, y la sismica, registros, paleontología y datos isotópicos de Mataespino 101-B para aclarar la edad actual de la sal.

Abstract

In 1979 Pemex drilled the Mataespino 101-B petroleum exploration well in the Veracruz Basin (VB) with Paleocene or Cretaceous objectives. After penetrating a thick shaly section of Eocene and Paleocene age, 30 meters of salt (dip corrected) was found overlying siltstone. Core was

taken near the top of the salt, then drilling continued and logs were run. Although the log header states that the salt was penetrated until 5,541 m there is some doubt about whether salt actually continues to greater depth since the logs and the cuttings samples ended in siltstone at 5,325 m. There are obvious discrepancies between the logged, sampled and reported lithologies. Salt had heretofore been unknown in the VB or in the adjacent Mesozoic units exposed west of the basin. Moreover, the VB is hundreds of kilometers north of the Isthmian salt and south of the Luann salt. At the time, based on fossil evidence the salt in the well was assigned a Jurassic age and believed to continue at depth as an intrusion or salt dome. There is evidence, however, that the salt is Paleogene and was deposited near the Paleocene-Eocene boundary, thus supporting the theory of a major Gulf of Mexico (GoM) sea level drawdown near the end of the Paleocene with water in the VB having evaporated completely when separated from the Gulf of Mexico by the Alto de Anegada. This article discusses aspects of the basin's history and the Mataespino seismic, well logs, paleontology and isotope data in order deduce the actual age of the salt.

Introducción

La Cuenca de Veracruz de México (CVC) se encuentra en la parte costera del Golfo de México (GdM) (Figura 1). La CVC contiene un espesor estimado de 10.000 metros de sedimentos del Terciario y Cretácico. El zócalo de la CVC, habiendo acomodado tan gran carga sedimentaria, debe consistir de corteza oceánica, que es consistente con su anomalía bajísima de gravimétrica Bouguer (Figura 2). Al occidente de la CVC está la faja plegada de rocas Mesozóicas con su límite oriental parcialmente cubierto de rocas clásticas debajo de discordancias del Eoceno y Mioceno. Hacia el oriente la CVC está separada del GdM por el Alto de Anegada cuyo núcleo consiste de basaltos oceánicos derramados a lo largo de una gran falla de transformación (TGLC) marcando donde el Bloque de Yucatán migraba al sur durante la abertura del GdM durante el Jurásico y Cretácico (Figura 1). Se propone aquí que la CVC es el último segmento de corteza oceánica formado por la abertura del Golfo de México, y por lo tanto no debe haber existido hasta el Cretácico sin contener rocas Jurásicas, incluyendo la sal. Se recalca esto marcando los cientos de kilómetros entre la CVC y los

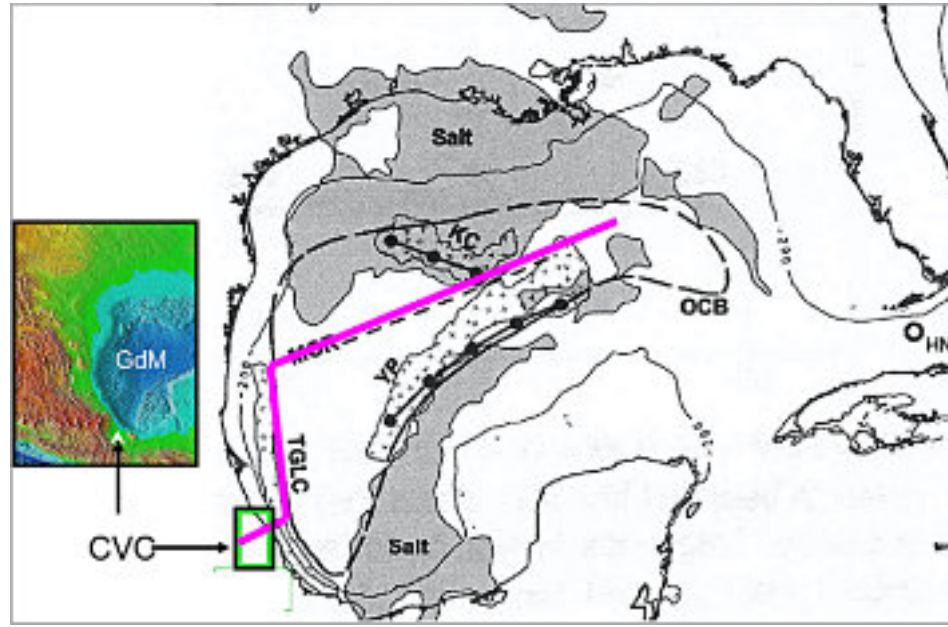


Figura 1. Mapa de localización de la Cuenca de Veracruz (CVC). La línea morada aproxima el eje de apertura del Golfo de México (GdM) que dividió la sal Jurásica y abrió la CVC en el Cretácico.

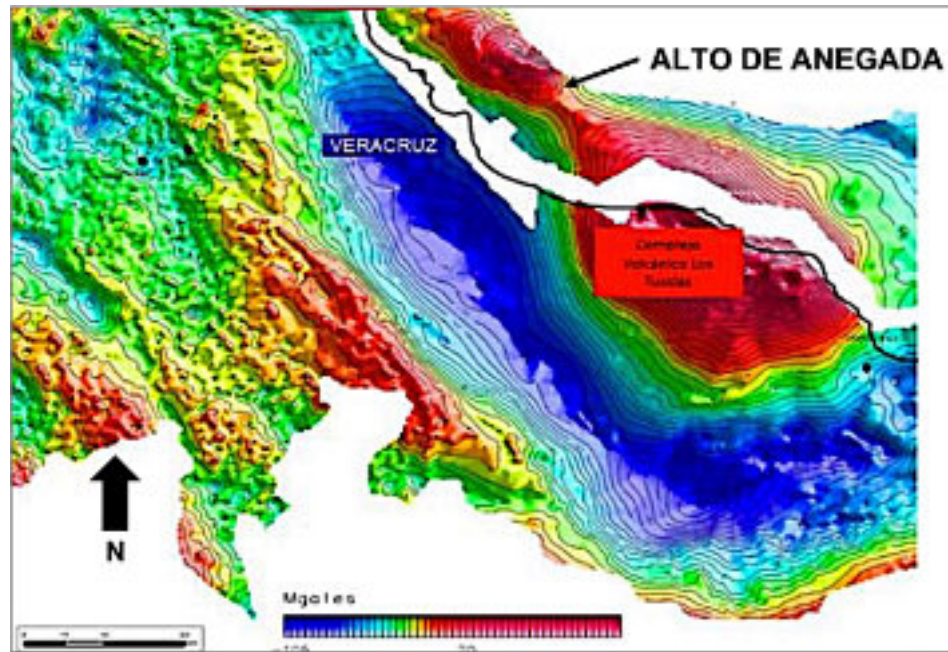


Figura 2. Mapa gravimétrico Bouguer mostrando la gran anomalía negativa en la CVC y el Alto de Aneгада entre la CVC y el Golfo de México.

grandes cuerpos salinos del Istmo hacia el sur y Luann al norte, ambos depositados antes del final de la apertura del Golfo de México. (Figura 1). Haciendo hincapié al concepto de rompecabezas de fragmentos continentales separando por la apertura de cuencas oceánicas, uno puede contemplar que la existencia del segmento oceánico de la CVC se debe a la separación del Macizo de Chiapas del Macizo de Teziutlán a lo largo de las grandes fallas transcurrentes de Zongólica y la orilla occidental del Macizo de Chiapas.

El pozo fue perforado en 1979 por Petroleos Mexicanos (Pemex) sobre la estructura anticlinal de Mataespino para probar estratos Terciarios y Cretácicos (Figuras 3 y 4). Se nota en la sísmica que las capas profundas de la estructura son conformables, sin mostrar evidencia de diapirismo donde proyectan el nivel Jurásico que como ya se mencionó es de dudable existencia en la cuenca. La clásica interpretación estratigráfica de sal diapírico aparece en la Figura 5. Cabe decir que existe sísmica 3D más reciente sobre la estructura que debe ser consultada para aclarar esta situación.

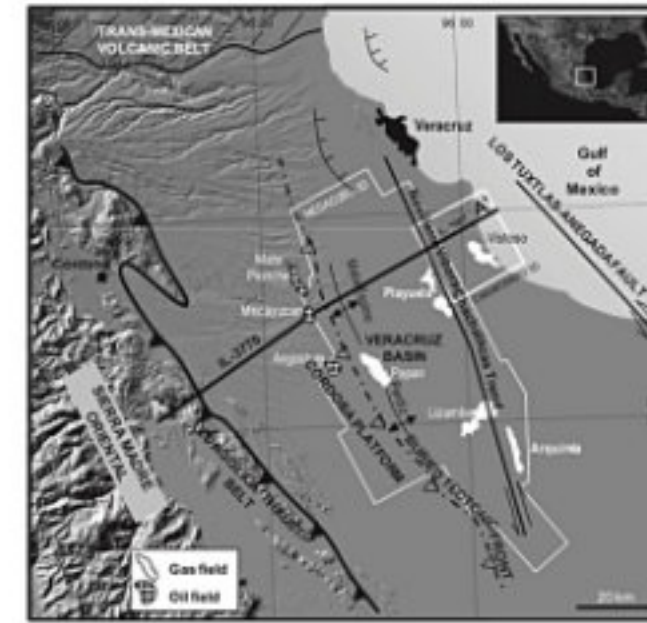


Figura 3. Mapa de la CVC mostrando la ubicación de la estructura de Mataespino. Línea A-A' es la sección sísmica mostrada en Figura 4. González et al, 2012.

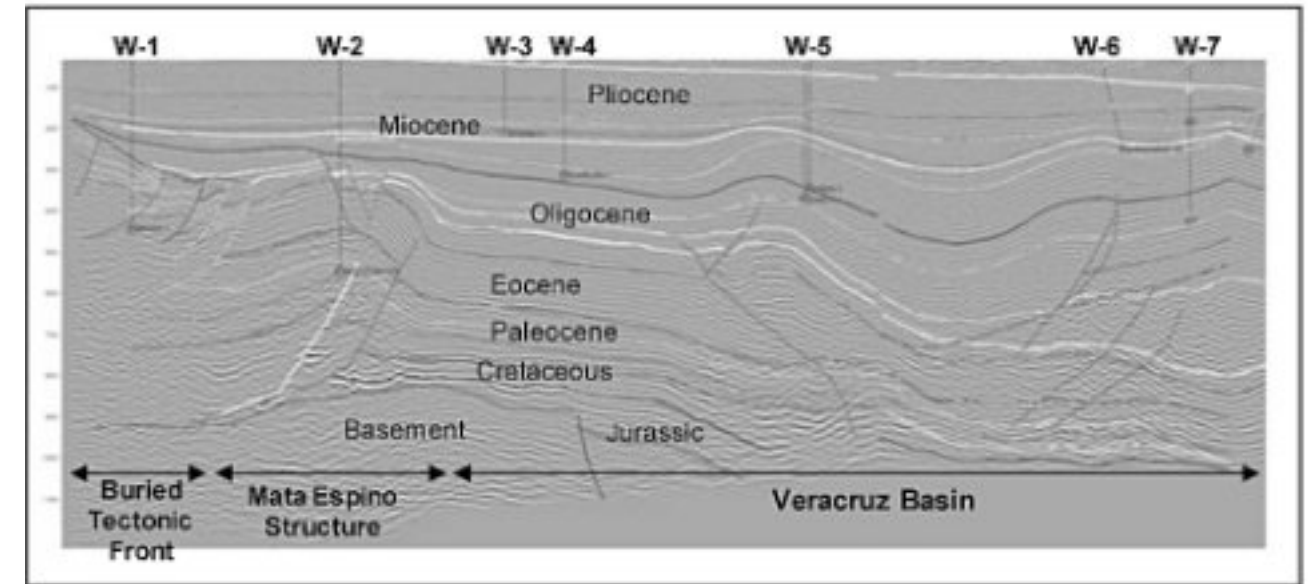


Figura 4. Línea sísmica atravesando la CVC sobre la estructura de Mataespino. Note la conformidad de estratos sin evidencia de penetración por sal. González et al, 2012.

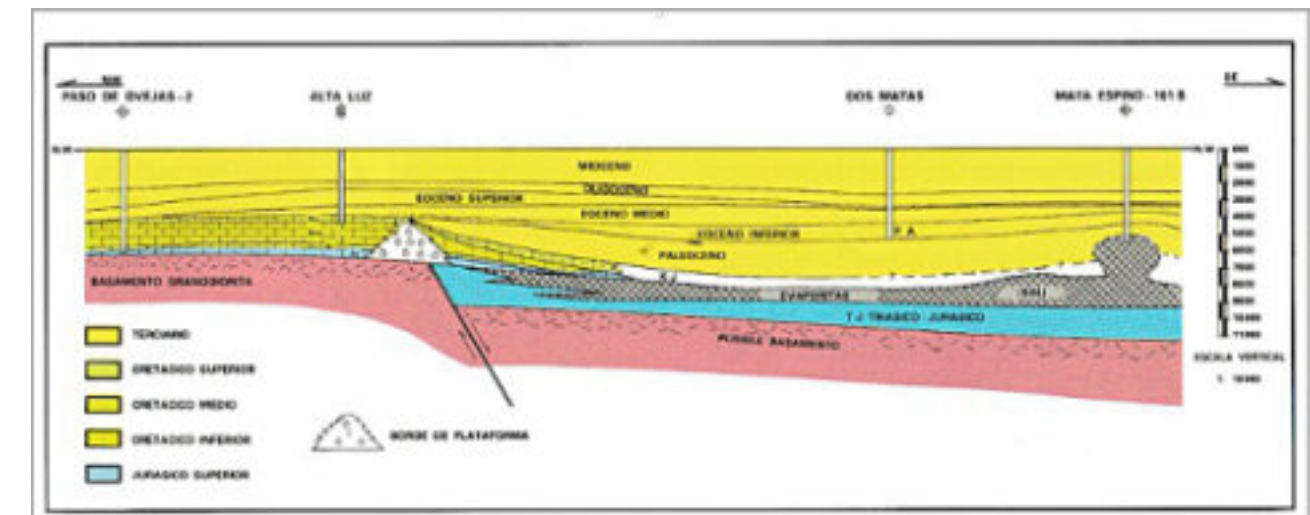


Figura 5. Sección con la interpretación original de la sal en Mataespino como un domo salino. Schlumberger, 1984.

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE EXPLORACION. DISTRITO DE POZA RICA, V.R.						
GEOLOGIA DEL SUBSUELO		POZO: MATA ESPINO No. 101 - B.				
LOCALIZACION: X= 35,477,30		Y= 108,530,39 (Sist. Argentina).				
ELEVACION TERRENO 52,006 mts		A 4,76 m. al N. 79°58' E del Pozo Mata Espino No. 101-A				
ELEVACION M. ROTARIA 61.61 mts		del Municipio de Tlalixcoyan, Ver.				
PRINCIPIO PERM. 4/VIII/78		COLUMNA GEOLOGICA		PROFUNDIDAD EN METROS		
TERMINO 28/XII/79						
TUBERIAS DE REVESTIMIENTO		FORMACION MUEBOS ROCA		B. M. R.	B. N. M.	ESPESOR
DIAMETRO	PROFUNDIDAD	REL. COMENTO				
20"	447	180 000	RECIENTE	AFLORA	52	90
13 3/8"	2603,4	103 000	P/PAJE SOLO		100	340
9 5/8"	3872,7	65 000	CONCEPCION SUPERIOR		440	378
		CONCEPCION INFERIOR			690	628
		ENCANTO			890	828
		DEPOSITO			1740	1678
		LA LAJA			2590	2528
		HORCONES			2970	2908
		TANTOYUCA			3130	3068
		GUAYABAL			3300	3238
		CHICONTEPEC SUPERIOR			3500	3438
		CHICONTEPEC MEDIO			4530	4468
		VELASCO			4620	4558
		SALINA RE			5265	5203
						276 X
OBSERVACIONES:						
RESULTADO:						
INT. PRODUCCION:						
FORMACION:						
PROD. INICIAL ADEBE M ³ /D						
GAS M ³ /D RGA						
PRESIONES T. R. T. R. T. R. T. R.						
ANALISIS DEB. AGUA S						
RED. P. M. SALINIDAD						
CALCULO DE REGISTROS						
INTERVALO	IRM	Q	SW	RESERVA		
X-PENETRACION						
5 - 1 - 80						
CLASIFICACION: 2-2-07 (MEXICO)						
PROFUNDIDAD PROGRAMADA 6300						
PROFUNDIDAD TOTAL 5541 5479						
PRUEBAS DE PRODUCCION PROGRAMADAS						
P.P.	INTERVALO	FORMACION	RESULTADOS			
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
OBSERVACIONES:						
GEOLOGO ENCARGADO DEL POZO.						

Figura 6. Cabezal de registros del pozo Mataespino 101-B.

El Registro del Pozo Mataespino 101-B

El cabezal de registros del pozo aparece en Figura 6. El pozo tenía una profundidad programada de 6.300 m y según los datos llegó a 5,479 m. Se encontró sal a 5.265 m. subyacente lutitas del Paleoceno. Según los datos se perforará 276 m. más de sal antes de abandonar el pozo. Los registros y las muestras de canal del pozo solo llegan a 5,325 m. Los intervalos profundos de los registros aparecen en Figura 7 indicando que la sal es maciza en su

parte más arriba donde sacaron el núcleo, con estratos intercalados de aspecto clástico aumentando hacia abajo. La sal en los registros termina a 5,315 m, la misma profundidad de las muestras de canal, la misma profundidad que las últimas muestras de canal que consisten de limolitas color café rojizo. Esto introduce incertidumbre sobre la interpretación que el pozo encontró sal hasta la profundidad total indicada por el cabezal. También la curva de neutron muestra que la



Figura 7. Segmentos profundos de los registros gama, sónico y neutron del pozo Mataespino 101-B.

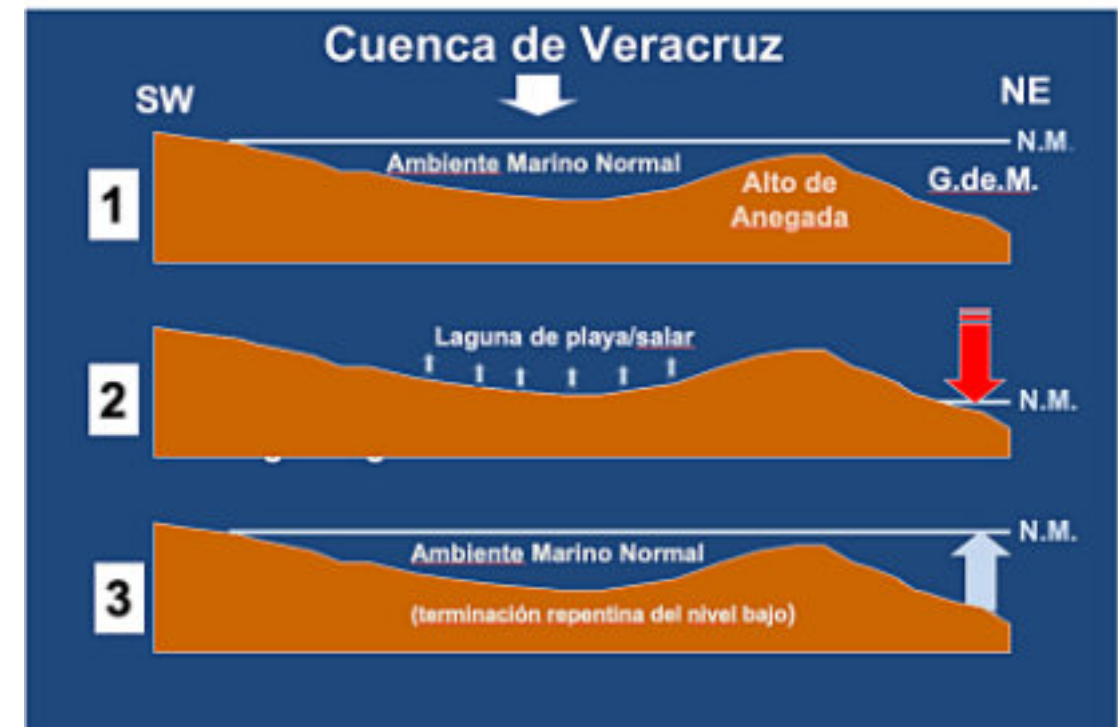


Figura 8. Diagrama mostrando como las fluctuaciones de nivel del GdM a finales del Paleoceno afectaron la CVC.

disminución de pureza de la sal hacia abajo es consistente con un depósito de playa en camino a evaporación complete. La cesación abrupta a la cima de la sal sugiere que surgió una rápida inundación del salar debido al repentino retorno del mar (Figura 8).

Paleontología

Los paleontólogos en el equipo del pozo identificaron *Classopolis* en la sal, sin duda indicando su edad Jurásica. Sin embargo, lo primero que hacen los ingenieros de lodo cuando una perforación encuentra sal es añadir más sal al lodo para evitar el lavado de las paredes del pozo. Esto claramente introduce fósiles extraños al pozo. Para examinar esa posibilidad se repitieron los análisis

paleontológicos de la sal. Primero se muestreó normalmente la sal del núcleo y esto repitió la identificación de abundantes fósiles del Jurásico (Apéndice 1). Sospechando contaminación debido a sal de afuera añadida al pozo, se lavaron minuciosamente las muestras del núcleo y se sometieron nuevamente al análisis de palinomorfos. Esta vez se encontraron solamente ejemplares raros de palinomorfos Terciarios (*Prinsius bisulcus* y *Fasciculithus tympaniformis*) con

ningún ejemplar del ensamblaje Jurásico tan abundante en las muestras anteriores. (Apéndice 2).

Isótopos de S y Sr

Las proporciones de isótopos de Azufre y Estroncio han variado en aguas de los océanos mundiales con el tiempo geológico. Las evaporitas depositadas desde esas aguas deben preservar la proporción de estos isótopos del intervalo de la evaporación. Se hicieron análisis de los

isótopos de la sal y pedazos de anhídrita del núcleo de Mataespino. Las proporciones de isótopos de azufre a través del tiempo y en la sal de Mataespino se grafican en la Figura 9. No se notan grandes diferencias entre los isótopos de Azufre en los océanos del Paleoceno y del

Jurásico, siendo las grandes variaciones más del Paleozóico.

Las proporciones de isótopos de Estroncio entonces son claves en este caso. Las proporciones de ⁸⁷Sr a ⁸⁶Sr desde la sal de Mataespino comparado con las de la historia geológica mundial aparecen en Figura 10. Hay una clara

Apéndice 1

Well: Mataespino 101-B Sample: 5281.7' (core)

The assemblage is strongly dominated by abundant *Classopollis classoides*, *Cupressacites oxycedroides* and *Spheripollenites psilatus*. This feature is very characteristic of the semi-arid sediments in the Jurassic of the Gulf of Mexico and also throughout Gondwana. The lack of dinoflagellate cysts is typical of the pre-Norphlet Formation section.

The presence of *Exesipollenites tumulus*, *Callialasporites dampierii* and *C. trilobatus* confirms an age no older than Lower Jurassic, Pliensbachian by comparison with their ranges in Europe and offshore Eastern Canada.

On the basis of this evidence a Middle Jurassic – Lower Jurassic, Callovian - Pliensbachian age is assigned to this assemblage.

No positive evidence for an age any younger than Middle Jurassic was recorded.

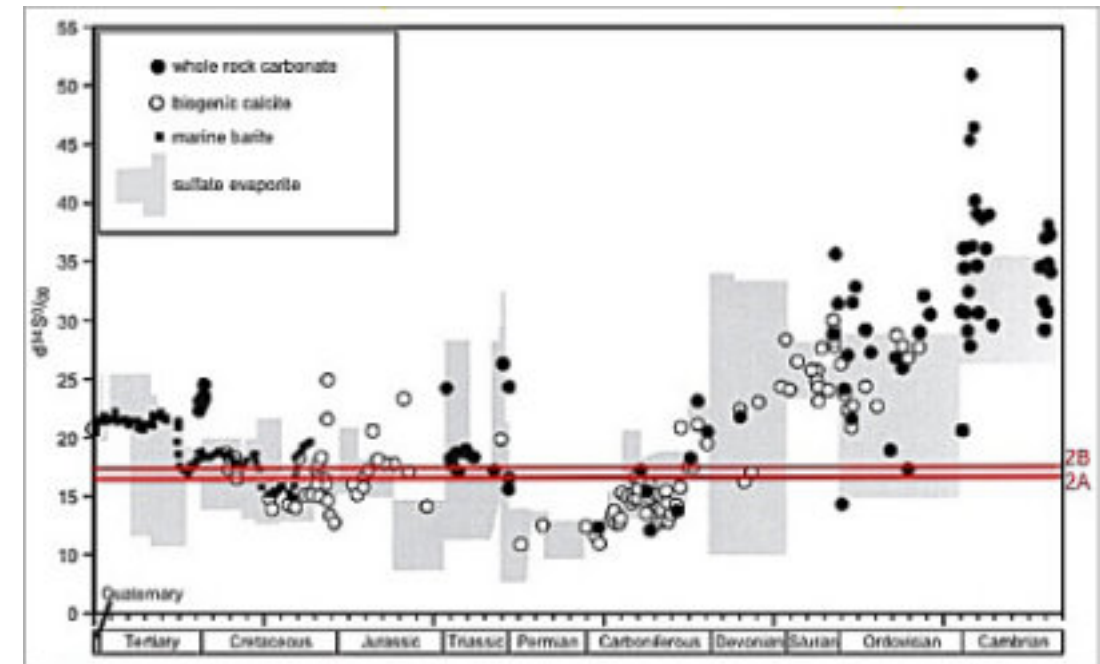


Figura 9. Gráfica de las proporciones isotópicas de Azufre a través del tiempo geológico. Las líneas rojas indican los valores encontrados en la sal del pozo Mataespino 101-B.

Apéndice 2

Pozos Mataespino 101B Well Veracruz Basin Update: 7/23/2016

INTRODUCTION
A report on four samples from the Pozos Mataespino 101B well was submitted on 13 June 2016. Nano-fossils were present, but very rare, in three of the samples. The in-place species in those samples are early Palaeocene in age. An additional sample, S-2016-2, was subsequently examined for calcareous nano-fossils. An updated summary which includes the results from all five samples is presented below.

BIOSTRATIGRAPHIC SYNOPSIS

Sample	Marker Species/Remarks	Zone	Age
S-2016-1: cuttings at 5200m (6/15/16)	<i>Fasciculithus tympaniformis</i> & <i>Prinsius bisulcus</i>	NP 5 to 9	Middle to Late Palaeocene
S-2016-2: gypsum-dolomite (7/23/16) clast from 5280m	Barren	Indeterminate	Indeterminate
S-2016-3: shale (and salt) (6/15/16) from core	<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	NP 5 to 10a	Mid. Palaeocene to Early Eocene
S-2016-4: shale (and salt) (6/15/16) from core	Barren	Indeterminate	Indeterminate
S-2016-7: cuttings at 5400m (6/15/16)	No in-place nanos	Indeterminate	Indeterminate

BIOSTRATIGRAPHIC SUMMARY
Sample S-2016-1: cuttings at 5200m
This sample is from the Middle to Late Palaeocene (nanofossil zones NP 5 to 9) based on the co-occurrence of *Fasciculithus tympaniformis* (NP 5 to 10a: Middle Palaeocene to within Early Eocene) and *Prinsius bisulcus* (NP 4 to 9: Early to Late Palaeocene). The presence of *P. bisulcus* makes this sample older than the Palaeocene-Eocene thermal minimum according to the literature summary of Sell-Trail et al. (2012). This marker species, as well as all other in-place species, are extremely rare.

There is also a reworked assemblage of Cretaceous to Campanian nanofossils (nanofossil zones UC 18 to 15) in sample S-2016-1 based on the co-occurrence of *Eggholmia rotula* (UC 8 to 15: within Middle Tertiary to within Late Cretaceous) and *Alveola microspira* (UC 10 to 28: within Middle Cretaceous to Maastrichtian). All reworked Cretaceous species are extremely rare.

Sample S-2016-2: gypsum-dolomite clast from 5280m
No nanofossils were found in this sample.

Sample S-2016-3: shale (and salt) from core
The occurrence of *Fasciculithus tympaniformis* (NP 5 to 10a: Middle Palaeocene to within Early Eocene) from this sample is the Middle Palaeocene to Early Eocene (nanofossil zones NP 5 to 10a). This marker species was extremely rare. Reworked Cretaceous nanofossils were not observed in this sample.

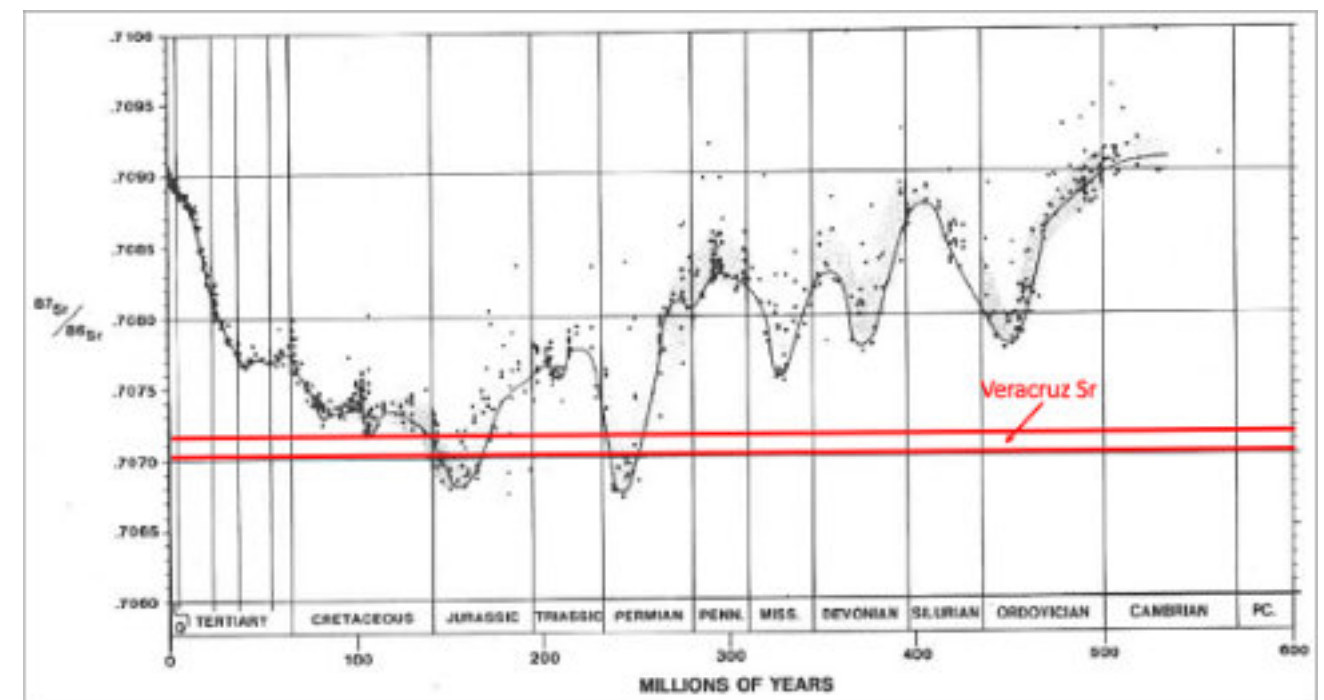


Figura 10. Gráfica de las proporciones isotópicas de Estroncio a través del tiempo geológico. Las líneas rojas indican los valores encontrados en la sal del pozo Mataespino 101-B.

diferencia en las proporciones entre el Paleoceno/Eoceno de $87\text{Sr}/86\text{Sr} = \sim .7077$ y el Jurásico Medio $87\text{Sr}/86\text{Sr} = .7070$ a $.7072$ y la sal de Mataespino claramente tiene la proporción acercando a los isótopos Jurásicos. Basado en esto, Pindell *et al* (2020) asignaron una edad Bajociano (Jurásico Inferior) a esta sal. Pero hay una consideración importante que deje lugar a dudas. La CVC, si estuviese aislada del mar mundial, hubiera recibido agua drenando desde las montañas adyacentes pasando por rocas del Cretácico y Jurásico, haciendo así cambiar la proporción de isótopos de Estroncio presente en mar. Es de esperar que las evaporitas de la CVC asumieron la proporción de isótopos de esas rocas y no del mar abierto.

Discusión y Conclusión

La teoría sobre la bajada fuerte del nivel de mar del Golfo de México. cerca al límite Paleoceno/Eoceno (Figura 11) ya tiene 22 años (Rosenfeld y Pindell, 2003; Rosenfeld, 2020; y Rosenfeld, 2024). Las pruebas acumulan pero la teoría todavía no ha alcanzado amplia aceptación, ó por creencias fijas en modelos anteriores ó simplemente por la falta de atención. En el caso tocado aquí la sal de la CVC puede proporcionar evidencia importante, y se recomienda visitar los datos y las muestras del pozo Mataespino 101-B y/ó programar un nuevo pozo para alcanzar la sal de la CVC manejado por exploradores que contemplan múltiples hipótesis de trabajo, incluyendo una posible secada de la CVC a finales del Paleoceno.

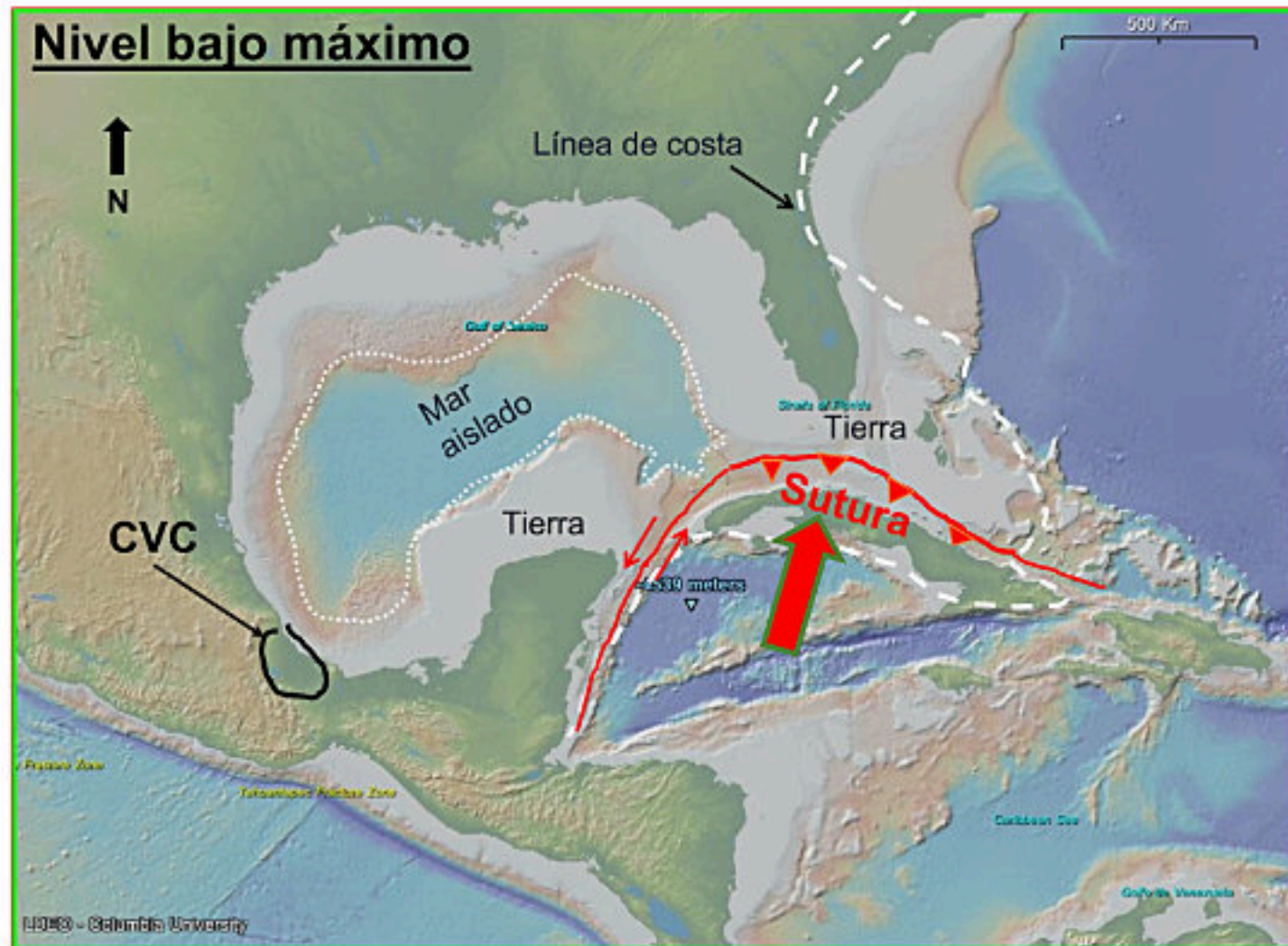


Figura 11. Croquis de la máxima bajada del GdM a finales del Paleoceno resultando en aislamiento del Golfo de México del Océano Atlántico.

Referencias

González, E, H. Ferket, J.P. Callot, N. Guilhaumou, S. Ortuño y F. Roure, 2012: Paleoburial, Hydrocarbon Generation and Migration in the Córdoba Platform and Veracruz Basin: Insights from Fluid Inclusion Studies and Two-Dimensional (2D) Basin Modeling, SEPM Special Publication No. 103, pp. 167-186.

Pindell, J.H., B. Weber, W. Hale-Erlich, S. Cossey, M. Bitter, R. Molina Garza, R. Graham, y R.N. Erlich, 2020: Strontium Isotope dating of evaporites and the breakup of the Gulf of Mexico and Proto-Caribbean Seaway., G.S.A. Special Paper 546,

Rosenfeld, J.H. y J. Pindell, 2003: Early Paleogene Isolation of the Gulf of Mexico from the World's Oceans?

Implications for Hydrocarbon Exploration and Eustacy, in A.A.P.G. Memoir 79. P. 89-103

Rosenfeld, J.H., 2020: Fuerte descenso del Golfo de México en el Paleógeno, de hipótesis a teoría, Revista Maya de Geociencias, Número de octubre, p. 49-52

Rosenfeld, J.H., 2024: Erosión de las Plataformas y Escarpas de Florida y Yucatán, y el Estrecho de Florida en el Golfo de México, Subaéreo ó Subaqueo? Número de marzo. P.76-85.

Schlumberger, 1984: Evaluación de Formaciones en México. p. 1.21

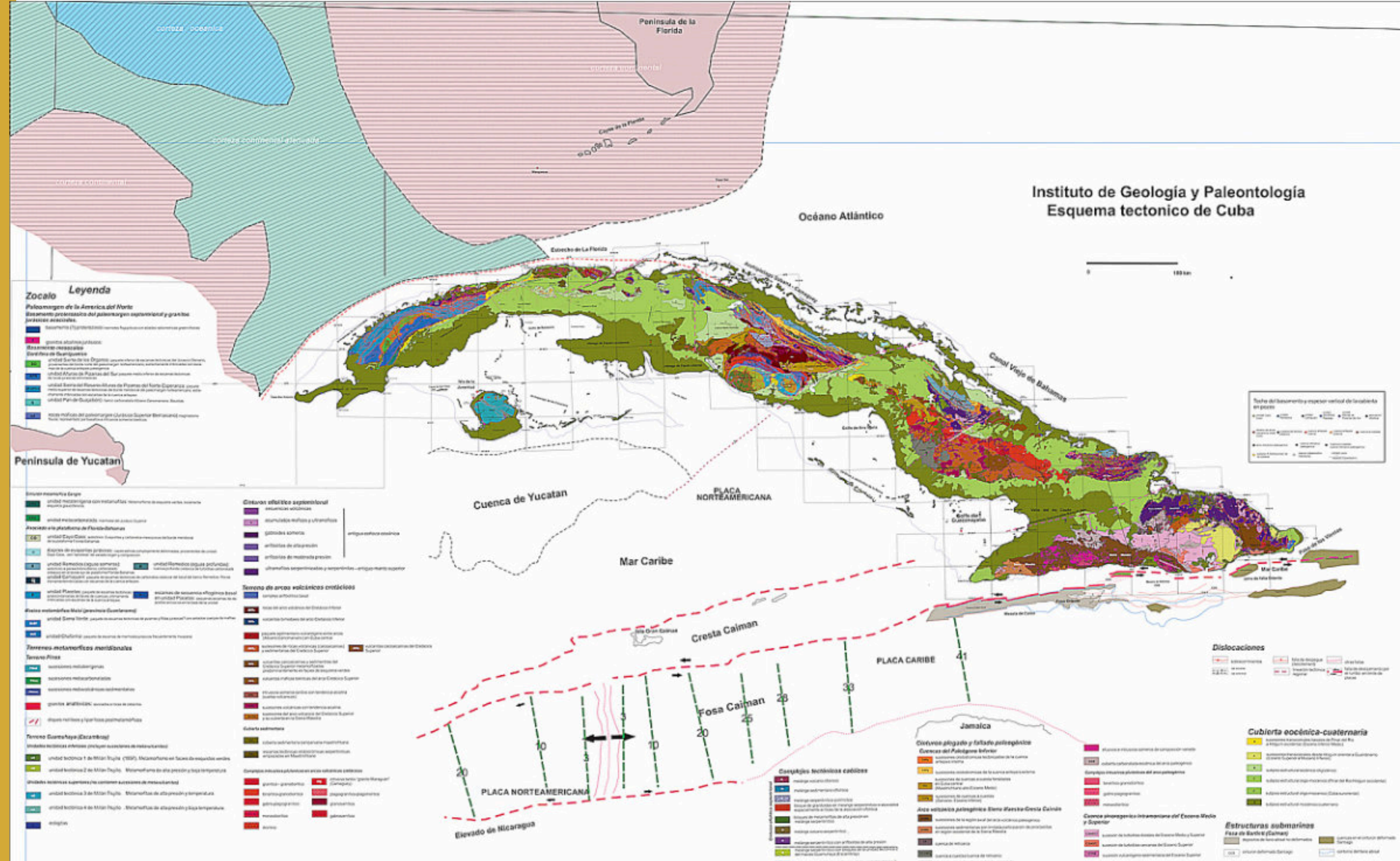


Josh Rosenfeld (Ph.D.). He obtained an M.A. from the University of Miami in 1978, and a Ph.D. from Binghamton University in 1981. Josh joined Amoco Production Company as a petroleum geologist working from 1980 to 1999 in Houston, Mexico and Colombia. Upon retiring from Amoco, Josh was employed by Veritas 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

Instituto de Geología y Paleontología Esquema tectónico de Cuba



Zocalo Leyenda

Palaeozoico de la América del Norte
Basamento prerifórico del paleozoico superior y granito
proterozoico.

- Basamento (Proterozoico) ocreo-rosado, granitoides azules y verdes.
- granito azulado-rosado.
- Símbolos especiales
- unidad Suroeste de Cuba (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Caimán (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Atoyac de Cuba (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Sierra de Escambray (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Sierra de Escambray (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Sierra de Escambray (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)

Legenda

Sedimentación Cenozoica

- unidad mesocénica con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- unidad mesocénica con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Procedente de plataformas de Florida-Bahamas

- unidad Cayo Coco (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Cayo Coco (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Cayo Coco (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)

Terciario (Cretácico inferior)

- unidad Suroeste de Cuba (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Caimán (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Atoyac de Cuba (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)

Terciario (Cretácico inferior)

- unidad Suroeste de Cuba (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Caimán (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)
- unidad Atoyac de Cuba (Cretácico inferior) (Cretácico inferior)

Legenda

Tercio de arco volcánico empujados

- territorios volcánicos
- volcanes azules y ultravolcanes
- volcanes azules
- volcanes azules
- volcanes azules

Forma de arco volcánico empujados

- territorios volcánicos
- volcanes azules y ultravolcanes
- volcanes azules
- volcanes azules
- volcanes azules

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Legenda

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Legenda

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Legenda

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Legenda

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

Cuarta sedimentaria

- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas
- cuarta sedimentaria con metafacies, metaconglomerados con matriz arenosa y margas

0 100 km

Tamaño del basamento y espesor vertical de las cubiertas en metros

Legend for map scale and orientation, including symbols for different geological features and their corresponding measurements.

Dislocaciones

Legend for map scale and orientation, including symbols for different geological features and their corresponding measurements.

Cubierta eocénica-cuaternaria

Legend for map scale and orientation, including symbols for different geological features and their corresponding measurements.

Estructuras submarinas

Legend for map scale and orientation, including symbols for different geological features and their corresponding measurements.



Jorge Luis Cobiella Reguera

Jorge Luis Cobiella Reguera, 1945, La Habana, Cuba. Graduado en Licenciatura en Geología en 1967, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Se ha desempeñado siempre como docente universitario e investigador en: Universidad de Oriente (1967-1976), Instituto Superior Minero-Metalúrgico (1976-1986), Universidad de Pinar del Río (1986-2012). Jubilado desde 2012, colabora actualmente en labores de asesoría en el Instituto de Geología y Palentología del Ministerio de Energía y Minas y la Universidad de Pinar del Río. Es autor y/o coautor de cuatro libros y 38 artículos, y presentado numerosas ponencias en eventos científicos de su país y el extranjero, siempre relacionadas con la geología de Cuba y su entorno.

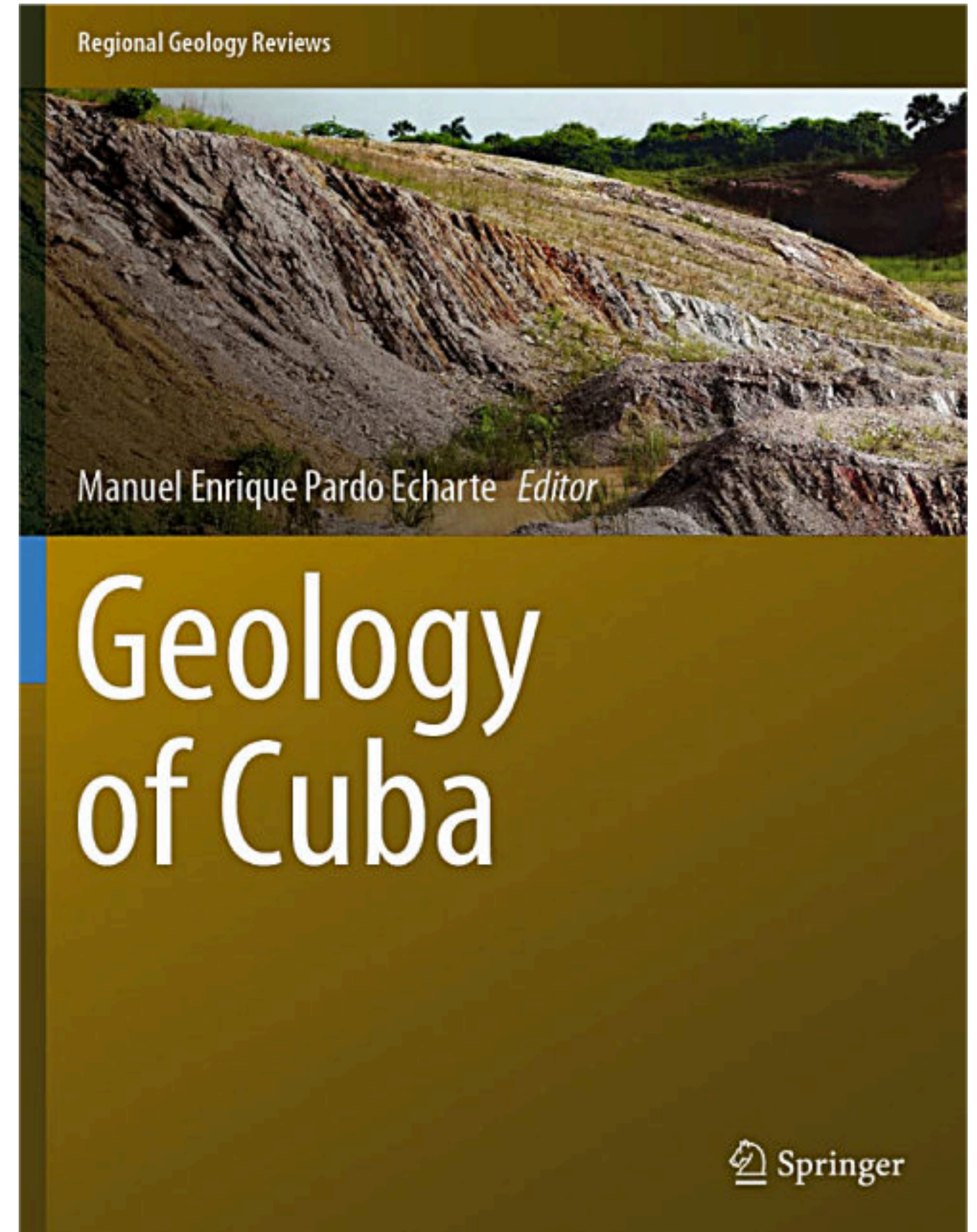
Sobre el Esquema Tectónico de Cuba. Este documento se ha creado como soporte geológico para una nueva versión (en preparación) del Mapa Metalogénico de Cuba, incorporando una visión cartográfico-geológica moderna del territorio cubano, puesto que en el país no se ha publicado ningún mapa geológico abarcador de la totalidad de su territorio, desde hace casi 40 años. El mapa parte de la tectónica de placas, reforzada con algunos elementos de estructura de las cuencas sedimentarias, que tan importante papel juegan en la formación de los yacimientos minerales.

El artículo "An Overview to the Tectonics of Cuba", del libro "Geology of Cuba" de Manuel Pardo Echarte (ed.), colección Regional Geology Reviews, Editorial Springer (Suiza), funciona perfectamente como texto explicativo del Esquema.

Nota: He trabajado intermitentemente en la elaboración de este mapa y su texto explicativo, desde el año 2013, hasta hoy. Trabajo sobre una gran cantidad de información, colectada por geólogos de muy variada procedencia y experiencia, tratando, en la medida de mi experiencia de extraer lo más valioso y perdurable de cada fuente consultada.

He contado con la colaboración de la Dra. Xiomara Cazañas Díaz, jefa de proyecto "Mapa Metalogénico de Cuba", del Master Jorge Luis Torres Zafra, investigador del IGP y del Dr. Waldo Lavaut Copa (jubilado).

<https://www.amazon.com/-/he/Manuel-Enrique-Pardo-Echarte/dp/3030678008>



Foro de discusión

Discussion Forum

A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de la revista de agosto de 2022, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.

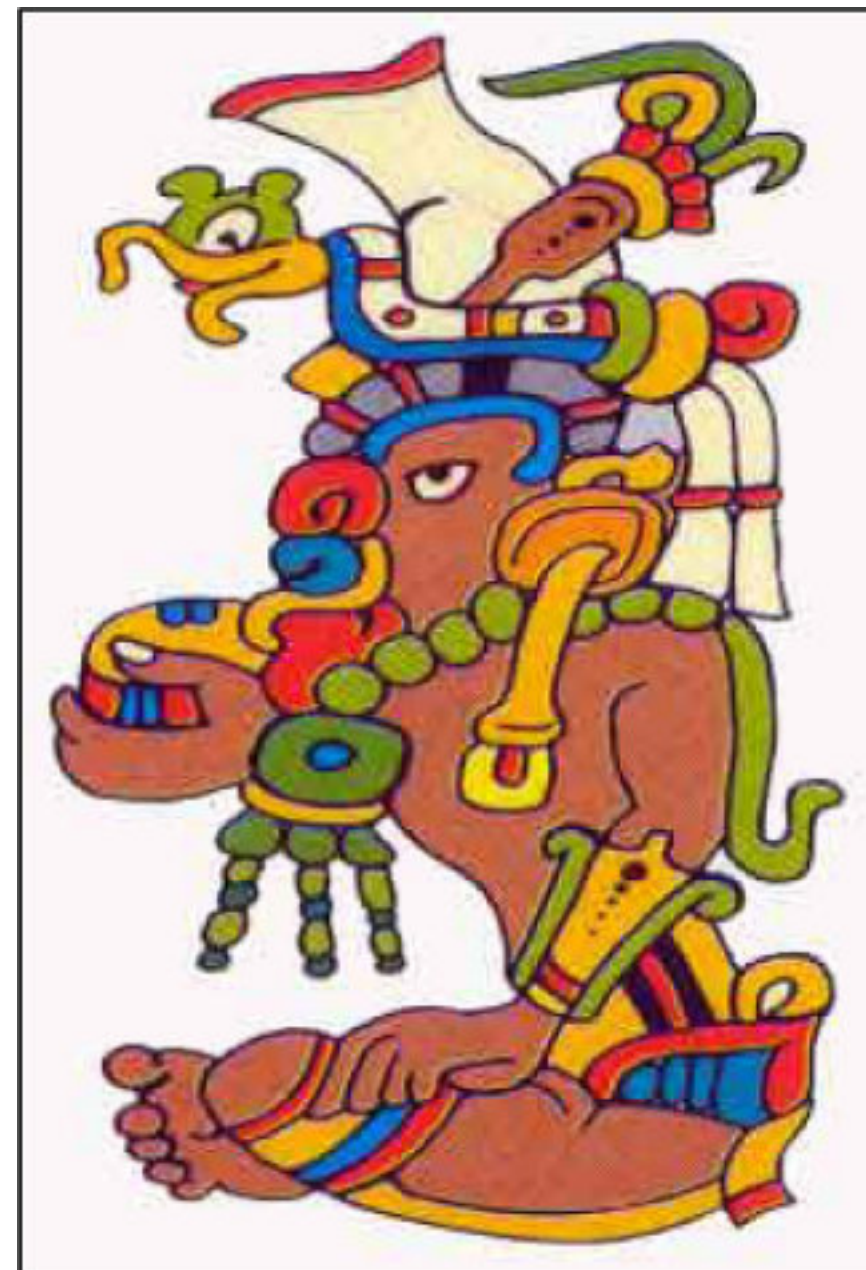
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.

Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geociencias.

MISCELÁNEOS

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

Museo DITSONG de Ciencias Naturales: Sudáfrica

Haz click en la imagen



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

Sigue nuestros GeoSeminarios, ya sea en vivo o visitando nuestras redes sociales y viendo las grabaciones: <https://geolatinas.org/> <https://www.facebook.com/GeoLatinasFace/>

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios

COMITÉ DE EDUCACION Y DIVULGACION

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

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

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

¡Y nos encantaría dar a conocer tu trabajo de

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

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

Escanéame!

O envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.

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

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

Instagram: @geolatinas_insta, Facebook: GeoLatinas_Latino_Mexico, Twitter: @GeoLatinas

COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN DE GEOLATINAS

Ven y participa con nosotros en nuestra iniciativa de divulgación técnica y científica:

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

Presenta con nosotros tu:

- + Tesis de licenciatura, maestría o doctorado
- + Especialidad en la industria o academia
- + Proyecto de investigación
- + Etc...

Click aquí o bit.ly/GeoSeminarios2025

TE INVITAMOS A LLENAR NUESTRO **FORMULARIO** Y SER PARTE DE NUESTRA INICIATIVA!

¡TE ESPERAMOS!

Transmisión

Checka nuestros GeoSeminarios en

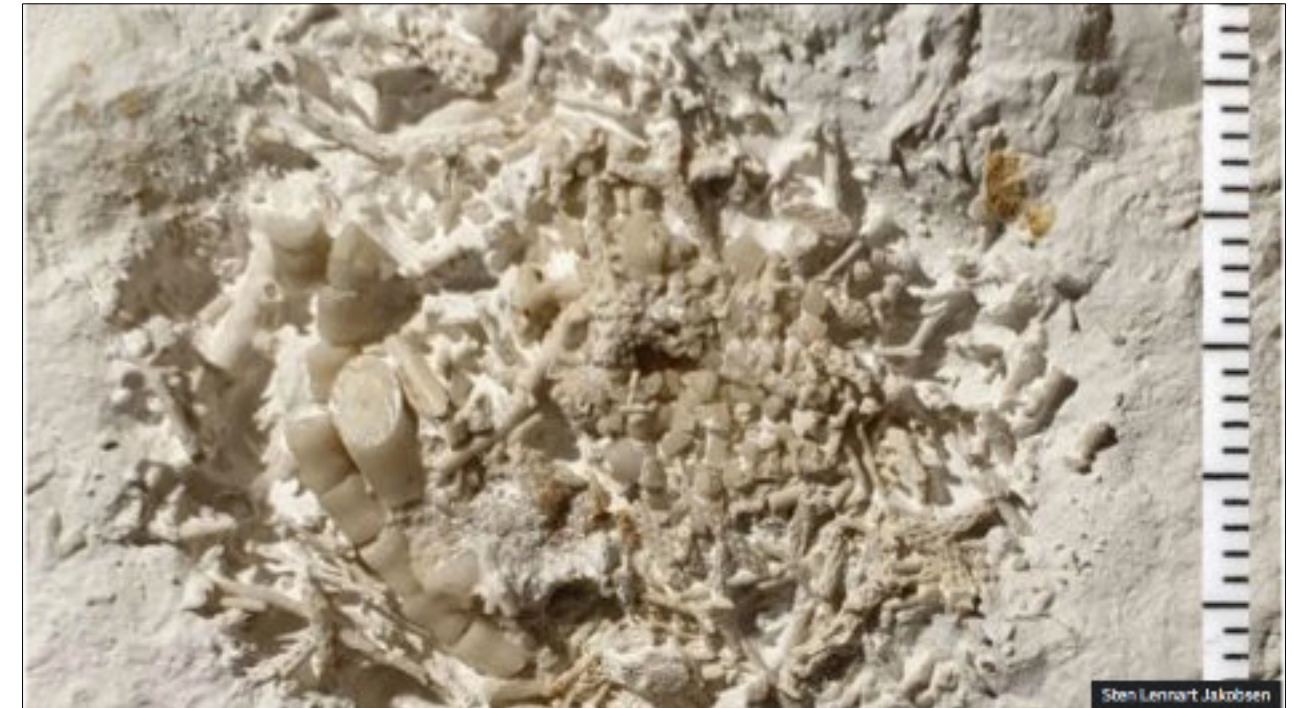
GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences





<https://www.bbc.com/news/articles/cp82jle12j7o>

66 million-year-old fish vomit discovered in Denmark



Provided by Tiziana Luzzi.

<https://elpais.com/ciencia/2025-01-07/el-secreto-de-la-ropa-prehistorica-con-la-que-los-primeros-pobladores-sobrevivieron-en-norteamerica.html>

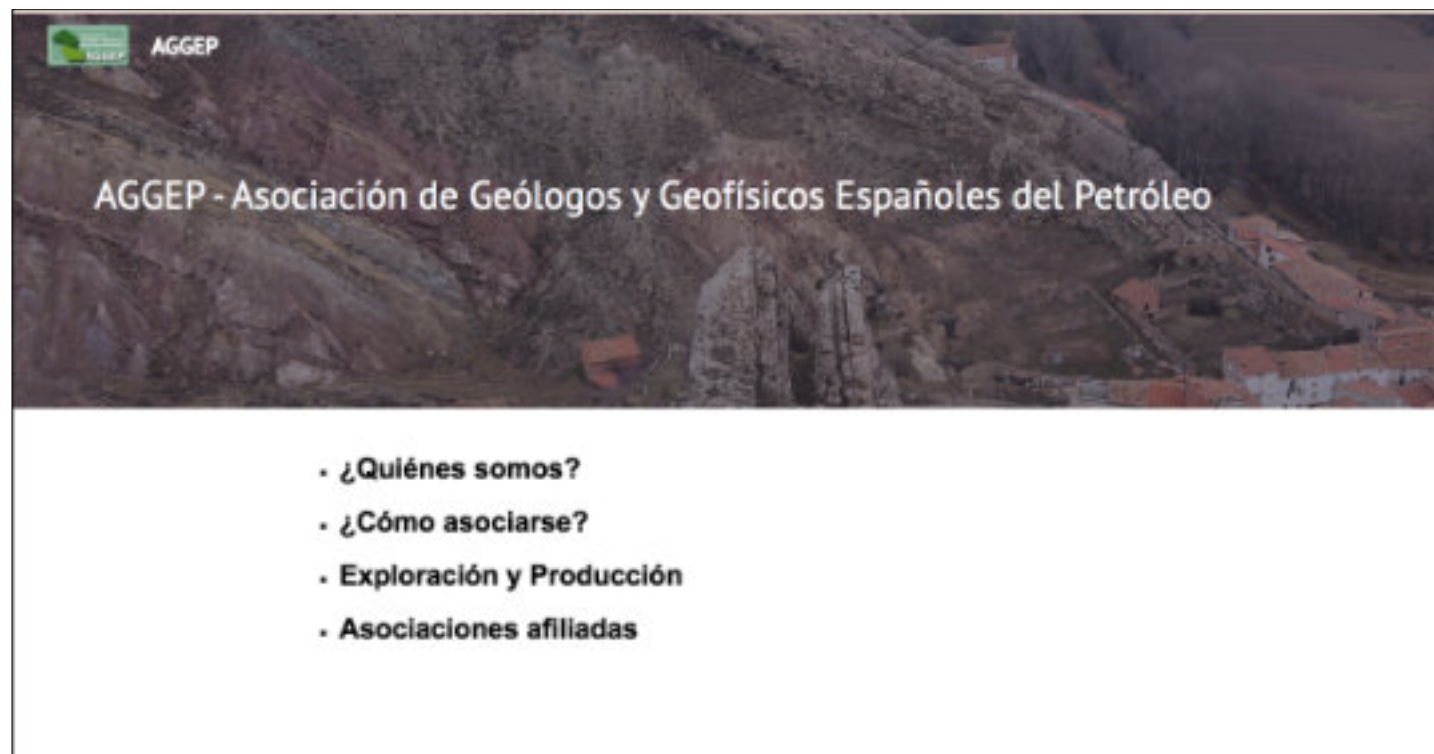
El secreto de la ropa prehistórica con la que los primeros pobladores sobrevivieron en Norteamérica



<https://ai.org.mx/>



<https://aggep.org/>



<https://vapa-us.org>



The Venezuelan American Petroleum Association

VAPA is a nonprofit professional organization in the Hydrocarbon industry and other related energies. It was founded in the state of Texas, USA in July 2019 and aims to establish relationships with organizations and institutions that can provide technical support, education and training to help the sustainable development of the Venezuelan energy industry.

VAPA is committed to promote technical events in upstream, midstream and downstream of both Oil and Gas and alternative energies that are of benefit to its members

Our Goal

The main Goal of VAPA is to bring together all the professional talent available in the Venezuelan Energy industry.

Our Purpose

Promote the professional growth of its members in technologies applied to the value chain of the energy sector while maintaining a high standard of conduct

Provide technical support, education, and training for the sustainable development of the Venezuelan Energy Industry.

XXXVI
CONVENCIÓN INTERNACIONAL DE
MINERÍA
ACAPULCO 2025
LA MINERÍA UNIDA POR MÉXICO



Convocatoria para la presentación de trabajos técnicos en la XXXVI Convención Internacional de Minería

La **Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. (AIMMGM, AC)** se complace en invitar a participar en su XXXVI CONVENCIÓN INTERNACIONAL DE MINERÍA 2025, los días **19 al 22 de noviembre de 2025** en el Recinto Ferial **Mundo Imperial de Acapulco Guerrero, México**.

Considerado como el evento más importante en el ramo de la minería en el país, la Convención Internacional de Minería se ha caracterizado por presentar los avances en investigaciones e innovaciones tecnológicas del sector de parte de los expertos nacionales e internacionales.

Por tal motivo, la AIMMGM, AC extiende la presente CONVOCATORIA para la presentación de TRABAJOS TÉCNICOS bajo los siguientes requisitos:

1. Temas.

Los trabajos participantes deben contribuir al progreso del sector minero en los siguientes ejes temáticos:

- a) Minería
- b) Metalurgia
- c) Geología
- d) Temas Generales

El autor deberá indicar en que eje temático desea insertar su trabajo.

Los trabajos para presentar pueden ser investigaciones, aplicaciones, iniciativas, proyectos, estudios de caso o experiencias exitosas o fallidas, a partir de las cuales se pueden inferir aprendizajes a futuro.

Los trabajos no deben contener publicidad acerca de productos o equipos.

La programación técnica tratará de responder a las expectativas del gremio, presentando una revisión actualizada de las tendencias y estrategias a seguir en nuestro sector.

Nuestro compromiso como comité responsable del componente técnico de la Convención incluye: ofrecer a los convencionistas información técnica de alto nivel que les permita establecer las opciones más convenientes para la solución de problemas concretos; facilitar el intercambio de conocimientos y experiencias entre los colegas que permitan el avance de la Minería en su conjunto y ofrecer la oportunidad para la interacción entre los profesionales nacionales y los expertos internacionales invitados.



www.convencionmineramexico.mx

XXXVI INTERNATIONAL MINING CONGRESS AND EXHIBIT 2025

MINING UNITED FOR MEXICO



Call for Technical Paper Submissions at the XXXVI International Mining Convention

The **Association of Mining Engineers, Metallurgists, and Geologists of Mexico, A.C. (AIMMGM, A.C.)**, is pleased to invite you to participate in its XXXVI INTERNATIONAL MINING CONVENTION 2025, to be held from **November 19 to 22, 2025**, at the Mundo Imperial Fairgrounds in **Acapulco, Guerrero, Mexico**.

Recognized as the most significant event in Mexico's mining industry, the International Mining Convention showcases advancements in research and technological innovation presented by national and international experts.

In this regard, the AIMMGM, A.C., announces this CALL FOR TECHNICAL PAPER SUBMISSIONS under the following requirements:

1. Topics

Submissions must contribute to the advancement of the mining sector in the following thematic areas:

- a) Mining
- b) Metallurgy
- c) Geology
- d) General Topics

Authors must specify the thematic area to which their work pertains.

Submissions may include research, applications, initiatives, projects, case studies, or lessons learned from successful or failed experiences that provide valuable insights for future endeavors.

Submissions must not contain advertising for products or equipment.

The technical program aims to address the industry's expectations by presenting an updated review of trends and strategies within the sector.

The committee responsible for the technical component of the convention is committed to:

- Providing attendees with high-level technical information that supports the identification of optimal solutions for specific challenges.
- Facilitating the exchange of knowledge and experiences among colleagues to advance the mining industry as a whole.
- Creating opportunities for interaction between national professionals and invited international experts.



www.convencionmineramexico.mx

<https://www.unicepes.edu.mx/acreditaciones-y-convenios/red-iberoamericana-de-medio-ambiente-reima/>



REIMA surgió originalmente en Cuba en el año 1999 como Red Estudiantil Iberoamericana de Medio Ambiente. En el año 2004 fue registrada como asociación civil sin ánimo de lucro en el estado de San Luis Potosí, México.

Desde el 6 de febrero de 2019 REIMA, A.C. está reconocida oficialmente (REG-RED-18-0057) por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de la República de Ecuador como Red Académica

Objetivos

Contribuir a la formación ambiental y al desarrollo sustentable en Iberoamérica, apegado a la política ambiental de cada país y a las estrategias gubernamentales, mediante:

- El intercambio de experiencias a través de la realización de proyectos de investigación científica y aplicada y eventos académicos relacionados con la gestión ambiental y el desarrollo sustentable.
- La cooperación individual y colectiva entre instituciones públicas, privadas y demás organizaciones civiles a través de la participación en proyectos de gestión ambiental como contribución al desarrollo sustentable.
- Alianzas estratégicas público-privadas que permitan la implementación de programas de educación formal y no formal que fortalezcan la gestión ambiental comunitaria.
- La promoción de buenas prácticas ambientales a través de programas de voluntariado, conforme a la legislación de cada país.



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



<https://sociedadgeologica.org/>

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



<https://expomineracanananea.com/>



Logo: **expo MINERA**
Viviendo la Minería
CANANEA 2025

NOS VEMOS EN

89 DÍAS

12 HRS

6 MIN

6 SEG

Aparta tu lugar



Expo Minera 2025

NUESTRA

INDUSTRIA MINERA

<https://geolodia.es/>

Estamos preparando el:

geología 25

10 y 11 de Mayo

Qué es Geolodia

Geolodia es una iniciativa de divulgación en la que se realizan excursiones geológicas de campo guiadas por geólogos, gratuitas y abiertas a todos los públicos.

Cada año se realiza un Geolodia por cada provincia el primer o segundo fin de semana de mayo. Los Geolodias tienen lugar en entornos de gran interés geológico y ofrecen una información sencilla pero rigurosa. Permiten ver esos lugares con "ojos geológicos" y entender cómo funciona la Tierra sobre la que vivimos y de cuyos recursos naturales dependemos. Quienes participan comprenden también el valor de nuestro patrimonio geológico y la necesidad de protegerlo.



Geolodia 2024

Mira cómo fue el Geolodia 24. ¿Te vas a perder lo que estamos preparando para Geolodia 25

Organiza: **SGE** Sociedad Geológica España

Con la colaboración de: **FECYT** ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA



<https://repositorio.ipicyt.edu.mx/discover?scope=11627%2F3&query=tesis&submit=>



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

INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA

INAGEQ
El Instituto Nacional de Geoquímica INAGEQ es una Asociación Científica que agrupa a Investigadores(as), Científicos(as), Profesionistas, Estudiantes y especialistas en el área de la geoquímica y disciplinas relacionadas con las Ciencias de la Tierra en México.

ÁREAS TEMÁTICAS

- Biogeoquímica
- Geoquímica Ambiental y de Salud
- Química Atmosférica
- Geotermia
- Hidrocarburos
- Hidrogeoquímica e Hidrogeología
- Procesos contaminantes en cuencas hidrográficas y cuerpos de agua
- Geoquímica Marina
- Petroquímica
- Geoquímica de Isótopos y la Geocronología
- Petrología Ignea y Metamórfica
- Vulcanología
- Minería y Metalurgia
- Química Analítica
- Geoarqueología
- Geoquímica en la Educación

SEDE 2024

COLABORADORES

REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS



Red Cubana de la Ciencia

www.redciencia.cu

Conozca los principales resultados de la ciencia, la tecnología y la Innovación en Cuba, así como una amplia gama de publicaciones, bibliotecas y repositorios con documentos que abarcan todas las ramas del conocimiento. Incluye historia de la ciencia, efemérides, y muchas otras informaciones de utilidad para estudiantes, docentes e investigadores.

Información provista por el Dr. Manuel Iturralde Vinent



ACTUALIDAD CIENTÍFICA

<p>ACTUALIDAD CIENTÍFICA + BIODIVERSIDAD Día Mundial de los Humedales</p> <p>El 2 de febrero celebramos el Día Mundial de los Humedales, una efeméride significativa orientada a generar conciencia colectiva...</p>	<p>ACTUALIDAD CIENTÍFICA + CIENCIAS BÁSICAS Y COMPUTACIÓN Conoce la UC a conversión interactiva de tecnologías e informática</p> <p>La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) convoca a los profesionales involucrados a las actividades de formación...</p>	<p>ACTUALIDAD CIENTÍFICA + CONDICIONES NATURALES Y AMBIENTALES Desafíos por el calentamiento global y la desinformación climática</p> <p>Cada semana nos llega una nueva historia de temas climáticos, las condiciones de gases de efecto invernadero están en aumento...</p>
<p>ACTUALIDAD CIENTÍFICA + CONDICIONES NATURALES Y AMBIENTALES Disponible el mapa satelital de la República de Cuba</p> <p>Este mapa ha sido de gran utilidad para alumnos, docentes e investigadores, y público en general.</p>	<p>ACTUALIDAD CIENTÍFICA + CONDICIONES NATURALES Y AMBIENTALES SunoCuba, app para la Población Cubana</p> <p>La app SunoCuba es una aplicación desarrollada por SunoC y el Ceapa para dispositivos móviles que permite acceder a...</p>	<p>ACTUALIDAD CIENTÍFICA + CONDICIONES NATURALES Y AMBIENTALES Red de Peligrosidad Sísmica. Su significado y uso</p> <p>Para comprender el significado y utilidad de un mapa de peligrosidad sísmica es necesario comprender los conceptos de riesgo.</p>

Caverna del arte

HE DE IR

He de ir a las profundidades
para tomar el sueño con mi mano
izquierda
mirar arriba y contemplar tu silueta
fundándose con el sol penetrante.

He de ir despacio
fluyendo en una revolución
de re-existencia
cortejando mi océano cósmico
y socializando mi ser
en tu infinita esencia.

He de ir arriba
traspasando la
fina línea que divide
un elemento de otro,
colocarte en la mente
eterna de mi existir.

Pablo Anatexis

Cementerio de la Recoleta, Buenos Aires, Argentina.

Fotografía de Claudio Bartolini, 2013.



Cementerio de la Recoleta, Buenos Aires, Argentina.

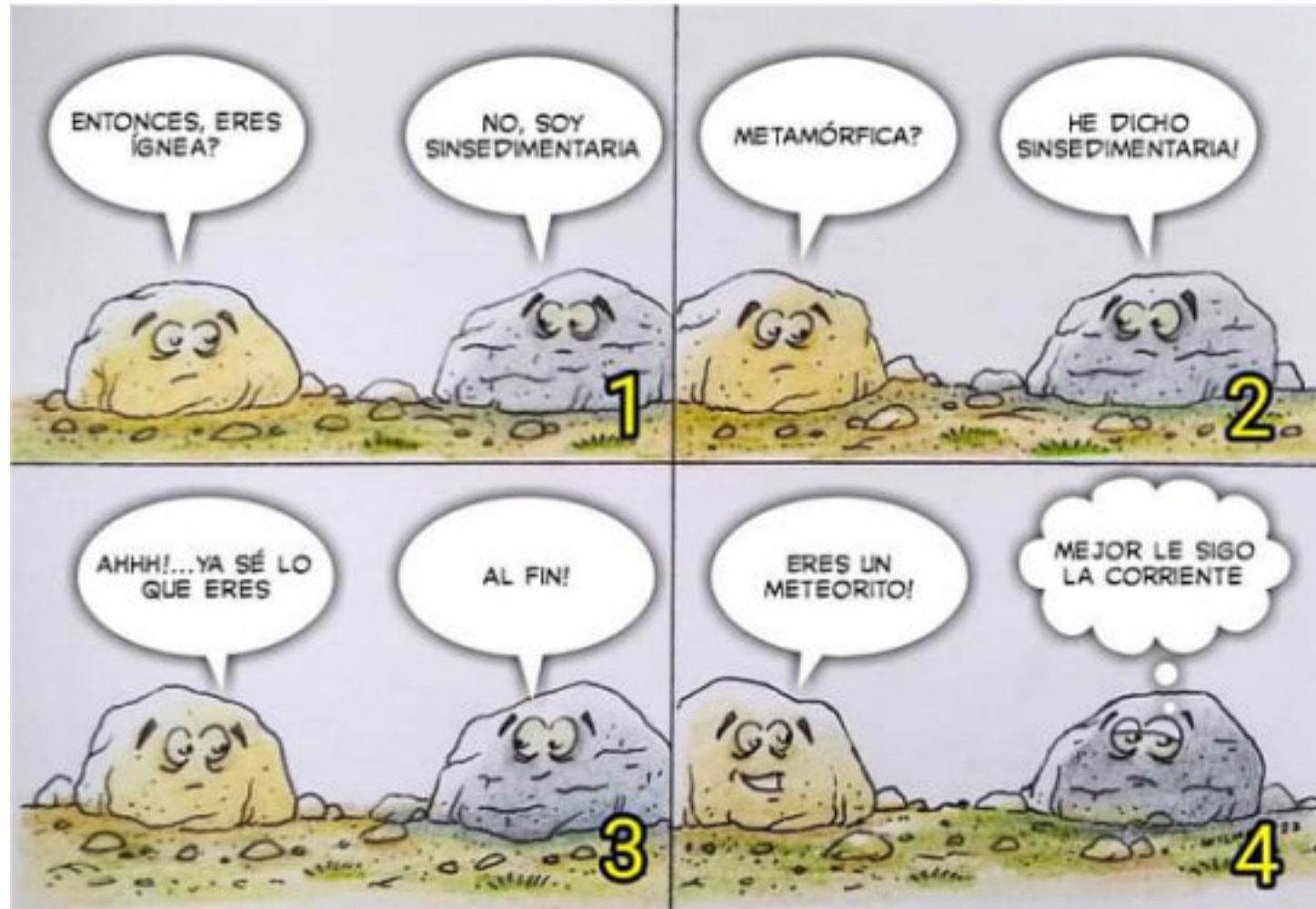
Fotografía de Claudio Bartolini, 2013.



Cementerio de la Recoleta, Buenos Aires, Argentina.

Fotografía de Claudio Bartolini, 2013.





La casa de la columna geológica

<https://www.britannica.com/science/dating-geochronology/Geologic-column-and-its-associated-time-scale>

<http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Clases/Clase%2015%20Columnas%20Estratigraficas.pdf>

<https://www.britannica.com/science/geologic-history-of-Earth>

<https://www.geologia.unam.mx/igl/publs/boletin/Boletin121.pdf>

<https://www.britannica.com/science/geochronology/The-principle-of-superposition-of-rock-strata>

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

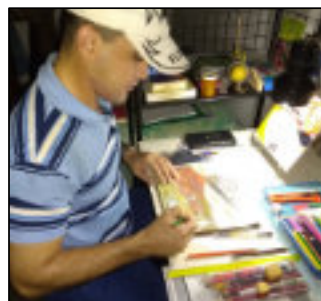
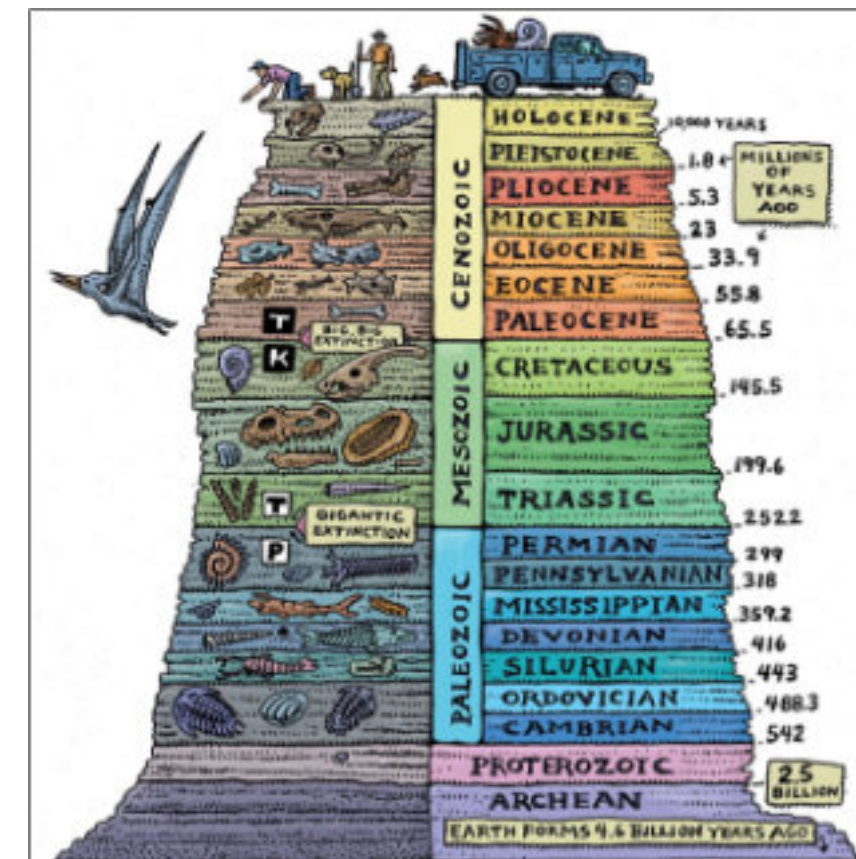
<https://study.com/academy/lesson/geologic-column-definition-example.html#:~:text=These%20striped%20layers%20are%20called,rock%20was%20a%20sea%20bed>

<https://www.youtube.com/watch?v=Zj8T5bKhrDg>

https://repositorio.unam.mx/contenidos?c=Vqna2&d=true&q=*&i=3&v=1&t=search_0&as=0

Compilado por **Uriel Franco Jaramillo**.

<https://lilianaobetko.files.wordpress.com/2015/03/columna-geolc3b3gica.jpg>



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: wilmerperezgil5@gmail.com

The Breitachklamm

The Breitachklamm is a gorge created by the river Breitach in the Allgäu region in Southern Germany.[1] It is located at the exit of the Kleinwalsertal near Tiefenbach, a city district of Oberstdorf. It is one of the deepest gorges of the Bavarian Alps and the deepest rocky gorge of Central Europe.[2] Every year around 300.000 visitors walk the 2.5 km long path through the gorge. The Breitachklamm was formed only during the last 10,000 years after the Würm ice age. Glaciers had eroded soft rocks, and hard rocks remained. When the glaciers had melted, the Breitach river had to grind its way through the hard rocks, over a distance of 2.5 km and up to 150 metres (490 ft) deep.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Breitachklamm>

<https://www.alltrails.com/trail/germany/bavaria/breitachklamm>

https://traveltoaustria.info/winter-hiking-through-breitachklamm-gorge/#google_vignette

<https://www.romantikhotels.com/en/romantik-blog/breitachklamm/>

<https://trekhunt.com/en/article/breitachklamm/>

<https://www.vorarlberg.travel/en/activity/the-icy-breitachklamm-gorge-in-kleinwalsertal/>

<https://www.showcaves.com/english/de/gorges/Breitachklamm.html>

<https://www.outdooractive.com/en/poi/allgaeu/breitachklamm/9400298/>

<https://www.locationscout.net/germany/17916-breitachklamm>

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

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



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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

Sociedad Venezolana de Historia
de las Geociencias.

SVHGc@yahoo.com



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

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



Asociación de Geólogos y Geofísicos
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica
del Cibao Oriental,
República Dominicana

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





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