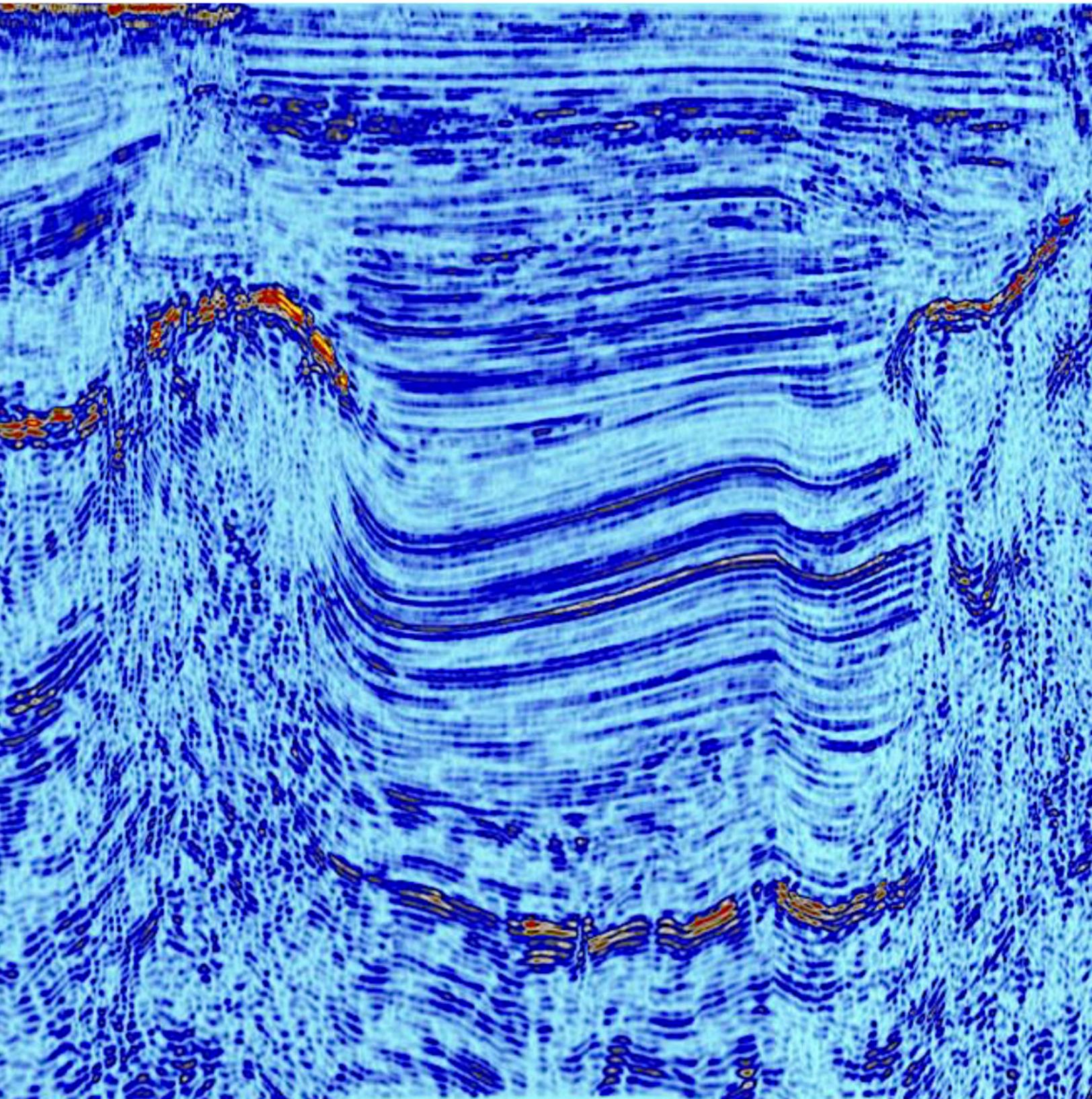


**NOVIEMBRE  
2022**



# **MAYA**

**REVISTA DE GEOCIENCIAS**





# MAYA

## REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

**Portada de la revista:** Sección sísmica que muestra la deformación de estratos en el subsuelo por obra del fenómeno de diapirismo. La sección destaca las amplitudes altas en la cima de los cuerpos salinos mediante el atributo sísmico RMS. Imagen generada por la estudiante de Geología **Estefani Johana Olvera Luna**.

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

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

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

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

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

Revista de divulgación  
Geocientífica

# EDITORES



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

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

[luis.valencia.11@outlook.com](mailto:luis.valencia.11@outlook.com)



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

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

[bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu](mailto:bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu)



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

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

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



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

[bartolini.claudio@gmail.com](mailto:bartolini.claudio@gmail.com)

# COLABORADORES



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



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



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



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

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

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

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

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

[geodoxo@gmail.com](mailto: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](mailto:r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk)

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

[itzelleon2909@gmail.com](mailto:itzelleon2909@gmail.com)



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



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



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



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

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

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

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

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

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

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

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

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



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

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

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



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

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

[roberto.vidal@unison.mx](mailto:roberto.vidal@unison.mx)



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

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

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



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

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

[diegogabriel807@gmail.com](mailto:diegogabriel807@gmail.com)



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

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

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

## Estimados colegas,

Es un gran placer informarles que ya tenemos una página web para nuestra Revista Maya de Geociencias, donde podrán encontrar (en formato PDF), todas las revistas que hemos publicado hasta ahora, mismas que pueden descargar de la página. También estaremos incluyendo información adicional que sea de utilidad para nuestras comunidades de geociencias.

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



## Visítanos en Mexico Petroleum Geoscience

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





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

### Estimados Colegas

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

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

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



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

### Esteemed colleagues

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

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

#### Basic Instructions for Authors

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

(biographical sketches): a maximum of 3 pages

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

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

Geological notes: a maximum of 10 pages

## Homenaje al Dr. Jaime Rueda Gaxiola

El pasado 28 de octubre de 2022 se llevó a cabo un gran homenaje al **Dr. Jaime Rueda Gaxiola**, por sus 50 años de servicio como Docente e Investigador de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán-Ciencias de la Tierra, del Instituto Politécnico Nacional, México.

Muchas generaciones de Geólogos están profundamente agradecidas por recibir sus conocimientos en las áreas de Geología Histórica, Paleontología, Geoquímica, Campo, entre muchas más.

El Dr. Rueda Gaxiola, egresado de la ESIA del IPN, apasionado incansable por el conocimiento geológico, cuenta con un legado muy grande que pasará a la historia de nuestra Alma Mater, como un gran formador de profesionistas transmitiendo el amor por las Ciencias de la Tierra.

**HUELUM GLORIA!!!!!! ORGULLOSAMENTE POLITÉCNICO!!!!!!**



# CONTENIDO

**NOVIEMBRE  
2022**

Semblanzas.....	<a href="#">12</a>
Pioneros de las Geociencias.....	<a href="#">15</a>
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	<a href="#">18</a>
Los libros recomendados.....	<a href="#">26</a>
Temas de interés.....	<a href="#">28</a>
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	<a href="#">34</a>
Notas geológicas.....	<a href="#">37</a>
<b>Misceláneos</b>	
Museos de historia natural.....	<a href="#">65</a>
La Casa del núcleo de la Tierra.....	<a href="#">66</a>
Tesis selectas presentadas en el POLI en 2021.....	<a href="#">67</a>
Caverna del arte.....	<a href="#">68</a>
Glosario de términos geológicos.....	<a href="#">73</a>
Congreso Geociencias 2023 UGM.....	<a href="#">74</a>
Séptimo Congreso Colombiano Hidrología.....	<a href="#">75</a>
17 Internacional Congress Petroleum/Geosciences.....	<a href="#">76</a>
Reunión Anual 2022 – Unión Geofísica Mexicana.....	<a href="#">77</a>
XVI Congreso Geológico Chileno 2023.....	<a href="#">78</a>
X Earth Science convention 2023.....	<a href="#">79</a>
Aplicaciones “Open Source”.....	<a href="#">80</a>
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	<a href="#">81</a>
Cal Orko, Bolivia.....	<a href="#">82</a>
Curiosidades de ciencias y cultura.....	<a href="#">83</a>
Asociaciones geológicas hermanas.....	<a href="#">84</a>

# SEMBLANZAS

## Clemente González de Juana (1906-1982) Pionero de la Geología de Venezuela

### A manera de introducción

Bien puede ser considerado uno de los importantes geocientíficos españoles venidos al país, tal como en su momento lo fue José Royo y Gómez luego de su largo periplo: España-Francia-Colombia y Venezuela.

Sin duda alguna puede considerarse un importante hilo conductor de la Geología nacional.

### Lugar y fecha de nacimiento

Nace Don Clemente en Villa Diego, provincia de Burgos, España el 2 de abril de 1906, hijo de Julio González Rico y María Dolores de Juana. Concluidos sus estudios básicos, en 1922, se traslada a Madrid ciudad en donde se inscribirá en la Escuela de Ingenieros de Minas y en donde obtiene el título de ingeniero de minas en 1930. Tenía en ese entonces 24 años de edad.

### Actividad profesional

Su primera responsabilidad en suelo hispano será en la empresa *Altos Hornos de Vizcaya* y al iniciarse el año 30' consciente de las buenas condiciones laborales que existían en Venezuela, se traslada al país en donde es contratado por la *Compañía Española de Petróleos (CEPSA)* vinculada con la *Standard Oil Company-Venezuela* en donde se responsabiliza de la perforación de pozos exploratorios de interés petrolero en las concesiones que la empresa mantenía en el estado Monagas, al nororiente del país, estableciéndose en la ciudad de Maturín para trabajar en los campamentos petroleros de dicha entidad.

En 1938 termina su contrato con *CEPSA-Standard Oil Co.-Venezuela*, y no regresa a España, iniciando en compañía de Santiago Emigdio Aguerrevere Vera (uno de los pioneros de los estudios formales de geología en Venezuela) actividades privadas para estudiar los yacimientos de carbón de Naricual, en el estado Anzoátegui.

Su vínculo con Aguerrevere da cuenta de su intención de permanecer en Venezuela.



Es así que se establecerá en Caracas y profesionalmente prestará sus servicios por 10 años como asesor de empresas del Estado: el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y en el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS). Ya asociados, Aguerrevere y González, éste último, continuará explorando los yacimientos de carbón ubicados en las cercanías del río Naricual, dando curso a la publicación de varios trabajos elaborados por él al igual que inicia estudios prospectivos sobre aguas subterráneas en Venezuela.

Actuará como expositor en los dos primeros Congresos Geológicos venezolanos celebrados en los años 1937 y 1938, respectivamente bajo el auspicio del Servicio Técnico de Minería y Geología.

En 1945 ingresa como docente a la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la Universidad Central de Venezuela, institución de la que se jubilará en 1980, luego de desempeñarse en las cátedras de: Geología de Campo, Geología de Venezuela, Geología del Petróleo y

Aerogeología (actualmente conocida como Fotogeología). Paralelamente será asesor del Ministerio de Minas e Hidrocarburos.

El 7 de abril de 1948 se encargará de la Dirección del Departamento de Geología, Minas y Petróleo de la Universidad Central de Venezuela.

Para el año 1949 la Universidad Central de Venezuela revalida su título de ingeniero de minas, y *a posteriori*, en 1960 cumplidos los requisitos exigidos por la universidad, ésta le confiere el grado de Doctor en la misma especialidad.

En 1966 cumple su año sabático universitario y viaja a Europa para visitar la Universidad de Boloña y enterarse de las últimas investigaciones en *tectónica de deslizamientos*. Igualmente realiza una pasantía en el Instituto de Mecánica de Rocas del Ministerio de Obras Públicas en Madrid.

Su amplia y prolífica vida profesional, será motivo para que el profesor González de Juana presida en 1966, la *Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo*, motivando su presencia y participación en numerosos congresos nacionales e internacionales entre 1937 a 1977. Al respecto y recordando la afinidad que mantenía con colegas franceses, el amigo y colega C. Beck recordará no con poca nostalgia: (...) *A finales de 1975, Jean-François Stéphan y yo hicimos nuestra primera visita a la Universidad Central de Venezuela, sosteniendo una entrevista con Don Clemente (...) tengo un ejemplar de la Memoria del Congreso de 1972 dedicada por él. Mucho camino he recorrido desde aquella época...* (Christian Beck, *com. escrita a Franco Urbani y cedida al autor el 13 de octubre de 2022*).

### Distinciones académicas

Su labor fue distinguida y reconocida, recibiendo toda clase de premios: (1) 1956, Orden José María Vargas, Primera Clase, Corbata; (2) 1962, la 13ª promoción de geólogos, egresados de la Universidad Central de Venezuela llevó su nombre; (3) 1965, la Sociedad Venezolana de Geólogos lo honró otorgándole un diploma al mérito en reconocimiento a la extensa labor desarrollada en la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la Universidad Central de Venezuela, en la formación de profesionales de las Ciencias de la Tierra en Venezuela; (4) 1967, de nuevo, la Sociedad Venezolana de Geólogos le otorga una nueva distinción, haciéndolo Miembro Honorario de dicha corporación gremial por su destacada labor en el conocimiento de la Geología del país; (5) En 1968 y por tercera vez, la SVG entrega un reconocimiento

a Don Clemente por su meritoria labor en favor de las Ciencias Geológicas; (6) La promoción de profesionales egresados en 1972 de la UCV otorgan una placa de agradecimiento a su labor y (7) En 1977, recibe en San Tomé, estado Anzoátegui una placa con su respectivo diploma al conmemorarse el 30º aniversario de la instalación del Instituto de Geología, de la cual él formó parte importante, como testimonio de reconocimiento por la meritoria labor cumplida en pro de las Ciencias Geológicas, del desarrollo del Departamento de Geología y de la evaluación moral de la profesión en su condición de profesor de la Escuela de Geología.

### Otras actividades

El 11 de diciembre de 1947 Don Clemente fue nombrado miembro de la Comisión de Laboratorios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y el 19 de diciembre del mismo año, miembro de la Comisión Permanente de Publicaciones de la Escuela de Geología y Minas.

En 1954 es nombrado por la oficina de *Estudios Especiales de la Presidencia de la República de Venezuela*, integrante de la comisión que estudiaría la preparación universitaria y especializada del personal venezolano para la explotación siderúrgica.

En 1958, es ascendido de Profesor Asociado a Titular, continuando en sus actividades de docente en las cátedras de Geología Campo I, II y III, Geología de Venezuela, Geología del Petróleo y Fotogeología. En 1974 asciende a profesor con dedicación exclusiva.

El Léxico Estratigráfico de Venezuela, editado por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos y presentado al IV Congreso Geológico de Venezuela en 1969 lo tendrá como uno de sus redactores junto a Fránces Charlton de Rivero por la Universidad Central de Venezuela.

Será asesor de la Comisión Organizadora del *II Congreso Latinoamericano de Geología* celebrado en Caracas entre el 11 al 16 de noviembre de 1973, participando además en la Mesa Directiva de la Comisión de Tectónica Estructural, Tectónica General, Neotectónica, Márgenes Continentales, Tectónica de Guayana y Mapas Tectónicos.

Fue miembro del comité permanente, de la *VII Conferencia Geológica del Caribe* celebrada del 1º al 12 de julio de 1974 en las Antillas Francesas.

En calidad de delegado por la Universidad Central de Venezuela, asistió al *III Congreso Latinoamericano de Geología* y en forma idéntica a la *VII Conferencia Geológica del Caribe* en Curazao, del 9 al 24 de julio de 1977.

Fue presidente del Comité Editor de la revista GEOS-Caracas, de 1976 a 1979, y por 20 años fue miembro activo del Instituto de Ingenieros Civiles y de la Asociación Norteamericana de Geólogos Petroleros de los Estados Unidos, haciéndose *Fellow of the Geological Society of America* y miembro de la *Society of Economic Geologists*, USA.

No solo será distinguido con los honores que se han mencionado, sino que en España, su patria natal, González de Juana será recibido en 1973 como *Miembro Correspondiente de la Academia de Doctores de la Universidad de Madrid Universitas Complutensis* en virtud del título académico que le fue conferido en 1960 y que lo había investido como Doctor en la Facultad de Ingeniería en Caracas, Venezuela.

Autor de libros y numerosos artículos, éstos últimos aparecerán en publicaciones periódicas nacionales e internacionales, como el Boletín de Geología y Minería, la Revista de Fomento, los Anales de la Universidad Central de Venezuela, la Revista Geos-Caracas, órgano de divulgación oficial de la Escuela de Geología, de la UCV, así como el Boletín Geológico y Minero de España, y la *Geological Society of America Review*, entre algunas publicaciones foráneas.

Su obra cumbre, está constituida por la edición de un libro compartido entre Xavier Picard y Juana Iturralde, que lleva por nombre *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas*, elaborado en dos volúmenes y publicado en 1980 con el auspicio del Fondo de Investigaciones



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

FONINVES, institución dependiente del Ministerio de Energía y Minas.

A grandes rasgos la obra de Don Clemente estructura el conocimiento geológico del país al estudiar las más variadas formaciones geológicas, dedicándose por igual al diastrofismo de la región oriental, a los yacimientos carboníferos de Naricual, al yeso de Paria, a la evolución de la cuenca de Maracaibo e incluso a servir de tutor de un grupo de estudiantes-tesistas de pregrado en una zona inexpugnable como es la región de Paria, al nororiente de Venezuela, teniendo como preparadores a dos jovencísimos profesores de la EGMYG de la UCV, Mario Vignali y Nicolás Gerardo Muñoz.

Su obra es de obligada referencia al abordar los estudios geológicos en Venezuela.

Fallece en Caracas el 25 de noviembre de 1982 a la edad de 76 años.

**Bibliografía:**

Anónimo S/F. *Clemente González de Juana*. [Documento en línea], Disponible (julio 6, 2021) <<https://docplayer.es/187360881-Dr-clemente-gonzalez-de-juana.html>>.

CCTE (1970) *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Boletín de Geología, Pub. Esp. (4):756, Ed. Sucre, Caracas, Venezuela

González de Juana, C.; Iturralde, J. y Picard X. (1980) *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas*. Ed. FONINVES, Caracas, 2 volúmenes.

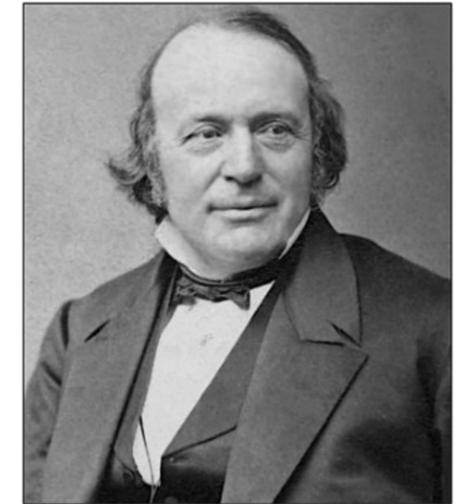
occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

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

# PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

## Louis Agassiz (1807 - 1873)

One of the great scientists of his day, and one of the "founding fathers" of the modern American scientific tradition, Louis Agassiz remains something of a historical enigma. A great systematist and paleontologist, a renowned teacher and tireless promoter of science in America, he was also a lifelong opponent of Darwin's theory of evolution. Yet even his most critical attacks on evolution have provided evolutionary biologists with insights.



**Biography of Agassiz**

The son of a minister, Jean Louis Rodolphe Agassiz was born on May 28, 1807 in the village of Môtier, in the French-speaking part of Switzerland. Agassiz was educated in the universities of Switzerland and Germany as a physician, like many naturalists of the time. He studied with prominent German biologists, including Oken and Döllinger. These men were followers of Naturphilosophie, a German Romantic philosophy that sought metaphysical correspondences and interconnections within the world of living things. Though Agassiz later renounced this philosophy, he was never quite able to free himself from its influence. Receiving his medical degree from the University of Erlangen in 1830, he went to Paris on December 16, 1831 to study comparative anatomy under Cuvier, the most famous naturalist in Europe. Cuvier was so impressed with Agassiz's work on fossil fishes that he turned over to Agassiz his own notes and drawings for a planned work on fossil fishes. Cuvier died on May 13, 1832, yet although their relationship lasted only months, Agassiz always considered himself an intellectual heir of Cuvier. For the rest of his life, Agassiz promoted and defended Cuvier's geological views and his classification of the animals. With the publication of his vast work on the fossil record of fishes, *Poissons fossiles*, Agassiz's reputation began to grow in the scientific community.

After Cuvier's death, Agassiz took up a professorship at the Lyceum of Neuchatel in Switzerland, where for thirteen years he worked on many projects in paleontology, systematics, and glaciology. Agassiz took up the study of

glaciers in 1836 and was guided by colleagues Ignatz Venetz and Jean de Charpentier to examine the geological features of his native Switzerland. Agassiz noticed the marks that glaciers left on the Earth: great valleys; large glacial erratic boulders carried long distances; scratches and smoothing of rocks; mounds of debris called moraines pushed up by glacial advances. He realized that in many places these signs of glaciation could be seen where no glaciers existed. Previous scientists had variously explained these features as made by icebergs or floods, but following the lead of others, Agassiz became a powerful proponent of the theory that a great Ice Age had once gripped the Earth, and published his ideas in *Étude sur les glaciers* in 1840. His later book, *Système glaciare* (1847), presented further evidence for this theory, gathered all over Europe. Agassiz later found even more evidence of glaciation in North America.

In 1846, Agassiz came to the United States on a lecture tour; he was a huge popular success and his expertise was widely recognized and celebrated. In 1848 he accepted a professorship at Harvard. He immediately set about organizing and acquiring funding for a great museum of natural history. In 1859 his dream came true with the founding of the Museum of Comparative Zoology, which

opened its doors in 1860. This was the first publicly funded science building in North America. Agassiz labored for support of science in his adopted homeland; he and his colleagues urged the creation of a National Academy of Sciences, and Agassiz became a founding member in 1863. Agassiz was also appointed a regent of the Smithsonian Institution in 1863. He campaigned constantly for funds and resources for American science, and for his research projects in particular — and the funding grew and grew (although it never seemed quite enough for all that Agassiz wanted to do — and although Agassiz himself never quite finished most of his grand projects).

#### Agassiz's scientific thought

Agassiz stayed loyal to Cuvier's classification, which divided the animal kingdom into four embranchements (branches): Vertebrata, Insecta, Vermes (worms) and Radiata (radially symmetrical animals). Within each embranchement the classes could be ranked from lowest to highest; the orders in each class could be similarly ranked, and so on down to the species level, with Homo sapiens sitting at the very top of the scale of life. The cornerstone of Agassiz's biological thought was his belief that the gradation from low to high forms, in any taxon, paralleled the order of appearance in the fossil record, the order of stages in the organisms' development, and the distribution and ecology of the taxon. The "lowest" forms were first found lowest in the rock record, their morphological features appeared earliest in embryonic development, and they are distributed today at the highest latitudes. Agassiz summed up his thought in his Essay on Classification, first published in 1851:

“the phenomena of animal life correspond to one another, whether we compare their rank as determined by structural complication with the phases of their growth, or with their succession in past geological ages; whether we compare this succession with their relative growth, or all these different relations with each other and with the geographical distribution of animals upon the earth”. The same series everywhere!

Darwin, and many others after him, accepted these parallelisms as providing evidence for evolution. Darwin wrote in The Origin of Species that "this doctrine of Agassiz accords well with the theory of natural selection," although he was writing somewhat ironically because he did not agree with Agassiz's belief of a strict "parallelism." Haeckel in particular invoked the "recapitulation of phylogeny by ontogeny" in support of evolution. But Agassiz was no evolutionist; in fact, he was probably the last reputable scientist to reject evolution outright for any

length of time after the publication of The Origin of Species. Agassiz saw the Divine Plan of God everywhere in nature, and could not reconcile himself to a theory that did not invoke design. He defined a species as "a thought of God." As he wrote in his Essay on Classification:

“The combination in time and space of all these thoughtful conceptions exhibits not only thought, it shows also premeditation, power, wisdom, greatness, prescience, omniscience, providence. In one word, all these facts in their natural connection proclaim aloud the One God, whom man may know, adore, and love; and Natural History must in good time become the analysis of the thoughts of the Creator of the Universe”

Agassiz was a staunch creationist; he taught that after every global extinction of life God created every species anew. This differed from the view of Cuvier, who recognized extensive and sometimes apparently quite abrupt changes in fossil faunas and their environments. Cuvier did not think that God re-created life; he thought that new species migrated in from elsewhere as climates and environments changed.

Agassiz's works on living and fossil fishes and on glaciers have remained classics. His work on glaciers revolutionized geology, and drove another nail in the coffin of the Biblical Flood as a serious scientific hypothesis. He trained and influenced a generation of American zoologists and paleontologists, including Alpheus Hyatt, William Healey Dall, David Starr Jordan, Nathaniel Shaler, and Edward S. Morse. He left a mark on the development and the practice of American science, and brought science to "the man in the street" as no one else had before. People from all over the world read his books, sent him specimens, and asked his advice. By the time of his death, on December 14, 1873, he was the most famous scientist in America, and although he actually published few major scientific works after he emigrated, his popular books and public lectures made him extremely well-known and respected by the public. Scientifically, however, he was being left behind by his absolute rejection of evolution and his insistence on glaciers as a major force that shaped geology worldwide.

Agassiz was also being left behind by his racist attitudes, which were extreme even for his day. In the early and mid-1800s there was considerable scientific debate about the origins of humans and of human races, and about just how different human groups were. This debate concerned all groups of plants and animals — how do you tell how much difference constitutes a species? — and was an important

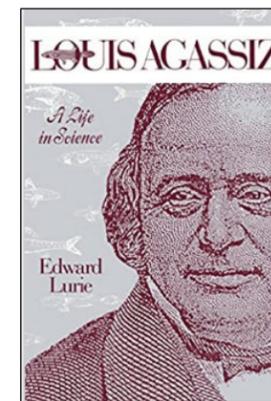
avenue of inquiry. Unlike Darwin and others, who thought that humans all belonged to one species and that their populations had differentiated through time as they spread geographically and adapted to new environments, Agassiz could not accept that all groups of humans belonged to the same species, and he argued vehemently for the inferiority of non-white human groups. He was not alone in this; several prominent scientists saw populational differences as major and discontinuous, and used various statistical and other arguments to support this. But Agassiz was also physically revulsed by the idea that all humans were equal. In this feeling he was not alone, but increasingly he was seen as the product of a bygone age himself.

His philosophy of nature, aiming to understand the Divine Plan, is the last great expression of the old school of natural theology, started by men like John Ray almost two hundred years before. Natural theology had once inspired countless scientists, including Darwin and his forerunners, but by the time of publication of The Origin of Species it had largely run out of steam, unable to offer any real explanation for natural phenomena except "God made it that way." Within Agassiz's lifetime, and much to his grief, most of his students — including his son Alexander, a well-

known naturalist in his own right — became evolutionists, though not necessarily Darwinians.

Agassiz's idea of the "three-fold parallelism" — that the order of appearance of animals in the fossil record largely mirrors the order of appearance of their morphological features during the development of animals, and that this in turn mirrors the arrangement of their phylogenetic relationships — was not strictly accepted even in his day, although many facts are consistent with it. Like many biological generalizations, there are too many exceptions to its principles to use it as a strict guide. And we must remember that Agassiz did not accept evolution, so the explanation of why these patterns would make sense to modern biology would have been anathema to him. Still, the general concordance of patterns that he noticed and described stimulated much research in his day. It would not be correct to say that today's "comparative biology" and "evolutionary developmental biology" (or "evo-devo") owe a great debt to Agassiz, but at least he saw the grand scheme of many of its patterns, despite his refusal to accept evolution.

Source: <https://ucmp.berkeley.edu/history/agassiz.html>



<https://www.amazon.com/Louis-Agassiz-Science-Edward-Lurie/dp/080183743X>



# PUBLICACIONES

## TESIS & RESÚMENES

**Fermín Villalpando Tovalín**

**Estructura de ensamble de datos georreferenciados y no referenciados a través de optimización de estrategias fotogramétricas SFM-MVS: aplicaciones en cuerpos de agua superficiales.**

Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica, A.C., México.

Tesis para obtener el grado de Doctor en Geociencias Aplicadas, Enero de 2022.

Sustentante: **Villalpando Tovalín, Fermín.**

Directores de Tesis: *Tuxpan Vargas José y Ramos Leal José Alfredo.*

### Resumen

Vivimos en una era digital donde se tienen una cantidad basta de datos adquiridos de múltiples sensores y plataformas. Los datos por su propia naturaleza son heterogéneos entre si ya sea espacial, espectral o temporalmente, haciendo muy compleja la integración de los mismos. Esto es particularmente complejo cuando se trata de datos sin orientación espacial, que, a pesar de contener información valiosa, al no contar con una georreferencia adecuada, la tarea de integrar dichos datos implica un reto todavía mayor. En este trabajo se propone un enfoque de fusión de datos para el monitoreo y caracterización de masas de agua superficiales combinando: a) vehículos de superficie no tripulados (USVs), b) vehículos aéreos no tripulados (UAVs), c) sensores ópticos aéreos y sumergibles, d) sensores acústicos y e) instrumentos de perfilado de sonido en el agua. Como parte del proceso de integración y procesamiento de los datos se implementaron técnicas de segmentación de objetos para el seguimiento e identificación de la fauna subacuática, acompañadas de técnicas basadas en el movimiento (SFM) y estereofotogrametría multi vista (MVS) para la reconstrucción 3D. Los resultados obtenidos permiten recrear modelos morfológicos de las zonas de estudio/prueba acoplando toda la información existente por encima y por debajo del espejo de agua. La resolución espacial obtenida es centimétrica y posee la calidad idónea que permite contemplarla como una opción adecuada para el mapeo submarino, seguimiento y mediciones tridimensionales de las masas de agua superficiales. La precisión de los modelos generados y sus mediciones físicas están del orden del centímetro para ello se generaron y utilizaron las diversas nubes de puntos a partir de los videos/fotogramas/mediciones de los sensores disponibles aumentando la densidad de puntos a través de la redundancia de datos.

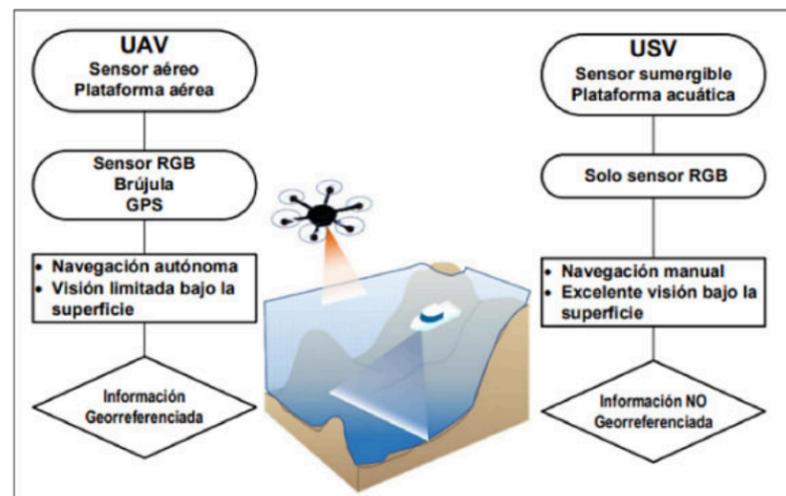


Figura 1.1. Cuadro comparativo de metodologías utilizadas en el estudio. En el centro hay una representación del escenario de aplicación y las diferentes etapas de cada método asociado a su respectiva plataforma UAV-USV.

## Elaboración de un plan para el manejo de los residuos peligrosos de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, México.

Instituto Politécnico Nacional.

Tesis para obtener el título profesional de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Octubre 2020.

Sustentante: **Dávila Muñoz, Jocelyn.**

Directora de Tesis: *Dra. En C. Verónica Ávila Vázquez.*

### Resumen

En el presente estudio se realizó un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos (PMRP) para la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas (UPIIZ) que dicta la Coordinación para la Sustentabilidad Politécnica del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Dicho proyecto consistió en la identificación de las fuentes de generación de residuos peligrosos (RP) dentro de la Unidad, seguido de la elaboración de un listado de los RP generados por área, el registro contuvo el nombre del residuo, cantidad aproximada, área de generación, categoría y clave del RP conforme al procedimiento establecido en la NOM052-SEMARNAT-2005 que establece las características que definen a un residuo como peligroso. Así mismo se establecieron acciones para la minimización, valorización y tratamiento de los residuos por ejemplo en el área de laboratorio se propuso reducir las cantidades de reactivos o reducir la concentración de reactivos a utilizar, que se deben dar seguimiento por parte de los encargados de las áreas generadoras, a fin de reducir daños a la salud y al medio ambiente. Dentro de la investigación se logró determinar que la generación anual de RP en la UPIIZ es de 200 Kg entrando en la categoría de micro generador. El área de mayor generación son los laboratorios pues alumnos y docentes realizan prácticas y/o trabajos de investigación haciendo uso de sustancias químicas obteniendo un total de 100 Kg de RP que en su mayoría se trata de sustancias corrosivas ácidas (C1) con 60 Kg, seguido del área de servicios generales con un total de 22 Kg y servicio médico con 1.5 Kg de RP anual.

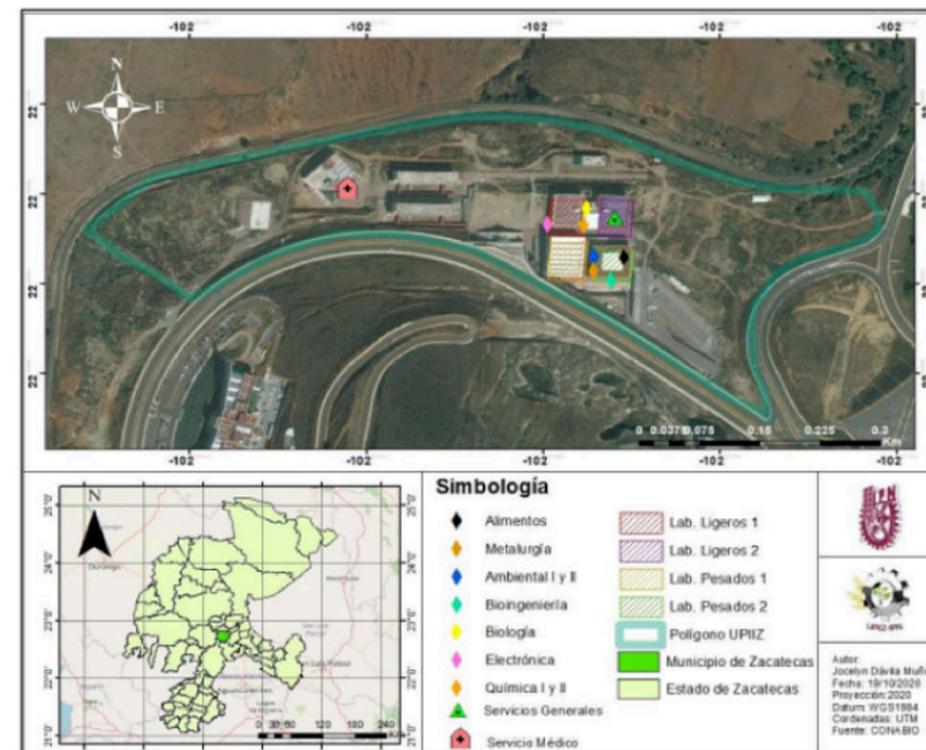


Figura 1.1. Área de estudio.

## Update on the Paleogene water-level drawdown hypothesis, Gulf of Mexico

Stephen P. J. Cossey<sup>1</sup>, Joshua Rosenfeld<sup>2</sup>, Mark Bitter<sup>3</sup>, and James Pindell<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Cossey and Associates Inc., P.O. Box 1510, Durango, Colorado 81302, U.S.A. <sup>2</sup>7302 Ravenswood Rd., Granbury, Texas 76049, U.S.A.

<sup>3</sup>Marbit Consulting, LLC, 14322 Spanish River Ln., Cypress, Texas 77429, U.S.A. <sup>4</sup>Tectonic Analysis Ltd., Chestnut House, Duncton, West Sussex, GU28 0LH, U.K.

### ABSTRACT

We provide an update on the Gulf of Mexico Paleogene water-level drawdown hypothesis by revising and augmenting the original observations to provide new grounds for the continuing assessment of this concept, which has important implications for hydrocarbon exploration. This paper assimilates information on 7 issues from a variety of sources that suggests attention should be focused on the 56 Ma sequence boundary as the most likely time of drawdown, just before the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM), rather than mid-Paleocene as was first thought. The younger timing downplays the possible association between the Paleocene "Whopper Sandstone" and drawdown, and provides the time necessary for the Cuban Arc to begin collision with the Bahamas Platform and close the Florida Straits, a necessary part of the hypothesis. We highlight data from other authors that appear to show that the fastest rate of clastic deposition for all Wilcox time was at about 56 Ma. We also focus on evidence that there may have been Paleogene evaporative conditions in the Gulf, and whether evaporites are even necessary for the viability of the hypothesis. We highlight and discuss evidence from a selection of more than 33 paleo-canyons around the Gulf rim, most of which could have been formed at ~56 Ma given current dating, and we consider the apparent formation of a Gulf-wide unconformity at this time, just before the PETM. The magnitude of the proposed drawdown is estimated from evidence along the thalweg of the Chicontepec paleo-canyon in eastern Mexico. Evidence for subaerial exposure and erosion along the margins of western Florida and northern Yucatán, including at Chicxulub, is also reviewed. Finally, the enigmatic Georgia Channel System is highlighted, and we call for detailed work to confirm if short-lived interruptions in circulation between the Gulf and the Atlantic Ocean during the Paleogene might have occurred, particularly at ~56 Ma. Another good thesis topic would be to deconstruct the last stages of the Cuban orogen and further test the required continuity of a land bridge from southern Florida to Yucatán at ~56 Ma, using comprehensive seismic and well databases in the Yucatán and Florida Straits and the western Bahamas.

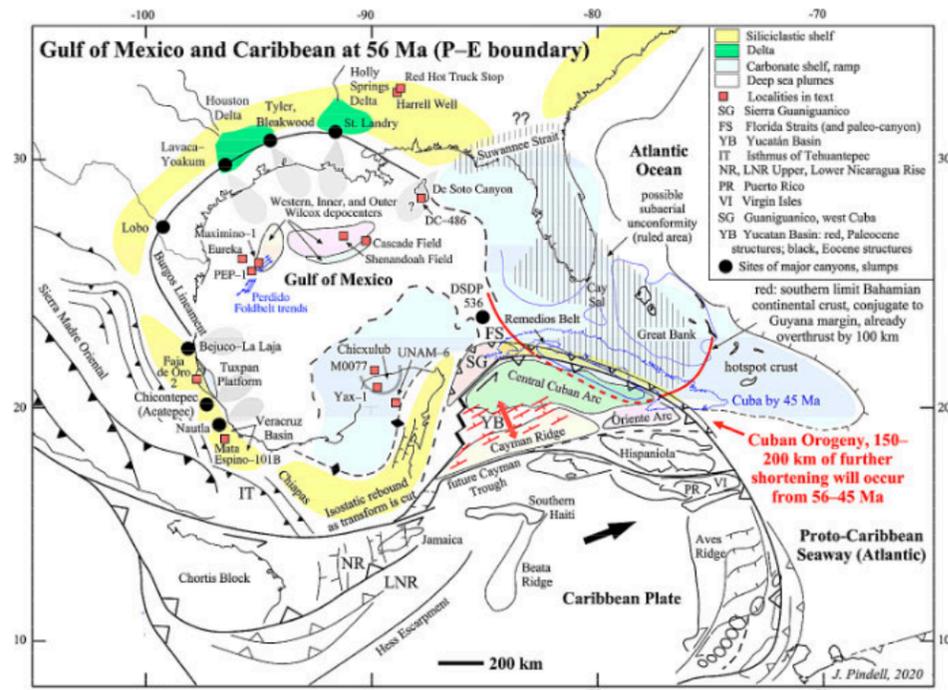


Figure 1. Gulf of Mexico and Caribbean at the 56 Ma most likely time of drawdown in the Gulf of Mexico, with localities cited in text (modified after Rosenfeld and Pindell, 2003; Rosencrantz, 1990; Pindell et al., 1988, 1998, 2005). The Cuban Arc/prism had begun obduction onto the shallow-water "Remedios Belt" defining the southern edge of the Bahamas Platform, imbricated within Cuban thrust sheets after 150–200 km of further shortening.

Copyright © 2021. Gulf Coast Association of Geological Societies. All rights reserved.

GCAGS Journal, v. 10 (2021), p. 123–141.

## Modelado sísmico para optimizar técnica y económicamente un proyecto de exploración sísmica aplicado a la geotermia.

Instituto Politécnico Nacional, México.

Tesis que para obtener el título de Maestra en Ciencias en Geociencias y Administración de los Recursos Naturales, 2022

Sustentante: **Morales Suárez, Evelin Brittany.**

Directores de Tesis: *M. en C. Luis Ángel Valencia Flores y Dr. Daniel Romo Rico.*

### Resumen

El Modelado Numérico de las Ondas Sísmicas es una de las piedras angulares del procesamiento de datos sísmico. Es una técnica que simula la propagación de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra. Resulta ser una gran herramienta que ayuda a optimizar los parámetros para la evaluación y el diseño de una adquisición sísmica. Idealmente, el modelado directo debe ser usado antes de emprender costosas y complicadas adquisiciones.

Así como también, resulta de apoyo en la Interpretación Sísmica, para comprender la respuesta sísmica que tienen ciertas estructuras geológicas tales como fallas, fracturas, anticlinales, sinclinales, etc., importantes de identificar en esta área. Este método calcula el Campo de Ondas Completo para la Onda Escalar, Acústica y Elástica usando un algoritmo de Diferencias Finitas de Segundo Orden en el Tiempo y Cuarto Orden en el Espacio.

Se simula una adquisición sísmica sobre un perfil que describe la litología y las estructuras geológicas del subsuelo obtenido por la interpretación de otros métodos geofísicos tradicionales como métodos eléctricos, magnéticos, electromagnéticos, etc. La información de geología superficial y sobre todo los núcleos que proporcionan la litología. Para tener un modelo geológico del subsuelo de dicho perfil.

Se analizan dos arreglos de adquisición, el Método Convencional y el Método Stack Array, con la finalidad de obtener una imagen sísmica con el mejor detalle posible, realizando 400 disparos espaciados cada 10 metros, y 10 metros entre receptoras para ambos arreglos de adquisición propuestos.

Con esta sísmica sintética (Shot Gathers) se realizó una secuencia básica de procesamiento en tiempo (Post-STM y PSTM) con el fin de resolver el escenario geológico de donde fue tomado el perfil de análisis. Se presentan los resultados obtenidos del modelado, así como también, las imágenes sísmicas del procesamiento en tiempo. Por otra parte, se realiza la evaluación económica del método, para determinar la factibilidad de la aplicación de este.

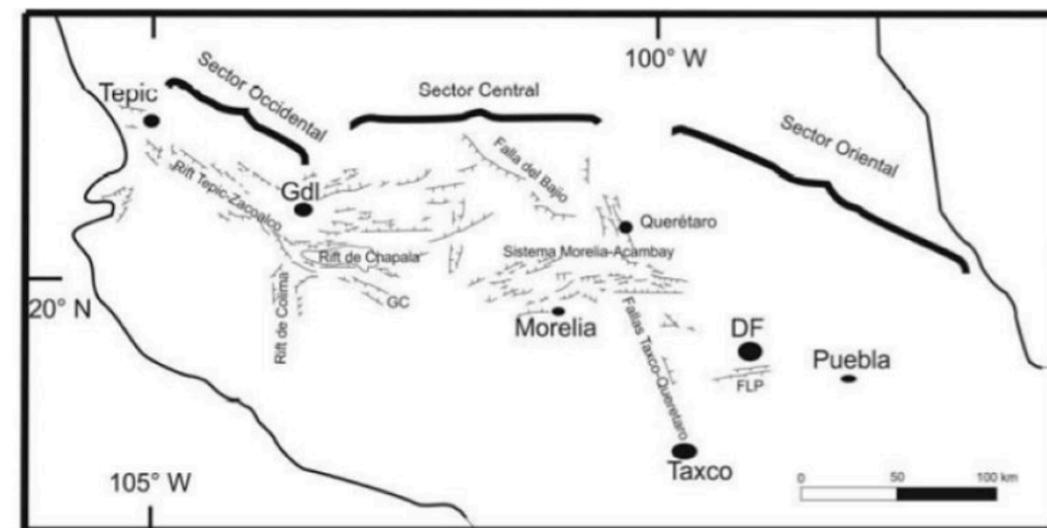


Figura 1.1. Cinturón Volcánico Mexicano y sus sectores geográficos. Fuente: Modificado de Ferrari et al. (2002).

**Correlación de la resistencia de la roca y la velocidad de perforación en proyectos de voladura -  
Hudbay Perú S.A.C. - unidad minera Constanca**

Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Perú.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Minas, 2022

Sustentante: **Mamani Colca Gisber.**

Director de Tesis: *MSc. Manuel Ruben Figueroa Galiano.*

**Resumen**

La Unidad Minera Constanca es una mina de explotación de minerales principales de cobre y molibdeno, se encuentra ubicado en los distritos de Chamaca y Velille, en la provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco, consiste principalmente en un yacimiento de pórfido de cobre, el método de explotación usado es a cielo abierto. En el presente trabajo se presenta un proyecto cuya finalidad es correlacionar la resistencia de la roca con la velocidad de perforación de taladros en proyectos de voladura para así optimizar los tiempos de entrega de información del macizo rocoso para la Superintendencia de Perforación y Voladura. Se utilizó el registro de las velocidades de perforación en 34,925 taladros perforados en la Fase I, Fase II, Fase III y Fase VII del Tajo Constanca durante el año 2018, toda la información de taladros se agrupó por taladros perforados en un tipo de litología y su alteración, se obtuvieron 18 combinaciones o unidades geotécnicas para luego ser llevados a un análisis estadístico obteniéndose un intervalo de confianza al 80% donde se definieron valores de velocidad de perforación inferior y superior para cada unidad geotécnica, posteriormente se ha agrupado dichas velocidades en relación a un rango de resistencia de la roca con descripción de roca suave, intermedia, dura y muy dura, dichos rangos fueron definidos anteriormente con información de ensayos de campo y laboratorio. Se verificó que la velocidad de perforación guarda una correlación inversamente proporcional con los valores de resistencia de roca (velocidad mayor = menor resistencia y velocidad menor = mayor resistencia). Los resultados permiten la predicción de información geotécnica (resistencia de la roca) principalmente para el diseño de carga y amarre en los proyectos de voladura usando únicamente la litología y alteración del modelo de bloques geológico a mediano plazo; se optimiza el tiempo de entrega de información y/o la cantidad de ensayos de campo y laboratorio a realizar.

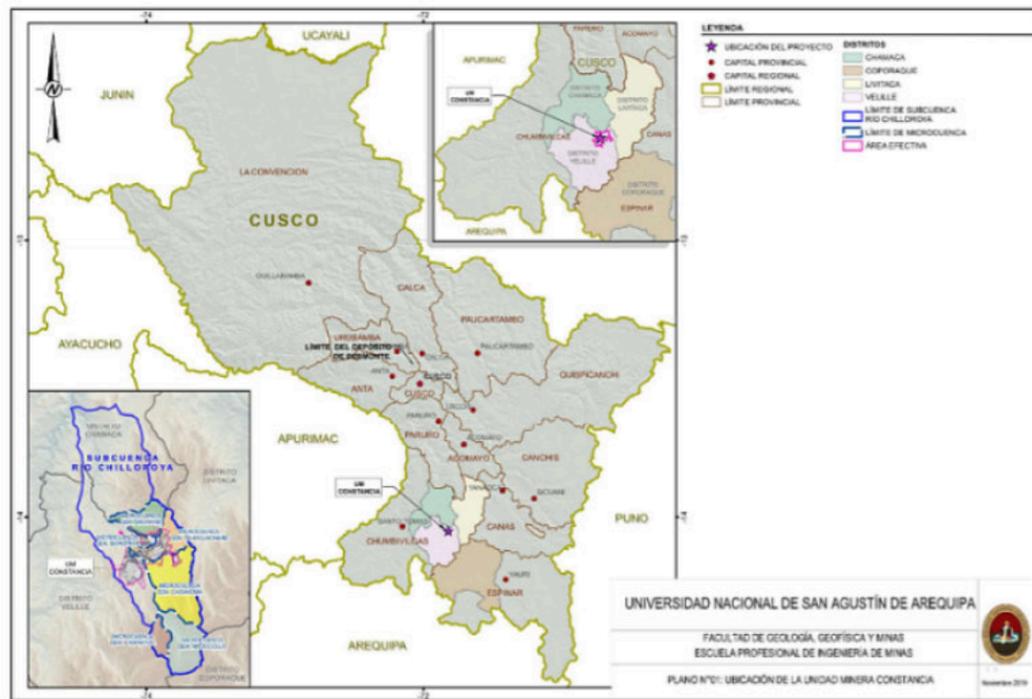


Figura 1.1. Ubicación de Unidad Minera Constanca.

**Análisis geológico y magnetométrico de rocas plutónicas cretácicas y sus encajonantes en el extremo sudoriental del Cinturón Batolítico Peninsular.**

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, 2021

Sustentante: **Baltazar Leo Lozano Hernández.**

Director de Tesis: *Dr. Luis Alberto Delgado Argote.*

**Resumen**

Los terrenos tectonoestratigráficos en los que se encuentran los plutones de la zona occidental cuyo SiO<sub>2</sub> promedio es menor a 61% y de la zona oriental con SiO<sub>2</sub> mayor a 61% del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) están yuxtapuestas. A través del análisis estructural, petrográfico y aeromagnetométrico de la región comprendida entre el plutón La Primavera en el norte hasta el sur de la sierra La Libertad (28.2° a 29.2°N) se identificó que las rocas encajonantes de los plutones con magnetización alta del occidente magnético es una secuencia metamorfozada en facies de esquistos verdes de lavas andesíticas interestratificadas con depósitos sedimentarios de areniscas finas con carbonatos y rocas volcánoclasticas del Jurásico-Cretácico Inferior. Las rocas encajonantes de los plutones orientales tipo La Posta de San Borja y La Libertad son sedimentos pelítico-samíticos, areniscas gruesas y conglomerados interestratificados del Paleozoico (?) metamorfozados en facies de anfibolita. Los esquistos forman un cinturón intensamente deformado con fallamiento de empuje subvertical entre granitoides milonitizados asociados con acortamiento en dirección ENE/WSW. Los contactos subverticales entre las rocas intrusivas y el cinturón de la secuencia volcanosedimentaria se definen claramente por el contraste de magnetización alta en las intrusivas y baja en las encajonantes. La deformación se asocia con el fenómeno de yuxtaposición entre el arco de islas Alisitos del oeste y el margen continental oriental que debió ser simultáneo al emplazamiento del plutón La Primavera entre 110 y 100 Ma.

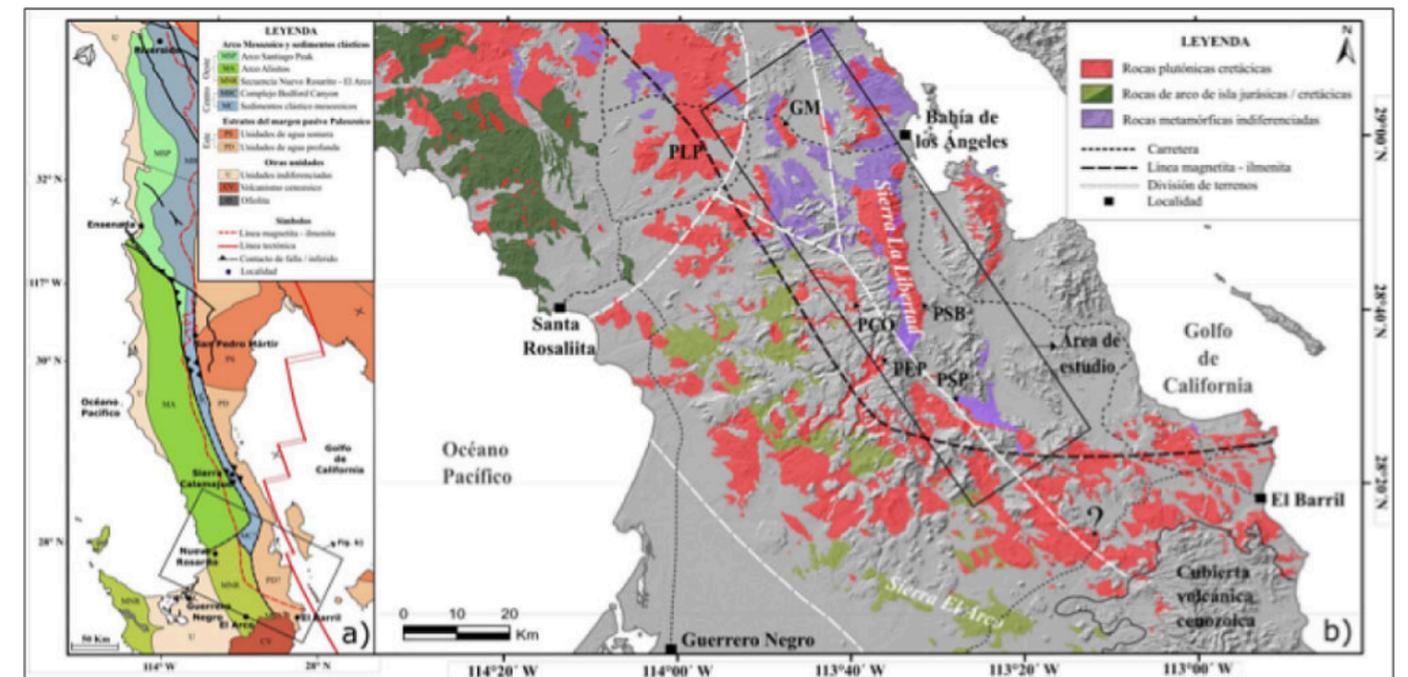


Figura 1.1. a) Mapa geológico del cinturón batolítico peninsular (CBP) mostrando los terrenos tectonoestratigráficos generalizados modificado de Contreras-López et al. (2018); b) Mapa geológico de la región meridional del CBP mostrando las rocas intrusivas del Cretácico y las secuencias encajonantes (modificado de Contreras-López et al., 2018 y 2020), la línea negra discontinua es la línea magnetita-ilmenita de Gastil et al. (1990) y las líneas blancas discontinuas es la división de los terrenos tectonoestratigráficos (Contreras-López et al., 2018). Plutones: GM=Granitoide milonitizado, PCO=Compostela, PEP=El Paraíso, PLP=La Primavera, PSP=San Pedro y PSB=San Borja. El rectángulo negro encierra el área de estudio.

**ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS DEPÓSITOS DE CENIZA EMITIDOS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA DURANTE LAS FASES ERUPTIVAS DE MARZO Y JULIO 2013 Y SU RELACIÓN CON EL DINAMISMO ERUPTIVO.**

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: Ingeniera Geóloga, Marzo 2022.

Sustentante: **Pazos Marín Gabriela Alexandra**

Director de tesis: *PhD. Narváz Rivadeneira Diego Fernando*

**Resumen**

Este trabajo presenta un análisis textural de microlitos de plagioclasas, componentes de la ceniza volcánica recolectada durante las fases eruptivas de marzo y julio 2013 del volcán Tungurahua. Para el análisis se utilizaron imágenes de microsonda electrónica, las cuales fueron procesadas mediante algunos programas computacionales de acceso libre (ej. Weka, CEmin). El tratamiento de estas imágenes permitió obtener varios parámetros, como: los hábitos cristalinos, la densidad numérica de volumen (Nv) y la abundancia de fase ( $\Phi$ ) de la población de microlitos. La densidad numérica de volumen en conjunto con datos geoquímicos de estudios anteriores fue utilizada para calcular la tasa de ascenso magmático. Durante las dos fases seleccionadas se presentaron diferentes dinamos eruptivos (ej. erupciones vulcanianas, estrombolianas y fuentes piroclásticas) cuyo comportamiento está influenciado por procesos de cristalización, el contenido de volátiles y la velocidad de ascenso magmático.

Para la fase de marzo se observa una correlación inversa entre la velocidad y la abundancia de microlitos de plagioclasas. Otros estudios demuestran que la actividad se presentó en un sistema abierto para la emisión de gases volcánicos. Por lo tanto, el comportamiento observado en esta fase se interpreta como resultado del ascenso de un magma cuya velocidad está condicionada por la viscosidad que varía dependiendo del grado de cristalización inducida por desgasificación en el conducto. Por otro lado, las muestras emitidas durante el evento vulcaniano del 14 de julio indicaron una correlación directa entre la velocidad y la abundancia de microlitos.

Estudios previos sugieren que el evento se desarrolló en un sistema cerrado debido a la formación de un tapón. Este estudio propone que, a diferencia de los sistemas abiertos, en sistemas cerrados el principal factor que influye en la velocidad de ascenso es la flotabilidad del magma. Es decir que mientras el magma cristaliza por desgasificación, los gases al no poder salir del conducto empiezan a formar burbujas bajo el tapón, las cuales al expandirse disminuyen la densidad del magma (lo hacen más flotable) y provocan un aumento en su velocidad una vez abierto el sistema. Durante el resto de la fase de julio la actividad se desarrolló en un sistema abierto.

Este trabajo muestra que el análisis textural de cenizas, principalmente el estudio de microlitos de plagioclasas, provee indicios acerca de los procesos magmáticos que ocurren dentro del conducto, por lo tanto, este método representa una herramienta efectiva para realizar un monitoreo petrológico de volcanes activos.

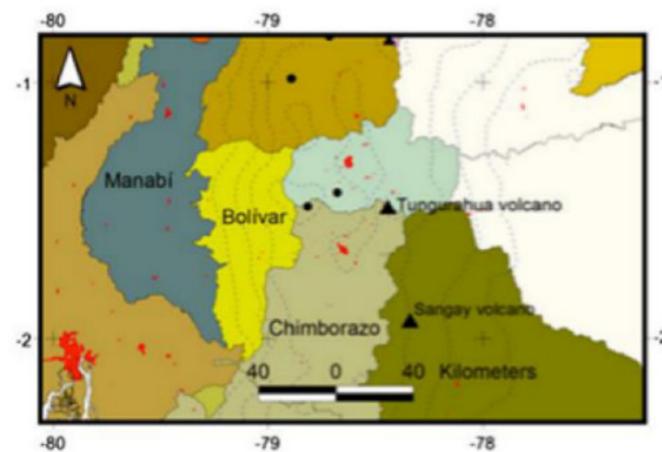


Figura 1.1. Ubicación geográfica del volcán Tungurahua entre las provincias de Tungurahua y Chimborazo. Obtenido de Parra et al. (2016).



Contents lists available at ScienceDirect

**Journal of South American Earth Sciences**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/james](http://www.elsevier.com/locate/james)



**Environmental geology and isotopic evaluation of springs within the central part of the Sierra Cerro de La Silla, northeastern México**

Jerjes Rigoberto Pantoja-Irys<sup>a,\*</sup>, Hugo Mujica-Sánchez<sup>a</sup>, Luis Eduardo Arista-Gázares<sup>b</sup>, César Michel Hernández-García<sup>a</sup>, Mark Wagner<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Corporación Ambiental de México S.A. de C.V. Texcoco 100, Colonia Satélite Acueducto, Monterrey, Nuevo León, 64960, Mexico

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de La Tierra, Carretera a Cerro Prieto Km 8, Ex. Hacienda de Guadalupe, Linares, Nuevo León, 67700, Mexico

<sup>c</sup> Arcadis US, Inc. 7550 Teague Road, Suite 210, Hanover, MD, 21076, USA

**ARTICLE INFO**

Keywords:  
Monterrey  
Cerro de La Silla  
Springs  
Groundwater recharge  
Isotopes  
Geothermal reservoir  
Rare earths  
Aquifer  
Sedimentary marine succession

**ABSTRACT**

The Monterrey Metropolitan Area (MMA), in the State of Nuevo León, México, has had a significant increase in its population and associated urban footprint for decades. From a population standpoint, it represents the second largest urban area in México. Its growth has required increasing infrastructure for the necessary services including public access to potable water, which will continue to increase over time. The supply of water resources for the metropolis comes mainly from groundwater sources. These sources are subject to certain conditions influenced by their geographical location, physiographical characteristics, and the geological environment, having a direct impact on the water recharge system of the regional aquifers. The government of the State of Nuevo León has developed an investment master plan for a water resource, outlined to be completed in 2050, which includes the construction of new dams and the setting up of additional shallow and deep production wells. With a constant annual population growth from one to five percent, additional stresses and vulnerability to this valuable resource will occur. Based on the changing demographics and additional stresses to water resources, it is essential to understand the localized natural groundwater regime extending from the precipitation recharge zones to the individual aquifers that serve the needs of the population. The following study evaluates specific aspects of the water regime (recharge zones and springs), in an area approximately 25 km south of central Monterrey, in the Santiago area of the MMA which is expected to have significant urban expansion in the future. The central portion of the Sierra del Cerro de la Silla, which constitutes the study area is a catchment and infiltration zone for meteoric water. Within the study area, five springs were identified and sampled during the dry season, and the collected spring water samples were submitted for geochemical and isotopic analyses. Field surveys, data collection and interpretation have contributed to the understanding of the water origin and associated physical-chemical characteristics during infiltration through the geological succession and ultimate incorporation into the aquifer. The characterization of the regime through a series of field surveys and the spring water characterization has determined the presence of a low enthalpy geothermal system at the depth, that has the potential to impact shallow freshwater regimes. In addition to contributing to the knowledge of the local hydrogeological system, this study can support the understanding of the vulnerability of the natural resource due to human activity and back up concepts of optimal use and protection.

\* Corresponding author.  
E-mail address: [Jerjes.pantojai@anahuac.mx](mailto:Jerjes.pantojai@anahuac.mx) (J.R. Pantoja-Irys).

<https://doi.org/10.1016/j.james.2022.104017>

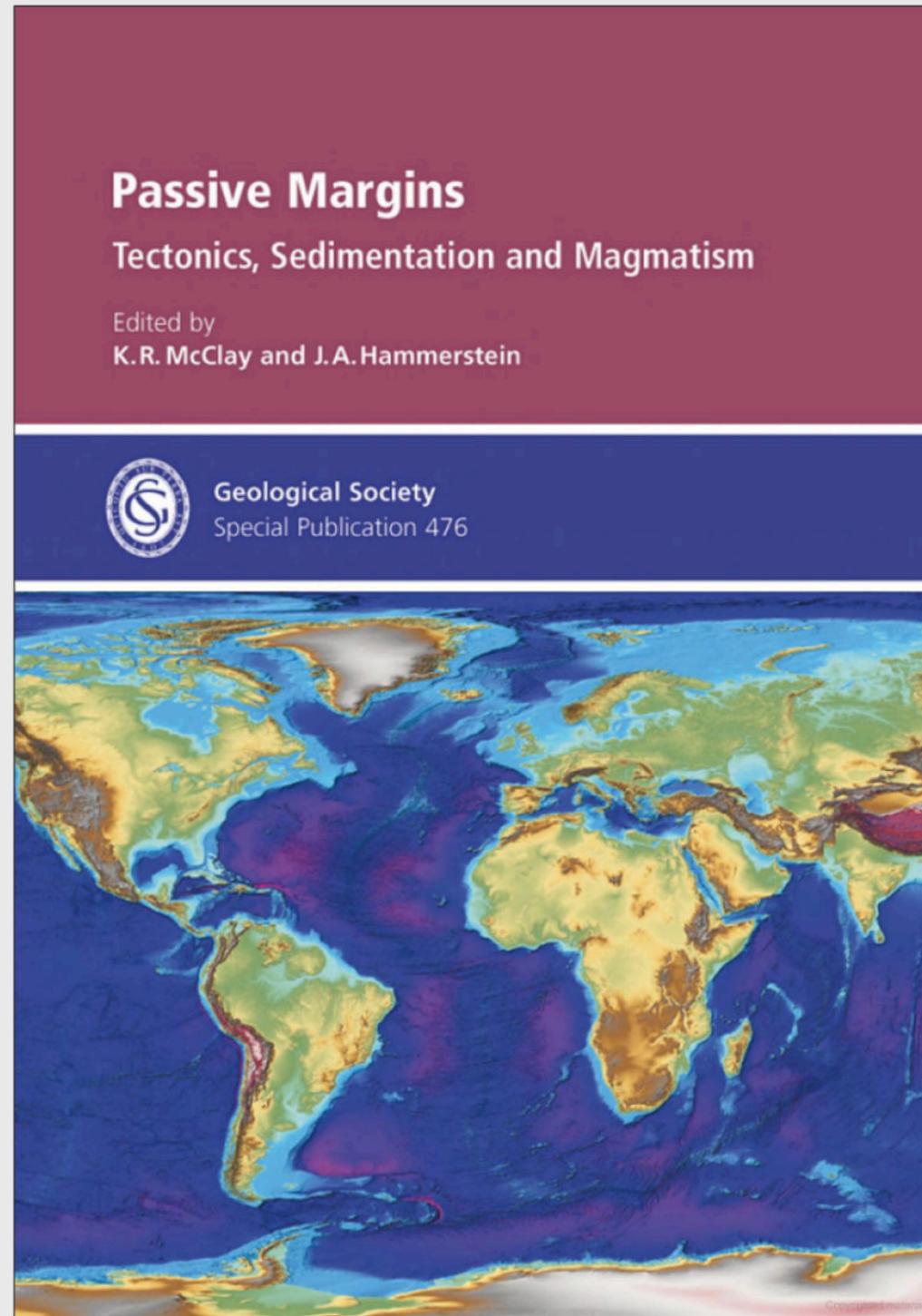
Received 18 June 2022; Received in revised form 29 August 2022; Accepted 29 August 2022

Available online 7 September 2022

0895-9811/©2022 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

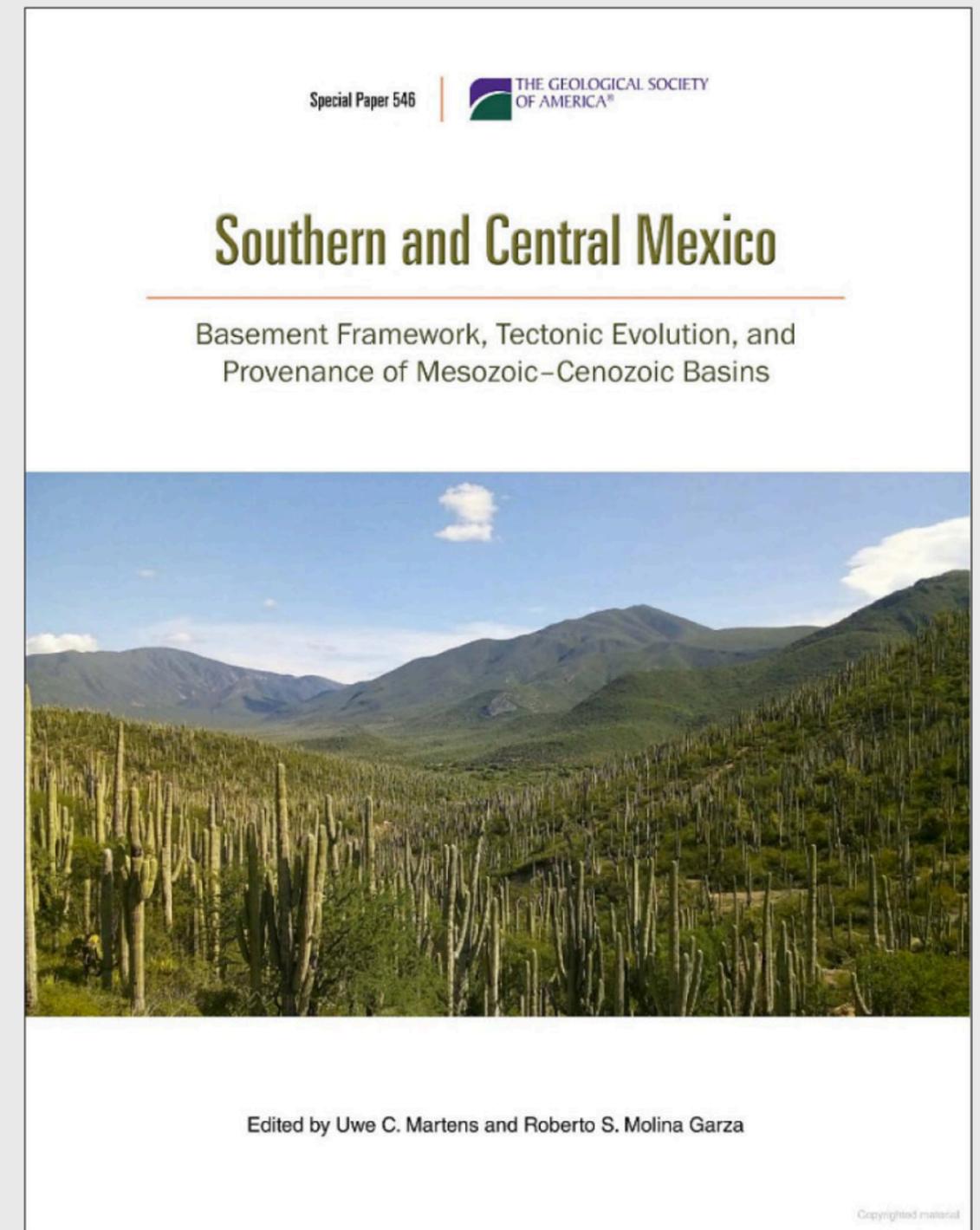
## El libro recomendado

<https://www.lyellcollection.org/toc/sp/476/1>



## El libro recomendado

<https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/books/book/2217/Southern-and-Central-Mexico-Baseament-Framework>



# TEMAS DE INTERÉS

## Cambio climático, geociencias y sociedad ¿todo está conectado?

Saúl Humberto Ricardez Medina

Actualmente existe mucha información acerca del cambio climático destacándose siempre su impacto negativo en el clima, la biodiversidad, la sociedad entre otras áreas, nos hemos enfocado tanto en investigar el origen y cómo solucionar el cambio climático que olvidamos el importante hecho que la Tierra es dinámica. Se ha constatado la relación evidente entre la geología y el concepto de cambio climático, tanto así que el analizar el registro geológico ha permitido detectar cambios climáticos a lo largo de toda la historia de la Tierra eventos que hemos llamado eras glaciares y su contraparte eras de calentamiento global las cuales siempre han existido, pero al no vernos afectados por ellas las pasamos por alto.

El registro geológico contiene información y evidencias directas sobre la forma en el que el clima en la Tierra ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico, lo cual es de vital importancia para el entendimiento como el clima actual puede evolucionar en el futuro, ayudando en la construcción de modelos climáticos. Fue así que en el año de 1904 el físico, climatólogo, meteorólogo y estadístico de Gilbert Walker se le asignó la tarea de estudiar el monzón indio, debido a que la economía completa de la India se basaba en el sector agrícola y era dependiente de los meses de lluvia que traía el monzón consigo, el interés en analizar este fenómeno natural despertó en 1877 cuando el monzón no apareció, propiciando una hambruna que mató a 5 millones de personas, evento que se repitió en 1899, Walker estudio el registro climático de todas las zonas del mundo y comenzó a buscar los vínculos entre los climas de las diferentes partes del planeta por años hasta que encontró un patrón relacionado con la presión atmosférica notando que cuando la presión atmosférica sube en el centro del pacífico subía esta tendía a bajar en Indonesia y Norte de Australia y viceversa, posteriormente notó que esta oscilación en la presión atmosférica entre el pacífico central e Indonesia ocurría con una ciclicidad de 3 a 5 años (Fig. 1).

Normalmente la presión era baja cerca de Asia llevando lluvias y tormentas a Indonesias y altas cerca de Sudamérica llevando clima seco y despejado a las costas de Perú, pero al igual que El Niño cada 3 a 5 años este patrón se invierte, esta oscilación se invierte, fenómeno el cual fue nombrado la oscilación del sur, siendo éste concepto polémico y revolucionario para su época, el clima de cada lado del océano pacífico el cual está separado a miles de kilómetros de distancia están vinculados, explicándose así la relación entre los climas en diferentes continentes, concluyendo que cuando la oscilación del sur se invertía el monzón no aparecía.

Dentro del ciclo de El Niño/Oscilación del Sur existe un componente oceánico denominado La Niña que es la etapa de enfriamiento a gran escala de las aguas superficiales del océano en la parte central del pacífico, sumando una inversión de los sistemas de presión atmosférica en los trópicos la niña produce variaciones climáticas opuestas a las de El Niño.

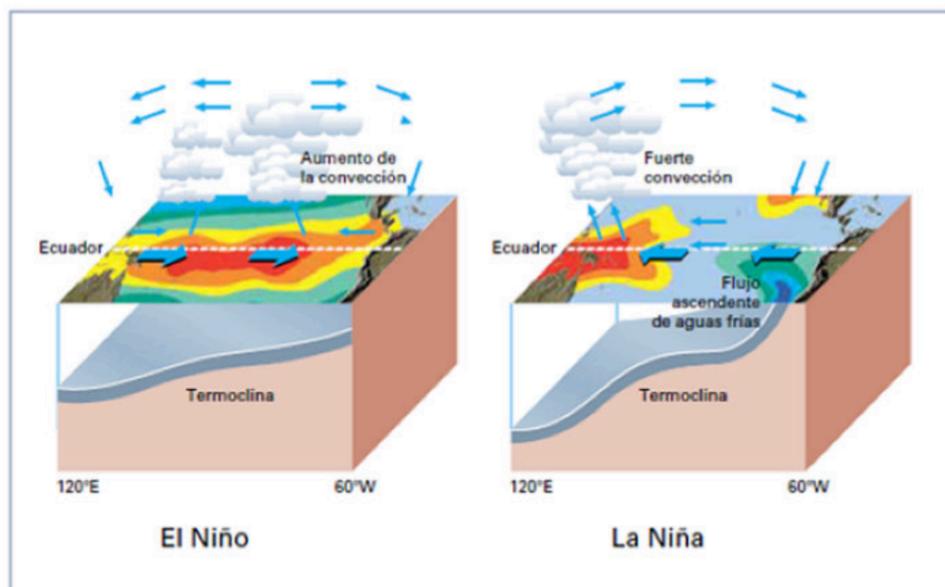


Figura 1 Tomado de: (OMM, 2014) Configuración habitual de la circulación durante El Niño y la Niña.

Durante los episodios de El Niño, la temperatura calidad de la superficie del mar en las partes central y oriental del Pacífico tropical calienta la atmosfera suprayacente, lo que hace que el aire se eleve. A medida que se eleva, el aire se enfría y se producen precipitaciones. Por el contrario, en el lado occidental del pacifico, la superficie del pacifico tiende a enfriarse y el aire se eleva menos. Estos cambios de patrones de elevación y descenso del aire forman parte del componente de Oscilación explicado antes (Fig. 2) (OMM).



Figura 2. Tomado de: (OMM, 2014) Mapas de relaciones de episodios cálidos en el invierno en el hemisferio norte (arriba) y el verano del hemisferio norte (abajo).

Los episodios del El Niño de manera general producen un aumento de la temperatura en la superficie terrestre en todo el mundo, mientras que La Niña tiene un efecto de tendencia al enfriamiento. Sin embargo, independientemente de los efectos de El Niño, existe una tendencia a largo plazo hacia el calentamiento del clima de la Tierra debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que atrapan el calor producidas por actividades humanas e industriales. Los episodios de El Niño y La Niña solo modulan esta tendencia subyacente; el primero amplifica y el segundo disminuye el calentamiento en los años correspondientes. Todavía no hay pruebas concluyentes de los efectos del cambio climático sobre la frecuencia, la intensidad y la influencia de los episodios de El Niño y La Niña. Sin embargo, los efectos relacionados con el típico fenómeno del ENOS podrían fortalecerse o debilitarse debido a un cambio climático básico (OMM).

La Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA), evaluó las pérdidas económicas directas del episodio sumamente intenso de El Niño producido en 1997/1998 en 34 000 millones de dólares de Estados Unidos, y en la pérdida de 24 000 vidas. Sin embargo, es importante reconocer que las pérdidas asociadas a las inundaciones o sequías relacionadas con el episodio de El Niño en algunas zonas pueden verse compensadas con ganancias en otras, por ejemplo, la reducción de la actividad de los huracanes del Atlántico Norte, la reducción de las facturas de calefacción en invierno o mejores cosechas en el caso de determinados cultivos. Desde 1998 gracias a las predicciones científica más precisas se han

facilitado la mejora del nivel de preparación y los mecanismos que resultan eficaces para hacer frente a esos fenómenos. Ello ha contribuido a salvar vidas, limitar las pérdidas económicas, que no han dejado de ser importantes, y maximizar los beneficios en zonas donde El Niño tiene una influencia positiva. El sector de la salud integra cada vez en mayor medida información sobre El Niño en la vigilancia de enfermedades y los planes de gestión. Además de causar daños físicos a la infraestructura de salud, las inundaciones también pueden incrementar el riesgo de incidencia de enfermedades diarreicas y transmitidas por el agua, como la malaria y el dengue. La sequía y las altas temperaturas pueden aumentar la desnutrición y los problemas respiratorios (OMM).

En relación a lo antes expuesto vemos como de cierta manera todos los fenómenos climáticos, geológicos y sociales convergen entre sí, al realizar el análisis del cambio climático se debe tener en cuenta todas las variables que están ligadas al cambio climático y tener clara la escala de las mismas, a través del registro geológico hemos descubierto los episodios de eras de glaciaciones y calentamiento global que estaban ligados a la intensa actividad volcánica y cambios en la configuración de los supercontinentes y como estos a su vez influyen los cambios en las corrientes de agua, viento, isoclinas de temperatura por mencionar algunos que han estado cíclicamente presentes en de la historia de la Tierra, entonces realmente debemos preguntarnos ¿es el cambio climático, El Niño/Oscilación del Sur eventos catastróficos que atentan contra la vida de la Tierra y su biodiversidad? o son ciclos naturales que han existido todo el tiempo con el fin de regular todas las variables del sistema Tierra, variables las cuales no podemos controlar, pero si influenciar con las actividades antropogénicas propiciando una aceleración a todos estos procesos como lo son los gases de efecto invernadero.

Se puede concluir que debemos continuar con el monitoreo y modelado de la información climatológica, para prevenir y planear estrategias para coexistir con el cambio climático aprovechando y mitigando su impacto en la vida humana.

**Bibliografía**

Hernández, J. (2016). Cambio climático y geología. Interacciones y consecuencias a escala local y global. CONAMA Sitio Web: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2016/CT%202016/1998971868.pdf>

Haustein, K. A Limited Role for Unforced Internal Variability in Twentieth-Century Warming. American Meteorological society Sitio Web: [https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/32/16/jcli-d-18-0555.1.xml?tab\\_body=fulltext-display](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/32/16/jcli-d-18-0555.1.xml?tab_body=fulltext-display)

World Meteorological Organization (OMM). (2014). El Niño/ Oscilación del Sur. World Meteorological Organization Sitio Web: [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=16749#W\\_OeoKIRdoM](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=16749#W_OeoKIRdoM)

Annabel Gillings. (2005). The Life and Times of El Nino [Documental]. Discovery Channel.



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

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

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

**Sostenibilidad en la transición energética: El hidrógeno como vector energético.**

**Natalia Silva Cruz**

Colaboradora de la Revista

Continuando con nuestro análisis de sostenibilidad para la transición energética exitosa, hoy hablaremos del papel del hidrógeno como almacén energético. ¿Han notado cómo algunos combustibles fósiles son “más limpios” que otros? Como regla general se conoce que el gas natural es el más amigable con el planeta mientras que el carbón ha entrado prácticamente en desuso en múltiples naciones debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> en su utilización, desde 2013 su consumo mundial viene disminuyendo<sup>1</sup>; la razón es la densidad de energía que contienen, lo que se refleja en la relación entre átomos de hidrógeno frente a los de carbono: el gas natural contiene 4 átomos de hidrógeno por cada uno de carbono, mientras que en la antracita la relación es cercana a uno por uno. Ya nos estamos aproximando a la relación ideal que contendría más energía y además estaría libre de carbono y por lo tanto no emitiría gases de efecto invernadero, que sería una 1:0, o, mejor dicho, hidrógeno puro, un vector energético excelente (ver Figura 1).

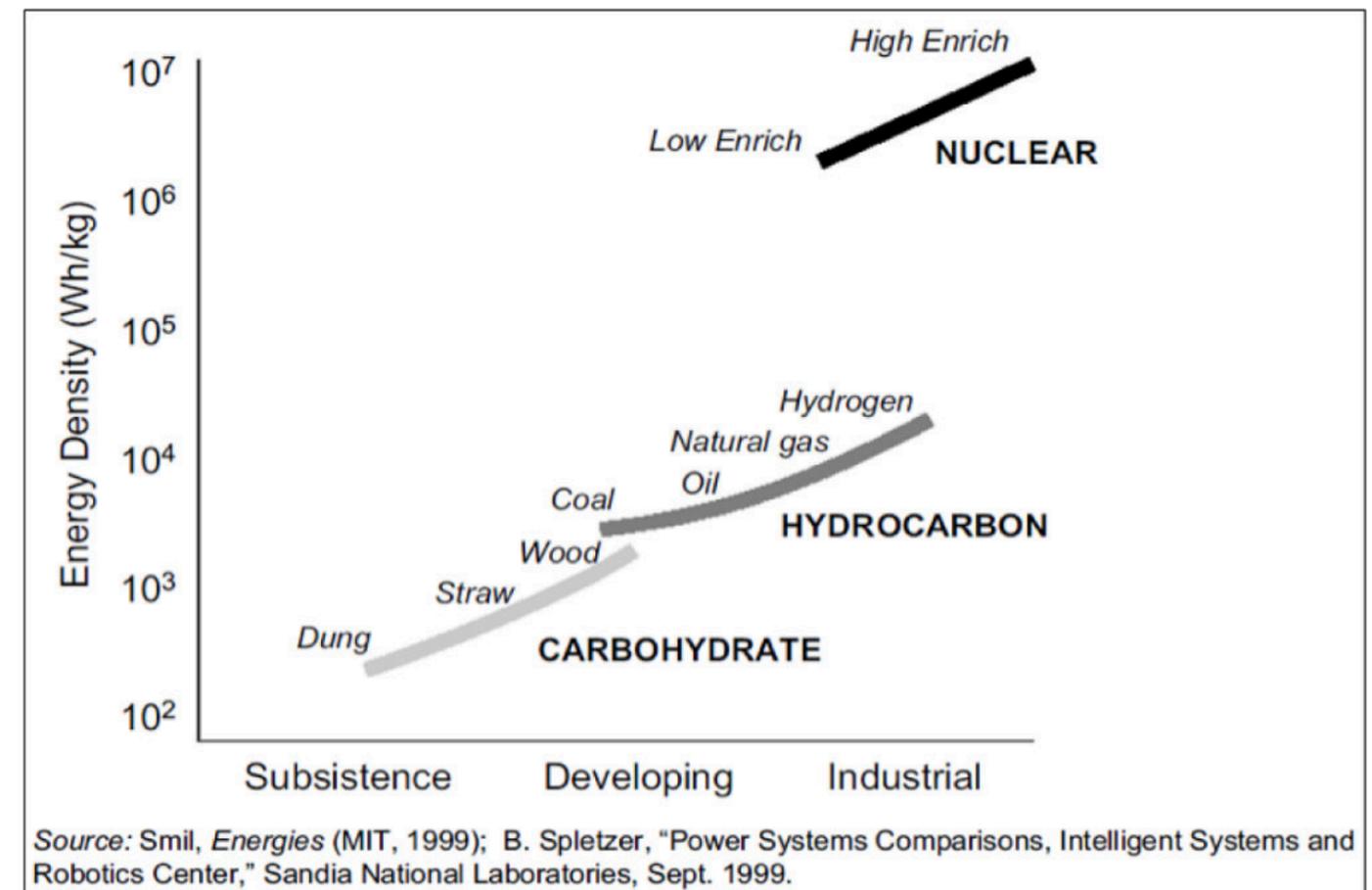


Figura 1. Densidad energética según el tipo de combustible. Fuente: Hefner Energy<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>International Energy Agency. Coal Information Overview 2019, 2020

<sup>2</sup>Hefner Energy. How Energy ‘Subsidizes’ the World, 2014. <https://www.hefner.energy/articles/how-energy-subsidizes-the-world>

<sup>3</sup>The economics of hydrogen in a carbon constrained world, 2020. <https://www.woodplc.com/insights/blogs/the-economics-of-hydrogen-in-a-carbon-constrained-world>

Entonces, vamos a obtener ese hidrógeno puro, que es tan común y bien distribuido en todo el planeta... lamentablemente, debo decirles que comercialmente la gran mayoría del hidrógeno que se genera hoy se consigue a partir del metano que obtenemos mediante la perforación de pozos en campos de hidrocarburos, a través de un proceso conocido como reformado con vapor, que consiste en tratar el gas natural con vapor de agua a alta temperatura, produciendo hidrógeno y monóxido de carbono ( $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}$ ), el mismo monóxido de carbono que se oxida una vez entra en contacto con el ambiente, formando dióxido de carbono; este hidrógeno se llama "hidrógeno gris". Pero no todo es desalentador, si el proceso se realiza con buenos estándares, el CO puede ser secuestrado y contenido de tal modo que no sea liberado a la atmósfera (generando "hidrógeno azul"), sin embargo, hay que tener en cuenta las emisiones asociadas en la obtención del gas natural y del proceso de reformado. También podemos agregar que gracias a que la demanda de hidrógeno se está acelerando (se ha duplicado en los últimos treinta años<sup>3</sup>), ahora en campos petrolíferos donde se liberaba el metano porque era un subproducto del objetivo principal de la explotación del yacimiento, se prefiere atraparlo para usarlo como fuente de hidrógeno; el impacto ambiental es importantísimo porque el metano tiene un impacto más fuerte como gas de efecto invernadero que el mismo  $\text{CO}_2$ , claro, en general se quema para liberar  $\text{CO}_2$  y no metano, pero nada mejor que no emitir ningún gas de efecto invernadero a la atmósfera.

El segundo método más común es mediante electrólisis del agua, y aquí sí les tengo buenas noticias, para este proceso únicamente necesitamos agua y energía eléctrica, y si la electricidad se genera a partir de fuentes renovables, como en plantas fotoeléctricas o en parques eólicos, nos aseguramos de que el ciclo de obtención es completamente limpio para el ambiente, este tipo de hidrógeno es conocido como "hidrógeno verde" (ver Figura 2). Es común que actualmente la electrólisis se realice con excesos de electricidad generada de fuentes limpias, es decir, no es el producto final porque existen barreras para el uso y distribución generalizados del hidrógeno, haciendo que no sea comercialmente tan atractivo como vender la electricidad misma. Existen otros métodos también más o menos limpios mucho menos difundidos, como el reformado de combustibles líquidos renovables, como el bioetanol o a través de la fermentación de biomasa rica en azúcares; los limitantes de estos procesos son principalmente los volúmenes de materia vegetal necesaria (¿saben cuánta materia orgánica de excelente calidad tuvo que acumularse y compactarse durante millones de años para obtener cada galón de gasolina que utilizamos hoy? 98 toneladas!<sup>4</sup>) y el balance energético y de emisiones finales (la producción y manejo de la biomasa requiere en su mayoría la utilización de maquinaria alimentada por combustibles fósiles).

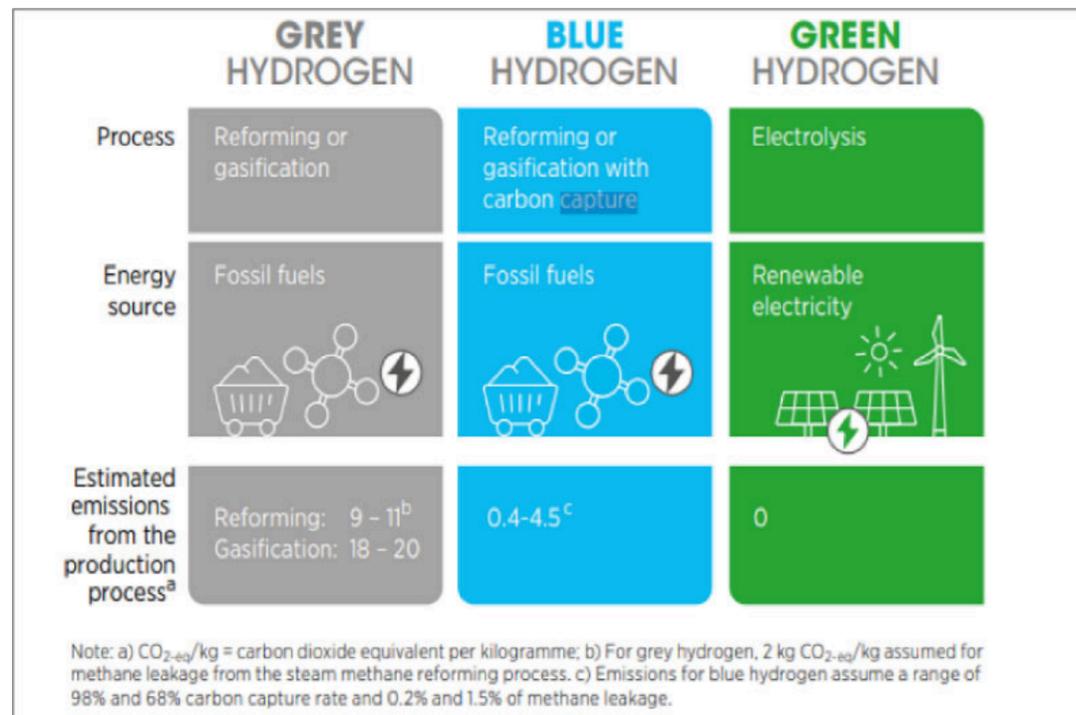


Figura 2. Tipos de hidrógeno según su obtención. Fuente: IRENA<sup>5</sup>.

Un aspecto muy importante del que no hemos hablado es una propiedad muy significativa del carbono, y es su excelente capacidad para atraer el hidrógeno y hacer que su transporte y manipulación sea bastante conveniente, porque si el hidrógeno no tiene nada que lo atrape, tenemos que contenerlo en tanques a alta presión que permitan su utilización y traslado. El costo energético de comprimir el hidrógeno es bastante alto y en muchos casos el balance energético es negativo, sobre todo en los casos en los que la obtención se realiza a partir del gas natural cuando se involucra la perforación de pozos para su producción, seguido del proceso de reformado y compresión del hidrógeno libre.

La descarbonización del modelo económico actual debe ser abordada desde todos los medios posibles puesto que no es una tarea nada sencilla, en los escenarios más restrictivos se requiere modificar nuestro estilo de vida y las industrias que mantienen la economía en niveles "saludables", ningún gobierno puede desacelerar la economía y reducir el PIB, así que el proceso de descarbonización debe ser realizado con mucha planificación y debe ser alcanzado mediante acuerdos globales. Quise recalcar en esta entrega las razones por las cuales, siendo el hidrógeno un vector con altísima potencia energética, no ha podido reemplazar a los convenientes hidrocarburos. Actualmente el hidrógeno no es un producto con suficiente demanda para que sea comercial en grandes escalas, y sin suficiente apoyo gubernamental que garantice la infraestructura y normativa necesaria, es todavía más difícil; no obstante, su consumo continúa en aumento, inclusive, vemos cómo industrias productoras de hidrocarburos se unen a la tarea de obtención de hidrógeno y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante su captación durante el proceso. El trabajo en equipo entre industria, gobierno y sociedad es indispensable para la transición energética exitosa.

<sup>4</sup> Bad Mileage: 98 tons of plants per gallon, 2003. <https://www.eurekalert.org/news-releases/654287>

<sup>5</sup> IRENA. Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, 2022. <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>



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

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

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



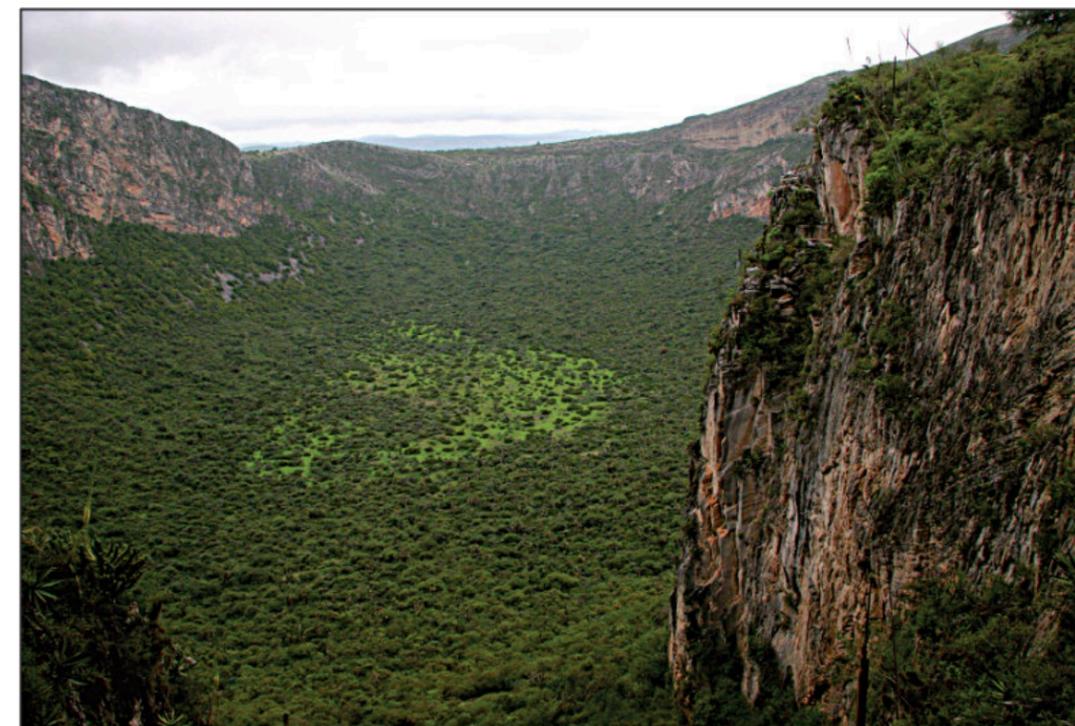
The Aramberri uplift in southern Nuevo León is part of the Sierra Madre Oriental. There are several exposures of Paleozoic metamorphic rocks comparable to the Paleozoic Granjeno Schist, known from the Ciudad Victoria region. In this outcrop, 5 km west of Aramberri, we can see Paleozoic Schist (age of metamorphism  $\approx 300$  Ma and  $MDA \approx 530$  Ma) underlying a 3 m thick breccia that represents the base of the Mesozoic marine succession in the area, in this case the Middle Jurassic La Joya Formation, changing upwards in the so called Novillo Limestone of the Upper Jurassic Zuloaga Group. (thin to medium bedded at the top of the photo). **Fotografía del Dr. Rafael Barboza.**

Aranda-Gómez, J.J., Luhr, J.F. & Nieto-Samaniego, A.F. 1993. Localidades recién descubiertas de xenolitos del manto y de la base de la corteza en el Estado de San Luis Potosí. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín, 106, 24–36.

Aranda-Gómez, J.J., Luhr, J.F., Housh, T.B., Valdez-Moreno, G. & Chávez-Cabello, G. 2005. El vulcanismo tipo intraplaca del Cenozoico tardío en el centro y norte de México. Boletín de la Sociedad Geológica mexicana, LVII, 187–225.

Luhr, J.F., Aranda-Gómez, J.J. & Pier, J.G. 1989. Spinel Iherzolite bearing, Quaternary volcanic centers in San Luis Potosí, México. I. Geology, mineralogy and petrology. Journal of Geophysical Research, 94, 7916–7940.

Saucedo R., Macías J. L., Ocampo-Díaz Y. Z. E., Gómez-Villa W., Rivera-Olguín E., Castro-Govea R., Sánchez-Núñez J.M., Laver P. W., Torres Hernández J.R. & Carrasco-Núñez G., (2017), Mixed magmatic–phreatomagmatic explosions during the formation of the Joya Honda maar, San Luis Potosí, Mexico (in) Németh, K., Carrasco-Núñez, G., Aranda-Gómez, J. J. & Smith, I. E. M. (eds) Monogenetic Volcanism. Geological Society, London, Special Publications, 446, <https://doi.org/10.1144/SP446.11>



The Joya Honda maar is a spectacular crater located 35 km N-NE of San Luis Potosí, in central Mexico. It is part of a monogenetic alkaline volcanic field (Luhr et al., 1989; Aranda-Gómez et al., 1993; Aranda-Gómez et al., 2005). It is product of a phreatomagmatic explosion occurred  $\sim 300$  ka ago and was excavated through Cretaceous limestone. The crater has an elliptical shape ( $\sim 1.3 \times 0.88$  km wide) and a maximum depth of  $\sim 270$  m. A pyroclastic sequence exist around the crater up to 7 km to the N-NE. At the crater rim, phreatomagmatic explosions deposits reach up to 60-80 m thick on the N and NE walls and contains fragments of basanite, limestone, granulites and Iherzolithe nodules in addition to some other exotic components, some of them coming from deep strata of the crust and the earth mantle. **Fotografía del Dr. Rafael Barboza.**



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

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

**Comunícate con**

**Saúl Humberto Ricardez Medina**

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

**quien está a cargo de organizar esta información.**

# NOTAS GEOLÓGICAS

**Descomposición espectral aplicada a la definición de cuerpos de areniscas dentro de un ambiente fluvial-deltaico afectado por tectónica salina.**

**Ing. Fernando León Madrazo, M. en C. Luis A. Valencia Flores.**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán Ciencias de la Tierra", Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Geociencias y Administración de los Recursos Naturales.

## RESUMEN

La descomposición espectral busca encontrar los rangos de frecuencia más representativos de las areniscas en el área de estudio, usando estos valores es posible extraer cuerpos que tengan una respuesta de frecuencia similar ayudando a definir su geometría con mayor precisión, además, esto puede ayudar a interpretar en qué manera se movieron los cuerpos y estructuras de interés. Dentro de un ambiente fluvial-deltaico, es de esperarse la ocurrencia de depósitos de areniscas a lo largo de ríos y canales, sin embargo, el área de trabajo se encuentra afectada por tectónica salina y la deformación causada por el ascenso y emplazamiento de diapiros salinos dificulta su seguimiento.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca salina del Istmo forma parte de las Cuencas del sureste, está caracterizada por tener grandes contenidos de sal de edad Jurásico Medio (Calloviano). La tectónica salina en conjunto con procesos de deformación regional formaron diapiros, que a su ascenso causaron fallamiento normal, pliegues y acortamiento de espesores en la sobrecubierta sedimentaria. El área de estudio se encuentra en una zona de transición entre un ambiente fluvial a uno deltaico por lo que se intuye la existencia de ríos y canales detectables por la técnica de descomposición espectral, sin embargo, la tectónica salina afectando el área ha deformado las estructuras preexistentes haciendo difícil su seguimiento. El método de descomposición espectral ayuda a encontrar cuerpos de arenisca al asignarles valores de frecuencia

característicos, aun cuando los ríos y canales que les dieron origen ya no son apreciables.

## LOCALIZACIÓN

Comprende desde el frente de la Sierra de Chiapas en el sur hasta la isobata de 500 m al norte, limitando al oeste con la Cuenca de Veracruz y al este con el Pilar Reforma-Akal (CNH, 2018; fig. 1).

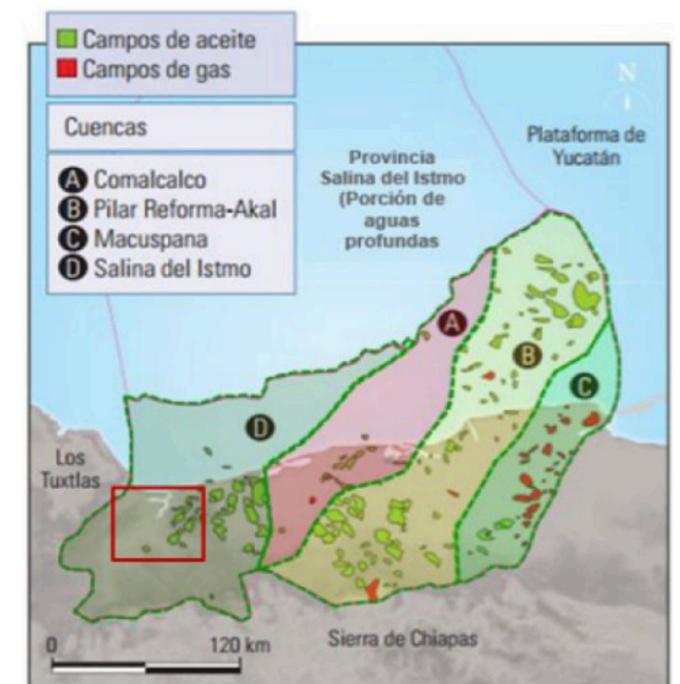


Fig.1. Cuenca Salina del Istmo con respecto a las sub provincias del sureste (CNH, 2018).

## EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

### Apertura del Golfo de México

La etapa de expansión del Paleo-Golfo de México ocurrió en fases desde el Triásico hasta el Jurásico Medio, en la etapa de rifting se generan horsts y grabens en un periodo tectónicamente pasivo (Jurásico tardío - Cretácico Tardío) que eventualmente evolucionaron a cuencas sedimentarias (Vander Voo et. al., 1976, en Quezada y Sarmiento, 1987).

Durante la etapa temprana del proceso de rifting, se infiere que en la corteza continental se produjeron

hundimientos lentos de los grabens que fueron inundados lentamente por las aguas del Pacífico lo que favoreció la formación de evaporitas y rocas sedimentarias terrígenas de diferente granulometría (Padilla, 2007).

**Bloque de Yucatán**

En el Jurásico medio se produce el desprendimiento de la microplaca de Yucatán desde la margen noroccidental de la costa del Golfo hacia el sur. Este bloque se relaciona con la delimitación de los depósitos salinos del Calloviano al Oxfordiano, además de apoyar los esfuerzos compresivos que actuaron durante el Cretácico y Cenozoico (García, 2015).

Salvador, 1991; Pilger, 1985 y Meneses, 1990, consideran que en el proceso de apertura del Paleogolfo-Golfo de México ocurrió una rotación del Bloque Yucatán en sentido contrario a las manecillas del reloj, lo cual es compatible con la curvatura de las fallas transformantes del margen costero de los EUA y México (García, 2015) (fig. 2).

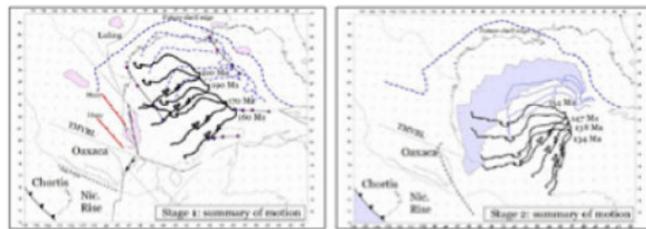


Fig. 2. Rotación del bloque de Yucatán (Pindell, 2001).

Durante el Oxfordiano la rotación y la extensión oblicua de Yucatán continua hacia el SE, por lo que se generaron profundos grabens, que controlaron el depósito syn rift con extensas cuencas, las cuales crearon condiciones para el desarrollo de rocas generadoras en el Sureste de México (García, 2015).

Al inicio del Cretácico, el bloque Yucatán alcanzó su posición actual (Ángeles Aquino et. al., 1994).

**Esfuerzos compresivos**

Hacia finales del Cretácico se manifestaron los primeros efectos compresivos, donde el margen Pacífico estaba probablemente bordeado por un gran número de microplacas móviles e independientes (Sedlock et. al., 1993), las cuales fueron controladas por el Bloque Chortis, y que al colisionarse con Chiapas dieron como resultado el primer cabalgamiento y levantamiento del Macizo de Chiapas (Carfantan, 1981).

Al inicio del Paleógeno se efectuó un incremento del empuje del Macizo de Chiapas y el bloque de Chortis, así como la formación de la placa del Caribe, formándose una cuenca de antifosa en el sur y oeste del área. El levantamiento del Macizo de Chiapas trajo consigo el aporte de terrígenos hacia el norte, con brechas y conglomerados en las áreas cercanas y el depósito de turbiditas hacia la cuenca profunda (García, 2015).

Durante el Paleógeno temprano, la deformación que se asocia a la Orogenia Laramide generó fallas inversas y pliegues, en el frente de la faja plegada se formaron como resultado una serie de cuencas de antifosa (cuencas Cenozoicas del Sureste).

Durante el Oligoceno se marca un periodo de sumersión dando lugar a la sedimentación de las formaciones Depósito y La Laja (Álvarez, 1950).

Hacia fines del Paleógeno e inicio del Mioceno Temprano ocurrió una importante fase de deformación que se denomina como Ciclo u Orogenia Chiapaneca (Rojas, 2010) formando un cinturón plegado con 3 estilos de deformación diferente, Fallas de transcurrancia, Simojovel y Yaxchilán. El levantamiento del Macizo y de la Sierra de Chiapas aportó grandes volúmenes de gravas y arenas en forma de flujo de detritos y turbiditas. Producto de estos procesos de sedimentación se formaron las secuencias de las formaciones Encanto y Concepción Inferior y Superior.

**Historia reciente**

Durante el Plioceno el Macizo y la Sierra de Chiapas continuaron aportando sedimentos ricos en arenas, las cuales se depositaron exclusivamente en las depresiones. Entre islas, se tuvo sedimentación que pertenece a las formaciones Concepción Superior, Filisola y Paraje Solo.

Durante el Plio-Pleistoceno, Chortis fue desplazado del margen sur de Chiapas hacia la parte este, y el desplazamiento hacia el norte de la placa del Caribe. La liberación de este peso provocó rebote isostático, con la correspondiente erosión de las cuencas de antifosa paleógenas, con vasto aporte de sedimentos que cubrieron los plegamientos en Chiapas-Tabasco y Agua Dulce, debido a la rápida progradación del margen de la plataforma hacia el norte en el actual Golfo de México (Oviedo, 2006).

**Estratigrafía**

La columna estratigráfica que se presenta en la Cuenca Salina del Istmo se compone de 16 formaciones geológicas, de las cuales 5 son Mesozoicas y las restantes 11 son Cenozoicas (García, 2015) (Fig. 3).

ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO						
ERA	PERIODO	ÉPOCA/SERIE	FORMACIÓN	CAMPO 1	RELACIÓN CON CUERPOS SALINOS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	ALUVIÓN		ANTERIORES A LA FORMACIÓN SALINOS POSTERIORES/CONTEMPORÁNEAS A LA FORMACIÓN DE CUERPOS SALINOS	
		PLEISTOCENO	GRANAS DE TERRAZAS			
	NEÓGENO	PLIOCENO	SUPERIOR	PARAJE SOLO		PARAJE SOLO
			MEDIO	FILISOLA		FILISOLA
			INFERIOR	CONCEPCIÓN SUP.		CONCEPCIÓN SUP.
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	SUPERIOR	ENCANTO		ENCANTO
			MEDIO	DEPÓSITO		
			INFERIOR	LA LAJA		
			SUPERIOR	CONGLOMERADO NANCHITAL		
			MEDIO	CONGLOMERADO NANCHITAL		
			INFERIOR	CONGLOMERADO CONAN		

Fig. 3. Estratigrafía del Cenozoico de la Cuenca

Basado en la información de los Registros Geofísicos disponibles así como la interpretación de los datos sísmicos se encontró que la columna local está constituida por una alternancia de cuerpos arenosos y arcillosos de espesores variables con edades desde el Mioceno Inferior hasta la actualidad.

**DESCOMPOSICIÓN ESPECTRAL**

La señal sísmica posee un ancho de banda característico de la geología presente en el área de estudio correspondiente a rocas y yacimientos en el subsuelo. La técnica de descomposición espectral ayuda al intérprete a entender la contribución de las componentes individuales de frecuencia a la formación de la señal sísmica especialmente cuando están presentes capas delgadas, por debajo de la resolución sísmica vertical.

La descomposición espectral es un método basado en el análisis de frecuencias, se utiliza durante la etapa de interpretación sísmica para ayudar a revelar características mezcladas en la imagen sísmica por efectos de entonación.

La entonación de la señal sísmica está relacionada con capas delgadas en el subsuelo causando interferencia constructiva y destructiva cuando más de un medio está

presente dentro del espesor de entonamiento definido por un cuarto de la longitud de onda ( $\lambda/4$ ) (Fig. 4).

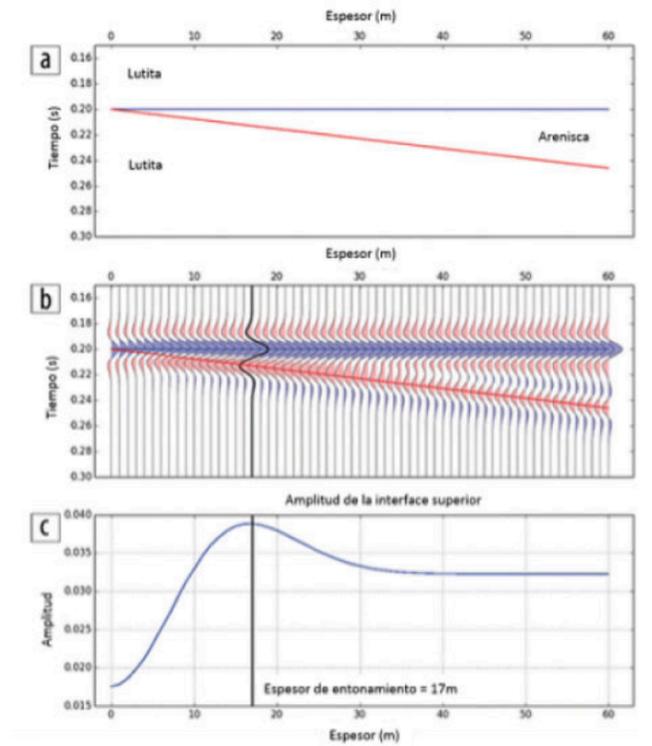


Fig. 4 (a). Modelo de 3 capas mostrando una arenisca encasillada entre lutitas. (b) Sismograma sintético en offset cero desplegado en polaridad normal. (c) Amplitud del sintético extraído sobre la cima de la capa de areniscas.

Valores de amplitud por encima de 40 m de espesor son constantes mientras que por debajo de este espesor se observan aumentos en la amplitud como resultado de interferencia constructiva, aproximadamente a 17 m, comienza a ocurrir interferencia destructiva que se refleja en una disminución de la amplitud. Por medio de este modelo es posible afirmar que la interpretación de áreas donde existe estratificación de capas delgadas se vuelve una tarea compleja.

**TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER**

El resultado de descomponer espectralmente la señal sísmica son componentes de frecuencia mismas que son una medida directa del contenido de amplitudes dentro de una banda de frecuencias específica.

Uno de los métodos más utilizados para llevar a cabo la descomposición espectral es la Transformada Discreta de Fourier (TDF) que en esencia toma cortes verticales de

tiempo o volúmenes enteros y asigna un peso a las trazas sobre una ventana de tiempo fija, es una herramienta muy potente para determinar salidas cuando las entradas son sinusoides o una combinación de estos. Comúnmente la longitud de ventanas varía entre 50-100ms con un 20% de espacio adicional sobre el valor de la ventana de tiempo (Chopra et al., 2007).

La transformada discreta de Fourier determina como la magnitud y fase de las funciones sinusoidales base provenientes de una señal sísmica discreta deben ser modificadas de forma que reproduzcan la señal original cuando las funciones base modificadas son sumadas juntas. Cada función extraída cuenta con una expresión de frecuencia única, por lo tanto, es posible analizar bandas de frecuencia componiendo la señal sísmica de manera individual (fig. 5).

La transformada discreta de Fourier es un proceso matemático que puede ser usado para determinar los sinusoides de los que se compone una señal discreta, como los datos sísmicos al ser tomados dentro de un intervalo de muestreo (Fig.6). Básicamente, este trabaja con las amplitudes y fases de los sinusoides que reproducirán la señal discreta original, siempre que se tenga al menos  $N/2+1$  ciclos enteros.

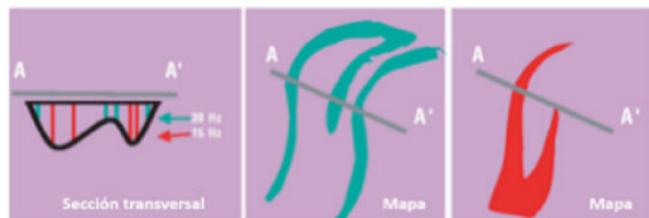


Fig. 5. Sección transversal mostrando la relación del espesor frecuencial-temporal representado por la descomposición espectral. El color verde muestra áreas entonadas a 30Hz y el rojo a 18 Hz (Partyka et al., 1999).

Este método representa una poderosa herramienta de la que hacer uso durante la interpretación de datos sísmicos, ya que a pesar de que capas delgadas están entonadas dentro de la ondícula es posible reconocer su expresión única de frecuencia. Existen varios métodos para realizar este proceso obteniéndose como resultado cortes de tiempo o volúmenes sísmicos descompuestos en una banda de frecuencia específica, éste en todo caso realizado traza por traza (Lin et al., 2013).

### ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

El análisis de frecuencias consiste en determinar las mejores frecuencias para usar en el flujo de trabajo de la descomposición espectral. Se busca encontrar la frecuencia dominante en la información sísmica, misma que corresponde a la perturbación de mayor amplitud en un espectro de frecuencias, aquí es donde se contiene buena parte del ancho de banda aprovechable de la señal sísmica y particularmente de la ventana de tiempo en que se tomó el espectro de frecuencias a analizar.

El espectro de frecuencias abarca un rango desde 0Hz hasta la frecuencia de Nyquist (125hz para el caso de estudio) en los datos sísmicos y, como se mencionó previamente, puede ser analizado para cualquier punto del volumen sísmico, por lo tanto, se deben seleccionar las ventanas de tiempo apropiadas. Para ello, se seleccionan aquellas zonas que de acuerdo con el modelo geológico-estructural y a los registros geofísicos son propicias de generar trampas donde se acumulen hidrocarburos, para el presente trabajo esta zona es una de las minicuevas entre las estructuras salinas emplazadas en el área de estudio.

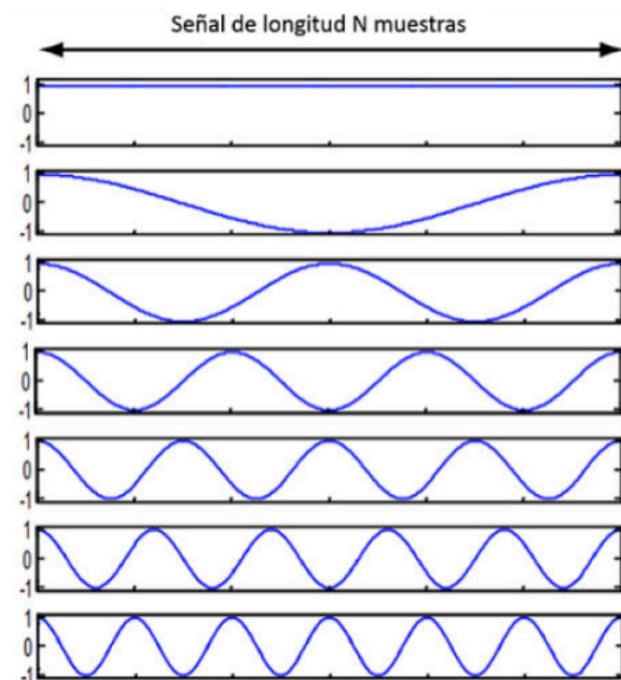


Fig. 6. Sinusoides con un número entero de ciclos sobre N muestras, donde N es el de muestras en la señal discreta analizada.

La porción de la señal analizada (Fig.7) está relacionada con cierto tipo de rocas dentro de la cuenca además de otras características relacionadas con el ambiente de depósito. A partir de este espectro es posible

definir un rango en que descomponer la señal sísmica en valores representativos de las bajas, medias y altas frecuencias.

Tomando una sección sísmica tipo del área de trabajo, es posible revelar a que rasgos geológicos se asocia la contribución de los diferentes valores de frecuencia mostrados en los espectros anteriores (fig.8).

De la escala de colores se corrobora que el ancho de banda (3-67hz) efectivamente contiene las amplitudes que aparecen en el volumen sísmico, sin embargo, se observa que la mayor contribución se encuentra entre los 3 y los 37hz, mismos que aparecen en la escala como colores del negro al amarillo.

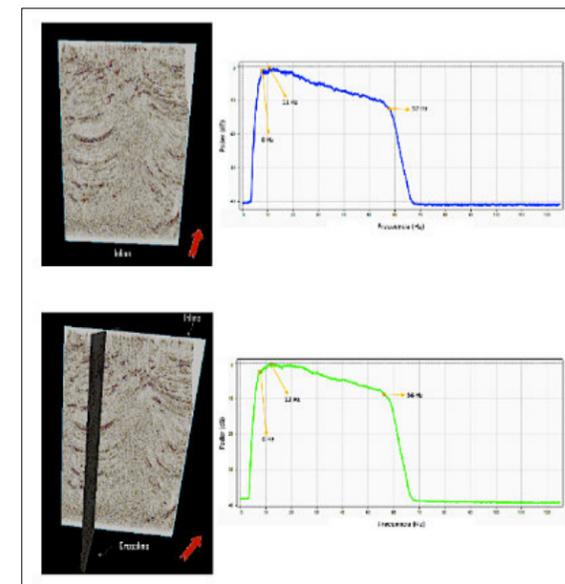


Fig. 7. Espectros de frecuencia tomados sobre una inline y crossline representativas mostrando que el rango dentro del que se encuentran las mejores amplitudes esta entre los 3 y los 67hz.

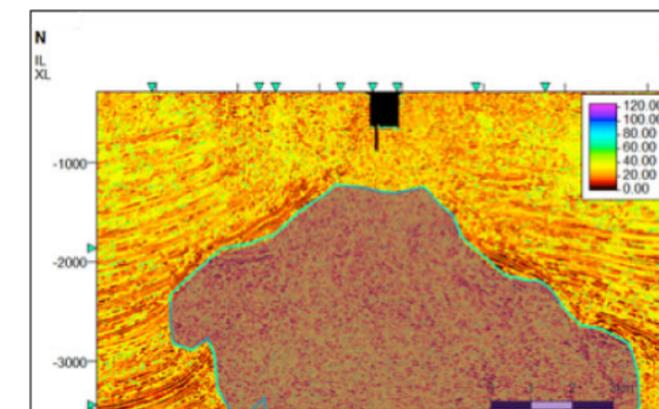


Fig. 8. Sección sísmica tipo que muestra la deformación causada por un cuerpo salino (línea azul) sobre la sobrecubierta sedimentaria.

### MEZCLA RGB (ROJO, VERDE, AZUL)

Es un método de mezcla de colores para combinar la información de más de una entrada para análisis visual, tratándose de geología, la mezcla de bandas de frecuencia específicas permite analizar características geológicas a escalas diferentes, las altas frecuencias revelarán características sutiles mientras que bajas frecuencias definirán mejor los rasgos más grandes. La fig.9 muestra el flujo de trabajo utilizado en la detección de características estratigráficas sutiles a través del mezclador RGB.

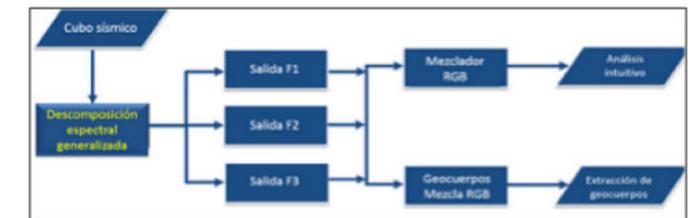


Fig. 9. Flujo de trabajo cualitativo para la detección de características estratigráficas usando la mezcla RGB.

El método de mezcla de colores RGB es altamente efectivo para combinar visualmente múltiples atributos. La mezcla de colores RGB es entonces un modelo de color aditivo el que permite fácilmente analizar información combinada tomando los resultados más significativos obtenidos de la descomposición espectral.

La habilidad de extraer bandas individuales de frecuencia, asignarles un color y posteriormente mezclar las entradas para generar un modelo de colores permite tener una mejor visualización de aquellos rasgos en la señal sísmica que de otra forma no serían apreciables.

### METODOLOGÍA

El flujo de trabajo utilizado para llevar a cabo el método de descomposición espectral comprendió dos etapas principales, el análisis de frecuencias y la extracción de cuerpos de interés.

Recordando la fig.9 que muestra el flujo de trabajo para identificación de rasgos estratigráficos se requiere de tres entradas de frecuencia, por lo que el primer paso es la identificación de las bandas a utilizar. Para ello se realizó un análisis de frecuencias centrado en la respuesta asociada con areniscas en la zona de estudio. Estas fueron reconocidas por medio de información de dos pozos, usando el registro de rayos gamma, la escala espacial de los datos de pozo fue convertida a una escala temporal con la que poder compararla con la sísmica por medio de la creación de un sismograma sintético (fig.10).

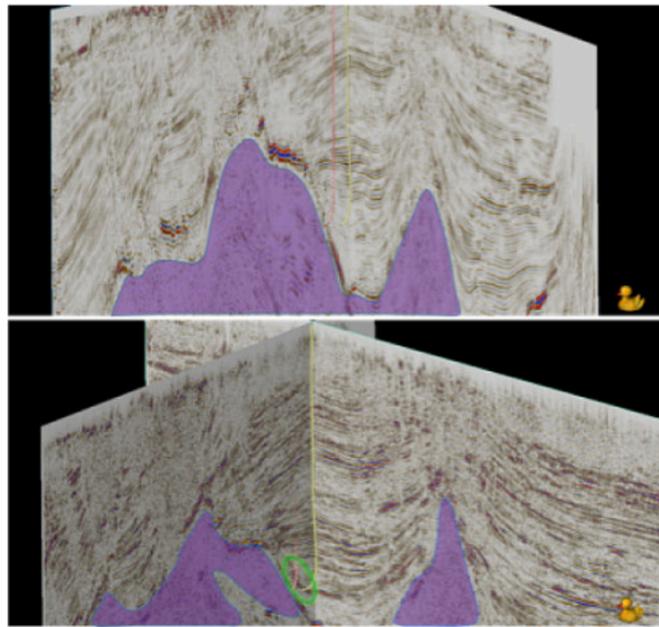


Fig 10. Conversión de escalas a través de la función t-z calculada a partir de un sismograma sintético, la imagen sísmica de arriba en profundidad y la de arriba en tiempo coinciden con el mismo horizonte.

Una vez identificado el horizonte correspondiente a las areniscas (fig.11), se obtuvo su espectro de frecuencias resultando en una frecuencia dominante de 23hz. Esta será la expresión de frecuencia utilizada como referencia cuando se hable de la frecuencia de las areniscas de la zona.

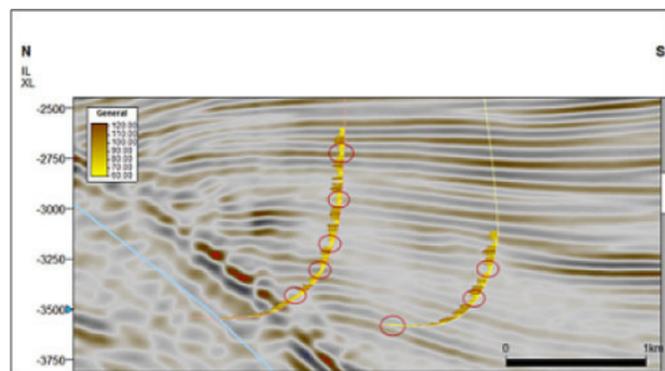


Fig 11. Línea sísmica que cruza por los pozos productores, se muestra el registro de Rayos Gamma para ambos pozos.

La extracción de cuerpos utiliza los valores de frecuencia obtenidos para a partir de ellos generar modelos de colores que ayuden a encontrar y aislar cuerpos con una respuesta de frecuencia similar a la de las areniscas identificadas en la zona de estudio. Para ello se

trabaja con el contenido del histograma de cada entrada de frecuencias asignada al modelo. Por medio del control de opacidades de cada color se pueden aislar los cuerpos de areniscas para posteriormente ser extraídos como geocuerpos.

### RESULTADOS

Basados en el análisis de frecuencias, se tomaron 20, 25 y 30hz como las frecuencias más representativas de las areniscas de la zona de estudio (Fig.12), cada banda de frecuencias se asocia con un color específico representando en rojo las bajas frecuencias (20hz), verde para las medias (25hz) y azul en las altas (30hz).

En síntesis, la señal sísmica tiene un ancho de banda conformado entre 3-67hz, mientras que la mayoría de las amplitudes interesantes para los objetivos del trabajo se encuentran en un rango de 8 a 45hz. En general la tendencia es una reducción de la frecuencia conforme aumenta la profundidad, para las profundidades de interés el ancho de banda se define entre las bajas y medias frecuencias (0-35hz).

Una vez obtenidas las bandas de frecuencia de interés, es posible elaborar un modelo de colores generado por un mezclador usando la combinación RGB (Rojo, Verde y Azul), lo cual da como resultado un volumen que contiene únicamente las contribuciones de las bandas de frecuencia elegidas.

En la siguiente figura (12) se muestra un corte de este volumen a 2250ms, nivel al que se encuentran las areniscas previamente identificadas.

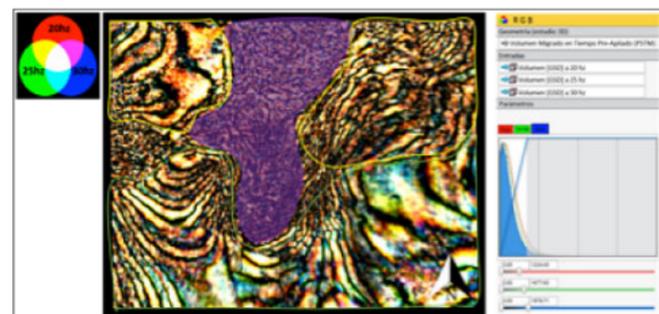


Fig. 12 Mezclador RGB luego de cargar los atributos de entrada mostrando los resultados sobre un corte vertical a 2250ms dentro del volumen sísmico, se observan también los histogramas generados y asociados a un color respectivo.

La correcta visualización de dichas areniscas dentro de una ventana de tiempo permite analizar con mayor fiabilidad cual es el estado de la geología donde existen cuerpos de interés.

El modelo de colores en la fig. 12 muestra, en morado, el cuerpo salino afectando el área de trabajo, a los costados de la zona afectada por sal, dentro de los polígonos amarillos, se encuentran dos minicuenas en las que es posible ver que predomina la contribución de las bajas frecuencias (20hz) en color rojo, sugiriendo una composición homogénea de los materiales que allí se encuentran. En la parte baja dentro de la imagen, en color verde, se encuentra una zona de mayor variabilidad, la mezcla de colores muestra una mayor heterogeneidad en la composición de los materiales que allí se depositan, al encontrarse en diferentes partes los tres colores del espectro utilizado, esta porción de la cuenca presenta secuencias areno arcillosas, por lo que en el corte vertical puede diferenciarse que para esta zona dentro del área de trabajo existe variación lateral en la composición de las rocas, hecho que se aprecia en la sísmica como amplitudes que cambian lateralmente, siendo un indicativo del ambiente deltaico que dio origen a los depósitos en esta parte de la cuenca.

Ajustando el contenido del histograma, la mezcla de colores en el caso de la fig. 13 resulta en que las frecuencias altas, en color azul, predominan en este nivel, sin embargo, se puede apreciar también como existen manchas rojas en varios puntos en las zonas bordeando la sal, la zona que previamente se apreciaba con una

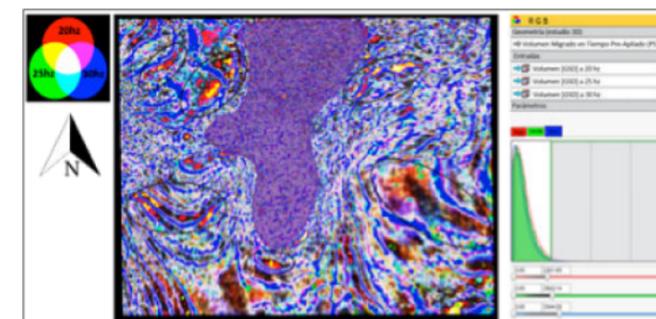


Fig. 13 Mezclador RGB dejando pasar todos los valores contenidos en el histograma de frecuencias, se utilizó el corte vertical tipo al mismo nivel que en la fig. 10, representando el horizonte de areniscas interpretado.

composición heterogénea queda ahora definida entre las bajas y medias frecuencias, apareciendo como manchas en colores rojos y verdes respectivamente, al encontrarse estos valores dentro del rango de frecuencias

propio de las areniscas, puede esperarse encontrar cuerpos de interés en esta zona, además, al estar en los flancos de la sal los cuerpos encontrados pueden estar siendo sellados por el diapiro salino, este tipo de trampas son comúnmente encontradas en escenarios geológicos donde la tectónica salina juega un papel importante.

Los resultados del mezclador RGB son integrados dentro de un volumen de investigación, que es una porción del volumen sísmico original centrado en la ventana de tiempo de interés al nivel de las areniscas interpretadas, siendo esta zona donde se tiene certeza de la geología a relacionar con la imagen sísmica. Al integrar el mezclador RGB se pueden controlar las opacidades de los atributos de frecuencias bajas, medias y altas para así discriminar entre los rasgos estratigráficos asociados a anomalías de frecuencia específicos.

El control de la barra de colores (fig.14) ayuda a centrar los tonos más intensos dentro de cada banda de frecuencias (20, 25 y 30hz) en las partes más pobladas del histograma, resaltando los rasgos geológicos que mayor relación tienen con el contenido de frecuencias elegido, para este caso, los cuerpos de areniscas son los que tendrán mayor correspondencia con estos rangos de frecuencia.

La fig.14, muestra en la primera imagen el ajuste dejando pasar la totalidad del histograma para cada uno de los volúmenes dando como resultado una imagen con colores opacos entre el naranja y azul verdoso, indicando que la mezcla de valores completa marca un dominio de bajas frecuencias en las zonas definidas por los polígonos azules y valores medio a altos la zona dentro del polígono verde. Si se controla la opacidad para destacar solo los valores de la primera mitad del histograma la mezcla de colores muestra una mayor definición de la porción que antes estaba dominada por las frecuencias bajas, además, aparecen puntos brillantes, marcados con círculos rojos, que se encuentran entre las bajas y medias frecuencias en algunas partes al costado del diapiro salino que se encuentra en el área de trabajo.

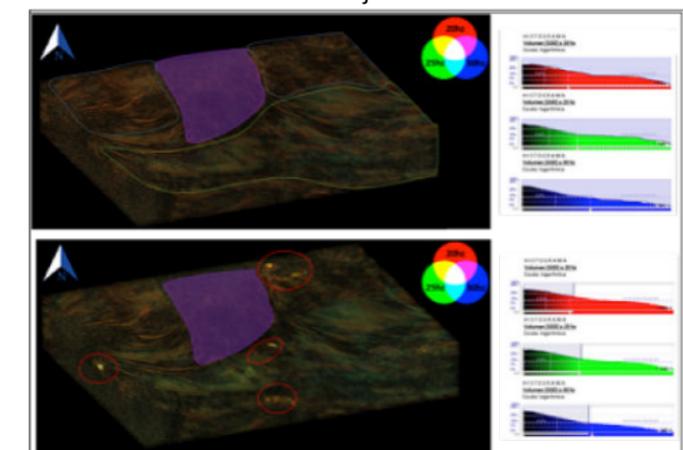


Fig. 14 Volumen de investigación ajustando la línea que controla las opacidades en los valores de las diferentes bandas de frecuencia en busca de las opacidades que mejor definan las areniscas de la zona.

Las últimas pruebas de opacidad (fig.15) muestran nuevamente puntos brillantes dentro de la mezcla de colores realizada, apareciendo anomalías de frecuencia en color rojo, mismos que son coincidentes con las bajas a medias frecuencias (20-25hz). La primera imagen, dejando pasar solo la parte más significativa del histograma, resalta las zonas antes interpretadas con polígonos azules con una predominancia de colores rojos y amarillos en la parte superior a los costados de la sal, además, se observa más claramente la separación con la zona de mayor heterogeneidad, antes indicada en un polígono verde, donde existe el rango completo de frecuencias, desde las más bajas a las más altas (colores rojos a azules). La segunda imagen, contrasta la primer parte del histograma de bajas frecuencias con la parte menos poblada de los histogramas de medias y altas frecuencias, el resultado es una matriz de tonalidades azul verdoso, dentro de las cuales resaltan anomalías de baja a media frecuencia en color naranja.

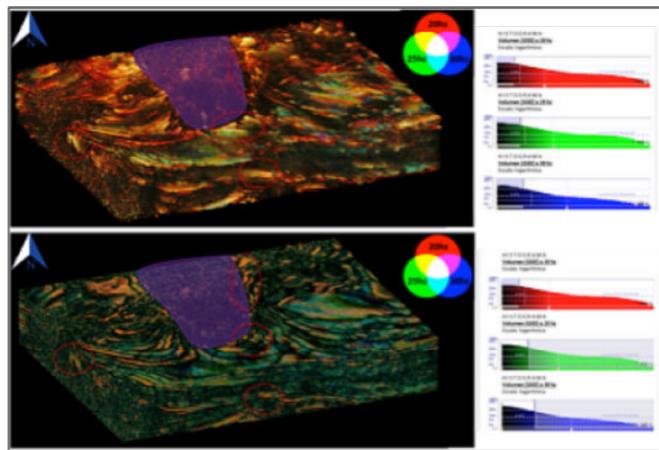


Fig. 15 Volumen de investigación, se aplicaron pruebas de opacidad para valorar que partes del histograma representan mejor a los posibles cuerpos de areniscas en la zona.

Tomando como base los resultados observados a través de análisis de los volúmenes de investigación, se puede concluir que los colores rojos a amarillos corresponden con cuerpos de areniscas al encontrarse en el rango de frecuencias propio de este tipo de rocas en la cuenca, se observa como al nivel del horizonte de

areniscas interpretado, efectivamente existe una distribución de cuerpos de arena discontinuos en forma de lentes que se encuentran rodeados por materiales de diferente composición, escenario común en ambientes deltaicos como este, sin embargo, debido a la gran deformación causada por tectónica salina en el área (plegamiento y fallamiento normal) no es posible determinar la forma de los canales con claridad pudiéndose apreciar únicamente lentes de arenas en la zona rodeando al diapiro salino (resaltado en color morado).

Es importante destacar como la forma de los cuerpos extraídos muestran cierto acomodo a lo largo del área de estudio, siendo estos relacionables desde el punto de vista que representan a cuerpos de areniscas por su carácter de frecuencia, por lo que se intuye que alguna vez estuvieron unidos, sin embargo, el fallamiento provocado por el diapiro salino en el área los fragmento dejando cuerpos individuales de diferente tamaño, siendo los más prominentes indicativos de que efectivamente una misma fuente de aporte depósito los sedimentos que posteriormente pasaron a ser estos cuerpos de areniscas.

Con las bandas de frecuencia obtenidas para los eventos de interés, se aisló la respuesta los cuerpos de areniscas de acuerdo con su carácter en el espectro de frecuencias usando las opacidades del histograma, como se pudo concluir del análisis de volúmenes de investigación, los valores que mejor resaltan estos cuerpos se encuentran en el primer parte del histograma correspondiente a las bajas frecuencias (colores rojos a amarillos).

El aislamiento de cuerpos de interés, relacionados al histograma por medio de los valores extraídos del volumen original sirve como una forma altamente efectiva de encontrar amplitudes importantes dentro de un área, relacionadas a cuerpos de areniscas a partir del amarre de información de pozos con la sísmica, de modo que la búsqueda de estos cuerpos no se tenga que realizar uno a uno, considerando que los cuerpos encontrados deben ser analizados y caracterizados a fin de proveer resultados cada vez más completos.

La fig. 16, muestra los resultados del aislamiento de cuerpos de arena por medio del control de opacidades, se observa en la ventana de control de los histogramas como las frecuencias medias (verde) y altas (azul) son limitadas a su porción más representativa, en este caso la parte que se aprecia con mayor grosor dentro del histograma, para las frecuencias bajas (roja) se deja pasar únicamente la

parte superior de la primera porción del histograma. Con esta combinación de opacidades se aprecia como el volumen de investigación se centra únicamente en los cuerpos que por análisis previos se sabe que están asociados a areniscas en la zona de estudio, apareciendo colores que corresponden a valores de frecuencia entre 23 y 27hz.

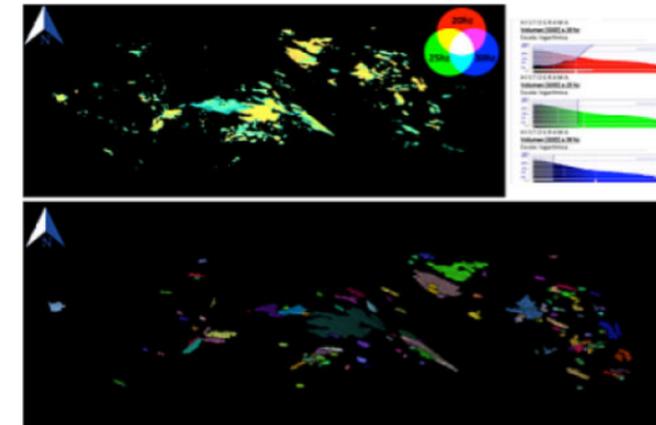


Fig. 16 Control de opacidades sobre el volumen de investigación que mejor aísla la respuesta de los lentes de areniscas a los costados del diapiro salino, se observa como los cuerpos de interés aislados presentan tonalidades amarilla y azul cielo. La imagen de abajo muestra los geocuerpos extraídos a partir del aislamiento de la respuesta de las frecuencias representativas de las areniscas.

Teniendo en cuenta lo anterior se procedió a extraer los geocuerpos de interés, los resultados de la extracción se muestran en la fig.17, el proceso de extracción terminó con un total de 135 geocuerpos, comparándolos con la sísmica se aprecia como la mayoría de ellos se encuentran en los flancos del diapiro salino afectando el área, además, como se había descrito en la interpretación del horizonte de areniscas Base, los geocuerpos coinciden con amplitudes positivas fuertes.

Los resultados de extraer cuerpos de arenisca en el área de estudio revelaron que existe poca continuidad entre ellos y alta variabilidad en su tamaño. En principio, se esperaría que la distribución de los cuerpos encontrados se diera en geometrías de ríos y canales, ya que fue a través de ellos que la cuenca fue rellenada, sin embargo, la forma en que los geocuerpos se encuentran actualmente confirma que la tectónica salina deformó el área a tal punto que el ambiente sedimentario no puede ser reconocido a una escala local y desde el punto de vista de las anomalías de frecuencia.

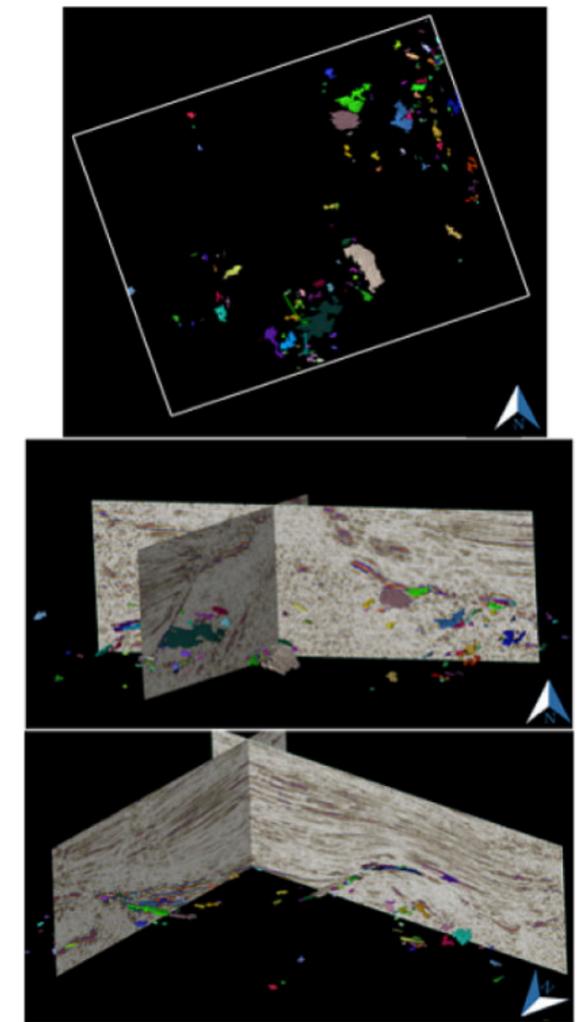


Fig. 17 Geocuerpos extraídos luego de aislar las frecuencias de interés.

Se infiere por la posición de algunos de los geocuerpos agrupados a diferentes profundidades que estos alguna vez estuvieron al mismo nivel pero al verse afectados por los esfuerzos propiciados por el ascenso de diairos salinos sufrieron fallamiento y perdieron por lo tanto continuidad.

## CONCLUSIONES

El método de descomposición espectral es efectivo para identificar rasgos estratigráficos asociados a la frecuencia, especialmente aquellas capas delgadas menores a 25m de espesor, proporcionando una mejor definición de la geometría y distribución de cuerpos de interés. Esto permite la identificación de estructuras y ayuda a definir un mejor marco estructural al mostrar la distribución de

geocuerpos asociados con areniscas en la zona, lo cual revela cómo es que los esfuerzos dentro del área ayudaron a llevar la geología a su configuración actual.

Un análisis basado en frecuencias, y más aún, si se usan bandas de frecuencia específicas, puede proporcionar mejor detalle de la composición del subsuelo cuando la geología puede ser descrita con certeza por medio de registros geofísicos de pozo. Un buen amarre entre las escalas temporal y espacial entre la sísmica y los datos de pozo respectivamente incrementa la certidumbre del método, al poderse asociar anomalías de frecuencia con tipos de roca.

El conocimiento sólido sobre el área de estudio, definido por la integración de factores regionales en la escala local dentro de la que se realiza el presente trabajo permite analizar los resultados con una mejor idea de lo que se puede esperar encontrar en el área.

Obtener resultados que reflejan una disparidad con lo que se esperaba de un área con ambiente sedimentario fluvial-deltaico remarca dos puntos primordiales para lograr una mejor comprensión y análisis, primero, reconocer el orden en que ocurrieron los distintos eventos afectando el área de trabajo es fundamental y segundo, la aplicación de un método no siempre arrojará los resultados esperados por ello, tener bases sólidas en datos duros como registros geofísicos es indispensable para llegar a conclusiones válidas que ayuden a explicar las condiciones actuales de la zona de estudio.

## REFERENCIAS

Angeles-Aquino, F. J. Reyes-Nunez, J. M. Quezada-Muneton, J. J. Meneses-Rocha, 1994. *Tectonic Evolution, Structural Styles, and Oil Habitat in Campeche Sound, Mexico*. Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions Vol. 44 (1994), Pages 53-62.

Álvarez Jr. M., 1950. *Síntesis geológica de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec, Petróleo Mexicanos*. Boletín AMGP, Vol. II, No. 7.

Aulis García, R.E., *Evaluación geológica y petrolera del campo cinco presidentes en la cuenca salina del Istmo*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2015.

Carfantan J., 1981. *Evolución estructural del Sureste de México: Paleogeografía e historia de las zonas internas mesozoicas*, Revista del Instituto de Geología. UNAM, Vol. 5, No. 2, p. 207-216.

Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2018, *Atlas Geológico de las Cuencas del Sureste*. Comisión Nacional de Hidrocarburos.

León Silva M. I., 2014. *Tecnologías aplicadas en la actualidad para la obtención de imágenes subsalinas en profundidad*. Trabajo de investigación para obtener el grado de maestría en ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Oviedo Pérez, A., 1996. *Evolución neógena de las cuencas terciarias del sureste*. Tesis de maestría, Posgrado de Ingeniería, UNAM. Inédito.

Oviedo Pérez, A., 1996. *Evolución neógena de las cuencas terciarias del sureste*. Tesis de maestría, Posgrado de Ingeniería, UNAM. Inédito.

Padilla y Sánchez R.J., 2007. *Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX, No. 1 p. 19-42.

Partyka, G., J. Gridley, and J. Lopez, 1999. *Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization*. The Leading Edge, v. 18, p. 353-360.

Pérez García, Tomás Eduardo, 2006. *Aplicación de un modelo composicional en la predicción de la depositación de parafinas en campos del Activo Cinco Presidentes*. Tesis de licenciatura, UNAM.

Pindell, J.L., 2001. *Kinematic Evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean*. p. 1-51.

Quezada Muñeton J.M. y Sarmiento Bravo R., 1987. *Evolución Tectónica de la República Mexicana*. PEMEX, Inédito.

Ramírez Ulloa R., 1992. *Caracterización geológica basada en registros eléctricos de las areniscas productoras de hidrocarburos en el Campo Cinco Presidentes, Estado de Tabasco*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Rojas Alcántara C., 2010. *Origen, evolución e importancia económica de la Cuenca Salina del Istmo*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Venegas Mora R. M., 2010. *Evaluación Petrolera de la Cuenca Salina del Istmo*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.



**Fernando León Madrazo** es ingeniero Geofísico egresado del IPN, actualmente se encuentra en las etapas finales de la Maestría en Geociencias y Administración de los Recursos Naturales por parte del IPN. Ha participado en proyectos académicos relacionados con la industria petrolera en la etapa de upstream, sirviendo como intérprete sísmico, enfocado principalmente en la

identificación y definición de prospectos. Ha sido autor de diferentes artículos y participado en concursos nacionales e internacionales. Actualmente se encuentra desarrollando un proyecto exploración en una zona afectada por tectónica salina como tesis de maestría.

[fernandolm32@gmail.com](mailto:fernandolm32@gmail.com)



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

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

[luis.valencia.11@outlook.com](mailto:luis.valencia.11@outlook.com)

## The Field

**Jon Blickwede**

Colaborador de la Revista

[www.teyrageo.com](http://www.teyrageo.com)

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

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

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

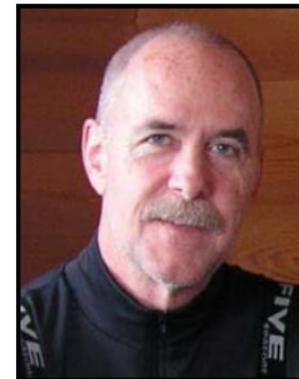
It's rare, but in recent years there still have been some larger oil & gas firms that have allowed, and even encouraged field work. One of the things I've admired about Mexico's state oil company Pemex is that they required, up until the turn of the century, that each new-hire geologist spend the first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



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

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

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



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

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

Entró a la Universidad de New Orleans, Louisiana en el año 1979, donde hizo su tesis de Maestría en Geología sobre la Formación Nazas en la Sierra de San Julián, Zacatecas, México.

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

Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC ([www.teyrageo.com](http://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.

## Propiedades Físicas de los Fluidos Petroleros

Hermes Castillo Navarrete

### Introducción

Los fluidos petroleros se constituyen de componentes hidrocarburos y no hidrocarburos, sus propiedades son variables dependiendo del tipo de hidrocarburo y de su composición y dependen de las condiciones de presión y temperatura, estas propiedades son de suma importancia debido a que influirán en los planes de explotación de los yacimientos. El conocimiento de estas propiedades nos ayuda a tomar mejores decisiones con la finalidad de lograr optimizar y explotar de manera racional los recursos naturales de los que disponemos. El presente artículo se enfoca a la explicación de las propiedades básicas de los fluidos petroleros con el objetivo de brindar un primer acercamiento para todos aquellos estudiantes y profesionistas del ramo.

### Densidad de un líquido y gravedad específica (densidad relativa)

La gravedad específica de un líquido es la relación entre la densidad del líquido a 60°F y la densidad del agua pura. La gravedad API está relacionada con la gravedad específica con la siguiente ecuación:

$$API = \frac{141.5}{\gamma} - 131.5$$

$$\gamma = \frac{141.5}{(131.5 + API)}$$

$\gamma$  = Gravedad específica de un líquido (Agua = 1)

El cálculo de las propiedades de las mezclas líquidas se complica por dos factores: la presencia de componentes de alta presión de vapor como el metano y el etano, y la contracción en volumen al mezclar dos líquidos de hidrocarburos. Ambos efectos pueden entenderse al recordar que los líquidos están formados por moléculas de diferentes tamaños y formas, que poseen diferentes cantidades de energía.

**Presión de Saturación:** También conocida como presión de vapor verdadera (PVV), es la presión en la que coexiste en equilibrio el líquido y el vapor a una temperatura dada, sucediendo la separación de las fases. También es conocida como la presión de burbujeo del líquido.

**Curva de punto de burbuja:** La curva de punto de burbuja (línea AC) se define como la línea que separa la región de fase líquida de la región de dos fases.

**Punto de Rocío:** también se le conoce como punto de rocío, y es la presión a la cual sale el primer líquido condensado de la solución en un condensado de gas.

**Curva de punto de rocío:** La curva de punto de rocío (línea BC) se define como la línea que separa la región de fase de vapor de la región de dos fases.

**Líneas de calidad:** Las líneas discontinuas dentro del diagrama de fase se llaman líneas de calidad. Describen las condiciones de presión y temperatura para volúmenes iguales de líquidos. Tenga en cuenta que las líneas de calidad convergen en el punto crítico (punto C).

En general, los yacimientos se clasifican convenientemente en función de la ubicación del punto que representa la presión inicial ( $p_i$ ) del yacimiento y la temperatura (T) con respecto al diagrama de presión-temperatura del fluido del yacimiento.

**Región de dos fases:** La región encerrada por la curva de punto de burbuja y la curva de punto de rocío (línea BCA), en donde el gas y el líquido coexisten en equilibrio, se identifica como la envolvente de fase del sistema de hidrocarburos. Figura 1.

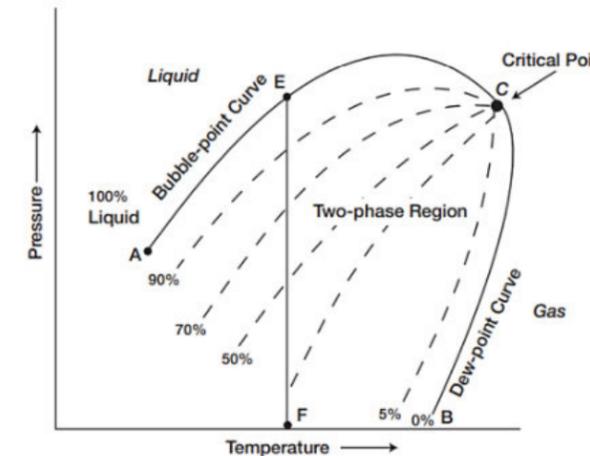


Figura 1. Región de dos fases. (Ahmed Tarek, 2001, p.2).

**Factor de volumen del aceite  $B_o$ .** Es la relación entre el volumen de un líquido medido a condiciones de yacimiento, con respecto a la medición de dicho volumen de líquido en el tanque de almacenamiento a condiciones estándar, después de pasar por el separador.

También, pueden definirse como el cambio en volumen que experimenta la fase líquida al pasar de las condiciones de yacimiento a las condiciones de superficie como consecuencia de la expansión líquida y/o liberación del gas en solución.

$$B_o = \frac{\text{Volumen de aceite @c. y}}{\text{Volumen de aceite @c. s.}} > 1$$

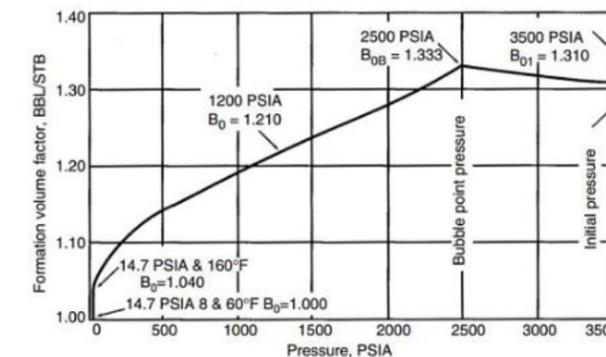


Figura 2. Factor de volumen de aceite. (Lyons, Plisga, 2005, p.5-10).

**Factor de volumen del gas Bg.** Se define como el volumen de una masa de gas medido a presión y temperatura del yacimiento o de escurrimiento, dividido por el volumen de la misma masa de gas medido a condiciones estándar.

$$B_g = \frac{\text{Volumen de gas @c.y}}{\text{Volumen de gas @c.s.}} < 1$$

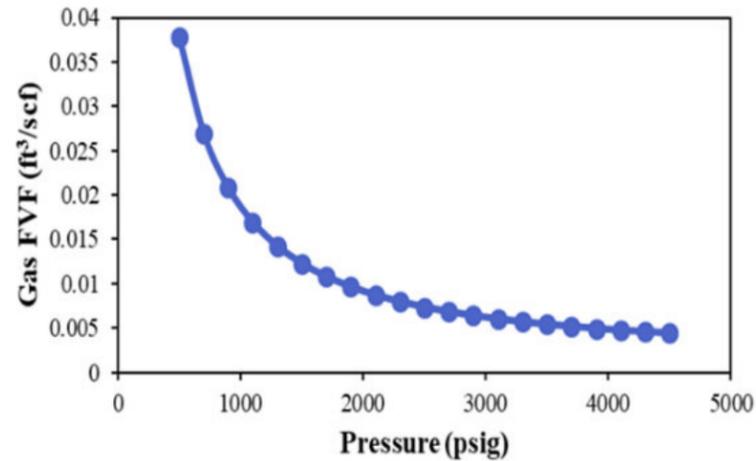


Figura 3. Factor de volumen de gas. Disponible en: <https://www.researchgate.net/figure/Gas-formation-volume-factor-changes-with-respect-to-pressure>. [Consultado el 18/10/2022].

**Factor de volumen total o bifásico Bt.** Se define como la relación de un volumen de aceite a condiciones estándar junto con su volumen inicial de gas disuelto a cualquier presión y temperatura. El factor volumétrico total o bifásico, Bt, se define como el volumen que ocupa @ condiciones de yacimiento un barril normal de petróleo mas su gas originalmente en solución. Arriba del punto de burbuja  $R_{si} = R_s$ , a presiones por debajo del punto de burbuja el factor  $B_o$  de dos fases incrementa conforme la presión disminuye debido a que el gas darcy sale de la solución. El volumen de gas liberado del yacimiento es:  $B_g(R_{si} - R_s)$ .

$R_{si}$  = cantidad de gas en solución al punto de burbuja

$R_s$  = cantidad de gas restante a una presión más baja

$$B_t = B_o + B_g(R_{si} - R_s)$$

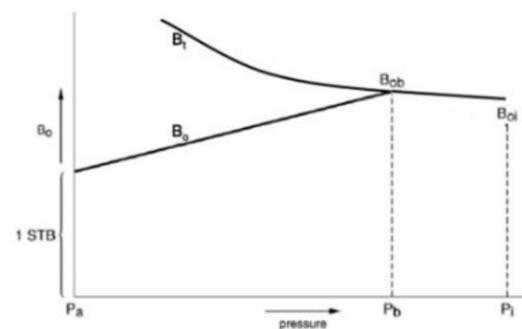


Figura 4. Factor de volumen total. Disponible en: <https://www.slideserve.com/cade/types-of-oil-and-gas-reservoirs>. Consultado el [16/10/2022].

**Coefficiente de compresibilidad isotérmica.**

Se define como el cambio fraccional del volumen del aceite por unidad de cambio de presión.

$$C_o = -\frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial p} \right)$$

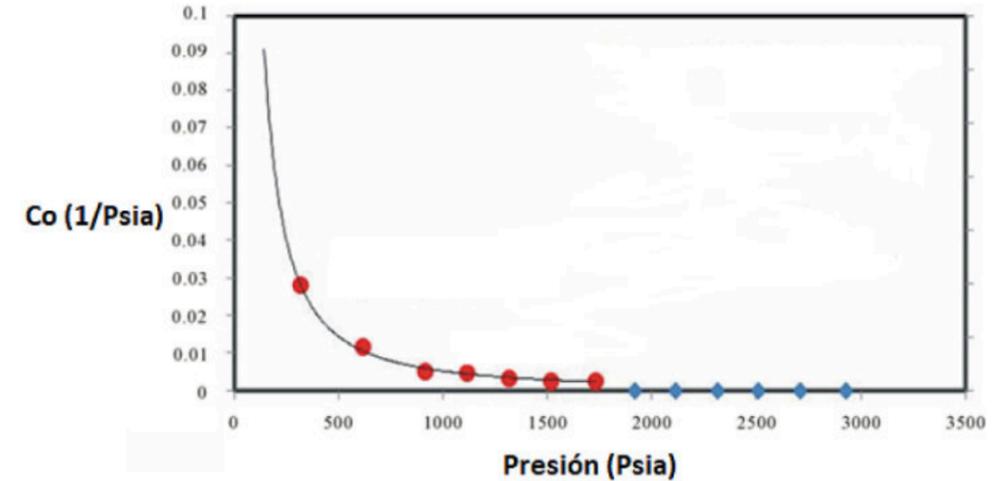


Figura 5. Factor de volumen total. Disponible en: coefficient of isothermal compressibility of oil - Bing images. Consultado el [16/10/2022].

**Viscosidad de liquido**

Definimos a la viscosidad como la resistencia de un fluido a fluir. Es una propiedad dinámica que solo se mide cuando el fluido está en movimiento.

Por definición,  $1 \text{ cp.} = 0.01 \text{ dinas/cm}^2 = 0.000672 \text{ lbm/ft}^2$

$$\gamma = \mu/\rho$$

$\mu$  = viscosidad absoluta, centipoise

$\gamma$  = viscosidad cinemática, centistoke

$\rho$  = densidad, gr/cm<sup>3</sup>

$$1 \text{ centistoke} = 0.01 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$$

La viscosidad cinemática representa la característica propia del líquido desechando las fuerzas que generan el movimiento. Es decir, basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido y se obtiene una unidad simple de movimiento: cm<sup>2</sup>/seg. (stoke), sin importar sus características propias de densidad.

La viscosidad del aceite es afectada por factores como son: presión, temperatura y el más importante, la cantidad de gas en solución.

**Viscosidad del aceite por debajo del punto de burbuja.** La viscosidad disminuye conforme la presión aumenta debido al efecto de adelgazamiento del gas que se disuelve en el aceite.

**Viscosidad del aceite por encima del punto de burbuja.** La viscosidad aumenta conforme la presión incrementa debido a la compresión del líquido.

Si un aceite es bajosaturado a la presión inicial del yacimiento, la viscosidad disminuirá conforme la presión del yacimiento disminuye, se producirá una viscosidad mínima en el punto de burbuja. A presiones por debajo del punto de burbuja, la evolución del gas en la solución incrementará la densidad y la viscosidad del aceite conforme disminuye la presión del yacimiento.

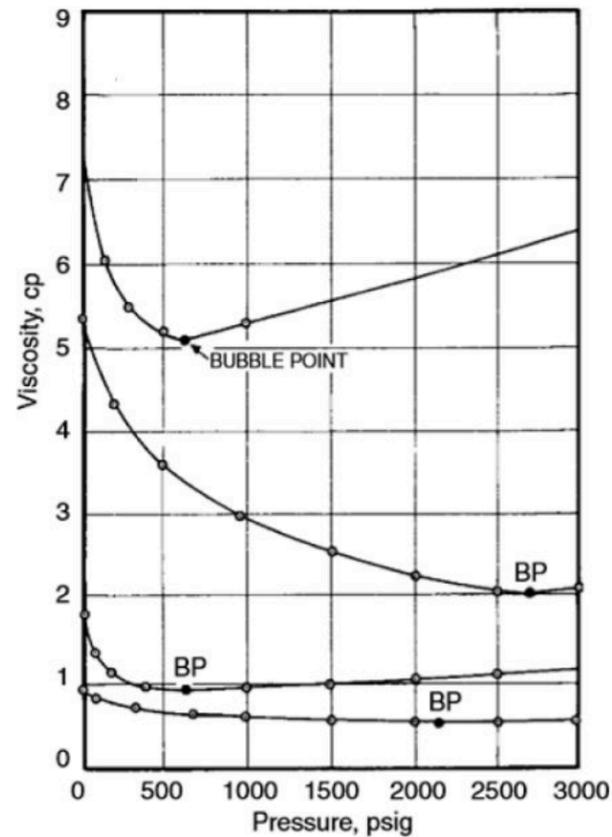


Figura 6. Viscosidad del aceite. (Lyons, Plisga, 2005, p.5-7).

La viscosidad del gas también se define como la medida de la resistencia al movimiento que presenta un fluido. El comportamiento de la viscosidad en función de la presión se puede observar en la siguiente figura, de la cual podemos deducir que, al incrementar la temperatura, a presiones bajas la presión del gas se incrementa y a presiones altas la viscosidad del gas disminuye.

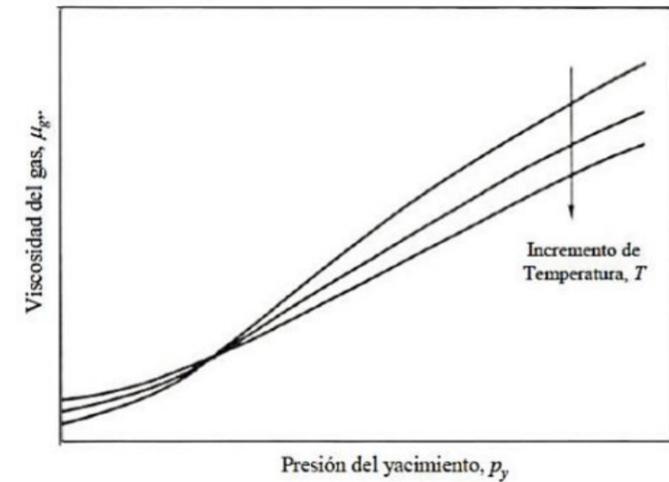


Figura 7. Viscosidad del gas. (Tenorio González, 2016, p.150).

### Conclusiones

Las propiedades de los fluidos petroleros y su comportamiento son la base para un mejor entendimiento de las estrategias de explotación de los yacimientos en conjunto con todas las disciplinas involucradas en los proyectos petroleros. Es por eso, que, su estudio y obtención son imperativos durante todo el ciclo de vida de los yacimientos petroleros.



**Hermes Castillo Navarrete** es Ing. Petrolero e Ing. En Control y Automatización egresado de la UNAM (2013-2018) e IPN (2001-2005), con experiencia dentro de Petróleos Mexicanos en ingeniería de producción a bordo de plataformas marinas de la sonda de Campeche en el área de mantenimiento a Equipo Dinámico, sistemas Auxiliares y Sistemas Instrumentados de Seguridad, actualmente se desempeña como analista de programación, Evaluación y Control en la Gerencia de Seguimiento y Mejora Continua de Costos de los procesos de Operación, mantenimiento y logística en la Subdirección de Administración del Portafolio de Pemex PEP en la Ciudad de Villahermosa Tabasco, México.

**Rocas Sedimentarias de la Ofiolita Santa Cruz, Guatemala – Una Historia del Proto-Caribe**

**Joshua Rosenfeld,**  
Granbury, Texas

**RESUMEN**

La ofiolita Santa Cruz al oriente de Guatemala incluye rocas sedimentarias depositadas en el océano del proto-Caribe durante el Cretácico. Algunas conclusiones, mencionadas abajo, se construyeron con base en estudios preliminares de estas sucesiones sedimentarias.

Nódulos de perdernal en basaltos de la ofiolita se depositaron durante el Valanginiano Superior/Aptiano mientras había actividad volcánica en el eje de abertura del océano proto-Caribe. En el Aptiano/Albiano esa corteza oceánica fue parcialmente cubierta por detritos volcánicos, engrosando hacia la cima, derivados del arco proto-Antillano durante la colisión entre el proto-Caribe occidental y la meseta gruesa (plateau oceánico) de basalto del Pacífico. Intercalaciones de basalto dentro del pedernal en esta unidad indican que erupciones basálticas fuera del eje siguieron en el Albiano. Un mélangé de matriz arcillosa, posiblemente de edad Cenomaniano, formó un prisma de acreción a lo largo del límite de la corteza del Pacífico, y una caliza enriquecida en materia orgánica fue depositado durante el Evento Anóxico Oceánico del Cenomaniano.

Este trabajo busca las siguientes metas: 1) hacer disponible los resultados del reconocimiento geológico de una disertación de doctorado no publicada (Rosenfeld, 1981); 2) poner la ofiolita Santa Cruz en el marco tectónico de la región; y 3) invitar a estudios detallados de en esta área.

**INTRODUCCIÓN**

Los modelos tectónicos del Caribe acuerdan que el océano “proto-Caribe” fue resultado de la generación de corteza oceánica durante la separación de Norteamérica y Sudamérica entre el Jurásico Tardío y el Cretácico Tardío (Pindell *et al.*, 1988; Donnelly, 1989; Burke, 1988). Después, este brazo occidental del océano Atlántico se consumió debajo de la gruesa plancha del basalto del Pacífico que ahora subyace las cuencas oceánicas del Mar Caribe. Nuestros conocimientos del proto-Caribe se derivan de los fragmentos preservados en terrenos ofiolíticos obducidos durante la colisión de la Placa Farallón del Pacífico con los promontorios continentales de la Placa de Norteamérica en Yucatán, Florida-Bahamas y el noroccidente de Sudamérica.

La ofiolita Santa Cruz en Guatemala oriental es un fragmento del proto-Caribe obducido sobre el bloque cratónico de Yucatán para el Campaniano y deslizado a la antefosa (i.e., *foredeep*) hacia el norte en el Maastrichtiano. Las unidades sedimentarias en la parte occidental de la ofiolita escaparon del metamorfismo, desmembramiento y profunda erosión que afectó a otros fragmentos ofiolíticos esparcidos a lo largo de los sistemas de fallas Motagua y Polochic en Guatemala; proveyendo así vislumbres de la historia del proto-Caribe. Una descripción más completa de la ofiolita de Santa Cruz se encuentra en el trabajo de Rosenfeld (1981).

**MARCO REGIONAL**

La ofiolita de Santa Cruz subyace a la Sierra de Santa Cruz de Guatemala oriental (Figura 1); un macizo orientado este-oeste de 90 km de largo y 15 km de ancho que alcanza elevaciones de ~1,000 m. El terreno es montañoso y cubierto por la selva. El límite sur del macizo colinda con la Cuenca de Izabal; una cuenca *pull-apart* del Sistema de Fallas Polochic con desplazamiento de 130 km en sentido

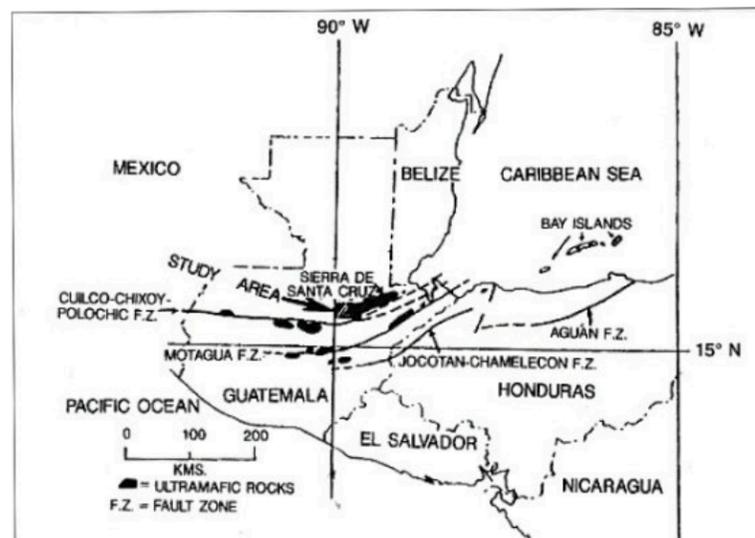


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio mostrando las fallas principales y los cuerpos ultramáficos del norte de Centroamérica.

sinistral, basado en la reconstrucción palinspástica de rasgos geológicos y geomorfológicos (Burkart *et al.*, 1987).

La ofiolita compone un macizo alóctono que sobreyace el *flysch* del Campaniano Superior al Maastrichtiano de la Formación Sepur que está expuesta al norte y occidente del macizo y, junto con los carbonatos Cretácicos que la subyacen, está expuesta también en una ventana dentro del macizo alóctono (Figura 2). El basamento cristalino de gneis pre-Pensilvánico se expone al suroccidente de la ofiolita, en la zona del Sistema de Fallas Polochic (Bonis, 1967), y la secuencia sedimentaria autóctona (Figura 3) aflora en el corazón erosionado del Anticlinal Senahú (área sin mapear en Figura 2).

El despegue basal del macizo alóctono es la Falla de Santa Cruz que se formó durante el traslado de las secuencias ofiolíticas sobre el abanico turbidítico del Campaniano-

Maastrichtiano (Formación Sepur) como un coherente deslizamiento de masas originado desde el sur (Wilson, 1974; Rosenfeld, 1981).

**LA OFIOLITA**

Rocas Cristalinas -

La ofiolita se compone mayormente de harzburgita serpentinizada, gabro, dolerita y basaltos hidrotermalmente alterados. Las rocas máficas tienen composiciones típicas de tendencia MORB (basalto de dorsal medio-oceánica). Rocas ultramáficas cumúlíticas se encontraron raramente en cantos rodados de algunos riachuelos. También se encontraron cuerpos pequeños de plagiogranito entre gabros y en un extenso mélangé de matriz serpentinitica. Este mélangé también embebe bloques de gabro, anfibolita y diques desmembrados de gabro de grano grueso, dolerita y piroxenita.

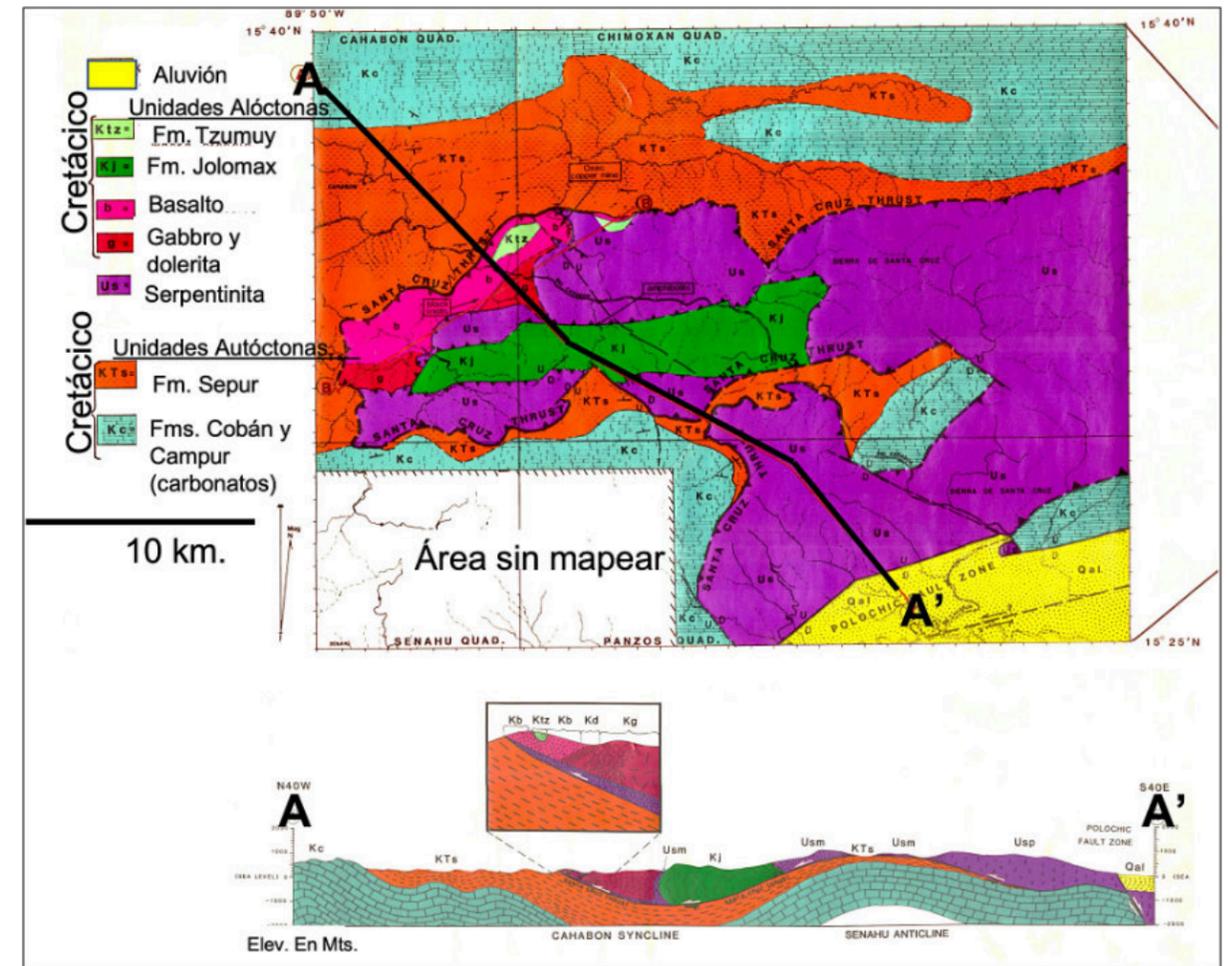


Figura 2. Mapa geológico y sección transversal de la Sierra de Santa Cruz, Guatemala.

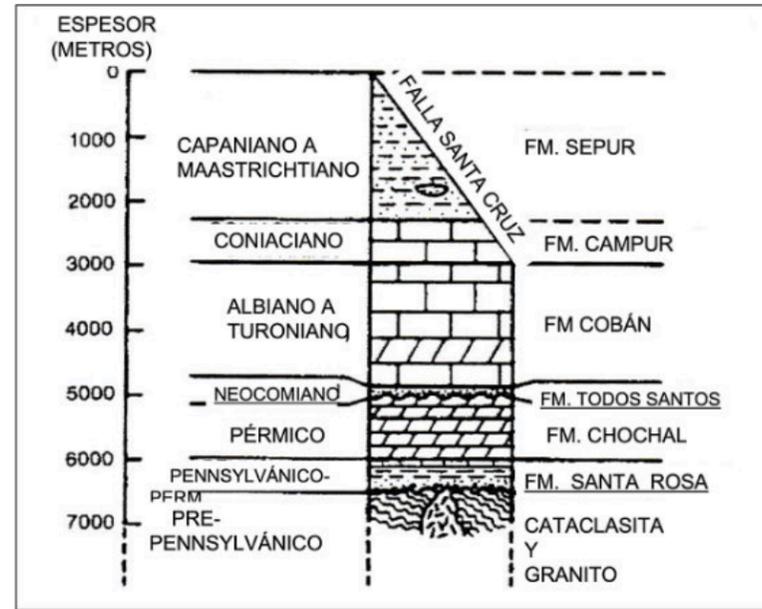


Figura 3. Secuencia autóctona del área de estudio.

Hay mineralización de cobre en los basaltos y doleritas, metamorizados en un sistema hidrotermal oceánico alcanzando facies de esquistos verdes (Peterson y Zantop, 1980, Rosenfeld, 1981, Wilson y Peterson, 1989). Más de dos millones de toneladas de mena de calcopirita con un promedio de 2% de cobre fueron extraídas de la Mina Oxec desde 1970 a 1980.

Rocas Sedimentarias

Pedernal en basaltos –

Nódulos de pedernal rojizo entre almohadillas del basalto inferior fueron datados como Valanginiano Superior a Aptiano (E. Pessagno, comunicación personal) indicando que la generación del basalto oceánico estuvo activo en ese tiempo. Los basaltos de un nivel superior encierran capas de pedernal verde oscuro a negro con edad del Berriasiano(?) – Albiano (P. Whelan-Helwig, comunicación personal). El basalto más joven está menos metamorizado (facies de zeolita) que el basalto más profundo (facies de esquistos verdes) y contiene amígdalas, indicando que los basaltos superiores fueron un resultado eruptivo en aguas someras, permitiendo el escape de burbujas de gas. Se especula que estas erupciones del Albiano son producto de un vulcanismo fuera de eje.

Caliza encima del basalto –

Un solo afloramiento de caliza laminada de color negro fue encontrado encima del basalto. Las laminaciones más gruesas contienen foraminíferos planctónicos, radiolarios, nanoplancton calcáreo y detritos volcánicos (plagioclasa

euhedral y vidrio desvitrificado). Una muestra rindió 1.7 de carbono orgánico total (John Clendening, comunicación personal). Hay abundante pirita en la matriz de esta roca.

La edad de esta unidad es Cenomaniano (E. Pessagno, L. Balcells-Baldwin y R. White) y los fósiles indican que el ambiente de deposición fue marino profundo. La ausencia de foraminífera de quilla sugiere que el ambiente fue anóxico porque deben ser abundantes en este ambiente (Jarvis *et al.*, 1988 p. 87-94). Las laminaciones marcan la ausencia de bioturbación junto con el alto contenido de carbón orgánico que apoyan esta interpretación.

Rocas vulcanoclásticas encima del basalto (Formación Tzumuy)

Encima de los basaltos hay una sección de 500 m de espesor engrosando hacia arriba que consiste de pedernal estratificado en su base, grauwaca turbidítica y al final, brecha vulcanoclástica. Esta sección se ha denominado la Formación Tzumuy (Figura 4). Estas rocas, en contraste con la autóctona Formación Sepur, están muy cementadas (casi ortocuarcitas). Muestras del afloramiento no rindieron fósiles útiles, pero radiolarios en una muestra desprendida dieron una edad entre el Aptiano-Albiano (P. Whelan-Helwig, comunicación personal).

El componente vulcanoclástico de la Tzumuy en el pedernal basal incluye fragmentos de pómez y granos euhedrales de plagioclasa. El grauwaca más arriba en la formación contiene plagioclasa zonificada, clastos líticos de textura traquítica con aspecto dacítico-riolítico y hasta con un 5% de cuarzo de origen volcánico. La sección

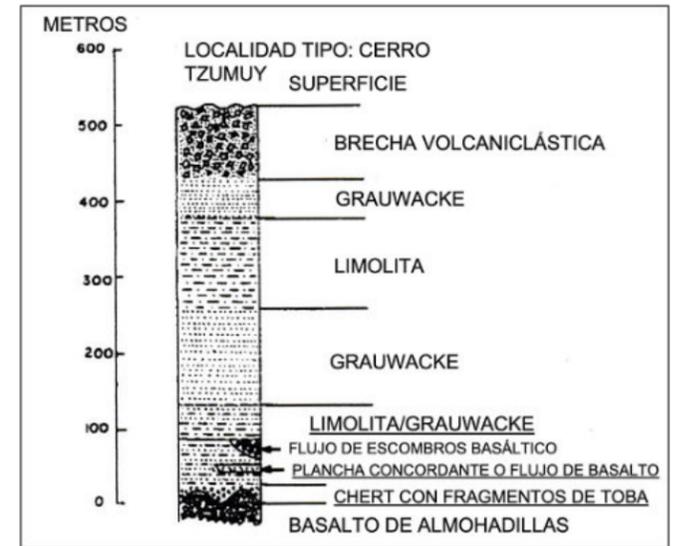


Figura 4. Litología de la Formación Tzumuy.

superior consiste en brecha subangular con clastos del tamaño de guijarros; casi todos con litologías de “tipo arco volcánico”. Se propuso que estas rocas tienen un origen no-MORB, posiblemente de arco primitivo de isla (T. Donnelly, comunicación personal). Aunque no se hizo análisis geoquímico de los clastos individuales, los análisis en bruto de las grauwacas rindieron valores de sílice de 55% a 57%, apoyando la interpretación de su origen en un arco volcánico.

Esta secuencia vulcanoclástica depositada sobre la corteza oceánica Aptiana indica que en esta parte del proto-Caribe la corteza oceánica se generó cerca de un arco volcánico. También se puede decir que no existió una trinchera entre el arco y la corteza oceánica del proto-Caribe en el Aptiano impidiendo la llegada de sedimentos vulcanoclásticos sobre la corteza oceánica. Estas suposiciones son consistentes con la existencia de un Arco Volcánico Primitivo del Aptiano en la parte frontal del basalto engrosado del Pacífico (Figura 5), que luego cambió a un

arco intra-oceánico cuando la polaridad de subducción se invirtió, dando un capirotazo durante el Albiano o Cenomaniano cuando la corteza del Pacífico avanzó por encima del proto-Caribe occidental (Figura 6).

Argilita escamosa/mélange sedimentario (Formación Jolomax)

Esta unidad subyace una extensa faja en el centro del macizo alóctono (Figura 2). La roca está totalmente metamorizada en facies de prehnita-pumpelita, guardando el aspecto sedimentario. Tiene abundantes superficies de cizalla orientadas al azar y varias fracturas mineralizadas que interrumpen la estratificación.

La roca fresca es verde oscuro a negro, pero con meteorización adquiere un rojo intenso debido a la oxidación de la abundante pirita en su matriz. Se observan laminaciones raras intensamente plegadas y desmembradas de deposición de pedernal y arenisca volcánica. El mélangé embebe grandes bloques de

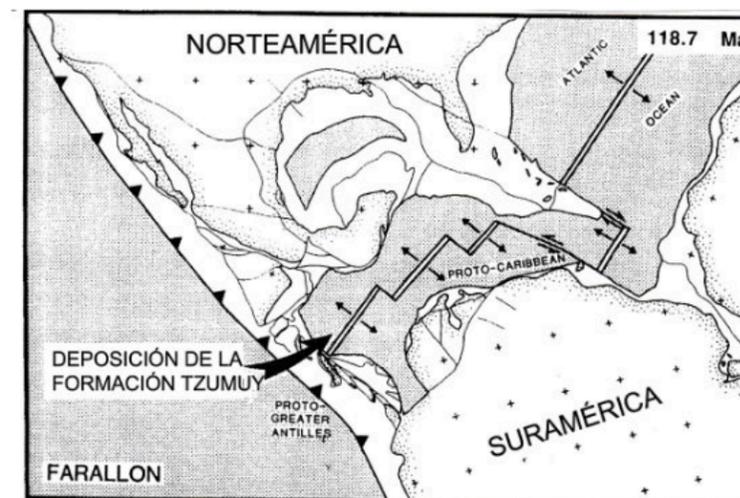


Figura 5. Paleogeografía de Mesoamérica hace 118 Ma. Adaptado de Ross y Scotese, 1988.

serpentinita, cuerpos de basalto almohadillado y pequeños fragmentos angulares de caliza micrítica y pedernal. Hay radiolarita en la matriz pero la limitada colección original no rindió edades útiles (P. Whelan-Helwig, comunicación personal).

Se propone que la Formación Jolomax es un depósito de cuña acrecionaria, acumulado en una trinchera en frente de la corteza del Pacífico que avanzaba hacia el proto-Caribe (Figura 6). El color oscuro y la abundancia de pirita sugiere que el ambiente de depósito fue de disódico a anódico. Sin una edad paleontológica, se especula que tiene correlación con la caliza Cenomaniana, sobreyaciendo el basalto descrito arriba.

**DISCUSIÓN**

Parece presuntuoso construir una historia de todo el proto-Caribe occidental desde pocos afloramientos esparcidos y pobremente fechados de un área pequeña del oriente de Guatemala. Sin embargo, la ofiolita de Santa Cruz sí guarda evidencia de la generación de corteza oceánica en el Aptiano, volcanismo del Arco proto-Antillano en el Aptiano, erupciones fuera del eje del Albiano-Cenomaniano, y la existencia de un prisma de acreción con posible trinchera para el Cenomaniano. Especulando aún más, hay características oceanográficas que enlazan el proto-Caribe con el Evento Oceánico Anódico del Cenomaniano en el Océano Atlántico.

La obducción hacia el norte encima de la orilla sur del bloque de Yucatán de este fragmento de la litósfera del proto-Caribe ocurrió en el Campaniano (Figura 7), seguido

casi inmediatamente por un deslizamiento de masas coherente del macizo alóctono sobre el *flysch* de la Formación Sepur (Figuras 2 y 8). Se ha propuesto que el

mecanismo para iniciar este derrumbe fue el impacto del bólido de Chicxulub ocurrido 600 km al norte (Rosenfeld, 2022). Después del emplazamiento final de la ofiolita, el

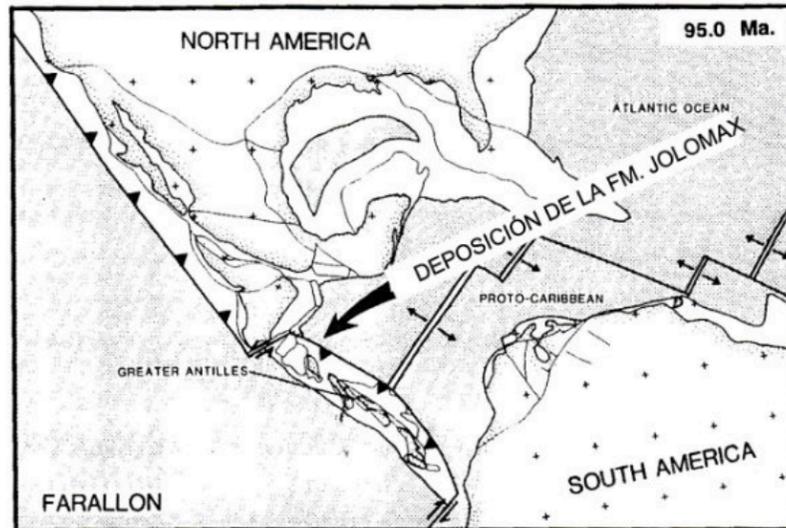


Figura 6. Paleogeografía de Mesoamérica hace 95 Ma. Adaptado de Ross y Scotese, 1988.

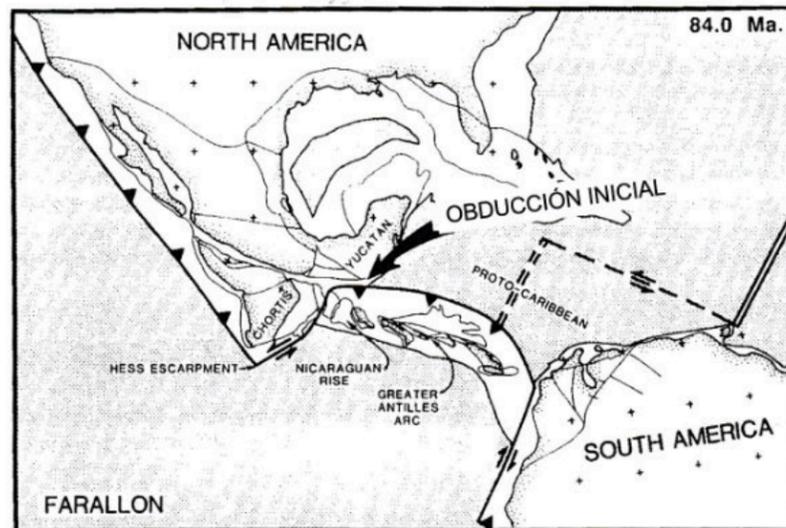


Figura 7. Paleogeografía de Mesoamérica hace 84 Ma. Adaptado de Ross y Scotese, 1988.

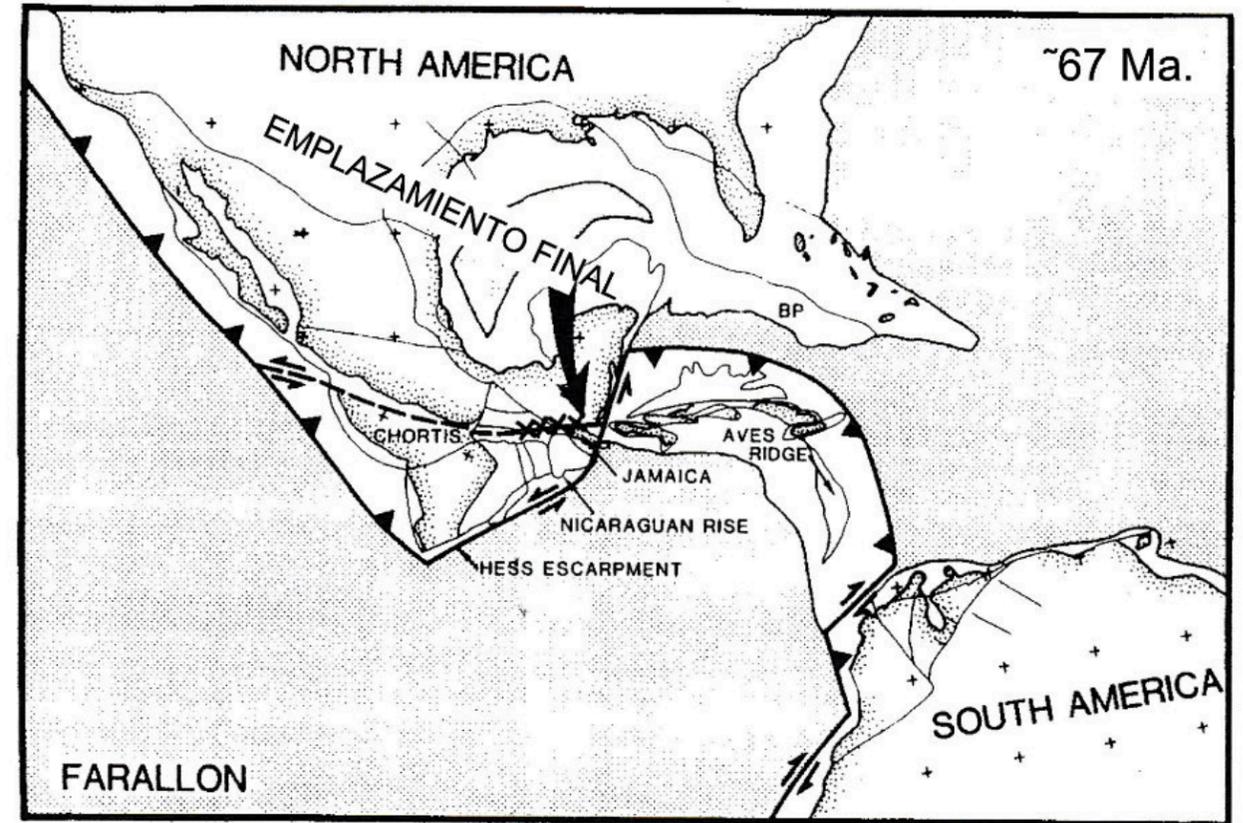


Figura 8. Paleogeografía de Mesoamérica hace 67 Ma. Adaptado de Ross y Scotese, 1988.

área fue plegada por la transpresión entre los Bloques Chortís y Yucatán. El movimiento sinistral del Neógeno hasta el Reciente de la Falla de Polochic ha desplazado la posible continuación al sur de la ofiolita Santa Cruz hacia el oriente.

**OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN**

Este trabajo se concentra en las rocas sedimentarias alóctonas porque son ventanas a la historia proto-Caribeña. El trabajo hecho para este papel se hizo hace más de 40 años. Por lo tanto, hay la oportunidad de hacer más estudios en la zona para aclarar el origen de la ofiolita y su emplazamiento. La Sierra de Santa Cruz y sus alrededores ahora tienen infraestructura nueva para dar al investigador la oportunidad de documentar nuevos afloramientos y aplicar modernas tecnologías para entender la compleja interacción entre los bloques de Yucatán, Chortís y el Arco Antillano.

**RECONOCIMIENTOS**

El trabajo de campo de donde se extrajo esta publicación no hubiera sido posible sin la dirección y apoyo del Profesor T.W. (Nick) Donnelly de Binghamton University. Asimismo, debo agradecimientos especiales a Peter Marsh, geólogo, ingeniero de mina y amigo, quien me introdujo al área y arregló la logística del campo. Muchos colegas contribuyeron con observaciones y consejos de valor. Entre ellos doy gracias a Fred Nagle, Steve Barrett, Jim Pindell, Burke Burkart, Peter Muller, Kevin Burke, y los paleontólogos mencionados en el texto.

Este artículo fue publicado originalmente en inglés en las Transacciones del 12 Caribbean Geological Conference (1990), editado por D.K. Larue y G. Draper.

**Bibliografía**

Bonis, S., 1967, Geological Reconnaissance of the Alta Verapaz Fold Belt, Guatemala. Disertación de doctorado sin publicar, Louisiana State University, Baton Rouge, 146 p.

Burkart, B., B. C. Deaton, C. Dengo y G. Moreno, 1987, Tectonic Wedges and Offset Laramide Structures along the Polochic Fault of Guatemala and Chiapas, Mexico: Reaffirmation of Large Neogene Displacement: Tectonics, v. 6, p. 411-422.

Burke, K., 1988, Tectonic Evolution of the Caribbean: Annual Review Earth and Planetary Science, v. 16, p. 201-230.

Donnelly, T.W., 1989, Geologic History of the Caribbean and Central America: in the Geology of North America, v. A, chap. 11: Geological Society of America, p. 299-321.

Jarvis, I., *et al*, 1988, Microfossil Assemblages and the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event: Cretaceous Research v. 9, p. 3-104.

Peterson, E.U. and H. Zantop, 1980, The Oxec Deposit, Guatemala: an Ophiolite Copper Occurrence: Economic Geology, v. 75, p. 1053-1065.  
Pindell, J.L., S.C. Cande, W.C. Pitman III, D.B. Rowley, J.F. Dewey, J. Labreque and W. Haxby, 1988, A Plate-Kinematic Framework for Models of Caribbean Plate Evolution: Tectonophysics, v. 155, p. 121-138.

Rosenfeld, J.H., 1981, Geology of the Western Sierra de Santa Cruz, Guatemala, Central America: an Ophiolite Sequence: Disertación de doctorado sin publicar, Binghamton University, 313 p.

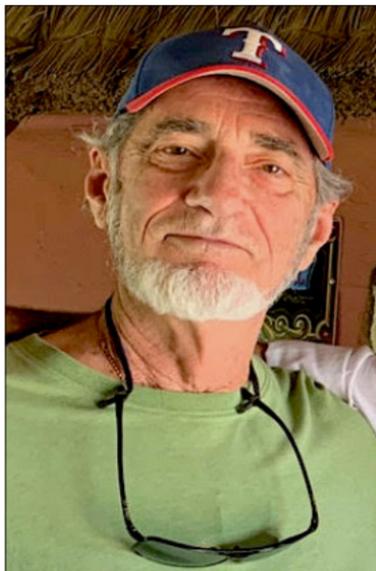
Rosenfeld, J.H., 2022, The Sierra de Santa Cruz in eastern Guatemala; a giant gravity slide triggered by the K-Pg Chicxulub bolide impact: Revista Maya de Geociencias, Edición Especial VII, p.41-43.

Ross, M.I. and C.R. Scotese, 1988, A Heirarchical Tectonic Model of the Gulf of Mexico and the Caribbean Region: Tectonophysics, v. 155, 1-4, p. 139-168.

Wilson, H.H., 1974, Cretaceous Sedimentation and Orogeny in Nuclear Central America, A.A.P.G. Bulletin, v. 59, p. 1348-1396.

**Dr. Joshua H. Rosenfeld**

*Independent Geologist, 7302 Ravenswood Rd.,  
Granbury, Texas 76049*



**Josh Rosenfeld** received his B.S. in Geology in 1960 from the City College of New York. He served from 1963 to 1966 in the US Army on active duty in Guatemala. Upon discharge from military service he returned to Guatemala as both a mining and petroleum geologist, becoming the Chief Geologist of the government's mining department. 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.

<https://www.researchgate.net/profile/Joshua-Rosenfeld>

# Foro de discusión Discussion Forum

**A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de la revista de agosto de 2022, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.**

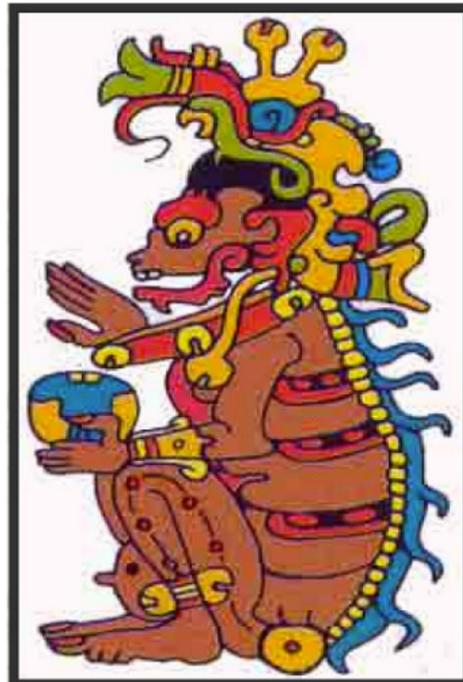
**Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.**

**At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.**

**Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geosciencias.**

# MISCELÁNEOS

## Ah Puch , Dios de la Muerte



Corresponde al cuarto lugar, por el orden de su representación, al dios de la muerte, que aparece 88 veces en los tres manuscritos. Tiene por cabeza una calavera, muestra las costillas desnudas y proyecciones de la columna vertebral; si su cuerpo está cubierto de carne, ésta se ve hinchada y cubierta de círculos negros que sugieren la descomposición. Accesorios imprescindibles del vestido del dios de la muerte son sus ornamentos en forma de cascabeles. Estos aparecen algunas veces atados a sus cabellos o a fajas que le ciñen los antebrazos y piernas, pero más a menudo están prendidos de un collar en forma de golilla. Estos cascabeles de todos tamaños, hechos de cobre y a veces de oro, se encontraron en considerables cantidades durante el dragado del Pozo de los sacrificios de Chichén Itzá, se supone que en el lugar donde habían sido arrojados con las víctimas inmoladas. Ah Puch, la antítesis de Itzamná, tiene como él dos jeroglíficos de su nombre, y es, después de éste, la única deidad que se distingue de esta manera. El primero representa la cabeza de un cadáver con los ojos cerrados por la muerte, el segundo la cabeza del dios mismo, con la nariz truncada, mandíbulas descarnadas y como prefijo un cuchillo de pedernal para los sacrificios. Un signo que se encuentra asociado frecuentemente al dios de la muerte es algo parecido a nuestro signo de tanto por ciento %. El dios de la muerte era la deidad patrona del día Cimí, que significa "muerte" en maya. En el caso de Ah Puch, estamos frente a una deidad de primera clase, como lo prueba la frecuencia de sus representaciones en los códices. Como jefe de los demonios, Hunhau reinaba sobre el más bajo de los nueve mundos subterráneos de los mayas, y todavía hoy creen los mayas modernos que bajo la figura de Yum Cimil, el Señor de la Muerte, merodea en torno a las habitaciones de los enfermos en acecho de su presa.

Ah Puch es una deidad malévol. Su figura está asociada frecuentemente con el dios de la guerra y de los sacrificios humanos, y sus constantes compañeros son el perro, el ave Moán y la lechuza, considerados como criaturas de mal agüero y de muerte.

## Museo de Historia Natural, Bogota, Colombia

**Haz click en la imagen**



# La casa del núcleo de la tierra

[core | National Geographic Society](#)

[Earth - The interior | Britannica](#)

[Internal structure of Earth - Wikipedia](#)

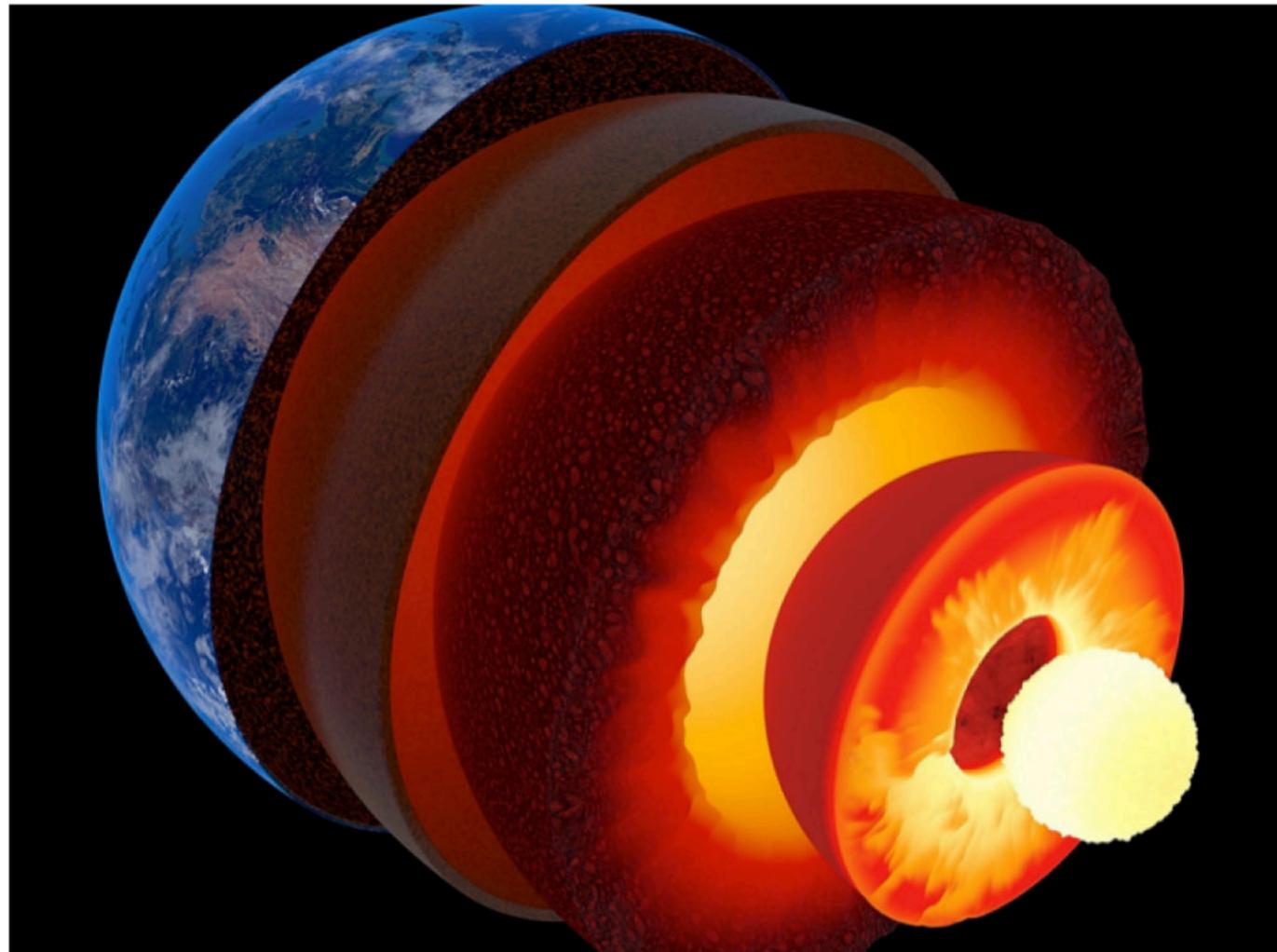
[Núcleo de la Tierra - Información y Características \(geoenciclopedia.com\)](#)

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

[Core of the Earth: Facts, Composition, Layers & Temperature - Video & Lesson Transcript | Study.com](#)

[Crushing Pressures Start to Reveal the Truth About Earth's Core | Science | Smithsonian Magazine](#)

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



<https://cdn.24.co.za/files/Cms/General/d/10153/c2d878bd58aa44b1803afc3b3e473b81.jpg>

## Tesis selectas presentadas en el Instituto Politécnico Nacional en 2021

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

**Análisis y evaluación petrosísmica de los horizontes Kobe y Paris del campo Cloudspin 3D en profundidad**  
Girón Perea, Rosario; Hernández Guillén, Carmen; Michel Cabrera, Mari Bárbara; Trujillo Estrada, Sirina

**Determinación de mecanismos focales en el valle de México durante el período 2014-2016**  
Passaron Arroyo, Francisco Javier

**Caracterización petro-sísmica 3-D de la formación KI del campo LZAMRA3916**  
López Centeno, Alfredo

**Características espectrales de las réplicas del sismo del 19 de septiembre de 2017, Mw 7.1**  
Calixco Zavala, Mildred Osiris

**Estudio de conducción de fluidos en medios porosos y fracturados aplicando DRP**  
De la Rosa Maldonado, Jonathan

**Estimación de cubos petrofísicos del campo Poseidón 3D en apoyo a la caracterización petrosísmica**  
Anota Landero, Mario Eugenio; Carrillo Vázquez, Eleaquin; Hernández Vite, Sharon Harumi; Lara García, Néstor Cuauhtémoc; Ventura Rangel, Alan Brandon

**Caracterización petrofísica de un yacimiento**  
Mora Bolaños, Gladys; Alvarado García, Juan Ignacio

**Análisis de facies petrofísicas del campo Cloudspin 3D en profundidad**  
Hernandez Santana, Abner Joel; Gallegos Valdiviezo, Claudet Irais; Hernandez Hernandez, Juventino; Trejo Cervantes, Miriam; Alcantara Rios, Zamara Nazani

**Métodos de escalamiento aplicados a los registros geofísicos de pozo**  
López Aburto, Rodrigo

**Caracterización petrosísmica de las formaciones Houston, Kobe y París en el campo Cloudspin 3-D en profundidad**  
Morales Figueroa, Jaqueline Madeleine; Jiménez Aceves, Jazmín; Cuervo Borbolla, Janine Linett; Castañeda Cruz, José Eduardo; Castro de la Cruz, Juan Carlos

**Modelo estructural de la parte central del campo Poseidón 3D como apoyo a la caracterización petrosísmica perteneciente a la cuenca de Browse**  
Alcázar Trinidad, Salvador; Flores Rodríguez, Daniel; Mayorga Salaya, Carlos Arturo; Nava González, Erick Martín; Ortiz Martínez, María Esther

**Evaluación con registros geofísicos del campo Poseidón 3D marino, en apoyo a la caracterización petrosísmica**  
Dominguez González, Carlocesar; Durán Flores, Jorge Luis; Gómez Carranza, Juan Pablo; Valdez Rivera, Oscar Rabindranath; Matozo Silis, Iñaki

**Estimación de la profundidad de la isoterma de Curie en el Estado de Guerrero a partir de análisis espectral de datos aeromagnéticos**  
Cristóbal Hernández, Giezi

**Evaluación petrosísmica de los pozos Agate-H6, Albite-F1, Barite-C1 y Citrine-1 del campo Cloudspin 3D en profundidad**  
Astudillo Jeronimo, Esthefany; Espinosa Pacheco, Sabrina Esteli; Cruz Urbina, Ana Paola; Santacruz Fernández, Luis Daniel

**Estados coherentes en la representación de Glauber**  
López Ramos, Francisco Javier

# Caverna del arte

Por Luis C. Restrepo  
Ingeniero Petrolero jubilado  
Katy, Texas

**Pueblito Colonial: Acuarela en papel multimedia.**



Pueblito  
Colonial J.C.  
03/22/21

## Un paseo por los clásicos grecolatinos

Los *Trabajos y días*, de Hesíodo; y *Carpe diem*, de Horacio

### HESÍODO

Al lado de Homero ubicaron los griegos, como su segundo poeta, al boecio Hesíodo (siglo VIII a. C.). En este autor se manifiesta la segunda fuente de la cultura griega: el valor del trabajo como virtud. El título de “Los trabajos y los días”, de uno de sus legados más importantes, expresa perfectamente esta idea: el trabajo como virtud del ser humano. En la visión de Hesíodo, el trabajo porta su heroísmo en la lucha tenaz y silenciosa de los trabajadores por obtener de la yerma tierra el cotidiano sustento. Esta virtud es esencial elemento para la edificación del ser humano.

Hesíodo menciona: “Grecia ha sido en todos los tiempos un país pobre. Pero en ello funda su *areté*.” Mediante esta virtud, “se defiende Hélade de la pobreza y de la servidumbre” (Hesíodo, in Jaeger, 1933, Paideia, los ideales de la cultura griega. Ed. FCE.). Así, Hesíodo se desarrolló en un ambiente campesino y de trabajo rural, pero se educó en el conocimiento y pensamiento de Homero, antes de despertar a la vocación de rapsoda. Su poema se dirige, primeramente, a los hombres de su estado y se dirige en el lenguaje de Homero que sus contemporáneos entienden. En su poema, Hesíodo pone de manifiesto que el trabajo es una dura necesidad para el ser humano, pero es una necesidad y una virtud. Así, la experiencia de la vida se funda, para el poeta Hesíodo, en las leyes permanentes que rigen el orden del mundo, enunciadas desde la óptica de una visión cosmogónica y teogónica completa de la explicación del cosmos.

Dada la función fundamental y cultural de la poesía de Hesíodo, se puede constatar que su verdadera raíz reside en la educación, es decir, una Paideia; lejos del pensamiento clásico sustentado en la épica, como sentido esencial de la vida. Así, los poemas didácticos de Hesíodo son un legado de Grecia, a la humanidad toda, hacia la edificación y la consagración del trabajo como virtud que enaltece y edifica y que, con sobrada razón, es la base del progreso del hombre y de sus formas socio-económicas a través de la historia.

### Texto en griego clásico, Ἔργα, Trabajos:

Ἥφαιστον δ' ἐκέλευσε περικλυτὸν ὅτι τάχιστα	60
γαῖαν ὕδει φύρειν, ἐν δ' ἀνθρώπου θέμεν αὐδὴν	61
καὶ σθένος, ἀθανάτης δὲ θεῆς εἰς ὤπα εἴσκειν	62
παρθενικῆς καλὸν εἶδος ἐπήρατον· αὐτὰρ Ἀθήνην	63
ἔργα διδασκῆσαι, πολυδαίδαλον ἴστον ὑφαίνειν·	64
καὶ χάριν ἀμφιχέαι κεφαλῇ χρυσέην Ἀφροδίτην	65
καὶ πόθον ἀργαλέον καὶ γυιοβόρους μελεδῶνας·	66

ἐν δὲ θέμεν κύνεόν τε νόον καὶ ἐπίκλοπον ἦθος	67
Ἑρμείην ἦνωγε, διάκτορον Ἀργεϊφόντην.	68
Ὡς ἔφαθ', οἱ δ' ἐπίθοντο Διὶ Κρονίωνι ἄνακτι.	69
αὐτίκα δ' ἐκ γαίης πλάσσε κλυτὸς Ἀμφιγυήεις	70
παρθένω αἰδοίῃ Ἴκελον Κρονίδεω διὰ βουλάς·	71
ζῶσε δὲ καὶ κόσμησε θεὰ γλαυκῶπις Ἀθήνη·	72
ἄμφι δέ οἱ Χάριτές τε θεαί καὶ πότνια Πειθῶ	73
ὄρμους χρυσείους ἔθεσαν χροῖ· ἄμφι δὲ τήν γε	74
Ἔωραι καλλίκομοι στέφον ἄνθεσιν εἰαρινοῖσι·	75
πάντα δέ οἱ χροῖ κόσμον ἐφήρμοσε Παλλὰς Ἀθήνη.	76
ἐν δ' ἄρα οἱ στήθεσσι διάκτορος Ἀργεϊφόντης	77
ψεύδεά θ' αἰμυλίους τε λόγους καὶ ἐπίκλοπον ἦθος	78
τεῦξε Διὸς βουλήσι βαρυκτύπου· ἐν δ' ἄρα φωνήν	79
θῆκε θεῶν κῆρυξ, ὀνόμηνε δὲ τήνδε γυναῖκα	80
Πανδώραν, ὅτι πάντες Ὀλύμπια δώματ' ἔχοντες	81
δῶρον ἐδώρησαν, πῆμ' ἀνδράσιν ἀλφηστῆσιν.	82

**Traducción libre, confrontada**

Y ordenó a Hefesto, el muy ilustre, que con premura	60
mezcle tierra y agua, (y) en el hombre ponga voz	61
y vigor, (y) depositara imagen semejante de inmortales diosas,	62
y hermoso y bello aspecto de vírgenes; y a Atenea,	63
los trabajos enseñó, muy artísticamente, a tejer telar de encajes	64
y (asimismo) verter gracia en derredor de la cabeza, de la aurea Afrodita,	65
tanto el doloroso deseo y las ansias que consumen los miembros:	66
y sobrepuso la cínica inteligencia como engañoso ánimo	67
y, esto, a Hermes ordenó, mensajero, brillante, matador de Argos.	68
Así habló Zeus, el Crónida soberano, a los que fueron persuadidos.	69
Al momento formó de la tierra, el ínclito cojo, (Hefesto)	70
pudorosas vírgenes según el designio del Crónida	71
y vivirá y adornará también la diosa, de ojos glaucos brillantes, Atenea:	72
y los encantos, alrededor de las diosas soberanas, puso	73
aúreos collares centellándose alrededor de la piel del cuerpo: aun así	74
las horas de hermosos rizos colocaron encima una guirnalda primaveral	75

y todo ornato conveniente colocó en el cuerpo, en orden, Palas Atenea:	76
y después el mensajero asesino de Argos, dentro del pecho,	77
nueve mil mentiras, tanto palabras seductoras como carácter engañoso	78
dispuso por voluntad de Zeus (potente trueno), en la voz humana	79
después dentro puso, una voz, el heraldo de los dioses y nombró a esta mujer	80
a Pandora dio este nombre, en las moradas olímpicas y derramando	81
regalo de desgracia, y sufrimiento a los industriosos hombres.	82

**Ο Παρθενών, El Partenón. Fuente: E. D. Piscardelis, Grecia**



**ΟΙ ΕΛΛΗΝΗΣ**

## HORACIO

Quinto Horacio Flaco (65, ca. 8 a. C.), fue un poeta lírico y satírico romano que vivió en la época clásica de la literatura latina. Escribió obras de diferentes estilos: sátiras, épicos, odas y epístolas. Las sátiras abordan temas éticos descalificando los vicios humanos; los épicos constituyen composiciones de carácter lírico de influencia griega. En las odas, se encuentra la mejor expresión de la poesía horaciana, semejantes a las obras de los grandes poetas griegos como Safo, Anacreonte y Alceo. Predica en las odas la paz, el patriotismo, la amistad, los placeres de la naturaleza y la vida sencilla. He aquí un fragmento (*Carpe diem*), de carácter filosófico epicúreo y de consejo prudente y estoico, mas sin desdeñar el tiempo de la vida que pasa y sus goces intrínsecos.

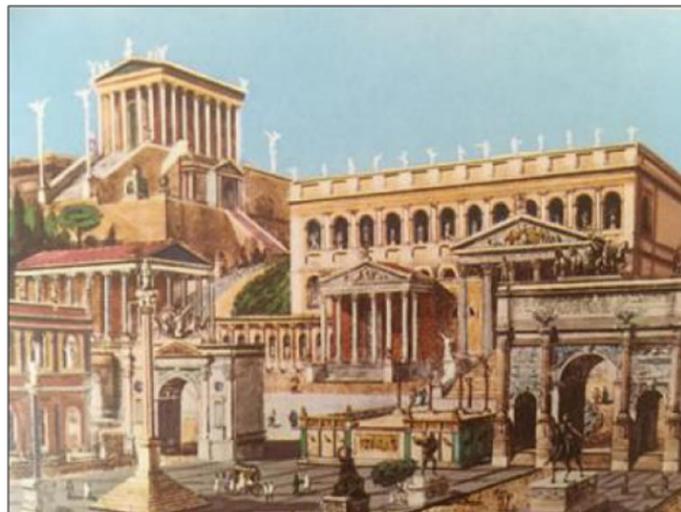
### Texto latino, *Carpe diem, Carminum 1, 11; Aprovecha el día:*

*Tu ne quaesieris, scire nefas, quem mihi, quem tibi finem di dederint, Leuconoe, nec Babylonios temptaris numeros. ut melius quidquid erit pati, seu pluris hiemes seu tribuit Iuppiter ultimam, quae nunc oppositis debilitat pumicibus mare Tyrrhenum: sapias, vina liques, et spatio brevi spem longam reseces. dum loquimur, fugerit invida aetas: carpe diem, quam minimum credula postero.* Horacio (Odas, 1.11.8).

### **Traducción libre, confrontada:**

No pretendas saber, pues no está permitido, el fin que a mí y a ti, Leuconoe, nos tienen asignados los dioses, ni consultes los números Babilónicos. Mejor será aceptar lo que venga, ya sean muchos los inviernos que Júpiter te conceda, o sea éste el último, el que ahora hace que el mar Tirreno rompa contra los opuestos cantiles. No seas imprudente, diluye el vino y adapta, al breve espacio de tu vida, una larga esperanza. Mientras hablamos, habrá huido el tiempo codicioso. Vive el día hoy, atrápalo; no te fíes al día postrero.

**Forum Romanum, El Foro Romano. Fuente: Plurigraf, Narni-Termi.**



## ROMANUS

Contribución de:  
**Salvador Ortuño Arzate**  
Colaborador de la Revista

## Glosario de términos geológicos

Compilado por:

**E.P Saul Humberto Ricardez Medina**

Colaborador de la Revista

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

**Falla:** Es una fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual se mueven bloques rocosos que son separados por ella.

**Falla normal:** Son aquellas que se originan por fuerzas extensionales, haciendo que la corteza se estire y que un bloque se deslice hacia abajo con respecto de otro a través de un plano de falla.

**Falla inversa:** Son aquellas que se originan por esfuerzos compresivos que actúan sobre la corteza terrestre, haciendo que la corteza se comprima y se fracture de tal manera que un bloque se deslice hacia arriba con respecto de otro por un plano de falla.

**Fallas de desgarre:** Son aquellas que se originan por esfuerzos compresivos oblicuos que ocurren en la corteza terrestre y hacen que los bloques de rocas se desplacen lateralmente a lo largo de un plano de falla.

**Horts:** Nombre que recibe el bloque que se encuentra en una posición relativamente elevada en zonas extensionales.

**Grabens:** Nombre que recibe el bloque que se encuentra en una posición relativamente hundida en zonas extensionales.

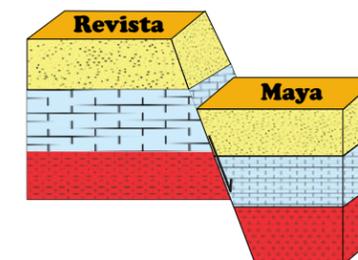
**Diaclasa:** Son fracturas en las rocas que presentan una mínima separación transversal, sin evidenciar algún deslizamiento.

**Fractura:** Es una grieta o superficie de rotura producida en la roca, la cual no muestra ningún deslizamiento o movimiento.

**Dirección de la falla:** Ángulo que forma con el norte geográfico la línea que resulta de la intersección de un plano imaginario horizontal con el plano de falla.

**Buzamiento de la falla:** Ángulo que forma el plano de falla con el plano horizontal imaginario medido en la línea de máxima pendiente.

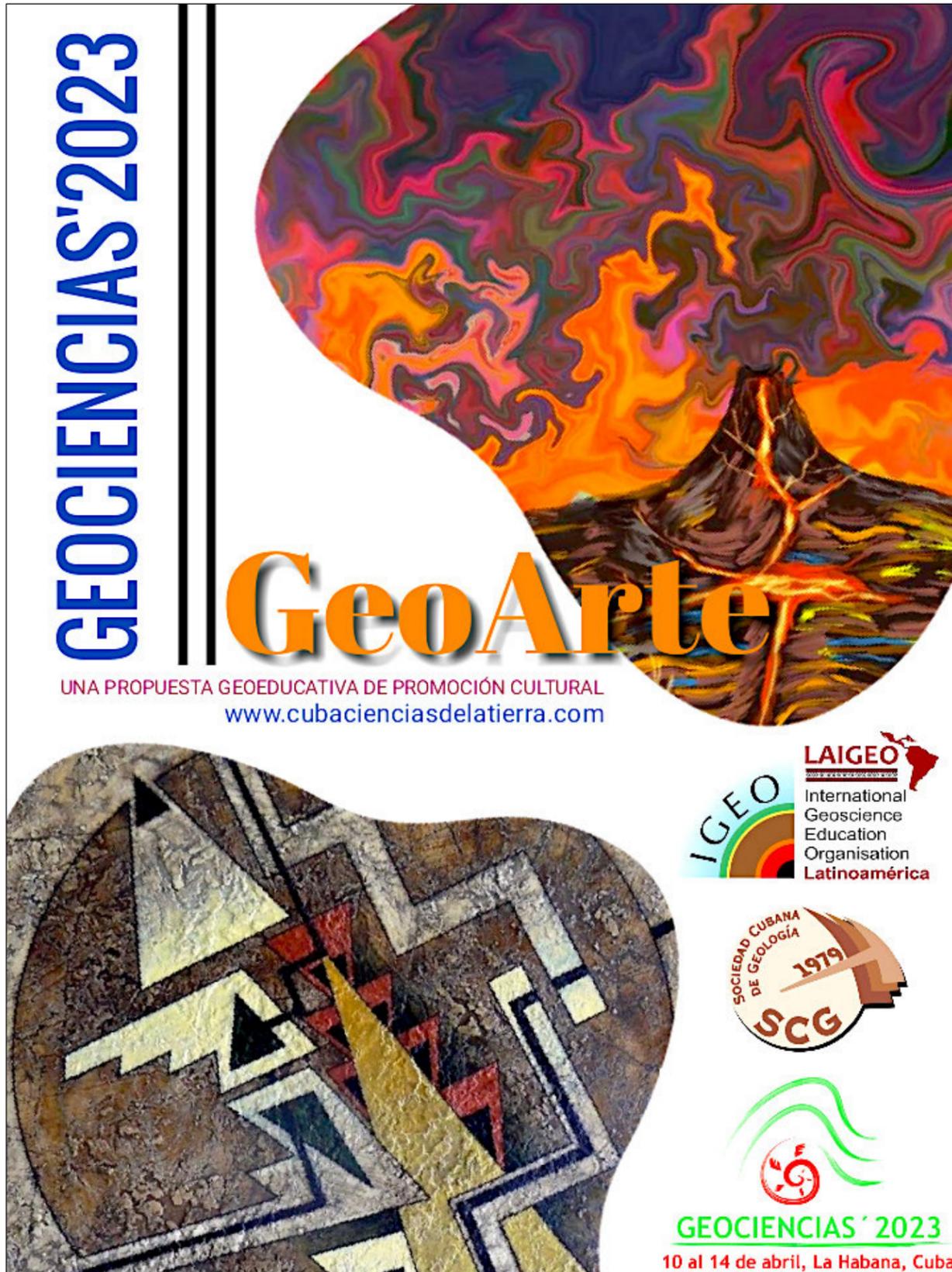
Fuente: Hernández, T. (2019) "Geología Estructural", Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura ESIA Ticoman Unidad Ciencias de la Tierra. Ciudad de México. agosto 20, 2019 [apuntes de clase].



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

## VII Congreso Colombiano de Hidrología

<https://www.asociacioncolombianadehidrogeologos.org/>



**GEOCIENCIAS'2023**

**GeoArte**

UNA PROPUESTA GEOEDUCATIVA DE PROMOCIÓN CULTURAL  
[www.cubacienciasdelatierra.com](http://www.cubacienciasdelatierra.com)

**LAIGEO**  
International  
Geoscience  
Education  
Organisation  
Latinoamérica

**IGEO**

**SOCIEDAD CUBANA  
DE GEOLOGÍA**  
1979  
**SCG**

**GEOCIENCIAS' 2023**  
10 al 14 de abril, La Habana, Cuba

### La Asociación Colombiana de Hidrogeólogos (ACH)

Organismo sin ánimo de lucro, académico, científico, consultivo y de divulgación que agrupa a los profesionales de la hidrogeología en Colombia.

[Ver temas](#)

### La Asociación Colombiana de Hidrogeólogos (ACH)

Organismo sin ánimo de lucro, académico, científico, consultivo y de divulgación que agrupa a los profesionales de la hidrogeología en Colombia.

[Ver temas](#)

## 17 International Conference on Geosciences and Petroleum Engineering

<https://waset.org/geosciences-and-petroleum-engineering-conference-in-september-2023-in-vancouver>



## Reunion Anual 2022 - Unión Geofísica Mexicana

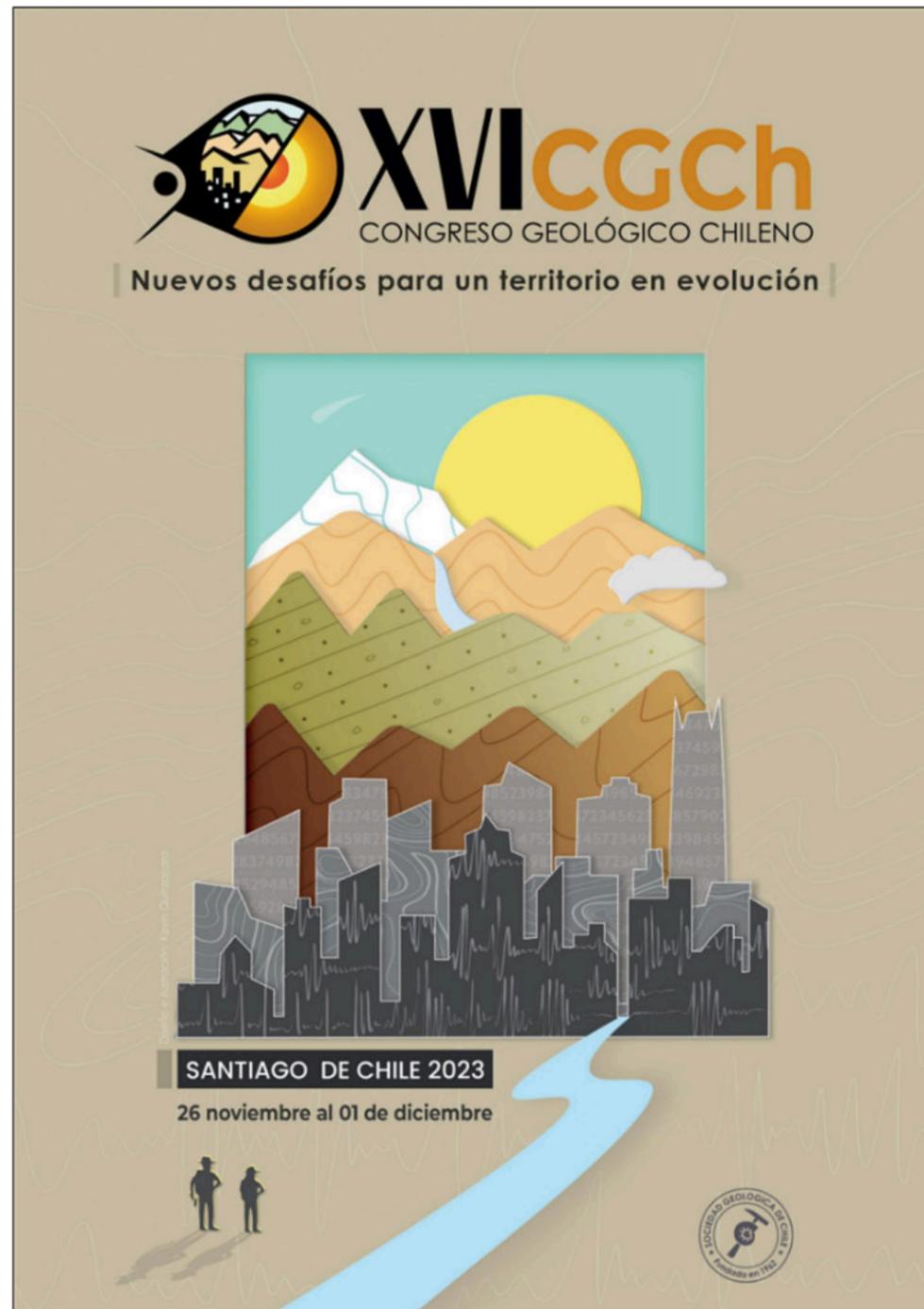
<https://raugm.org.mx/>



**RAUGM 2022**  
Resiliencia para un mundo sostenible

## XVI Congreso Geológico Chileno 2023

<https://sociedadgeologica.cl/congreso-geologico-chileno-2023/#:~:text=El%20XVI%20Congreso%20Geol%C3%B3gico%20Chileno%20es%20un%20evento%20pertenciente%20a,de%20Investigaci%C3%B3n%20nacionales%20y%20extranjeros.>



## X Convención de Ciencias de la Tierra 2023

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

**X EARTH SCIENCES CONVENTION**  
Exhibition of Products, New Technologies and Services  
International Convention Center of Havana, Cuba  
April 10<sup>th</sup> - 14<sup>th</sup>, 2023

SOCIEDAD CUBANA DE GEOLOGÍA  
1979  
SCG

**GEOLOGIA ' 2023**  
XV Geology Congress

**GEOFISICA ' 2023**  
XII Geophysics Congress

**MINERIA ' 2023**  
X Mining Congress

**PETROGAS ' 2023**  
IX Oil And Gas Congress

**GEOINFO ' 2023**  
XVI Informatics and Geosciences Congress

The Cuban Geological Society (SCG) is pleased to invite scientists, professionals, technicians and university students of Geology, Geophysics, Mining and related Geosciences, to participate in the X Earth Sciences Convention, and Exhibition of Products, New Technologies and Services, to be held at the International Conference Center of Havana, Cuba on April 10<sup>th</sup> - 14<sup>th</sup>, 2023.

The convention welcomes presentations about Cuba, the Caribbean and other regions or in general about the geology, geophysics and mining experiences in the search and management of natural resources, including minerals (metals, industrial), water, oil and gas, construction, earthquake research and other geohazards, education of geosciences; as well as any other related to the sustainable exploitation of natural resources.

We invite professional societies, institutions and non-government organizations to organize workshops, round tables and meetings during the Convention.

*Kenya E. Núñez Cambra*  
MSc. Kenya E. Núñez Cambra  
President of the Cuban Geological Society

**"Geosciences at services of Society and Development"**

[www.scg.cu](http://www.scg.cu)  
[www.cubacienciasdelatierra.com](http://www.cubacienciasdelatierra.com)  
[geociencias.cuba.scg@gmail.com](mailto:geociencias.cuba.scg@gmail.com)  
[geociencias@mhnc.inf.cu](mailto:geociencias@mhnc.inf.cu)  
[geociencias@igp.minem.cu](mailto:geociencias@igp.minem.cu)

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

DR. JORDI TRITLLA CAMBRA

**Para imágenes:**

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

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

Darktable: [www.darktable.org](http://www.darktable.org)

**Para Petrología Ignea:**

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

**Para imágenes científicas:**

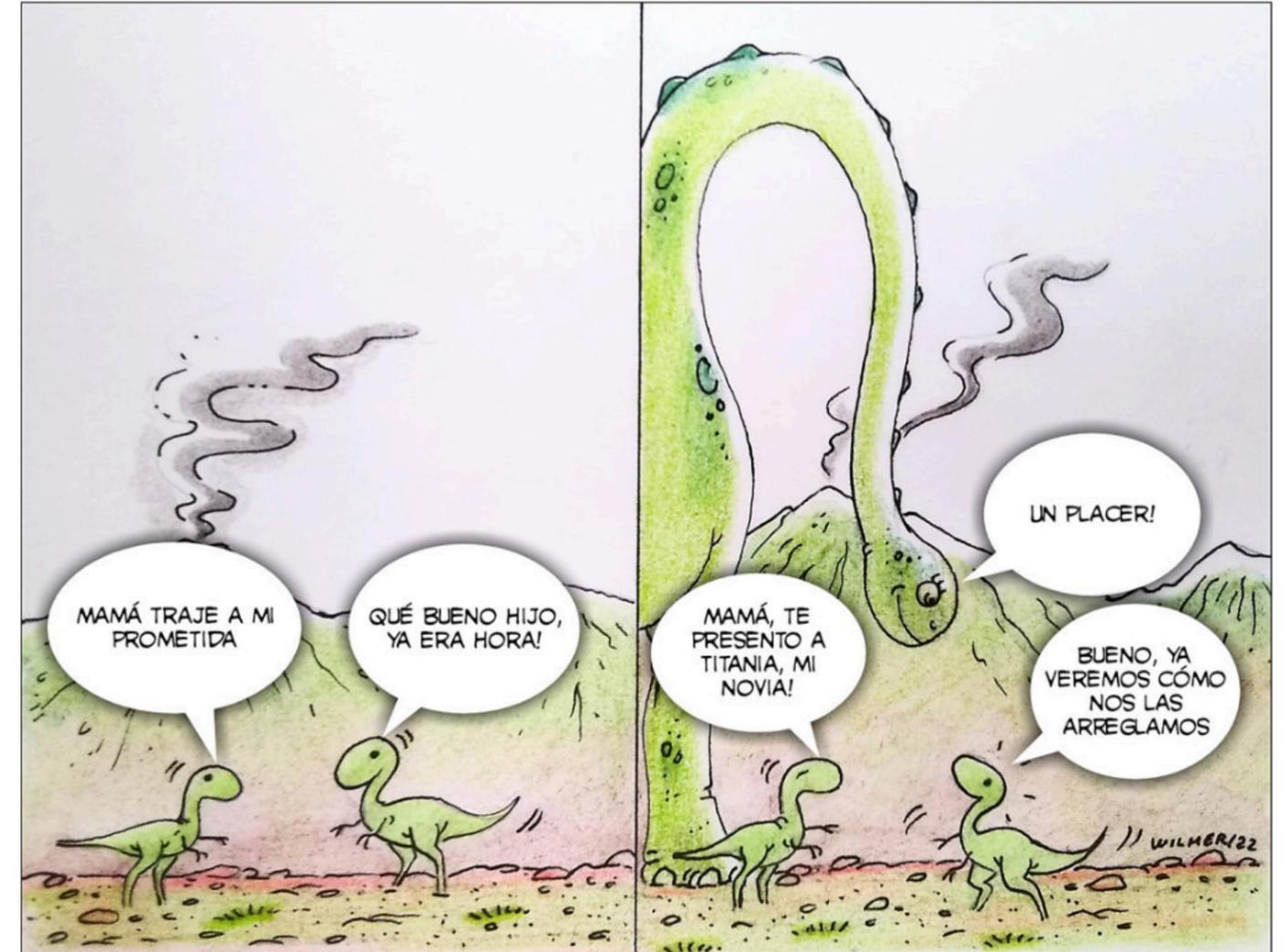
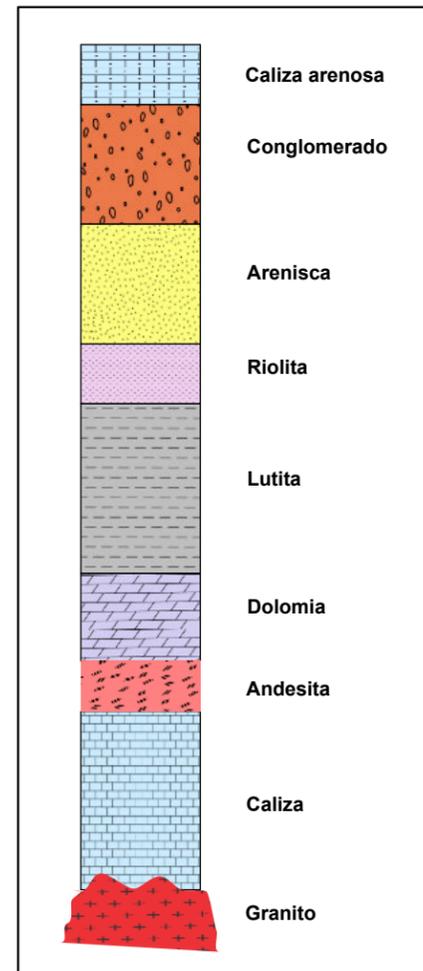
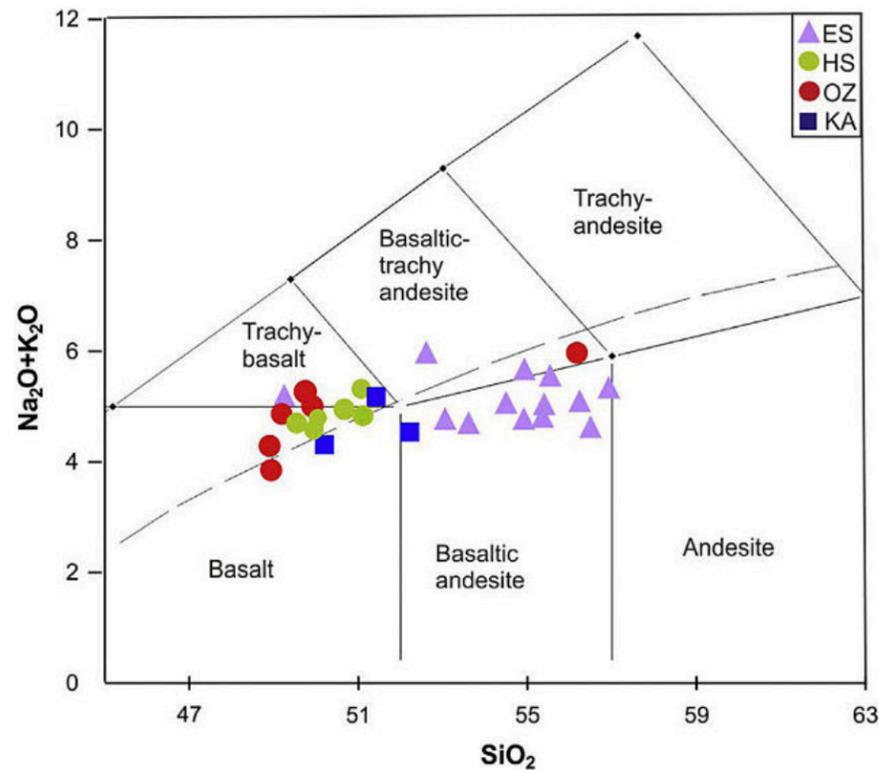
Fiji: <https://imagej.net/software/fiji/>

**Para Gráficos científicos:**

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

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

**EJEMPLOS DE ILUSTRACIONES**



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.

## Cal Orko, Bolivia

### Footprints on the wall

Cal Orcko is a site located in the south central Bolivian department of Chuquisaca, close to Sucre, the country's constitutional capital. The site is home to the Parque Cretácico (meaning 'Cretaceous Park'), which is renowned for having a wall said to contain the largest concentration of dinosaur footprints in the world. Finding one dinosaur footprint millions of years old is pretty thrilling - but to find 1000s in one place? It has been described by archaeologists as a 'dinosaur dancefloor', as layers of footprints create a cross-hatched pattern of trails. Through these footprints, palaeontologists were able to identify some of the various types of dinosaur that once roamed the area, feeding, fighting and fleeing in an ultimately ill-fated competition for survival.

<https://www.geologyin.com/2015/01/the-dinosaur-dance-floor-in-bolivia.html>

<https://www.gadventures.com/blog/cal-orcko-dinosaur-wall-bolivia/>

<https://www.theguardian.com/travel/2011/jul/15/dinosaur-tracking-bolivia-cal-orcko>

<https://www.theguardian.com/travel/2011/jul/15/dinosaur-tracking-bolivia-cal-orcko>

<https://twistedstifter.com/2013/10/cal-orcko-wall-in-bolivia-covered-in-dinosaur-tracks/>

<https://www.youtube.com/watch?v=UsmLbYwKZp0>

Compilado por Nimio Tristán,  
Geólogo,  
Houston, Texas



## Curiosidades de ciencias y cultura...

### El reto del caballo de ajedrez

Entre los amantes del Ajedrez es todo un reto recorrer con el caballo las 64 casillas del tablero sin repetir alguna, esto ha inspirado a muchos matemáticos. El reto consiste en recorrer las 64 casillas del tablero con un caballo, en 64 movimientos y sin pasar dos veces por la misma casilla. Hay dos opciones:

- Empezar y terminar en la misma casilla (circuito cerrado). Más complicado.
- Empezar en una casilla y terminar en otra (circuito abierto). Más "sencillo"

En el devenir de los siglos, matemáticos de todo el mundo se han interesado por este enigma. Una de las primeras soluciones conocidas data del siglo IX. En efecto, en un manuscrito del árabe Abu Zakariya Yahya ben Ibrahim al-Hakim se encuentran documentados dos recorridos válidos. Uno de ellos pertenece a un jugador de ajedrez llamado Ali C. Mani y el otro a Al-Adli ar-Rumi, un aficionado del que se sabe también escribió un libro sobre una forma de ajedrez popular por esa época llamado "Shatranj".

Hacia mediados del siglo XVIII entre los círculos matemáticos europeos, este enigma tuvo un gran auge, principalmente por el enorme número de soluciones posibles. El trabajo más importante en relación a este problema se atribuye al genial Leonhard Euler, que destacó por sus ingeniosas y fantásticas soluciones. Una de las soluciones que dio este genio matemático asombró por su belleza. Euler construyó un "cuadrado mágico" donde las filas y las columnas sumaban 260. El caballo se desplaza desde la casilla 1 hasta la 64 en orden numérico. El desarrollo de la marcha del caballo es bastante complicado, como para incluso que no se pueda tocar una casilla 2 veces. Encontrar una solución simplemente moviendo el caballo "al tanteo" es imposible. Pocos han sido capaces de encontrar un método que facilitase el proceso.

Siempre ayuda dividir un problema en pequeñas partes. Una buena estrategia inicial sería dividir el tablero en pequeñas porciones. Hay que tener claro que recorridos son posibles y enlazarlos hasta completar el tablero. No existe consenso acerca del número total de soluciones posibles. Pero, gracias a la ayuda de los ordenadores, en 1995 Löbbing y Wegener pusieron a trabajar a 20 ordenadores para calcular posibles variantes para el paseo del caballo sin repetir ninguna casilla y obtuvieron una cifra de 33, 439, 123, 484, 294. ¡Más de 33 billones de soluciones posibles! ¿Cuántos siglos harían falta para probarlas todas?

Dos años más tarde, en 1997, Brendan McKay encaró el problema del caballo dividiendo el tablero en dos mitades y llegó a un resultado algo menor: "sólo" existirían 13, 267, 364, 410, 532 recorridos posibles. Para tener una idea de lo que significan estos números, basta saber que, si un robot fuese capaz de mover el caballo para que complete un recorrido por segundo, demoraría más de 420 años en probarlos a todos.

¿Qué utilidad tiene para un jugador de ajedrez conocer estos recorridos? Muy poca. Pero esta clase de desafíos han impulsado a muchos aficionados o matemáticos a encarar problemas que finalmente suelen tener alguna aplicación práctica a la hora de encontrar rutas óptimas que pasen por un determinado número de lugares o que permitan -por ejemplo- ahorrar tiempo o combustible. Como sea, el Problema del caballo ha logrado mantener interesados a los matemáticos durante siglos, y todo parece indicar que lo seguirá haciendo durante mucho tiempo.



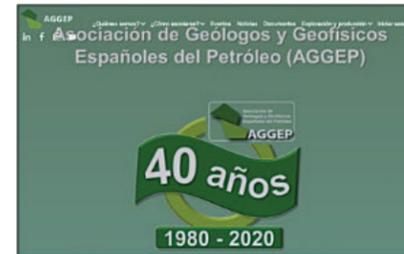
COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

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

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

Asociación de Geólogos y Geofísicos  
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de  
Geología

<http://sodogeo.org/>



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

Universidad Tecnológica  
del Cibao Oriental,  
República Dominicana

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



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

¿QUIERES COLABORAR CON NOSOTROS?

ENVÍANOS UN CORREO A:

[luis.valencia.11@outlook.com](mailto:luis.valencia.11@outlook.com); [bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu](mailto:bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu)