

**OCTUBRE  
2021**



# **MAYA**

**REVISTA DE GEOCIENCIAS**

**PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS  
FUNDADORES DE LA GEOLOGÍA MODERNA  
PIONEROS DE LA PALEONTOLOGÍA  
NOTAS GEOLÓGICAS**

OCTUBRE  
2021



# MAYA

## REVISTA DE GEOCIENCIAS

**Revista Maya:** Revista Geociencias que 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 es incentivar a profesionales, académicos, e investigadores, a participar activamente en beneficio de nuestra comunidad joven de geociencias.

La Revista tendrá una distribución 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 revista de geociencias 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:** Badlands National Park in South Dakota.  
Fotografía de Claudio Bartolini.

**Revista Maya:** Revista de Geociencias was originally created with the aim of supporting students and young professionals in the earth sciences, as well as the geoscience communities of the Americas.

The fundamental conception was a magazine that would cover a wide range of earth science themes with a general focus on the western hemisphere for an audience with varied experience in geology and related disciplines. The Magazine is independent and not associated with any geological society or investigative institution, although informal connections have been established with geoscientific associations around the world.

The Revista is prepared by four editors and six collaborators, all volunteers, who are responsible for the compilation, organization and presentation design of the information. It is published monthly with contributions in either Spanish and English.

The Revista is distributed by electronic mail, LinkedIn and Facebook, and plans exist for a webpage where the geoscience community can download the Revista in the future.

The Revista includes, among other topics, a section entitled "Geological Notes" wherein manuscripts sent by geoscientists from different parts of the world are published.

With this issue, eight numbers of the Magazine have been distributed and it has achieved wide acceptance by our readers, with a flow of contributions for future issues. Contributions and commentary for the editors are always welcome.

# 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 especialidad es la tectónica, así como sus causas y consecuencias. Actualmente, se encuentra terminando su tesis de doctorado relacionada a la evolución tectónica de Nicaragua (Centroamérica) e imparte clases en la Facultad

de Ingeniería de la UNAM como profesor de la asignatura de Tectónica. Bernardo publicó recientemente parte de su trabajo de disertación en la revista *Tectonics*, y un segundo manuscrito ha sido aceptado para su publicación en *Tectonophysics*.

[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.

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

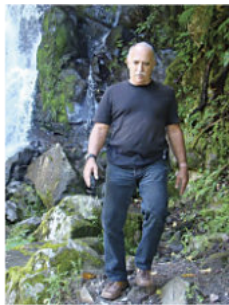
# COLABORADORES



**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),

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)



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

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

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



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

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

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



**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

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)



**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)

El nuevo diseño de la Revista Maya de Geociencias fue realizado por Manuel Arribas, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español. <https://manuelarribas.es/>

## Instrucciones básicas para los autores

**Apreciables autores, al someter su material para la publicación en la Revista Maya de Geociencias, por favor mantener los siguientes lineamientos editoriales de su manuscrito al momento de enviarlo al equipo editorial y colaboradores:**

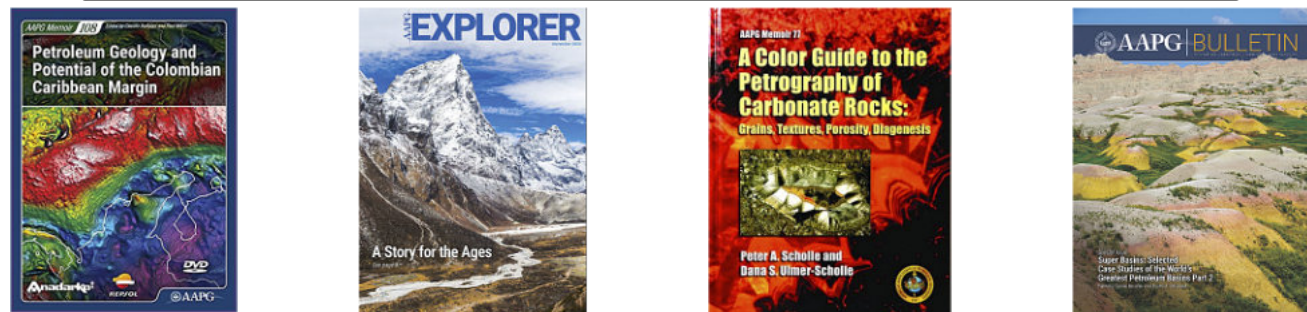
**Semblanzas: 3 páginas máximo.**

**Notas sobre pioneros de las geociencias: 4 páginas máximo.**

**Los "temas de interés para la comunidad": 4 páginas máximo.**

**Notas geológicas: 10 páginas máximo.**

# Lazos de colaboración y amistad con la AAPG



## Posiciones académicas y laborales

### Three Ph.D. positions at Missouri S&T focusing on paleolimnology, sedimentology, stratigraphy, and basin analysis

I am seeking three Ph.D. students to join my research group in support of two research projects funded by the National Science Foundation (NSF). The Ph.D. students will work within the framework of two NSF projects focusing on: 1) reconstructing the paleoseismic record along the North American and Caribbean plate boundary; and 2) reconstruct the basin filling history of the largest pull-apart basin along the plate boundary. The successful applicants will participate in data acquisition in six lakes in Guatemala (including seismic data, sediment coring, outcrop observations) and conduct paleolimnological, sedimentological, geophysical, and stratigraphic analyses at Missouri University of Science and Technology (Missouri S&T).

Positions: Two Ph.D. students will be considered for Graduate Research Assistantships and one Ph.D. student will be considered for a Graduate Teaching Assistantship and will aid in teaching Sedimentology, Stratigraphy, and Basin Analysis. The three positions are fully funded for 36-48 months, including tuition and fees, international travel, and support to travel to conferences to present research results.

To be considered for the positions, please contact **Dr. Jonathan Obrist-Farner** and submit a CV and 1-pg cover letter outlining your background, your interest in the positions, and how this opportunity will help you realize your future goals. Please send all information to [obristj@mst.edu](mailto:obristj@mst.edu). Review of applications will begin November 1, 2021 and continue until the positions are filled. Successful candidates are expected to start in the Spring or Summer of 2022.

**Jonathan Obrist-Farner**  
Assistant Professor  
Geosciences and Geological and Petroleum Engineering Department  
Missouri University of Science and Technology

<https://ggpe.mst.edu/>

# CONTENIDO

OCTUBRE  
2021

Semblanzas.....	<a href="#">9</a>
Pioneros de las Geociencias.....	<a href="#">16</a>
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	<a href="#">21</a>
Los libros recomendados.....	<a href="#">28</a>
Temas de interés.....	<a href="#">31</a>
Centros de Tecnología.....	<a href="#">40</a>
Perfil profesional.....	<a href="#">44</a>
Mujeres en las geociencias.....	<a href="#">46</a>
Fundadores de la geología moderna.....	<a href="#">54</a>
Pioneros de la paleontología.....	<a href="#">62</a>
Plate tectonics contributors.....	<a href="#">64</a>
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	<a href="#">67</a>
Notas geológicas.....	<a href="#">71</a>
Admirador del paisaje geológico.....	<a href="#">91</a>
<b>Misceláneos</b>	
Museos de historia natural.....	<a href="#">93</a>
Open source scientific software.....	<a href="#">94</a>
Glosario de términos geológicos.....	<a href="#">95</a>
Vínculos de sitios de utilidad.....	<a href="#">96</a>
La casa de los glaciares.....	<a href="#">97</a>
Asociaciones geológicas hermanas.....	<a href="#">98</a>
Eventos geológicos mayores.....	<a href="#">99</a>
Características y análisis de las arcillas.....	<a href="#">100</a>
Institutos internacionales del petróleo.....	<a href="#">101</a>
Congresos internacionales de geología.....	<a href="#">102</a>

# SEMBLANZAS

## Rodolfo Corona Esquivel

El Dr. **Rodolfo Corona Esquivel** nació el 19 de mayo de 1950 en la Ciudad de México. Habiendo egresado en agosto de 1973, en 1975 se recibió como Ingeniero Geólogo en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. En 1985, obtuvo el título de Maestro en Ciencias en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y en el año 2000 recibió el grado de Doctor en Ciencias en la misma facultad.

Inició su experiencia profesional en 1973 en el entonces Consejo de Recursos Naturales No Renovables, actual Servicio Geológico Mexicano, en donde participó como colaborador en diversos proyectos de exploración en los estados de Baja California Sur, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Guerrero, Morelos y Querétaro. En julio de 1979, trabajó en la Compañía Minera Carbonífera Río Escondido, donde realizó la interpretación geológica de los mantos de carbón y la supervisión de la labor de exploración mediante sondeos del área Mina II. En octubre de 1979, prestó sus servicios en Uranio Mexicano (URAMEX), estando a cargo de la interpretación geológica y la cuantificación de reservas, así como de la supervisión de proyectos de exploración por uranio en la República Mexicana. En 1981, se incorporó a la compañía Exploración y Desarrollo de Recursos (EXPLODER, S.A.), donde efectuó trabajos geológicos de gabinete y de verificación de campo para Petróleos Mexicanos. Finalmente, desde 1983 a la fecha se halla laborando en el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

### *Investigación científica*

El Dr. Corona dio inicio a su extensa labor académica en el citado Instituto de Geología de la UNAM, laborando como Técnico Académico a contrato, donde desarrolló proyectos de investigación en colaboración con el Dr. Fernando Ortega Gutiérrez. Posteriormente, ya como Investigador de base, ha participado en proyectos científicos en las áreas de Geología Regional, Mineralogía, Estratigrafía, Paleontología, Yacimientos Minerales, Geoquímica, Geocronología, Tectónica y Riesgos Geológicos, entre otras.

Durante los últimos años, ha trabajado con distintos grupos de investigación en las áreas de Metalogenia y Geología Económica, principalmente, además de efectuar estudios sobre Estratigrafía, Paleontología, Evolución Tectónica de México y Riesgos Geológicos. Sus principales campos de interés han sido: Estratigrafía, Geología

[rcorona@gmail.com](mailto:rcorona@gmail.com) [www.rodolfocorona.com](http://www.rodolfocorona.com)



Regional y Metalogenia, con énfasis en estudios geológicos y geoquímicos encaminados a conocer el origen de los yacimientos minerales, en particular los de hierro. Asimismo, ha fungido como Vice-presidente Educativo (1995-1999; 2009-2010; 2014-2016) y como miembro del Consejo Directivo Nacional de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. (AIMMGM).

### *Editor de publicaciones de congresos*

**Corona-Esquivel, Rodolfo,** y Gómez-Godoy, Jorge, editores, 2001, Acta de Sesiones: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Internacional de Minería, XXIV, Acapulco, Gro., México, 17-20 oct. 2001, 404 p., ISBN 968-7726-01-6.

**Corona-Esquivel, Rodolfo,** y Gómez-Caballero, J.A., editores, 2005, Acta de Sesiones: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Internacional de Minería, XXVI, Veracruz, Ver., México, 12-15 oct. 2005, 484 p., ISBN 968-7726-02-4.

**Corona-Esquivel, Rodolfo,** y Gómez-Caballero, J.A., editores, 2011, Acta de Sesiones: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Internacional de Minería, XXIX, Acapulco, Gro., México, 26-29 oct. 2011, 797 p., ISBN 978-607-95292-2-2.

**Corona-Esquivel, Rodolfo,** editor, 2013, Acta de Sesiones: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Convención

Internacional de Minería, XXX, Acapulco, Gro., México, 16-19 oct. 2013, 997 p., ISBN 978-607-95292-6-0.

**II. Colegio de Ingenieros de Minas**

- Vicepresidente Educativo 2007-2008.

**III. Sociedad Mexicana de Mineralogía**

- Socio Fundador, 1984.

**Labor museográfica, exposiciones y comisiones académicas más importantes**

1. Jefe del Museo de Geología, UNAM (1986 – 1998).

2. Participación dentro del grupo de asesores científicos para la elaboración del guion museográfico y la creación de la Sala del Sistema Tierra, que se ubica en el sótano del propio Museo del Instituto de Geología, que fue inaugurada en 1997. De 1995 a 1997.

3. Participación en conferencias en congresos nacionales e internacionales, así como en la organización de eventos académicos de divulgación de la ciencia, entre ellos más de 111 conferencias, 69 películas científicas y 29 cursos y talleres en el Museo de Geología, UNAM, de junio de 1986 a septiembre de 1998.

4. Participación como miembro del Consejo para la celebración del convenio de contribución entre la Dirección General de Divulgación de la Ciencia UNAM y la Cámara Minera de México, para la realización de la exposición itinerante denominada “La Riqueza Minera de México”, de octubre de 1998 a diciembre de 1999.

**Arbitraje de publicaciones y evaluación de proyectos, tales como:**

- Influencia del basamento en la metalogénesis del cinturón de pórfidos cupríferos del noroeste de México. Presentado por el Dr. Martín Andrés Valencia Moreno y el Dr. Thierry Calmus ante el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, DGAPA-UNAM, 2003.

- Peligros geológicos asociados a deslizamientos, hundimientos y agrietamientos del terreno en localidades del centro y norte del estado de Veracruz: análisis, evaluación e integración en un sistema de información geográfica. Presentado por el Dr. Sergio Rodríguez Elizarrarás. Convocatoria de Veracruz 2008-02 del Fondo FOMIX Veracruz.

- Representante de los investigadores del Departamento

de Geoquímica ante el Consejo Interno del Instituto de Geología, UNAM, de septiembre de 1993 a noviembre de 1997.

- Miembro del Comité de la Biblioteca del Instituto de Geología, UNAM, de enero de 1992 a septiembre de 1998.

- Comisionado por el Director del Instituto de Geología, UNAM, Dr. José Guerrero, el día 24 de abril de 1985 para atender la solicitud del Fideicomiso S.P.A., relacionados con los derrumbes ocurridos en el extremo sur del Lago de Tequesquitengo, Morelos.

- Comisionado para dar asesoría en la construcción del Museo del Desierto Chihuahuense en la ciudad de Delicias, Chihuahua, en atención a la solicitud del antropólogo Jorge Carrera Robles, Director del Instituto Chihuahuense de la Cultura. Febrero de 2007.

- Comisionado por la Dirección del Instituto de Geología, UNAM, para estudiar los efectos causados por el terremoto ocurrido el 20 de marzo de 2012, en el área de Ometepec, Guerrero – Pinotepa Nacional, Oaxaca.

**Distinciones**

- Sistema Nacional de Investigadores (SNI-CONACyT). Investigador Nacional Nivel 1, durante el período del 1 de julio de 2001 al 30 de junio de 2004 y del 1 de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2008.
- Universidad Nacional Autónoma de México. Nivel “C” en el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico (PRIDE), durante los períodos julio 2002 – junio 2005, julio 2005 – junio 2008, y julio 2008 – junio 2011.

**Referencias en línea**

**Corona-Esquivel, R.J.J.**, 1981, Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, noreste del estado de Guerrero: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 5, núm. 1, p. 17-24.

**Corona-Esquivel, Rodolfo**, 1994, Vidrios y cristales en la naturaleza, in Serra-Puche, M.C., y Solís-Olguín, Felipe, eds., Cristales y obsidiana prehispánicos: Ciudad de México, Siglo XXI Editores, S.A. de C.V., ISBN 968-23-1947-1. p. 13-17.

**Corona-Esquivel Rodolfo**, y Benavides-Muñoz, María Elena, 2012, Principales efectos causados por el sismo del 20 marzo de 2012 en la costa de los estados de Guerrero y Oaxaca, México, reporte de investigación: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.

**Corona-Esquivel, Rodolfo**; Tapia-Zúñiga, Cosme; Henríquez, Fernando; Tritlla, Jordi; Morales-Isunza, A.; Levresse, Gilles; y Pérez-Flores, Eduardo, 2009, Geología y mineralización del yacimiento de hierro Cerro de Mercado, Durango, in Clark,

Kenneth; Salas-Piza, G.A.; y Cubillas-Estrada, Rodolfo, eds., Geología Económica de México, segunda edición: Ciudad de México, Servicio Geológico Mexicano, p. 529-535, ISBN 978-607-95292-1-5.

**Corona-Esquivel, Rodolfo**, y Henríquez, Fernando, 2004, Modelo magmático del yacimiento de hierro Peña Colorada, Colima, y su relación con la exploración de otros yacimientos de hierro en México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 113, 97 p., 10 tablas, 2 láms.

**Corona-Esquivel, R.**; Martínez-Hernández, E.; Henríquez, F.; Nyström, J.O.; y Tritlla, J., 2010, Palynologic evidence for iron-oxide ash fall at La Perla, an Oligocene Kiruna-type iron ore deposit in northern Mexico: GFF (Stockholm), vol. 132 (pt. 3–4, September–December), p. 173–181. ISSN 1103-5897.

**Corona-Esquivel, Rodolfo**; Martínez-Hernández, Enrique; Word, William; Tritlla, Jordi; y Benavides-Muñoz, M.E., 2007, Yacimiento de lignito de Yallourn, Victoria, Australia: Marco geológico y características generales: Universidad Autónoma de Coahuila, Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos, 1er. Congreso Internacional de Recursos Minerales y Energéticos, Nueva Rosita, Coah., Marzo 12-16, p. 29-42.



Instituto Max-Planck, Heidelberg, Alemania, con los profesores Wagner y Glasmacher.

**Corona-Esquivel, Rodolfo**; Ortega-Gutiérrez, Fernando; Martínez-Reyes, Juventino; y Centeno-García, Elena, 1988, Evidencias de levantamiento tectónico asociado con el sismo del 19 de septiembre de 1985, en la región de Caleta de Campos, estado de Michoacán: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 7, núm. 1, p. 106-111.

**Corona-Esquivel, R.**; Tritlla, J.; Benavides-Muñoz, M.E.; Piedad-Sánchez, Noé; y Ferrusquía-Villafranca, I., 2006, Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México: Sociedad Geológica Mexicana, tomo LVIII, núm. 1, p. 141-160.

Henríquez, F., y **Corona Esquivel, R.**, 2000, Yacimientos de hierro tipo Kiruna en México y comparación con yacimientos chilenos. Congreso Geológico Chileno, IX, Puerto Varas, Actas, vol. 2, p. 118-122.

Westermann, G.E.G.; **Corona, Rodolfo**; y Carrasco, Raúl, 1984, The Andean mid-Jurassic *Neuquenicer* ammonite assemblage of Cualeac, Mexico, in Westermann, G.E.G., ed., Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America: Geological Association of Canada, Special Paper 27, p. 99-112.



En el Museo de Geología con el Dr. Narro, Rector de la UNAM.



Trabajo de campo en colaboración con geólogos de Petróleos Mexicanos en Coahuila.



Trabajo en mina de Zacatecas con geólogos españoles.

# Leslie Molerio León

**Leslie Molerio León**, graduado como **geólogo** de Yacimientos Minerales e Hidrogeólogo nació en Marianao, La Habana, Cuba, el 24 de noviembre de 1947.

Graduado como Geólogo de Yacimientos Minerales en el Instituto "Vitalio Acuña, relizó estudios de pre y posgrado de geología y geografía en la Universidad de La Habana y también en las universidades Técnicas de La Habana (Cuba) y Graz (Austria), de Moscú (Rusia), Carolingia de Praga (actual República Checa), de Huelva y del País Vasco (España), de Buenos Aires (Argentina) y el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México. el Instituto de Hidrología de Múnich (Alemania), el Servicio Geológico Británico, el Instituto Superior de Técnicas de Avanzada (Cuba) y Diplomados y Maestría en Hidrología Isotópica por el Organismo Internacional de Energía Atómica (Viena, Austria), Instituto de Hidrología (Múnich, Alemania). Es Auditor Ambiental por el Instituto de Normalización de la República de Cuba.

Aunque comenzó muy joven las exploraciones espeleológicas como miembro de una Tropa de Boy Scouts, su vínculo formal con las geociencias comenzó a principios de los años 60 como miembro de varios grupos espeleológicos. Entre 2000 y 2004 fue Vicepresidente Primero de la Sociedad Espeleológica de Cuba,

Comenzó su vida profesional en 1969 en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, entidad donde laboró durante 30 años y en la cual pasó sucesivamente de Auxiliar de Geólogo a Jefe del Servicio Hidrogeológico Nacional y Director del Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas. En 1998 se trasladó al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, a cargo del Grupo de Aguas Terrestres del Instituto de Geofísica y Astronomía donde, por un tiempo, simultaneó su trabajo con los servicios de consultoría ambiental en la empresa cubano-española CESIGMA, S.A., de la que fue Especialista Principal y su representante en Panamá durante algunos años. En el 2009 pasó a prestar servicios en la consultora cubana INVERSIONES GAMMA, donde dirigió la División de Ingeniería Ambiental y Recursos Hídricos y estuvo a cargo de la Oficina de GAMMA en Ecuador. Actualmente presta sus servicios en la División Ambiental, como Especialista Principal en Proyectos e Ingeniería.

Desde ese año 1969, ha diseñado, asesorado y realizado exploraciones, investigaciones y unos 480 estudios



geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, de hidrología superficial e hidrogeología, hidrobiológicos, ambientales, espeleológicos y de riesgos naturales para obras civiles, hidráulicas, hidrotécnicas, hidroenergéticas, riego y drenaje, de energía eólica, minería polimetálica, gasopetrolíferos e ingeniería costera en 48 países de África, América, Asia, Europa y Oceanía (Angola, Antigua & Barbuda, Alemania, Argentina, Austria, Bahamas, Brasil, Bolivia, Bulgaria, Cambodia, Colombia, Costa Rica, Cuba, antigua Checoslovaquia, Chile, Ecuador, El Salvador, Filipinas, Granada, Guatemala, Guinea Ecuatorial, Haití, Honduras, Islas Caimán, Jamaica, México, Nicaragua, Papua-Nueva Guinea, Panamá, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Turcas y Caicos, la antigua Unión Soviética, Uruguay, Venezuela y las OCT holandesas y británicas del Caribe - Anguilla, Aruba, Bonaire, Cayman, Curazao, Montserrat, Saba, Sint Eustatius, Sint Maarten, Turk y Caicos e Islas Vírgenes-).

Su bibliografía inédita comprende unos 440 estudios y reportes y hasta la fecha ha publicado 330 artículos científicos en revistas especializadas. Se ha desempeñado o se desempeña actualmente como revisor o miembro de los consejos editoriales de las revistas especializadas: *Hydrogeology Journal*, de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, *Voluntad Hidráulica*, del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, *Discover Water*, de la Editorial

Springer, de la *Revista de Ciencias de Atenas* (Grecia), de *Geoinformativa*, del Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba, del Consejo Asesor de *Juventud Técnica* y de la revista *Medio Ambiente y Desarrollo*, de la Agencia de Medio Ambiente de Cuba. Autor o coautor de 18 libros, folletos y capítulos de libros también ha compartido la autoría de los tres tomos del Capítulo de Aguas Subterráneas de la Enciclopedia de la UNESCO para los Sistemas Soporte de la Vida (EOLSS) y también como Editor del Tópico Geología y Agua de la Enciclopedia de la Tierra de la Universidad de Boston, EE.UU. Ha sido Revisor y Autor Contribuyente del Informe sobre el Estado Mundial del Medio Ambiente GEO-5 (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA). Como ponente ha participado en unos 140 simposios y congresos científicos nacionales e internacionales.

Ha impartido docencia de pre, posgrado y dictado conferencias en las Universidades Nacional Autónoma de México, Sofía (Bulgaria), Moscú (Rusia), Carolingia de Praga (República Checa), Técnica de Graz (Austria), de Viena (Austria), Nacional de La Plata (Argentina), de La Habana (Cuba), de Pinar del Río (Cuba), de Santa María La Antigua (Panamá), Nacional (Panamá), Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (Cuba), Instituto Superior Pedagógico Villena (Cuba), Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear (Cuba) y en centros de investigación especializada de numerosos países así como en programas televisivos –como el sistema Universidad para Todos- y radiales en Cuba. Fue uno de los profesores del Curso de Introducción al Medio Ambiente y Coordinador del Curso sobre El Mundo Subterráneo, del sistema de Universidad para Todos. Como parte de su labor docente ha dirigido o co-dirigido 36 tesis de grado, maestría y doctorado en universidades cubanas y ecuatorianas.

Molerio-León se ha desempeñado o es actualmente Experto, Revisor, Consultor o Investigador en proyectos de investigación o asistencia técnica patrocinados por agencias internacionales del sistema de Naciones Unidas: Programa Hidrológico Internacional (PHI) y Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP) ambos de la UNESCO, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), las Organizaciones Mundial y Panamericana de la Salud (OMS-OPS) y la Unión Internacional de Espeleología (UIS); el Banco Interamericano de Desarrollo, la consultora Groupe Conseil BAATEL, el antiguo Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME) y para diferentes ONGs como la Fundación del Hombre y la Naturaleza (Cuba), la Sociedad

Geográfica Nacional (Estados Unidos), la Fundación COSPE: Cooperación al Desarrollo de Países Emergentes (Italia) y el Premio ROLEX a la Iniciativa (Suiza).

Es miembro de 20 asociaciones científicas internacionales, entre ellas la Academia de Ciencias de Nueva York, de la que es Embajador del Bicentenario, la Unión Internacional de Espeleología, como miembro de sus comisiones de Materiales y Técnicas y de Física, Química e Hidrogeología del Karst; de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, de Hidrología Científica y la de Ingeniería de Recursos Hidráulicos, de la Comisión Internacional de Grandes Presas, Miembro Profesional de la Sociedad Geológica de Estados Unidos y de la Sociedad Espeleológica de ese país, entre otras. También pertenece a una docena de asociaciones científicas cubanas, como la Sociedad Cubana de Geología y la Sociedad Espeleológica, de la que fue su Vicepresidente Primero entre 2000 y 2004, así como a varias comisiones y comités técnicos o consejos científicos como la Comisión del Agua de la Academia de Ciencias de Cuba, del Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba y la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. También es el Presidente de Honor del Consejo Técnico Asesor de INVERSIONES GAMMA, S.A. Desde 1998 es miembro del Comité Técnico de Sherritt Internacional (Cuba) y Asesor Ambiental de esta empresa. Es Miembro de Honor de la Federación Argentina de Espeleología y del Grupo Espeleológico Borrás.

Obtuvo cinco premios científico-técnicos y de innovación-racionalización nacionales cubanos entre 1982 y 1992, algunos de las cuales han sido registrados con Derecho de Autor. En el 2002, el **Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba**, como coautor y fue nominado para el mismo premio en los años 2004 y 2005. En 2016 fue seleccionado –entre los 20000 miembros de 100 países- como **Embajador del Bicentenario** de la Academia de Ciencias de Nueva York. En 2018 obtuvo el **Premio Internacional ESPELEO 2018** (España) por **“Su trayectoria de estudios geológicos del karst”**. En 2019 los premios **“A la Obra de la Vida”** en la 5ª Edición de los Premios Científicos Internacionales en Ingeniería, Ciencia y Medicina (India) y de **Científico Destacado** en los 3º Premios Internacionales a los Mejores Científicos de 2019 (India). También en 2019 obtuvo el **Premio “Jesús Francisco de Albear y Fránquiz A la Obra de la Vida”** que otorga la Sociedad Cubana de Geología. En 2020 ha sido laureado con la **“Orden Carlos J. Finlay”**, la condecoración más alta que otorgan el Estado y Gobierno cubanos a personalidades de la ciencia.

**La Habana, Junio 30, 2021**



Con la Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, al ser condecorado con la Orden Carlos J. Finlay del Consejo de Estado y Gobierno de la República de Cuba



En la época de estudiante de Bachillerato (1965), de expedición con el grupo de Espeleología (sentado, el primero de izquierda a derecha)



1967, el segundo de derecha a izquierda, explorando la cuenca del río San Diego, con sus amigos, los hoy Arq. Emilito Sosa, Ing. Saul Cruz, Ing. Antonio García Fumero y en primera fila, de izquierda a derecha, Ing. Gabriel Barceló y Dr.C. Luis R. Díaz Cisneros.

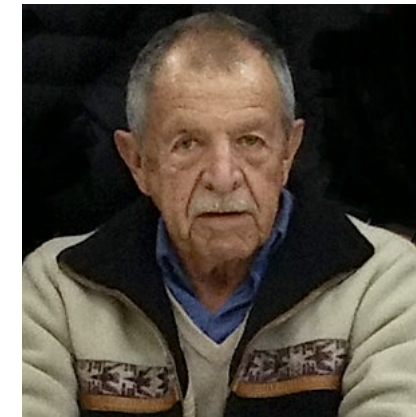


Explorando nuevamente el Trop Plein del Manantial de Mal Paso, cuya hidrogeología cársica fuera el tema de su tesis de grado en 1981.



2021, documentando formas cársicas en el litoral del norte de La Habana, Cuba

## Jorge de la Torre Robles: Obituario (1937 - 2021)



**Jorge de la Torre Robles** nació en Tulancingo, Hidalgo en 1937. Estudio la carrera de Ingeniero Geólogo en la UNAM de 1955 a 1960 y obtuvo su título profesional en 1961 e inmediatamente después viajó a realizar los estudios del doctorado en Ciencias Geológicas, con especialidad en sedimentología en la Universidad de Pittsburg, PA., USA que obtuvo en 1965.

A su regreso a México fundó la empresa GyMSA donde laboró por más de 20 años, realizando estudios geológicos regionales y de detalle para diversas empresas, entre ellas para PEMEX para la cual colaboró en la elaboración de los primeros mapas geológicos de detalle de la Península de Baja California.

Incurrió en la minería, poniendo en producción la mina Gavilanes en Durango y buscando la recuperación de valores de oro y plata en jales en Cedral, San Luis Potosí. Colaboró activamente en las investigaciones realizadas en Paraíso, Tabasco en búsqueda de incrementar la recuperación de hidrocarburos en varias regiones de Pemex hasta 2018.

Ingresó como Académico Titular de la Academia de Ingeniería el 23 de septiembre de 2004 y desde entonces fue un entusiasta participante de sus actividades, siendo secretario de la Comisión de Ingeniería de Minas y Metalurgia en el período de 2018 a 2020.

Nuestro amigo y colega se nos adelantó en el camino, el 8 de septiembre de 2021.

DESCANSE EN PAZ

Atentamente,  
Ing. Enrique Gómez de la Rosa



# PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

## Gabriel Dengo: (1922 - 1999)

**Gabriel Dengo** (1922–1999) Gabriel Dengo, acknowledged dean of Central American geologists was born March 9, 1922, in the province of Heredia, Costa Rica. Gabriel's formal education began at the University of Costa Rica, where he received a baccalaureate degree in agriculture in 1944. That year he received a scholarship from the Rockefeller Foundation to pursue graduate study in geology at the University of Wyoming, where he earned B.A. (1945) and M.A. (1946) degrees in geology. His Master's thesis was the basis for his first publication: "Geology of bentonite deposits near Casper, Natrona County, Wyoming." He enrolled at Princeton University where he was supported by a prestigious Proctor Fellowship and studied principally under Harry H. Hess, Arthur F. Buddington, and Edward Sampson. He was awarded the Ph.D. in 1949. Gabriel was a well-grounded generalist who made significant contributions in igneous and metamorphic petrology, structure and tectonics, stratigraphy, economic mineral deposits, geologic history, geophysics, and regional mapping and synthesis.

For six months in 1950, Gabriel worked full-time at Princeton as a research associate in the program. In 1950, he returned to Venezuela and served for two years as Senior Geologist in the Ministry of Mines and Hydrocarbons. From 1952 to 1955, Gabriel worked in Costa Rica as a field geologist and supervisor for the Union Oil Company of California. From 1956 to 1962, he was exploration manager in Guatemala. Gabriel returned to Guatemala in 1963 as a consultant for the Organization of American States and was assigned to the Permanent Secretariat of the Central American Economic Integration



Treaty (SIECA) as advisor on natural resources. From 1965 until October 1969, Gabriel served as chief of the Geology and Mining Division of the Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), Guatemala.

From October 1969 to April 1975, he served as General Deputy Director, and from June 1975 through April 1979, as Director. His contributions include editorial service for GSA, AAPG, the Venezuelan Association for the Advancement of Science, and ICAITI. For GSA, he served as councilor from 1970 to 1973 and as a member of the Centennial Committee. He was also an Honorary Fellow of the Society. He was on the committee for the Metallogenic Map of North America and was also senior author. He also edited the DNAG volume on the Caribbean region for GSA. He was a founding member of Sociedad Geológica de Guatemala.

Among the many honors and awards he received are AAPG's Michael T. Halbouty Human Needs Award (1995), the Distinguished Services Medal of the Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, and Southern Methodist University's Hollis D. Hedberg Award in Energy.

The Sociedad Geológica de Guatemala has established the annual Gabriel Dengo Award for Excellence in Earth Sciences, and in 2000, the AAPG executive committee created the Gabriel Dengo Memorial Award to be given to the author of the best paper presented at the annual

AAPG International Convention. He was the author or coauthor of more than 60 scientific papers (taken from GSA Memorial, 1999).

\*Carlos Dengo kindly provided this information.

### Selected bibliography

- 1946 Geology of bentonite deposits near Casper, Natrona Country, Wyoming: Wyoming Geological Survey Bulletin, no. 37.
- 1950 Eclogitic and glaucophane amphibolites in Venezuela: American Geophysical Union Transactions, v. 31, p. 873–878.
- 1951 Geology of the Caracas Area: Geological Society of America Bulletin, v. 64, p. 7–40. (with Hess, H.H. and Smith, R.J.) Antigorite from the vicinity of Caracas, Venezuela: American Mineralogist, v. 37, p. 68–75.
- 1962 Tectonic igneous Sequence in Costa Rica, in Engel, A.E.J., James, H.L. and Leonard, B.F., eds. Petrologic studies: Geological Society of America, Buddington Volume, p. 133–161.
- 1964 (with Williams, H. and McBirney, A.R.) Geological reconnaissance of southeastern Guatemala: University of California, Publications in Geological Sciences, 127 p.
- 1967 Geological structure of Central America: University of Miami Conference on Tropical Oceanography Proceedings, Studies in Tropical Oceanography, no. 5 p. 56–73.
- 1969 (and Bohnenberger, O.) Structural development of Northern Central America: American Association of Petroleum Geologists Memoir II.  
 — Relación de las serpentinitas con la tectónica de América Central: Pan American Symposium on the Upper Mantle, México, p. 23–28.  
 — Problems of tectonic relations between Central America and the Caribbean: Gulf Coast Association of Geological Societies, v. XIX, p. 11–320.
- 1970 (and Bohnenberger, O. and Bonis, S.) Tectonics and volcanism along the Pacific marginal zone of Central America: Geologische Rundschau, v. 69, no. 3, p. 1215–1232.  
 — (and Bonis, S. and Bohnenberger, O.) Mapa geológico de Guatemala, a escala 1:500,000: Instituto Geográfico Nacional, Guatemala.  
 — A review of Caribbean serpentinites and their tectonic implications: The Geological Society of America Memoir 132, p. 301–312.
- 1975 Paleozoic and Mesozoic tectonic belts in México and Central America in The Ocean Basins and Margins, v. 3, Nairn, A.E.M. and Stehli, F.G., editors: New York, Plenum Press, p. 283–323.
- 1981 (with Guild, P.W., McCartney, W.D., Leech, G.B., Ellitsgaard-Ramusen, K., Salas, G.P. and Gonzáles Reyna, J.) Metallogenic map of North America, scale 1:5,000,000: U.S. Geological Survey.
- 1985 Mid America: Tectonic setting for the Pacific margin from southern Mexico to northwest Colombia, in Nairn, A.E.M., Stehli, F.G. and Uyeda, S., eds., The Ocean Basins and Margins, v. 7A, The Pacific Ocean: New York, Plenum Press, p. 123–180.
- 1990 (with Case, J.E.), eds., The Caribbean Region, in Palmer, A.R., ed., The Geology of North America: Boulder, Colorado, Geological Society of America DNAG Publication, v. H, 528 p., 14 plates.  
 — (with G. Draper) History of geological investigation in the Caribbean Region, in the Geology of North America: Boulder, Colorado, Geological Society of America DNAG Publication v. H, p. 1–14.
- 1999 El medio físico de Guatemala, Asociación de Amigos del País, Fundación para la Cultura y el Desarrollo, in Rojas-Lima, F., ed., Historia General de Guatemala; Guatemala, v. 1, p. 51–86.

## Grover E. Murray: (1916–2003)

**Grover E. Murray**, a Charter Member of the Gulf Coast Section of SEPM, its first vice president and an Honorary Member, died on May 22, 2003, in Lubbock, Texas. He was 86 years old. Dr. Murray's long life was filled with outstanding achievements as a geologist, teacher, researcher, petroleum consultant, prolific writer, and a visionary administrator. He was an internationally renowned scientist.

Grover Murray was born in Maiden, North Carolina. Soon afterwards, the family moved to Newton, N.C. where Grover went to public schools. Although his parents wanted him to go to Davidson College and become a Presbyterian minister, Grover chose to enroll at the University of North Carolina at Chapel Hill to earn a degree in geology. In his senior year, one of his professors recommended that he pursue his advanced degrees at Louisiana State University where the geology department was staffed with prominent professors such as Drs. Henry V. Howe, Richard J. Russell, and Harold N. Fisk.

Grover received his M.S. in 1939 and Ph.D. in 1942 from LSU. He was employed by the Magnolia Petroleum Company in Jackson, Miss., as an explorationist until 1948. At that time he was approached by the departmental chairman of geology at LSU who asked that he return to the university as a professor of stratigraphic geology to replace Dr. H.N. Fisk who had resigned to set up Humble Oil's research center in Houston. It was common knowledge among the geology faculty that Grover excelled at unraveling complex stratigraphic sequences as demonstrated in his Ph.D. dissertation. On his return to LSU, he took the opportunity to have his dissertation published in 1948 by the Louisiana State Geological Survey as Bulletin No. 25 titled *Geology of DeSoto and Red River Parishes*. This was the first Louisiana State Survey bulletin which dealt with Cretaceous and Jurassic formations that produced prolific amounts of oil and gas in the northern part of the state. Grover also unraveled the complex stratigraphy of the overlying Tertiary sequences. It was here that he began to explore the complexities of basin-wide facies distributions. In addition to his teaching, he was also Director of Research



for the State Geological Survey and was the Geology Department Chairman 1950-55. Recognizing his exceptional talents as a geological researcher and administrator, the university elevated him to the rank of Boyd Professor, the university's highest academic rank, in 1955.

In that year Murray began work in earnest on his epic 692-page treatise titled *Geology of the Atlantic and Gulf Coastal Province of North America*. This writer enrolled in his Geology 106 Introduction to Gulf Coast Geology class in the spring of 1955. Dr. Murray would come into the lecture room with a reel-to-reel tape recorder, turn it on and proceed with his lecture. Afterwards, his secretary would transcribe the lecture. These lecture notes formed the framework of the book. The following year he took sabbatical leave to work on the book and continued to add to it until it was published in 1961. (Harper & Brothers published it in their Geoscience Series and sold it for a mere \$24.00.) By this year, he had already published 55 papers on stratigraphy or stratigraphy-related studies. In his lifetime he published over 150 articles and books. His works are masterpieces, and because of this, it is no surprise that the GCAGS/GCSSEPM Transactions Best Published Paper Award is named in his honor. Although his seminal Gulf Coast text is now four decades old, it is still referenced in many modern-day publications-clear

testimony to his diligence in his research for this volume. His contributions to the principles of lithostratigraphy, chronostratigraphy, and geochronology were many.

It should be noted that his geologic interests extended beyond the U.S. Atlantic and Gulf Coastal plains. In the mid-1950s, Grover spent several years deciphering the lithostratigraphic units and the chronostratigraphy of Triassic/Jurassic red beds and late Cretaceous/early Tertiary strata in northeast Mexico. He also drew attention to the presence in the Precambrian of sufficient life forms and favorable sedimentary rock types to generate and entrap indigenous petroleum. His thesis proved to be correct when sizable reserves were discovered in sediments of this age in Australia. He worked as a geological consultant for over four decades, including work on all continents and participated in oil and gas discoveries in central Australia, Arkansas, Louisiana, and Mississippi. While he was president of Texas Tech, he served on the National Science Board and made numerous trips to Antarctica.

In 1963, in further recognition of his administrative and leadership abilities, Dr. Murray was promoted to Vice President and Dean of Academic Affairs at LSU. Two years later he became Vice President for Academic Affairs for the entire LSU system. While serving in this position, in 1966, he was approached to accept the presidency of Texas Technological College in Lubbock, Texas. After eighteen years on the faculty at LSU, Grover accepted the position on September 1, 1966, and left for the high plains of Lubbock. At this time, Texas Tech was a small regional school, but Grover had bigger plans for this academic unit of the Texas university system. In his ten-year presidency, he transformed the school into Texas Tech University by significantly increasing the physical size of the campus, by increasing its enrollment and faculty, by establishing and building a Law School and Medical School, and by creating the International Center for Arid and Semi-Arid Land Studies. By the time he retired in 1976, he had transformed the university into one of true international stature. For a period of time, he served as president of the university and of the TTU School of Medicine. After his retirement, he continued to teach a geology course and returned to geologic consulting.

During his long career as a geology professor, he served as the major professor and/or supervisor for over fifty students receiving masters and/or doctoral degrees. Many

of these went on to have successful careers in the petroleum industry, academia, and government. Grover's philosophy concerning teaching was that if the teacher created the right "learning environment," the student taught him/herself. Above all, he insisted on excellence and was a strong advocate for "professionalism" in geologic endeavors.

Although he maintained heavy obligations in his academic life, he thoroughly believed in the worthiness of fully participating in professional organizations. Grover was Editor of both the AAPG Bulletin and of SEPM's Journal of Paleontology, a distinction he shared with one other individual. He served as vice chair and secretary of the American Commission on Stratigraphic Nomenclature; trustee of the AIPG and director of the SEPM foundations; a fellow of the GSA; member of the IUGS International Subcommittee on Stratigraphic Classification; member of several commissions and committees of the National Association of State Universities and Land-Grant colleges and the national Science Board; and chair of U.S. National Committee on Geology. He served as president of AAPG, SEPM, AGI and of the AIPG.

Being the activist and visionary individual he was, recognition and highest honors naturally flowed his way. Grover received AAPG's Sidney Powers Memorial Award, SEPM's Twenhofel Medal, the Ian Campbell Medal of the American Geological Institute, and the Ben H. Parker Medal of the American Institute of Professional Geologists. He also received the Hollis D. Hedberg Award in Energy, the Antarctica Service Medal, and Distinguished Alumni Awards from the University of North Carolina and Louisiana State University. He was designated as a Texas Distinguished Scientist in 1986. Grover held memberships in several honor societies including the Golden Key, Sigma Xi, Sigma Gamma Epsilon, Omicron Delta Kappa, and Phi Kappa Phi.

It is fitting to close this memorial with a quote from Grover's citation for his SEPM Twenhofel Medal Award written by James M. Coleman, "This summary of Grover's activities and honors does not begin to describe the man or to hint of the esteem in which he is held." Indeed, his life was one of intense dedication to the science of geology, a fervent desire to improve the institutions he served, and to instill in all his pursuit of excellence in every endeavor. He left a legacy which will endure forever.

\*Source: Edward B. Picou, Jr. Gulf Coast Section SEPM

**SELECTED PUBLICATIONS**

1938, Claiborne Eocene species of the Ostracoda genus *Loxocochoa*: Journal of Paleontology, Z. 12, p. 586–595.

1945, (with Thomas, E.P.) Midway-Wilcox surface stratigraphy of Sabine uplift, Louisiana and Texas: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 29, p. 45–70.

1948, Geology of De Soto and Red River Parishes: Louisiana Geological Survey Geological Bulletin No. 25, 312 p.

1952, Volume of Mesozoic and Cenozoic sediments in central Gulf Coastal Plain of United States, Pt. 3 of Sedimentary volumes in Gulf Coastal Plain of the United States and Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 63, p. 1177–1191.

1955, Midway stage, Sabine stage, and Wilcox group: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 39, p. 671–696.

1956, Geologic occurrence of oil and gas in Gulf Coastal Province of the United States, in Symposium sobre yacimientos de petróleo y gas: 20th International Geological Congress, Mexico City, 1956, v. 3, p. 235–290.

1959, (with Mixon, R.B., and Diaz Gonzales, T.E.) Age and

correlation of Huizachal group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 43, p. 757–771.

1961, Geology of the Atlantic and Gulf Coastal Province of North America: New York, Harper and Brothers, 692 p.

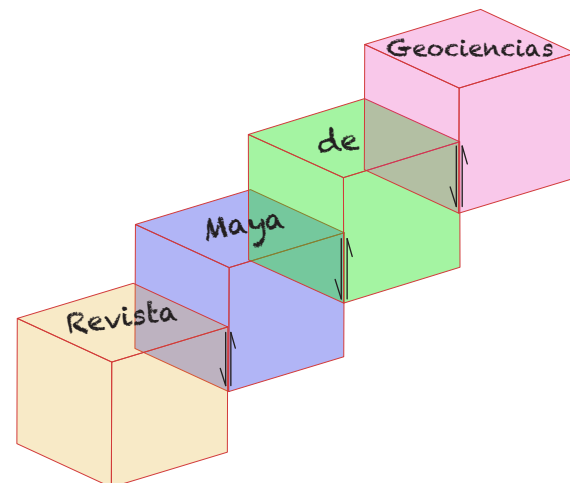
1961, (with Wall, J.R., and Diaz Gonzales, T.E.) Geologic occurrence of intrusive gypsum and its effect on structural forms in Coahuila marginal folded province of northeastern Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 45, p. 1504–1522.

1962, (with Weidie, A.E., Boyd, D.R., Forde, R.H., and Lewis, P.D.) Formation divisions of the Difunta group, Parras Basin, Coahuila and Nuevo Leon, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 46, p. 374–383.

1965, Cambrian and Precambrian petroleum—an appraisal: Australian Petroleum Exploration Association Journal, a Keynote Address, p. 9–17.

1967, (with Durham, C.O. Jr.) Tectonism of Atlantic and Gulf Coastal Province, in Symposium on the chronology of tectonic movements in the United States: American Journal of Science, v. 265, p. 428–441.

1980, (and Kaczor, M.J., and McArthur, R.E.) Indigenous Precambrian petroleum revisited: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 64, p. 1681–1700.



# PUBLICACIONES

## TESIS & RESÚMENES

### Marlene A. Santana Monroy Monitoreo de parámetros de calidad de agua en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del municipio de Tepeji del Río, Hidalgo

Universidad Autónoma del Estado de México: Tesis para obtener el título de Licenciada en Ciencias Ambientales

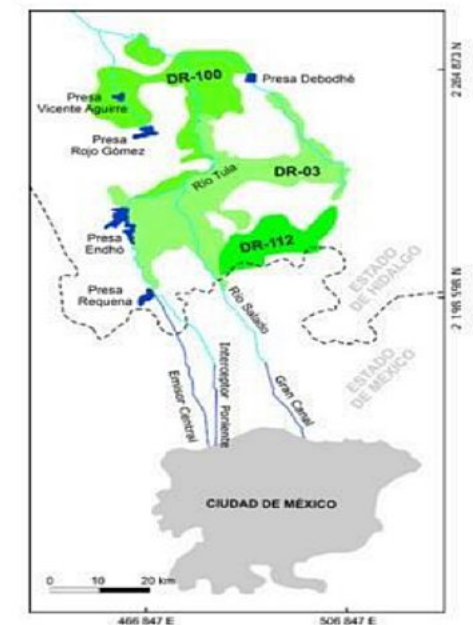
Diciembre de 2020

Director de tesis: Dra. Belina García Fajardo e Ing. Carlos Antonio Paillés Bouchez

**Resumen.**

Este trabajo de tesis se desarrolla como un estudio de caso dentro del Proyecto “Saneamiento Integral del Municipio de Tepeji del Río, Hidalgo” implementado por el Gobierno Municipal en colaboración con el Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo (FIAVHI). Dentro de este proyecto y como respuesta a la problemática de aguas residuales generadas a nivel doméstico, se han construido 18 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) en diferentes localidades del Municipio, con características propias según las características del terreno donde están ubicadas. El objetivo de esta investigación es monitorear la calidad del agua en nueve PTARs con una estación móvil conformada por dos sensores espectrofotométricos de tecnología austríaca que dan resultados en tiempo real y un transmisor de datos que sube la información a la página web de FIAVHI para su visualización y manejo, lo anterior es para determinar si los efluentes están dentro de los límites establecidos en las Normas Mexicanas vigentes y comprobar si son aptos para los usos a los que están destinados que son el riego agrícola, de campos deportivos y áreas verdes. La metodología se dividió en trabajo de gabinete y trabajo de campo con visitas prospectivas y visitas en las cuáles se realizó el monitoreo. Los parámetros estudiados son cinco: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Temperatura y pH. Se realizaron monitoreos tanto de los afluentes como de los efluentes para conocer también la eficiencia de las PTARs. La suma de efluentes en las nueve PTARs estudiadas es de 315’360,000.00 litros (315,360 m3) anuales de aguas residuales que no llegan a las corrientes de agua de las comunidades ni mucho menos al Río Tepeji o a la Presa Requena ubicada en el municipio y que es conocida como una de las más afectadas en términos de contaminación ambiental del país.

Figura 1.1. Ubicación del Valle del Mezquital



## Inestabilidad del paisaje y susceptibilidad a erosión en cárcavas en el área de cerro de San Pedro, San Luis Potosí.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Tesis para obtener el título de Maestría en Ciencias Ambientales

23 de Noviembre de 2018

Sustentante: Lourdes de la Torre Robles

Director de tesis: Dr. Carlos Alfonso Muñoz Robles

### Resumen.

La erosión en cárcavas es un tema de importancia global que puede acelerar la desertificación en paisajes áridos y semiáridos. Este proceso de erosión es complejo, y resulta de la interacción de diversas variables de diversa índole que da lugar al inicio y desarrollo de cárcavas. La presente investigación se realizó en la región semiárida de Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, y sus objetivos fueron: (1) identificar los factores ambientales y antropogénicos relacionados con la erosión en cárcavas, (2) analizar las diferencias de estas variables entre microcuencas estables (sin cárcavas) e inestables (con cárcavas) y (3) generar un modelo de susceptibilidad a la erosión en cárcavas. Se caracterizaron en campo la actividad y dimensiones de cárcavas y se realizaron análisis de correlación para determinar sus relaciones con la cobertura, atributos topográficos y rasgos antropogénicos como distancia a caminos y a bordos de agua. Se utilizaron pruebas de Wilcoxon para identificar diferencias ambientales entre microcuencas con cárcavas y sin cárcavas y un análisis de covarianza para determinar umbrales topográficos para su presencia o ausencia. Las variables estudiadas se integraron a un modelo de susceptibilidad construido con un árbol de clasificación CART. Se encontraron las mayores correlaciones entre la actividad y dimensiones de cárcavas con factores topográficos y la disgregación de agregados del suelo en las topoformas de colinas y arroyos profundos. Las microcuencas inestables tuvieron pendientes menos pronunciadas, menor capacidad de transporte de sedimentos y poder erosivo de la pendiente, menor cobertura del suelo y menor distancia a caminos y a bordos en comparación con las microcuencas estables. Las áreas con mayor cercanía a caminos y con menor cobertura son las más susceptibles a la presencia de cárcavas y se ubican al norte del área de estudio. Los resultados pueden ser usados para la toma de decisiones referentes al control de la erosión en cárcavas en este paisaje semiárido.

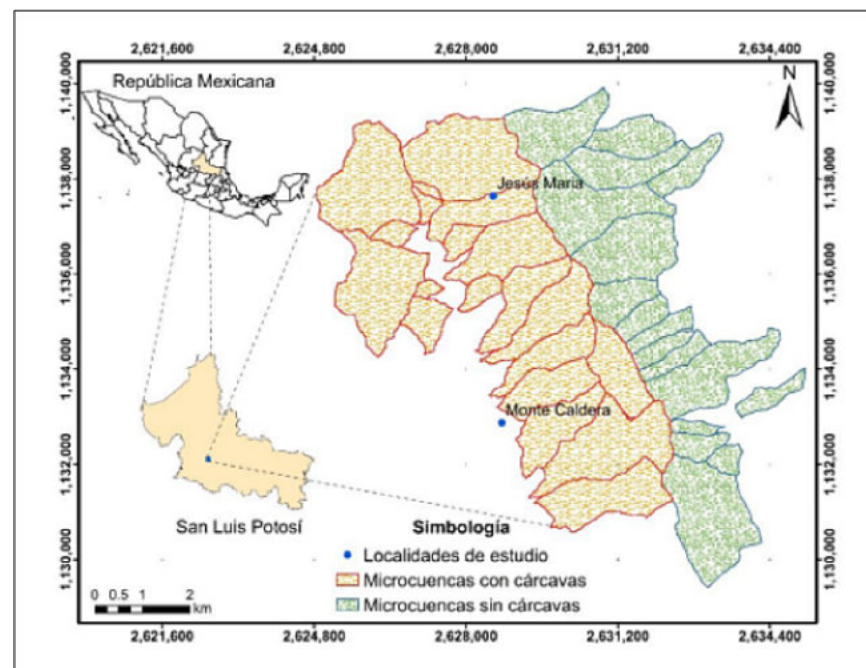


Figura 1.1. Localización del área de estudio, en el municipio de Cerro de San Pedro, microcuencas con cárcavas y sin cárcavas.

## Syn-tectonic Dipilto batholith (NW Nicaragua) linked to arc-continent collision: high- and room-temperature AMS evidence.

García-Amador, Bernardo I.<sup>1\*</sup>; Alva-Valdivia, Luis M.<sup>2</sup>; Hernández-Cardona, Arnaldo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

\*Corresponding author: Bernardo I. García-Amador: [bernardoiga@igeofisica.unam.mx](mailto:bernardoiga@igeofisica.unam.mx)

### Abstract.

The northern Central America region (Honduras and Nicaragua) is characterized by geotectonic units delimited by strike-slip fault systems and shortening zones of poorly constrained ages. The eastern portion of the Chortís block, named the “Dipilto micro-block” or “Patuca” is one of these units that besides with the Siuna Serpentinite Mélange, provides evidence for Early Cretaceous arc-continent collision. Nevertheless, within the Dipilto micro-block is the Early Cretaceous Dipilto batholith (NW Nicaragua), an Ilmenite-Series granitoid suites whose emplacement tectonic setting is unknown.

We document the room- and high-temperature anisotropy of magnetic susceptibility (RT-AMS and HT-AMS) and hysteresis cycles from 31 sites in the Dipilto batholith and cross-cutting dikes as well as the oxide mineral microscopy of main lithologies. This is to investigate the magmatic fabric in the granitoids and dikes, and the relation to the emplacement dynamics. The RT-AMS and HT-AMS results show magnetic lineation and foliation ( $K_{max}$  and  $K_{max}-K_{int}$  plane) dominated by paramagnetic minerals (biotite and hornblende). The central parts of the intrusion show a NE-SW  $K_{max}$  distribution and sites near to boundary of the country-rock a  $K_{max}-K_{int}$  plane sub-parallel to the contact. These results and previous structural data in the surrounding Nueva Segovia Schist country-rock support an intrusion emplaced in a contractional setting concurrent with the batholith’s NE-SW regional geometry. The Dipilto batholith age (119–112 Ma) implies a syn-collisional origin that together with our results indicate an Early Cretaceous progressive shortening in the region associated with the Siuna Intraoceanic Arc collision (~134–113 Ma). Furthermore, they indicate that the shortening azimuth (i.e., the direction of tectonic transport) is ~127°–137° in its current geographical position, but was 227°–237° in its Early Cretaceous paleo-position, probably related to the final stage of shortening and collision events of the southwestern Mexican paleocontinent.

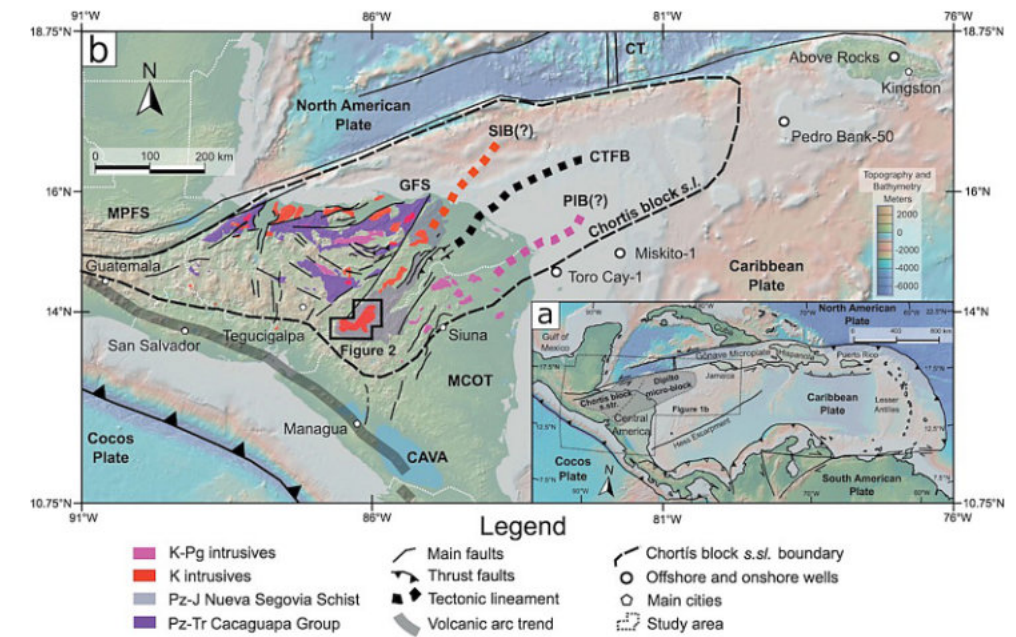


Figure 1. Regional geology and tectonic context of Central America and Chortís block. a) Tectonic framework and boundaries of Chortís block s.str., Dipilto micro-block (redefined in this work) and Caribbean Plate (after Mann, 2007; Pindell and Kennan, 2009). b) Geology of Chortís block (s.l.) within Central America framework (after Flores and Gazel, 2020; García-Amador et al., 2020; Rogers et al., 2007a; and references therein), and offshore wells with rock granitoid samples reported by Lewis et al. (2011). Abbreviations: MPFS, Motagua-Polochic Faults System; GFS, Guayape Fault System; SIB, Syn-collisional Intrusive Belt; PIB, post-collisional Intrusive Belt; CTFB, Colón Thrust-Fold Belt; MCOT, Mesquito Composite Oceanic Terrane; CAVA, Central America Volcanic Arc.

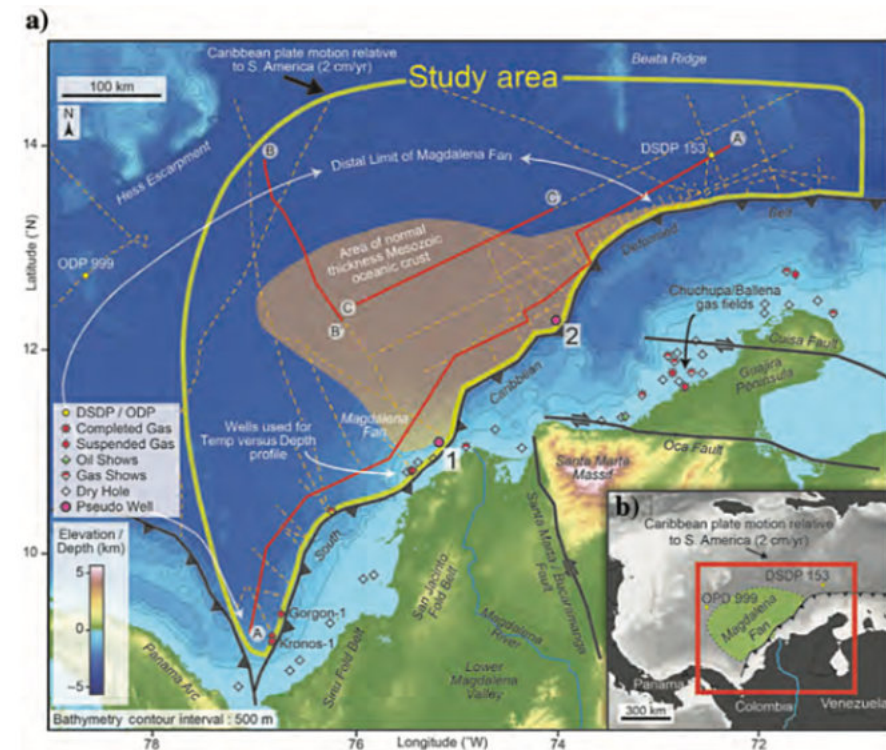
## Structure, stratigraphy, and petroleum potential of the deepwater Colombian Basin, offshore northern Colombia

Stephen C. Leslie<sup>1</sup> and Paul Mann<sup>1</sup>

### Abstract

We have defined the structure and stratigraphy of the central area of the Colombian Basin — offshore of the northern Caribbean coast of Colombia — using approximately 8400 line km of depth-converted 2D seismic data assembled from academic and industry sources. We integrate information from offset deep sea drilling program and ocean drilling program wells into a structural and stratigraphic model of the Colombian Basin, identifying the key elements of a petroleum system. These elements are (1) Upper Cretaceous marine shale source rock, (2) Middle to Upper Miocene (16–5.3 Ma) basin-floor fans associated with the Magdalena fan turbidite system, (3) structural traps and stratigraphic traps, and (4) sealing intervals formed by Miocene hemipelagic marine shale associated with sea-level high-stands. We extend a previously recognized trap type for the Colombian margin to include stratigraphic traps within the distal Miocene Magdalena fan section. We base our interpretations upon seismic observations of amplitude anomalies conformant with structures; fluid migration pathways along faults; and bright, laterally continuous, and low-impedance seismic reflectors. The primary risk for the exploration potential of the area is the presence of a laterally extensive Upper Cretaceous source rock within the main Colombian basin depocenter. The 1D burial history models and 3D basin modeling indicate that a source rock of this age and at this stratigraphic level would have expelled hydrocarbons during Middle to Late Miocene from the deepest part of the basin and may continue to expel hydrocarbons in the present day.

<sup>1</sup>University of Houston, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Houston, Texas 77024, USA. E-mail: scleslie@uh.edu (corresponding author); pmann@uh.edu.



**Figure 1.** (a) Regional map of the Colombian Basin study area (the yellow line) showing major structural elements including the SCDB, the distal limit of the Magdalena fan (the white line), and the central area of typical-thickness Mesozoic oceanic crust identified by previous studies (Basabe, 2018) (the orange-shaded area). Also shown are offshore oil and gas exploration wells 1969–2019 (various symbols), ocean drilling program (ODP)/deep sea drilling program (DSDP) wells (yellow), pseudowell locations for basin modeling (numbered 1 and 2), seismic coverage (the orange dashed lines), and the seismic lines in Figures 3–6 (the red lines). Location of the Chuchupa/Ballena gas field offshore the Guajira Peninsula and the wells used for the temperature-versus-depth profile in basin modeling (west of the mouth of the Magdalena river) labeled with the thin black or white arrows. Contour interval 500 m. (b) The inset map shows the location of the study area along the northwestern margin of the South America. Magdalena fan covers much of the southwestern Caribbean Plate.

<https://library.seg.org/doi/10.1190/INT-2020-0028.1>

## Análisis multitemporal de la cobertura del terreno y su asociación con las tasas de erosión hídrica en Acozulco, Puebla

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

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geociencias Ambientales 2021

**Sustentante: Edgar Daniel Zaragoza Pulido**

*Co-director de tesis: Dr. Thomas Gunter. Kretzschmar y Dr. Rodrigo Méndez Alonzo*

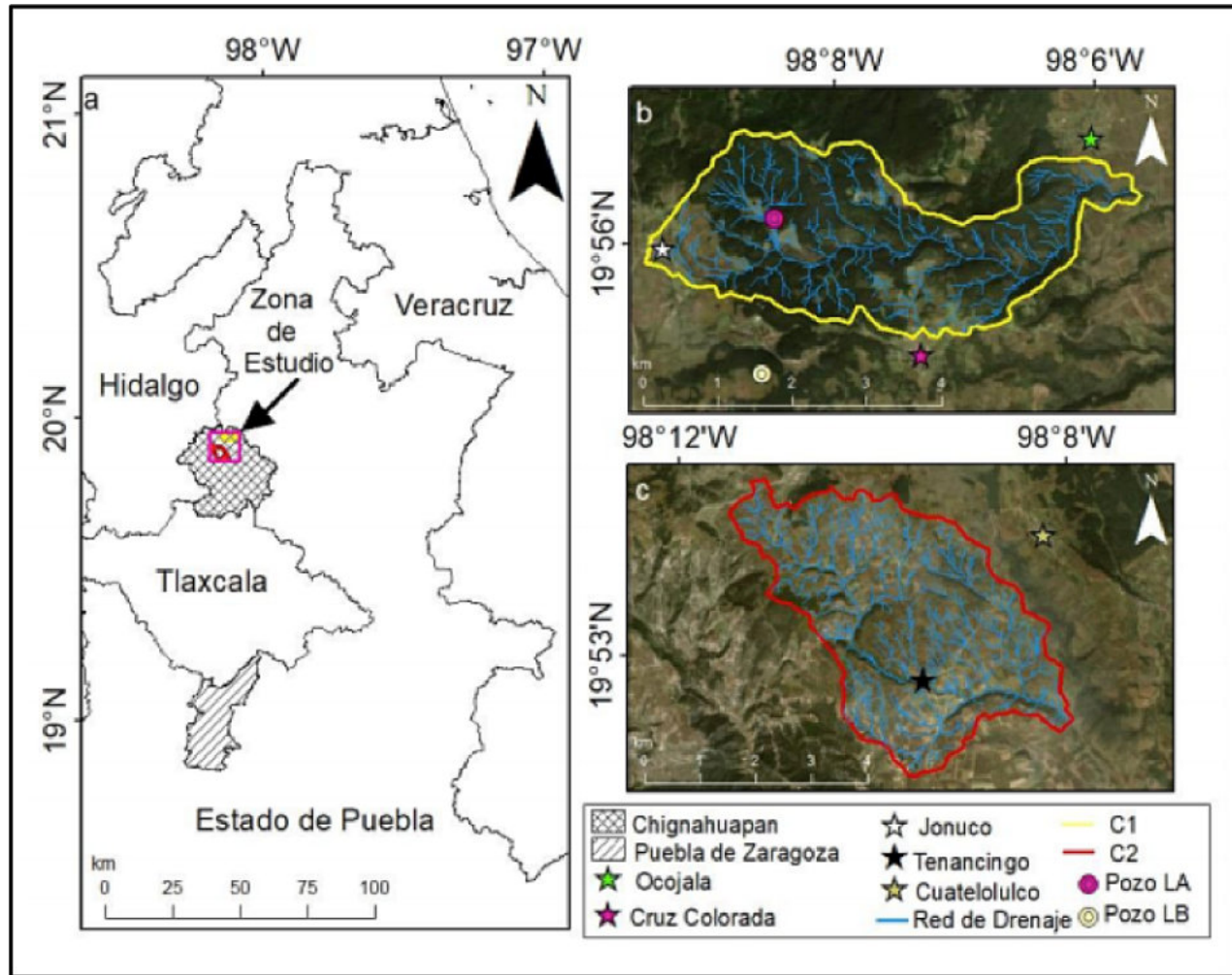
### Resumen.

Las zonas de interés geotérmico son modelos interesantes en el diseño de políticas de ordenamiento territorial, debido a las iniciativas de sustentabilidad y análisis de impacto ambiental por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con la finalidad de preservar el ecosistema y los recursos naturales del país fue analizado el comportamiento histórico de la cobertura del terreno, y la relación que esta tiene, con las tasas de erosión hídrica de la zona, a una escala territorial de microcuenca, las cuales presentan condiciones de aprovechamiento distintas (microcuenca 1 (C1), uso forestal; microcuenca Cuenca 2 (C2), uso agrícola). C1 y C2 se ubican en el municipio de Chignahuapan, en el Estado de Puebla. El análisis de la cobertura del terreno se realizó por medio de una clasificación supervisada de imágenes satelitales (5) de resolución media y baja de los satélites Landsat 5 TM (3), Landsat 7 ETM+ (1), Landsat 8 OLI (2) para los años 1986, 1996, 2000, 2013, y 2018. Para la cuantificación de la pérdida del suelo por erosión hídrica, se utilizó la Ecuación Revisada de la Pérdida del Suelo (RUSLE, por sus siglas en inglés), el cual expresa su resultado en  $t\ a\ \text{año}^{-1}$ . En ella participan cinco variables: La agresividad de la lluvia (Factor R), la erodabilidad del suelo (Factor K), la longitud e inclinación de la pendiente (Factor LS), la cobertura del terreno (Factor C) y las prácticas de manejo y conservación del suelo (Factor P). Para calcular la agresividad de la lluvia, fueron utilizados sistemas satelitales de la NASA para la medición de la precipitación, para corroborarlos, fueron correlacionados con datos de precipitación obtenidos en tierra por medio estaciones climatológicas automatizadas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La erodabilidad del suelo fue calculada a través del análisis de la textura del suelo en laboratorio, por lo que se realizaron dos campañas de muestreo en las zonas estudiadas. La cobertura del terreno fue obtenida a través del promedio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de 3 imágenes (Temporada de Lluvias, secas, e Intermedia) por año (los mismos que los de la cobertura). La longitud y la inclinación de la pendiente se realizó a través de un Modelo Digital de Elevación de 30 m de resolución espacial, y las prácticas del manejo y conservación fue tomada como 1. Los resultados del modelo RUSLE indicaron que la C1 presentaba en total una mayor pérdida del suelo que la C2, dichos fueron correlacionados con el volumen anual del escurrimiento de las microcuencas, mostrando una correlación significativa  $R^2 = > 80$ , además se realizó un análisis de sensibilidad para determinar la importancia de las variables que intervienen en la pérdida del suelo por erosión hídrica en la ecuación misma, determinándose que la longitud e inclinación de la pendiente en el presente estudio es el principal promotor de la erosión hídrica del suelo según el

### modelo.

Por otra parte, a través de un diseño experimental propio, inspirado en la literatura de la simulación de precipitación controlada en laboratorio, utilizando las muestras del suelo colectadas en los sitios para cuantificar la erosión hídrica potencial. Se utilizó un microaspersor de bajo caudal, con una intensidad de la precipitación de 100 mm/h la cual fue

adecuada a un área de 0.02 m<sup>2</sup> la cual concentra una masa de 300 g de muestra del suelo en estado suelto, la intensidad de la precipitación se controló a través del regulador de flujo del aspersor mismo, el microaspersor fue colocado a ~ 80 cm de altura de la zona, y la inclinación de la pendiente se simuló de acuerdo a la inclinación de la pendiente al momento de la extracción de la muestra in situ. Aunque la estadística descriptiva individual de cada microcuenca, indica que hay en promedio una mayor pérdida del suelo en la C1 que la C2, la correlación del modelo RUSLE con el experimento no fue la esperada.



**Figura 1.1.** a) Macro localización del sitio de estudio con relación a la ubicación de los municipios de Chignahuapan y Puebla; b-c) localización de las microcuencas 1 (C1) y 2 (C2), y la localización de los pozos de exploración de La Alcaparroza (LA) y los Baños (LB), las características del terreno se observan en colores semi naturales producto de un compuesto RGB (mapa base ESRI, 2019).

## Structural styles and evolution of the Campeche salt basin, southern Gulf of Mexico

Md Nahidul Hasan\*, Paul Mann

Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, TX, 77204-5007, USA

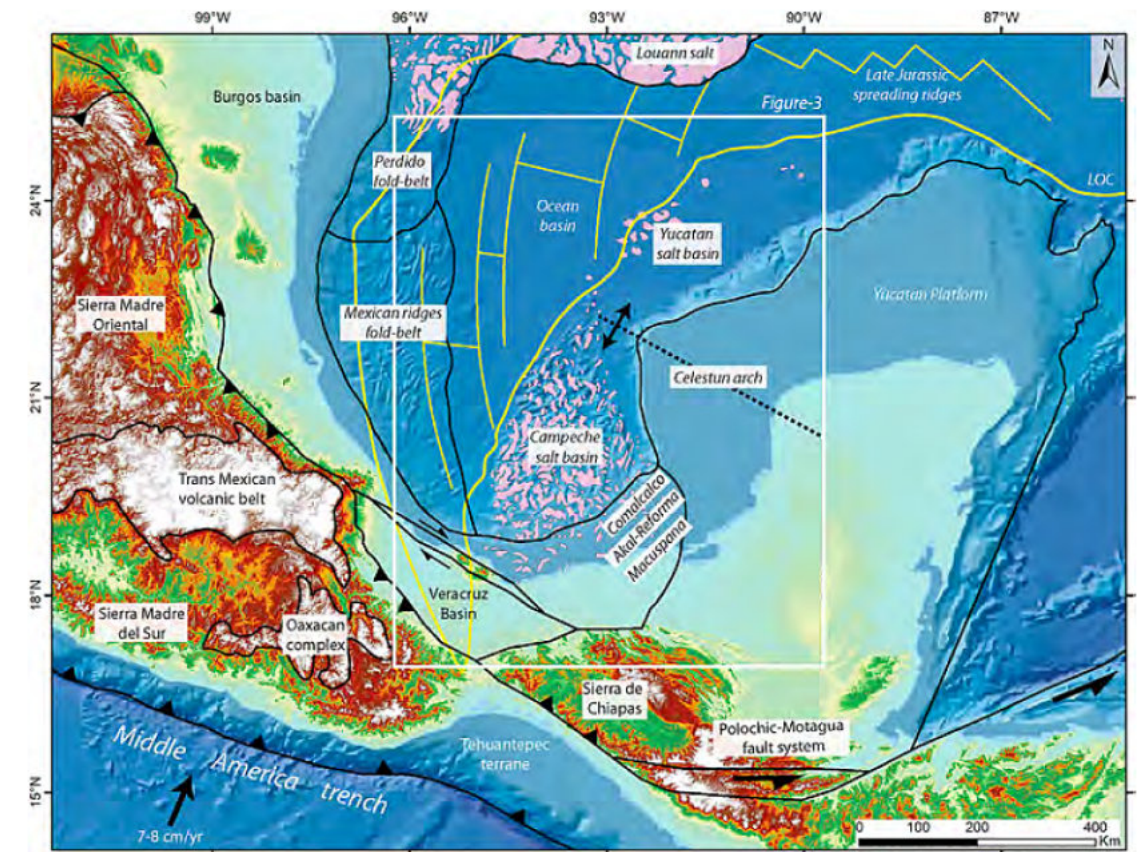
### Abstract

The late Jurassic Campeche salt basin in the southern Gulf of Mexico (GOM) forms a passive margin foldbelt of late Middle Miocene to the Recent age. The Campeche salt basin is defined by a 200-km-wide updip zone of listric, normal faults of the Comalcalco and Macuspana rifts, and a coeval, 300-km-wide, downdip zone of deeper-water, salt-cored folds, detachment folds with kink bands, thrusts, and diapirs. This study integrates shipborne magnetic data with 28,612 km of pre-stack, depth-migrated, 2D seismic data to reconstruct the geometry of the top of the Paleozoic basement and base-salt topography above which the passive margin foldbelt evolved. Magnetic and basement mapping reveals that the 40-55-km-wide Campeche segment of the 400 km long GOM outer marginal trough marks the limit of the northwest-directed passive margin foldbelt. The elongated basement depression of the outer marginal trough combined with a basement step-up fault along the edge of Jurassic oceanic crust localizes the thickest Bajocian-early Callovian salt. The outer marginal trough controls the arcuate, northwestward, and downdip path of salt flowage within the passive margin foldbelt.

\*Corresponding author.

E-mail addresses: mhasan11@uh.edu (M.N. Hasan), pmann@uh.edu (P. Mann).

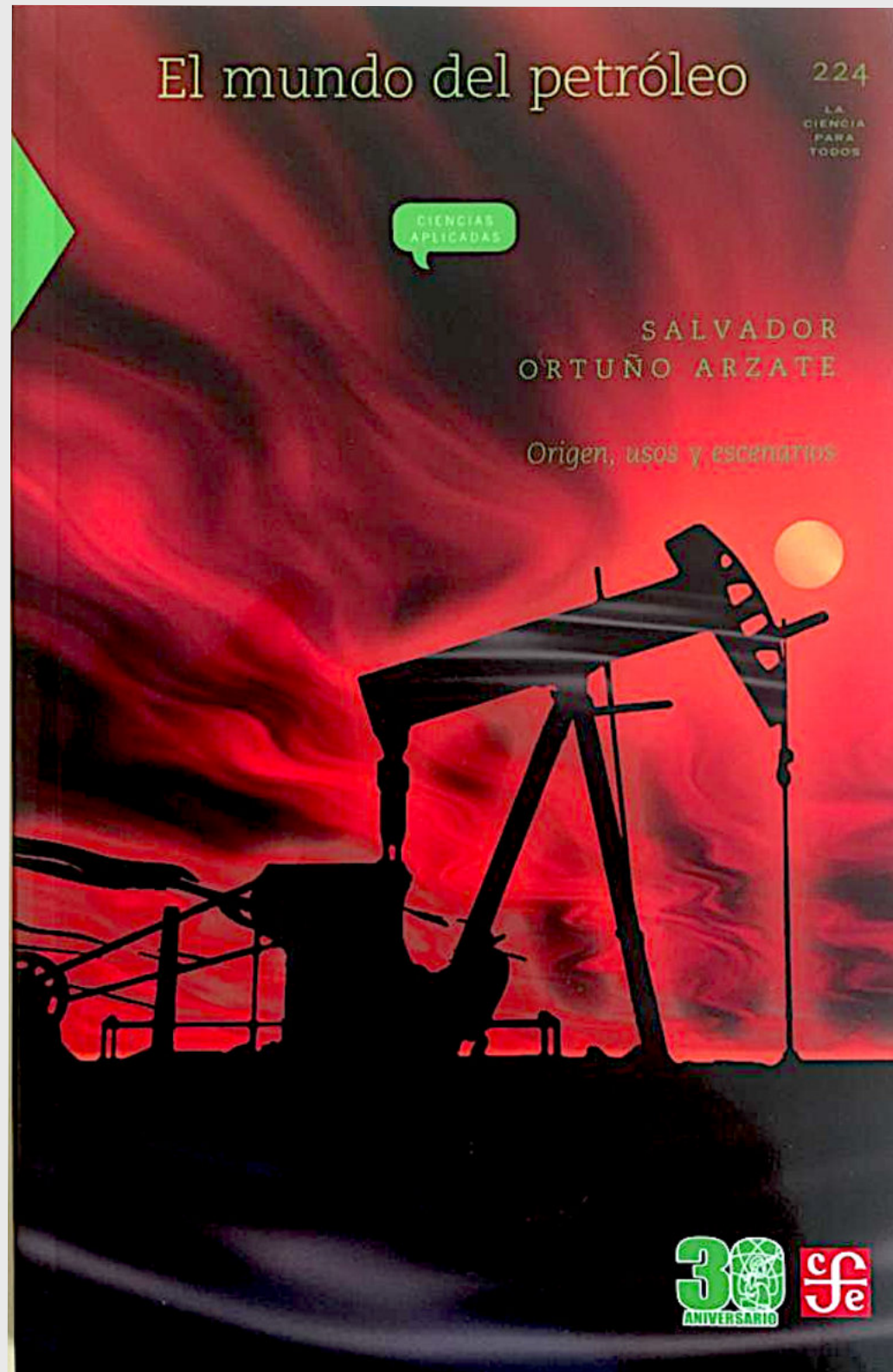
<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105313>



**Fig. 1.** Tectonic map of Mexico and the southern Gulf of Mexico basin showing the Campeche salt basin, the limit of oceanic crust (LOC), area of late Jurassic oceanic crust, and major sedimentary basins. The white box shows the location of the more detailed map of the Campeche salt basin shown in Fig. 3. Map information is compiled from Witt et al. (2012a); Hudec et al. (2013); Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2015; Nguyen and Mann (2015); Fitz-Díaz et al. (2018); Kenning and Mann (2020a,b).

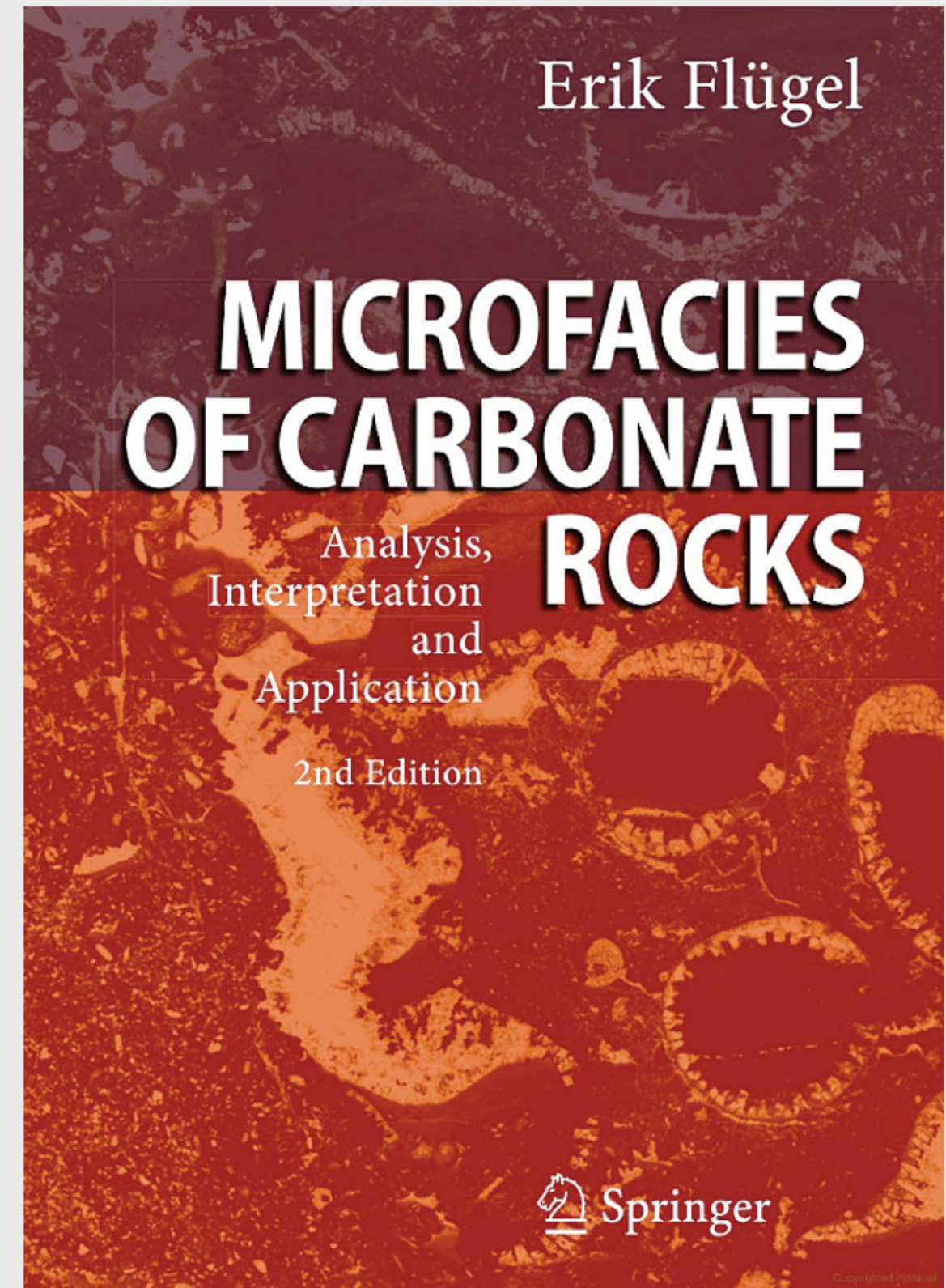
## El libro recomendado

<https://www.amazon.com/petr%C3%B3leo-escenarios-Ciencia-Science-Spanish/dp/6071601525>



## El libro recomendado

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-03796-2>



## El libro recomendado

<https://www.wiley.com/en-us/Sedimentary+Petrology%3A+An+Introduction+to+the+Origin+of+Sedimentary+Rocks%2C+3rd+Edition-p-9780632057351>

# Sedimentary Petrology

An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks

3RD EDITION

M. E. Tucker

# TEMAS DE INTERÉS

## ¿Qué es la energía hidroeléctrica?

Comenzando con el agua que es una de las fuentes de energía más antiguas utilizadas por el ser humano, fundamental para la vida, la producción de alimentos y la higiene. Y también es el origen de uno de los tipos de energía renovable más extendidos, la energía hidroeléctrica.

La energía hidroeléctrica es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento, la lluvia o el agua de deshielo, provenientes normalmente de colinas y montañas en los cuales se crean arroyos y ríos que desembocan en el océano. La energía que generan esas corrientes de agua puede ser considerable. Para aprovechar dicha fuerza, se construyen grandes infraestructuras hidráulicas llamadas centrales hidroeléctricas capaces de extraer el máximo potencial de este recurso renovable y libre de emisiones. Según el informe de 2019 de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), la capacidad total de las centrales hidroeléctricas en todo el mundo es de 1.172 GW, lo que representa alrededor del 50% del total de las fuentes de energía renovable.

### Tipos de centrales hidroeléctricas

La central hidroeléctrica transforma la energía hidráulica de un curso de agua, natural o artificial, en electricidad renovable. El proceso tiene lugar en varios pasos y se basa en la transformación de la energía potencial contenida en las masas de agua, situadas a mayor altitud respecto a las turbinas de la central. Las centrales hidroeléctricas se pueden dividir en tres macro categorías, según el tipo de sistema que se utilice: centrales de agua fluyente, centrales de embalse y centrales de bombeo o reversibles.

**Centrales de agua fluyente o pasada:** Se utiliza la velocidad del caudal natural de un río situado en dos niveles diferentes. El agua se transporta a través de un canal de derivación con o sin la ayuda de tuberías forzadas y llega hasta las turbinas. Así pues, la potencia de la central depende principalmente de la velocidad del agua que pasa de un nivel a otro, el llamado salto, y del caudal del río.

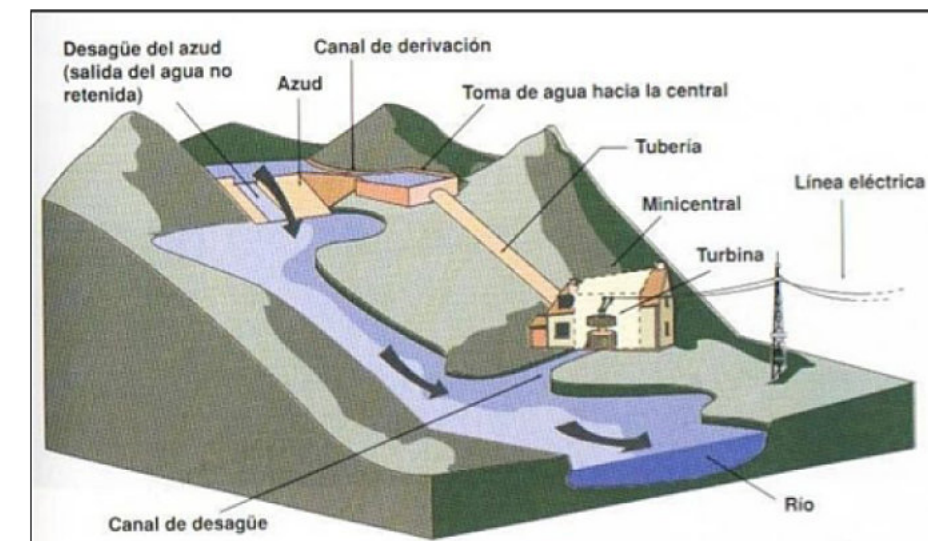


Figura 1: Esquema de central hidroeléctrica de agua fluyente o pasada  
Tomada de: Zúñiga, J. (2018).



**Centrales de embalse:** Se utiliza un embalse aguas arriba, que puede ser natural como en el caso de un lago o de manera artificial conseguido gracias a la construcción de una presa. El agua se transporta a través de las tuberías forzadas de la presa hasta las turbinas de agua, que generan energía mecánica por rotación que luego se convierte en electricidad en el generador eléctrico rotatorio.

**Centrales de bombeo o reversibles:** Tienen dos embalses a diferentes alturas, uno aguas arriba y la otra agua abajo; este último actúa como reserva de energía. Durante las horas o momentos de menor demanda de energía, el agua se bombea desde el embalse aguas abajo hasta el embalse aguas arriba mediante una estación de bombeo, lo que permite lidiar con seguridad con los momentos de mayor demanda energética. En algunas centrales se pueden utilizar las características de reversibilidad de las turbinas para convertirlas en bombas y devolver el agua al embalse aguas arriba.

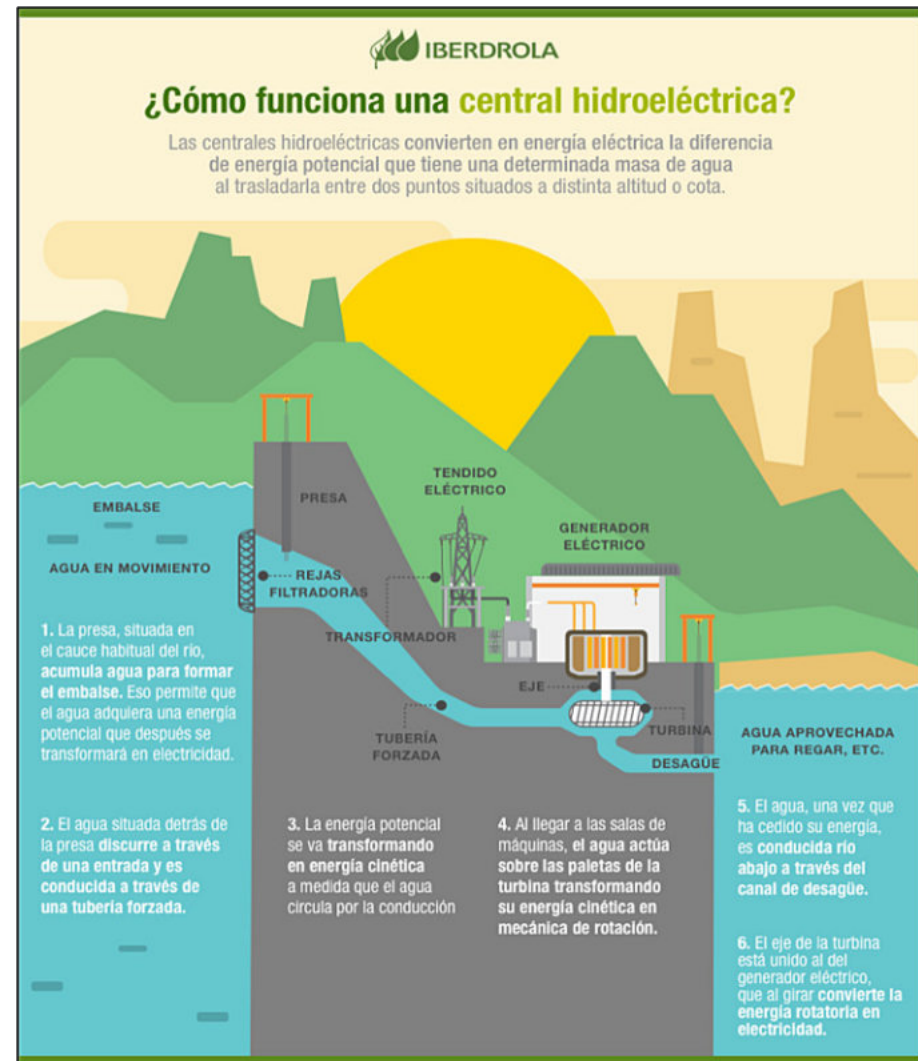


Figura 2: Central hidroeléctrica de embalse Tomada de: IBERDROLA.

La tecnología hidroeléctrica de bombeo es actualmente el sistema más eficiente para almacenar energía a gran escala. Por ser más rentable, aportar estabilidad, seguridad y sostenibilidad al sistema eléctrico, al generar una gran cantidad de energía en tiempos muy cortos y sin crear ningún tipo de emisión a la atmósfera.

**La energía hidroeléctrica en el mundo**

Según el informe de 2021 de la Asociación Internacional Hidroeléctrica (IHA), el sector hidroeléctrico registró un de producción de generación de 4,370 terawatts hora (TWh) de electricidad limpia en 2020 siendo mayor al registro en 2019 de 4,306 TWh. Que al contextualizarlo es aproximadamente lo mismo que todo el consumo anual de electricidad de los Estados Unidos.

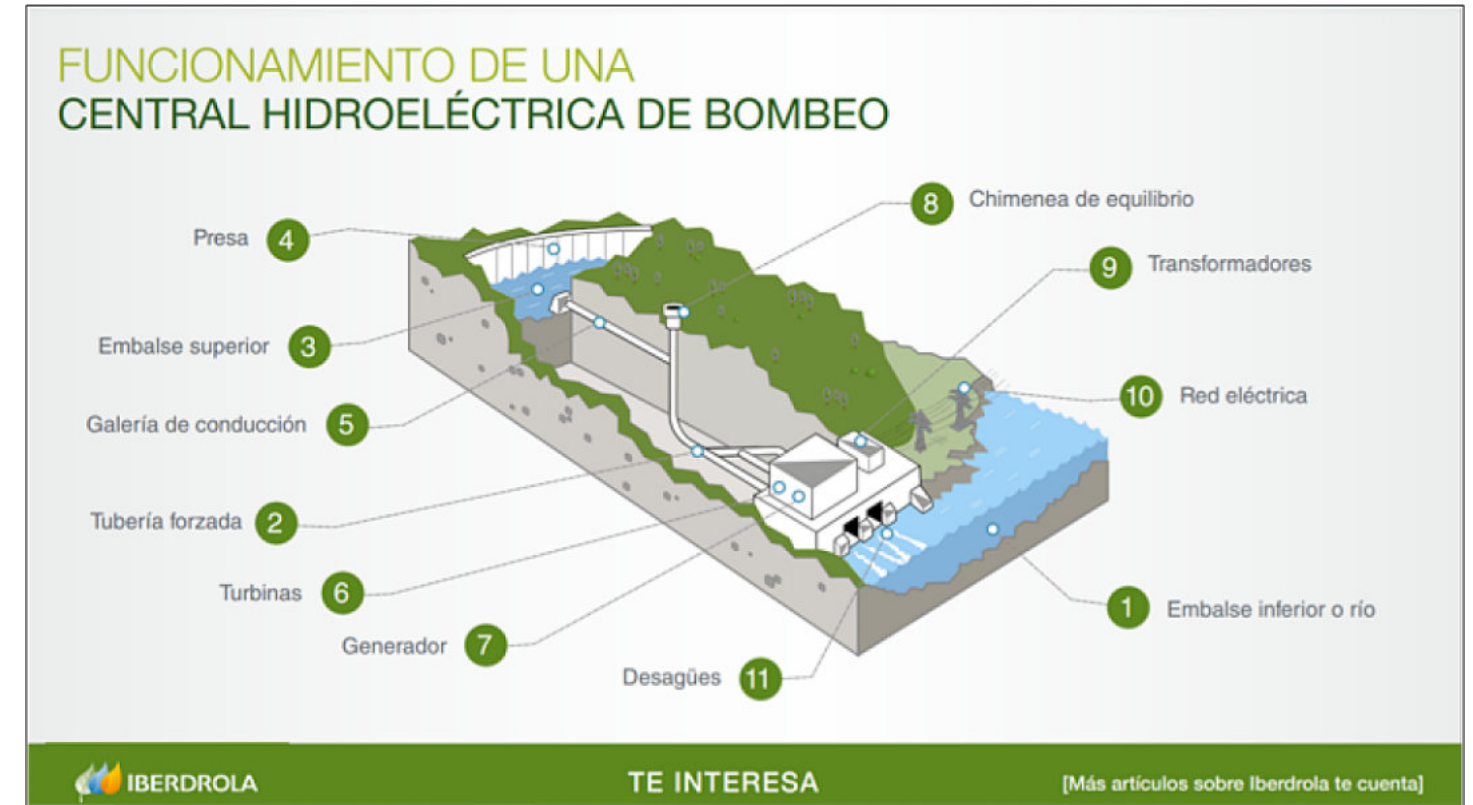


Figura 3: Central hidroeléctrica de bombeo Tomada de: IBERDROLA.

En general la capacidad de hidroeléctricas instaladas fue de 1,330 gigawatts (GW) en 2020. Esto representa año con año un crecimiento de 1.6% más que en 2019 pero aún muy por debajo de los más de 2% necesario para permitir la contribución esencial de la energía hidroeléctrica para hacer frente al cambio climático.

Durante 2020, se pusieron en funcionamiento proyectos hidroeléctricos por un total de 21 GW de capacidad, estando por encima de los 15.6 GW de 2019. Casi dos tercios de este crecimiento provino de China que registró 13,8 GW de nueva capacidad. Entre otros países destacados que agregaron nueva capacidad en 2020, solo Turquía (2.5 GW) agregó más de 1 GW.

La energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo creció 1.5 GW en capacidad, por encima de los 304 MW adicionales en 2019. Gran parte de esto fue en China (1.2 GW), con Israel también gracias al proyecto Mount Gilboa de 300 MW bajo un innovador modelo de financiamiento.

China continúa siendo líder con respecto a la capacidad de energía hidroeléctrica instalada con más de 370 GW, seguido de Brasil (109 GW), Estados Unidos de América (102 GW), Canadá (82 GW) e India (50 GW) siendo así los cinco primeros. Japón y Rusia están justo detrás de la India, seguidos por Noruega (33 GW) y Turquía (31 GW).

**La energía hidroeléctrica en México**

De acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2011), los recursos hidráulicos mundiales representan un potencial de energía por aprovechar que se estima en 36 000 TWh; sin embargo, el margen de aprovechamiento que

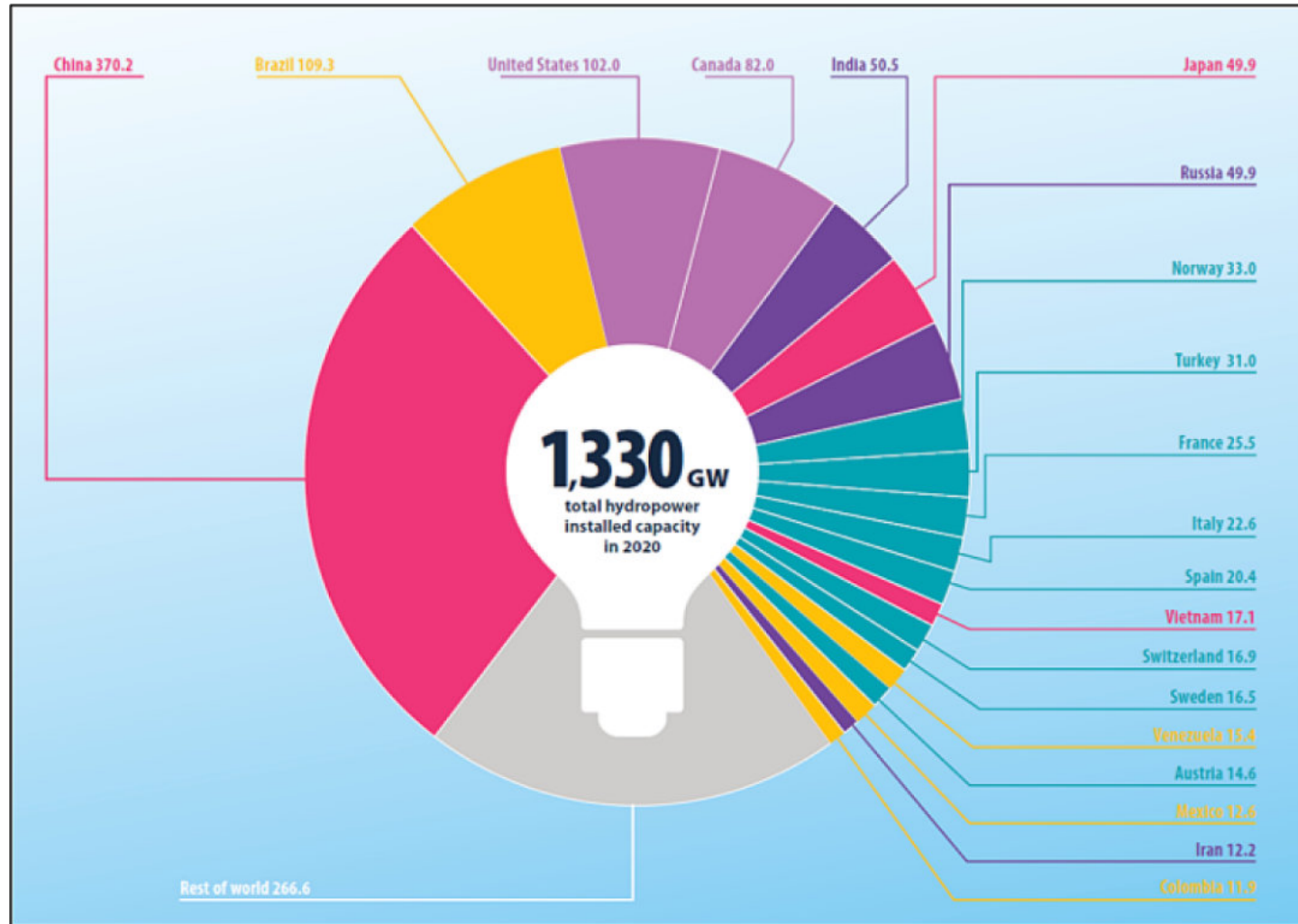


Figura 4: Top 20 países productores de energía hidroeléctrica y su capacidad instalada en 2020  
Tomada de: International Hydropower Association (IHA) (2021).

se tiene estimado es de 15 000 TWh (al año 2011); de este valor, aproximadamente el 1% es el potencial calculado para México, es decir, 159 TWh anuales.

El proyecto con mayor desarrollo hidroeléctrico de México después de 1937, con 4 800 MW, se localiza en la cuenca del río Grijalva y está integrado por las centrales Angostura (Belisario Domínguez), Chicoasén (Manuel Moreno Torres), Malpaso (Netzahualcōyotl) y Peñitas (Ángel Albino Corzo). El cual a diciembre de 2008 representaba 42.3% de la capacidad hidroeléctrica total en operación.

La tendencia actual es que algunos países en vías de desarrollo, como México, direccionan su parque eléctrico al aprovechamiento del uso de recursos renovables; dicha tendencia ya se observa en algunos países latinoamericanos, como Brasil, Argentina, Venezuela y Colombia; para ello, desde la última década del siglo XX, han realizado significativos esfuerzos, con objeto de lograr un mayor aprovechamiento de sus sectores eléctricos y la generación de progreso.

En México, a partir de 1987, innovando el manejo de las finanzas públicas, se diseñó un nuevo mecanismo de inversión denominado Proyectos de Infraestructura Productiva de Largo Plazo de impacto Diferido en el Gasto, también conocido como Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (Pidiregas), que desde el año 1988, con el gobierno del entonces presidente Carlos Salinas de Gortari, se ha venido utilizando de forma creciente en el sector energético.

Es por ello, que México, siguiendo este esquema, concluyó la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca en noviembre de 2012, un megaproyecto hidroeléctrico, con 750 MW de capacidad instalada y que evidentemente requiere de la participación de la iniciativa privada para salvaguardar las finanzas públicas; buscar invertir el capital privado para luego recuperar la inversión cuando esté generando la central hidroeléctrica.

México debe apostar a la generación de energía por medio de las centrales hidroeléctricas, pues el futuro que se vislumbra viene rodeado de una responsabilidad ambiental en pro de un desarrollo sustentable en ese sentido sobresalen las centrales hidroeléctricas, que en el parque eléctrico mexicano pueden promover el desarrollo sustentable, al ser socialmente aceptables, ambientalmente factibles y económicamente viables, es decir, sustentables. Las centrales hidroeléctricas son el futuro de la generación de energía eléctrica en México, son detonadoras de progreso y desarrollo económico en los lugares de afectación, lo cual, con la política mundial actual y en la lucha contra el calentamiento global, cobra relevancia como la fuente de generación de energía eléctrica en México más fuerte utilizando recursos renovables que no contaminan y no promueven el efecto de gas invernadero.

Las energías renovables no han sido un punto medular en México, sobre todo porque se considera al petróleo como fuente medular de progreso. Un poco más del 85% de la energía consumida en el territorio mexicano proviene de fuentes fósiles. A partir del descubrimiento en los años setenta del yacimiento petrolero Cantarell, las centrales termoeléctricas se volvieron rentables y disminuyó el interés en las centrales que utilizaban recursos renovables.

Sin embargo, a partir de la conciencia mundial en torno al llamado cambio climático, se ha detonado el interés por el desarrollo de centrales hidroeléctricas debido a que no usan combustibles fósiles. De las centrales que utilizan recursos renovables con las que México genera energía eléctrica, las más factibles son las centrales hidroeléctricas. La historia muestra que la ingeniería mexicana ha buscado un crecimiento en el aprovechamiento del recurso hídrico, pero México todavía depende en gran medida de centrales que utilizan combustibles fósiles; sin embargo, la política actual es buscar un desarrollo sustentable.

### Bibliografía

Endesa Fundación. (S/n). Central hidroeléctrica. septiembre 10, 2021, de Endesa Fundación Sitio web: <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-hidroelectrica>

Enel Green Power. (S/n). Central hidroeléctrica. septiembre 10, 2021, de Enel Green Power Sitio web: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/central-hidroelectrica>

Enel Green Power. (S/n). Embalse. septiembre 10, 2021, de Enel Green Power Sitio web: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/embalse>

Enel Green Power. (S/n). La energía hidroeléctrica. Septiembre 10, 2020, de Enel Green Power Sitio web: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica>

Enel Green Power. (S/n). Presa. septiembre 10, 2021, de Enel Green Power Sitio web: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/presa>

IBERDROLA. (S/n). ¿Sabes cómo funcionan las centrales hidroeléctricas? septiembre 12, 2021, de IBERDROLA Sitio web: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-hidroelectrica>

IBERDROLA. (S/n). CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BOMBEO. septiembre 12, 2021, de IBERDROLA Sitio web: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/central-hidroelectrica-bombeo>

International Hydropower Association (IHA). (2021). 2021 Hydropower Status Report. septiembre 10, 2021, de International Hydropower Association (IHA) Sitio web: <https://www.hydropower.org/publications/2021-hydropower-status-report>

Ramos-Gutiérrez, M & Montenegro-Fragoso, M. (junio 2, 2012). Las centrales hidroeléctricas en México: pasado, presente y futuro. Septiembre 10, 2021, de Tecnología y Ciencia del Agua Sitio web: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/09/Las-centrales-hidroel%C3%A9ctricas-en-M%C3%A9xico-pasado-presente-y-futuro.pdf>

Zúñiga, J. (2018). Energía Hidráulica. Septiembre 10, 2021, de Slideplayer Sitio web: <https://slideplayer.es/slide/12147636/>

## LAS ROCAS OOLÍTICAS COMO ALMACENADORAS DE HIDROCARBUROS (parte 1).

Reporte compilado por  
**Luis Angel Valencia Flores**  
Editor de la revista

De los yacimientos más complicados de analizar y de entender respecto a sus características geológicas internas, así como sus propiedades de almacén y flujo, están los productores en facies geológicas de bancos oolíticos, estos yacimientos son explotados en México y en muchas ocasiones tienen hidrocarburos de excelente calidad, sin embargo es complicado entenderlos en su totalidad, ya sea por su naturaleza de depósito tan errática o cambios bruscos de litología, los yacimientos en facies de bancos oolíticos merecen mucha atención en el momento de su explotación, así mismo, su desarrollo desde el punto de vista operativo debe estar fundamentado en un análisis detallado e integral. El entendimiento de la capacidad de almacenamiento y flujo de hidrocarburos a través de rocas carbonatadas de tipo oolíticas puede llegar a ser bastante complejo. México tiene a lo largo de su territorio importantes yacimientos de bancos oolíticos de edad Jurásico Superior Kimmeridgiano.

Cuando se desarrolla un campo petrolero, al perforar pozos se recurre a un espaciamiento entre ellos que obedece a radios de drenaje, sin embargo, en rocas oolíticas esto puede cambiar, debido a que sus variaciones laterales y verticales del yacimiento influyen directamente en la capacidad de almacenamiento y flujo. Dichas variaciones pueden ser consecuencia de las condiciones del medio geológico en donde se depositaron los sedimentos originales o de los procesos diagenéticos generados durante y después de la formación de la roca.

Se define a los bancos oolíticos como rocas sedimentarias formadas por oolitas u ooides, depositados en zonas marinas someras de alta energía. Las oolitas son granos esféricos compuestos de capas radiales-concéntricas, formadas alrededor de un núcleo constituido ya sea de un fósil, intraclasto, grano lítico o pellet; su tamaño varía de 0.25 a 2 milímetros de diámetro. El tamaño de la oolita refleja el tiempo que han estado expuesta al agua antes de cubrirse con sedimentos posteriores (Halley, et al., 1983). Los bancos oolíticos se encuentran comúnmente en estructuras que se asemejan a las "dunas de arena", limitados horizontalmente por cambios laterales de facies, (Figura 1).

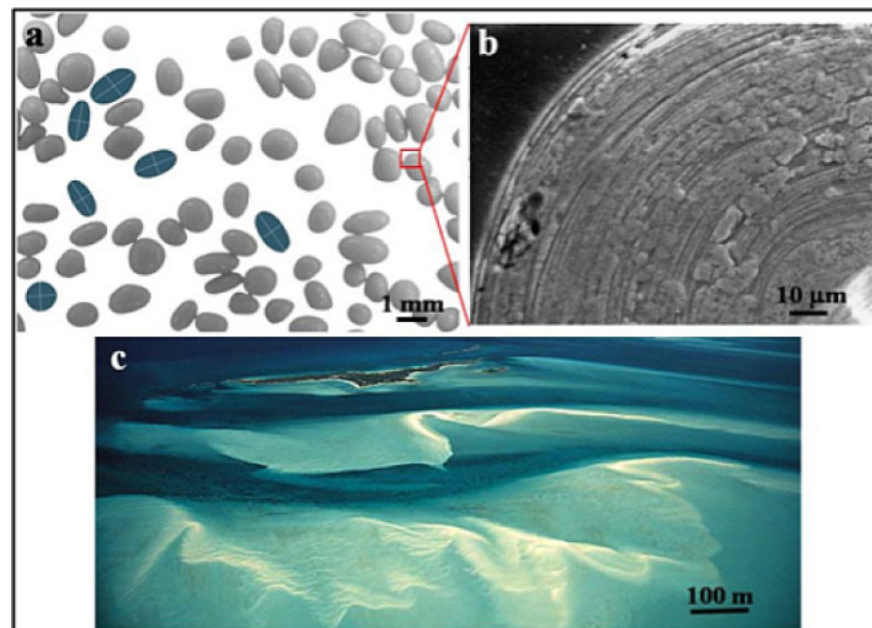


Figura 1. a.- geometría de las oolitas; b.- capas radiales concéntricas; c.- depósito de bancos oolíticos actuales en las Bahamas. Tomado de Andras. S., Scientific Reports volume 8, Article number: 1758 (2018).

En la Sonda de Campeche, México, la perforación de pozos petroleros ha permitido el conocimiento de la columna sedimentaria del Jurásico Superior. En ella se encuentran representadas las rocas del Oxfordiano, Kimmeridgiano y Tithoniano, constituidas por rocas carbonatadas terrígenas, cuyo depósito tuvo lugar en un marco transgresivo. Durante el Oxfordiano y Kimmeridgiano prevalecieron medios de depósito marinos someros, mientras que en el Tithoniano dominaron aquellos de aguas profundas. En el Kimmeridgiano existieron condiciones ambientales que favorecieron la existencia de una franja oolítica, donde los procesos diagenéticos principalmente el de dolomitización propiciaron el incremento de la porosidad, característica de vital importancia para la acumulación de hidrocarburos (Ángeles, A., 1996).

La presencia de los bancos oolíticos está bien estudiada en el Golfo de México y está íntimamente relacionada al marco tectónico de la región, así como a la energía del medio ambiente de depósito, a continuación, se observa la paleogeografía de los cuerpos de bancos oolíticos depositados (Figura 2).

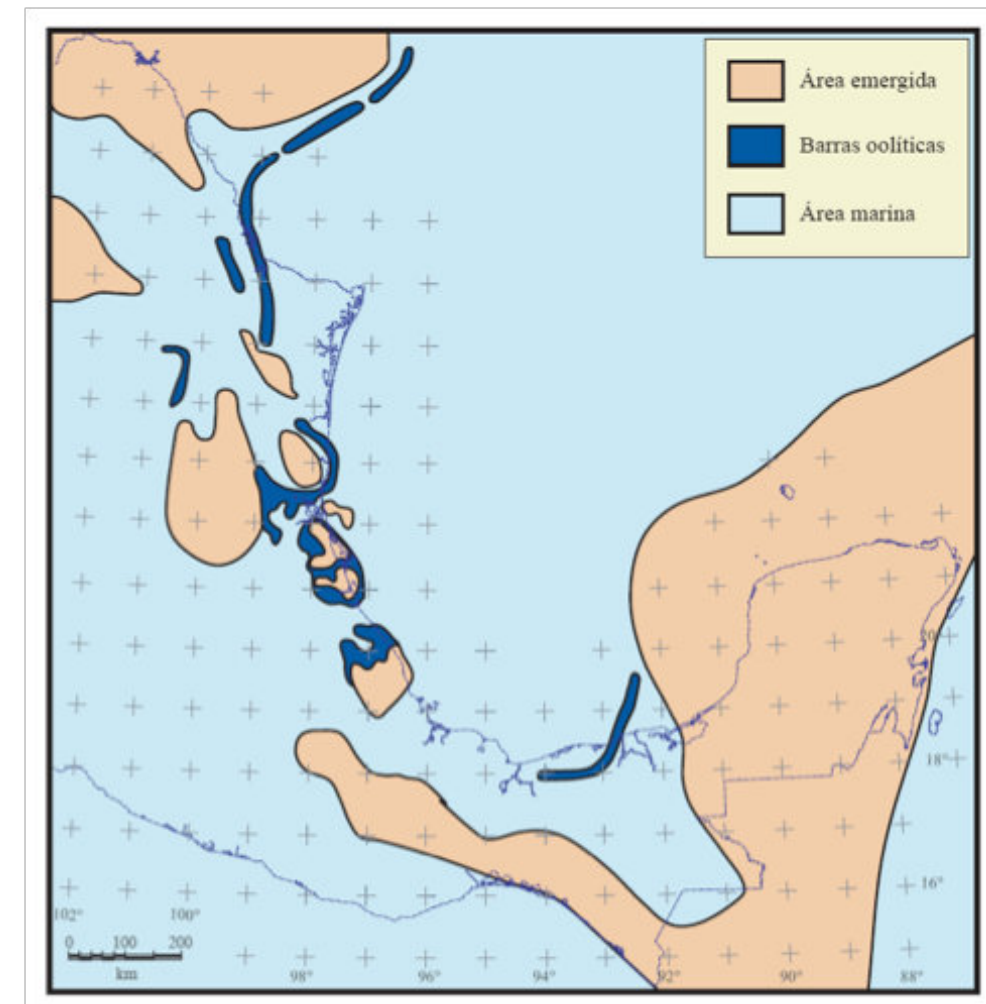


Figura 2. Muestra la Paleogeografía del Kimmeridgiano temprano en México. Tomado de Padilla y Sánchez, 2007.

El modelo de depósito que se ha interpretado para la zona de estudio corresponde a una rampa somera distalmente pronunciada con el desarrollo de bancos oolíticos. Esta rampa es similar a la del Jurásico Superior del norte del Golfo de México (estratos de Smackover). Para el Kimmeridgiano las extinciones orgánicas, así como los factores climáticos fueron los principales factores para el desarrollo masivo de oolitas. El decremento en la producción de  $\text{CaCO}_3$  y el cambio de perfil de la línea de costa a condiciones de mar abierto propició la ausencia de las plataformas con bordes y el desarrollo de las rampas (Burchette y Wright, 1992).

En el Estudio Estratigráfico del Jurásico Superior en la Región Marina de Campeche, se propuso el nombre formacional de "Akimpech" para incluir a todas aquellas rocas del Jurásico Superior Kimmeridgiano dividiéndola en cuatro miembros "B, C, D, E" con las siguientes características Litológicas (Figura 3).

CRONOESTRATIGRAFIA		LITOESTRATIGRAFIA		COLUMNA ESTRATIGRAFICA
PERIODO	EDAD			
JURASICO SUPERIOR	TITHONIANO	FORMACION EDZHA	H G F	
	KIMMERIDGIANO	FORMACION AKIMPECH	E D C B	
OXFORDIANO	GRUPO EK-BALAM	A		

Figura 3. Tabla Estratigráfica que indica la distribución de las ocho litofacies que conforman el Jurásico Superior en Campeche: A) Arenas, limos y arcillas, B) Limos y arcillas, C) Calizas dolomitizadas, D) Limos y lutitas algáceas, E) Calizas oolíticas dolomitizadas, F) Calizas arcillosas con radiolarios, G) Lutitas calcáreas, H) Calizas arcillosas con tintínidos. Tomado de Angeles. A., 1996.

**Miembro Terrígeno "B".**

Esta unidad la constituyen principalmente limolitas y lutitas arenosas bentoníticas, con esporádicas intercalaciones delgadas de Areniscas y Microdolomías bentoníticas con Anhidrita, que en su origen fueron packstones de ooides y peletoides.

**Miembro Calcáreo "C".**

Este miembro está constituido principalmente por sedimentos carbonatados; representados por Dolomías microcristalinas y Dolomías mesocristalinas, packstones de peletoides con dolomitización incipiente e intercalaciones aisladas de limolitas y lutitas limosas y arenosas de color gris olivo.

**Miembro Algáceo "D".**

Se encuentra constituido principalmente por sedimentos terrígenos arcillosos, con algunas intercalaciones de carbonatos. Los terrígenos son limolitas y lutitas arenosas con abundante materia orgánica, principalmente de tipo algáceo, los carbonatos son dolomías microcristalinas y calizas grumosas recristalizadas con pelletoides.

**Miembro Oolítico "E".**

Este miembro está constituido litológicamente por Dolomías mesocristalinas, que en su origen fueron wackestones y packstones de ooides. Es importante mencionar que la subdivisión en Unidades: "B", "C", "D", "E" para el Jurásico Superior Kimmeridgiano, propuesta por Ángeles (1998) es válida en algunas partes de la Región Marina de Campeche, debido a que existen áreas en donde toda la columna puede estar constituida por alternancias de terrígenos y carbonatos o por carbonatos con aloquímicos (ooides, peloides, intraclastos o fósiles), dependiendo del lugar en donde nos encontremos, ya que de manera general, para el Jurásico Superior Kimmeridgiano predominan los carbonatos hacia el extremo occidental del Golfo de México (desarrollo de los bancos oolíticos) y los terrígenos en la parte oriental. Durante el Jurásico Tardío Kimmeridgiano se desarrollaron en el Golfo de México, áreas de bancos oolíticos, Pre-Banco, Post-Banco y áreas de Laguna, con influencia de terrígenos, por lo tanto, tenemos cambios de facies tanto en espacio como en tiempo. A continuación, se ilustra la morfología conceptual de los bancos oolíticos, así como su ubicación dentro de un ambiente de alta energía (Figura 4).

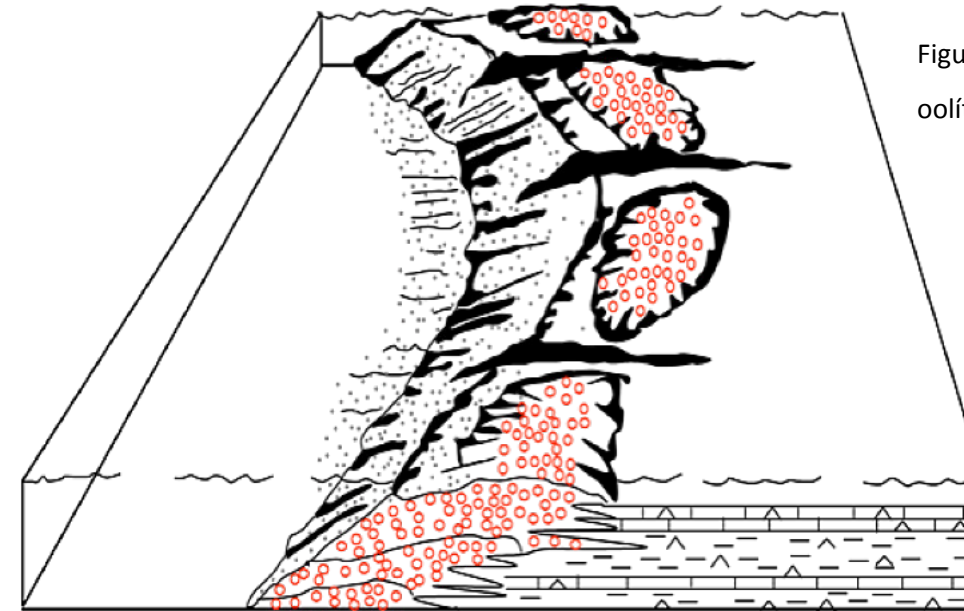


Figura 4. Modelo conceptual de bancos oolíticos. Tomado de Ángeles. A., 1996.

Tomando como referencia la actual desembocadura del Río Grijalva, se tiene determinado que para el Jurásico Superior Kimmeridgiano del Golfo de México, una serie de ambientes sedimentarios se encuentran formando franjas con dirección NE-SW, localizándose los ambientes más someros hacia la porción oriental y los más profundos en la occidental, esto es debido a una transgresión marina que se inició en esa región y siempre tuvo una dirección NW-SE.

Se ha encontrado que, en la porción occidental debido a la deformación salina Pre-Jurásica, se originaron para el Jurásico Superior Kimmeridgiano una serie de altos que dieron origen a los desarrollos de los cuerpos oolíticos, esto es debido a que se tuvieron condiciones de alta energía.

El ambiente del banco oolítico que se desarrolló en la porción occidental corresponde a un borde de plataforma carbonatada, mientras que hacia la porción oriental se desarrollaron otro tipo de ambientes sedimentarios, en donde se tuvo influencia de terrígenos (ambiente lagunar).

El ambiente de banco oolítico presenta cambios de facies hacia ambos lados, habiéndose desarrollado dos franjas paralelas a estos bancos y que corresponden a los ambientes de post-banco oolítico que se tiene hacia el ambiente lagunar y el de pre-banco oolítico hacia el lado occidental correspondiente a un ambiente Intraplataformico.

Hasta el momento se ha descrito de manera general las características de las rocas oolíticas, así como su ambiente de depósito en el Golfo de México, en la siguiente entrega de esta revista se detallarán las características petrofísicas y de almacenamiento, que hacen de estas rocas unos excelentes yacimientos de petróleo.

**Reporte compilado por: Luis Angel Valencia Flores, Editor de la revista.**

AAPG MEMOIR 33, Carbonate Depositional Environments: Edited by Peter A. Acholle, don G. Bebout, and Clyde H. Moore. Angeles, A., 1988. Estudio estratigráfico-sedimentológico del Jurásico Superior en la Sonda de Campeche, México. Revista de Ingeniería Petrolera, V. XXVIII, No. 1.

Angeles, A., 1990. Unidades litoestratigráficas del Jurásico Superior en la Sonda de Campeche. Resumen de la X convención geológica nacional de la Sociedad Geológica Mexicana.

Angeles, A., 2006, Monografía Petrolera de la Zona Marina: Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros AMGP.

Padilla, S., 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, núm. 1.

# TECNOLOGÍA CENTROS



## INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas (CIGA), es una institución creada por la Universidad Autónoma de Coahuila, con el objeto de desarrollar líneas de investigación de frontera y aplicadas, así como el de prestar servicios en geociencias y afines, paralelamente con la formación de recursos humanos de alto valor agregado, mediante posgrados, diplomados, especialidades y cursos de capacitación a fin de lograr consolidar la investigación y el desarrollo de los sectores inmersos en la exploración y explotación de los recursos naturales no renovables.

Para esto, el CIGA cuenta con laboratorios especializados, para soporte de las actividades de investigación y posgrado, que apuntalan al CIGA como una institución capaz de desarrollar servicios científicos necesarios para todos los sectores nacionales e internacionales, con el fin de generar conocimiento de frontera y formación de recursos humanos de calidad.

Nuestra Misión es apoyar la investigación de frontera en geociencias, a través de líneas de investigación, posgrados, capacitación y servicios tecnológicos o de investigación aplicada.

Nuestra Visión: Para el año 2025 somos una institución innovadora y de vanguardia con reconocimiento nacional e internacional por sus productos de investigación de frontera y la calidad de sus servicios de posgrado, siendo la primera entidad en su tipo, orientada a la investigación multidisciplinaria en yacimientos de hidrocarburos no convencionales, que genera, difunde e intercambia información y conocimiento, además de formar científicos y técnicos altamente especializados.

## ALCANCE

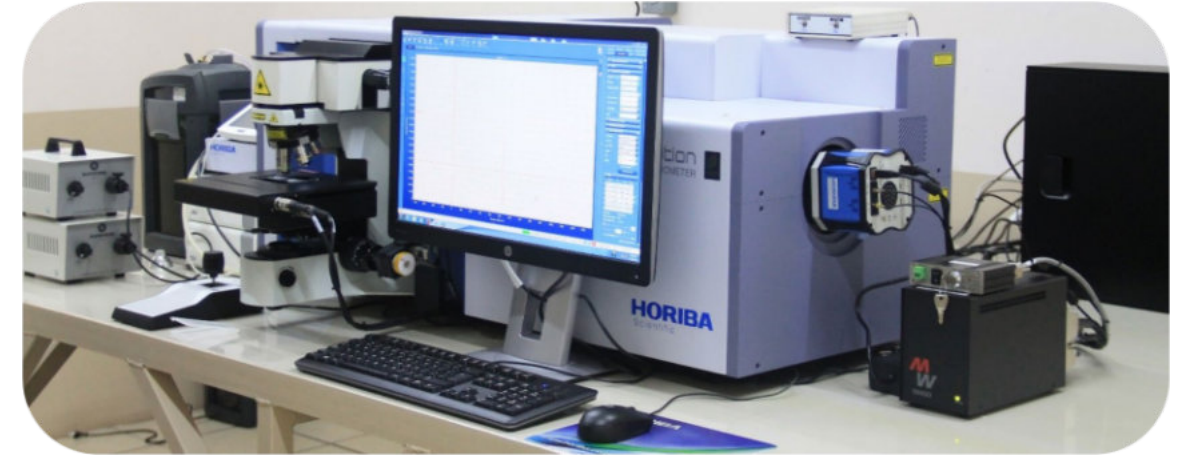
Gracias a la autonomía de la que goza la universidad, el alcance de nuestros servicios es global, donde podemos atender cualquier necesidad vía remota o mediante un desplazamiento físico sin restricción alguna.

## ACREDITACIONES

Nuestros laboratorios se encuentran certificados bajo la norma ISO 9001-2015.

Además, la Universidad Autónoma de Coahuila cuenta con la certificación de Empresa Socialmente Responsable (ESR).

## LABORATORIO DE ESPECTROSCOPIA RAMAN



El Laboratorio de Espectroscopia Raman del CIGA, ofrece el servicio de análisis estructural que consiste en una técnica no destructiva para la caracterización de una amplia gama de minerales, compuestos y materiales.

La espectroscopia Raman es aplicable a todo tipo de muestras, tanto sólidas como líquidas y disoluciones acuosas. En geología, mineralogía y exploración de yacimientos petroleros, con la ayuda de una platina termo barométrica Linkam, aplicamos esta técnica, para la identificación y caracterización de compuestos en fases cristalinas, minerales e inclusiones fluidas n-dimensionales, que muestran las condiciones físicas y químicas de la circulación de geo fluidos, en el tiempo geológico.

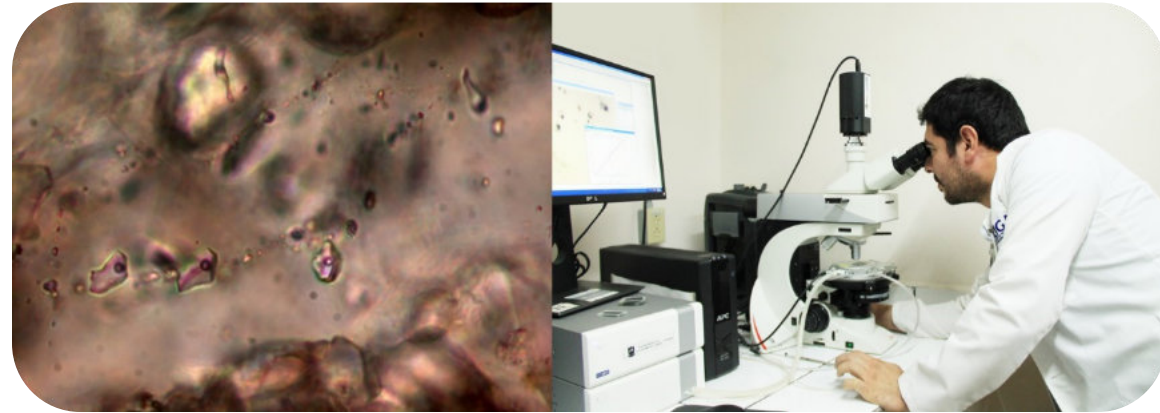
### Usos y aplicaciones

- Identificación de materiales orgánicos e inorgánicos
- Determinación de tamaño de partículas y su distribución
- Identificación de fases cristalinas
- Análisis confocal y mapeo en 2D y 3D para identificación de inclusiones de líquidos y gases
- Análisis cuantitativo de materiales
- Análisis de la molalidad en fluidos y gases de inclusiones fluidas
- %wt de cloruros en salmueras de inclusiones fluidas

### Equipos

- Confocal Raman Microscope LabRAM HR Evolution VIS, (HORIBA® Jobin Yvon)
- Laser 532nm excitation line kit: LK532-50-VE-LR (HORIBA® Jobin Yvon)
- XY mapping Stage 75x50: High accuracy computer controller motorized (HORIBA® Jobin Yvon)
- Computer controlled Heating and Cooling stage: Temperature range: -196C to 600C, (Linkam® THMSG 600)
- Software Linksys®

**LABORATORIO DE INCLUSIONES FLUIDAS**



El Laboratorio de Inclusiones Fluidas del CIGA, cuenta con la tecnología de microtermometría y petrografía de inclusiones fluidas, que permite realizar el análisis de los fluidos atrapados en la roca, para determinar el origen y la historia geológica de un yacimiento.

El laboratorio de inclusiones fluidas del CIGA (LIF), se especializa en el análisis de fluidos atrapados en la roca, con un enfoque que le permite determinar el origen y la historia geológica de las rocas y los fluidos. Con esta técnica, el CIGA desarrolla proyectos de caracterización, análisis y modelado de inclusiones fluidas, que se aplican comúnmente en el estudio y exploración de depósitos minerales; en investigaciones geotérmicas; en exploración petrolera; en petrología metamórfica, magmática y sedimentaria; en investigación sobre las relaciones entre la circulación de fluidos y las estructuras tectónicas, etc.

Los fluidos más comunes, atrapados durante la historia de la tierra en pequeñas inclusiones, generalmente microscópicas, en minerales son: soluciones acuosas con salinidad variable, que contiene fases volátiles (principalmente CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub> en diferentes proporciones) y/o hidrocarburos. Por lo tanto, los análisis de inclusiones de fluidos pueden proporcionar información fundamental sobre la naturaleza física y química del fluido presente en el pasado en diversos entornos geológicos.

**Usos y aplicaciones**

- Petrografía de inclusiones fluidas.
- Microtermometría de inclusiones fluidas
- Microanálisis de inclusiones fluidas
- Petrografía orgánica y fluorescencia

**Equipos**

- Microscopio Óptico (Leica® DM 2700P)
- Lámpara de Fluorescencia UV
- Platina Termométrica (Linkam® THMSG 600)
- Software Linksys®



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOCIENCIAS APLICADAS**

Universidad Autónoma de Coahuila  
Calle 5 de febrero #303-A esq. Con Blvd. Simón Bolívar  
Col. Independencia  
C.P. 26830  
Nueva Rosita, Coahuila., México.

**Página web:**

<http://www.portalciga.com>

**ADMINISTRACIÓN**

DR. LUIS FERNANDO CAMACHO ORTEGÓN  
Director General

DR. JUAN JOSUÉ ENCISO CÁRDENAS  
Subdirector Administrativo

DR. ARTURO BUENO TOKUNAGA  
Coordinador del Departamento de Investigación y Posgrado

DR. DIEGO MARTÍNEZ CARRILLO  
Subcoordinador del Departamento de Investigación y Posgrado

LIC. MELISSA RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ  
Coordinadora del Departamento de Administración de Servicios, Proyectos y Vinculación

LIC. ADRIANA PLAZA MONSIVÁIS  
Coordinadora del Departamento de Adquisiciones

**INVESTIGADORES**

DR. ARTURO BUENO TOKUNAGA

DR. DIEGO MARTÍNEZ CARRILLO

DR. LUIS FERNANDO CAMACHO ORTEGÓN

DR. JUAN JOSUÉ ENCISO CÁRDENAS

DR. SAMUEL CHACON DE LA ROSA

MC. ALAN OMAR AYALA REYES

MC. SUSANA LIZBETH MATERANO ESCALONA

MC. GENARO DE LA ROSA RODRIGUEZ

# PERFIL PROFESIONAL

## James Pindell

James Pindell took an early interest in plate tectonics while completing a B.A. at Colgate University and continued with an M.S. at SUNY Albany in 1981 on the reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean regions under the incomparable supervision of John Dewey and Kevin Burke. Jim then spent a year in the research arm of Pennzoil in Houston before heading to Durham University in England to complete a Ph.D. in 1985 under John Dewey and Walter Pitman. There, he refined his plate tectonic model for the opening of the Atlantic Ocean basins and the Gulf of Mexico, and the insertion from the Pacific of the Caribbean oceanic crust (Pindell, 1985; Pindell et al., 1988; Pindell and Barrett, 1990; Pindell and Kennan, 2001). This model is now widely recognized as providing the framework for assessments of more local geology across the region (e.g., Pindell and Kennan, 2009; Pindell et al. 2016).

Jim's thesis contributions include: the reconstruction of Atlantic opening history using SEASAT and GEOSAT data sets; the reconstruction of the Alleghanian Orogen through western Pangea; the definition of the two-stage evolutionary model for the Gulf of Mexico, that is, Early and Middle Jurassic northwest-southeast synrift extension followed by mainly Late Jurassic counter-clockwise rotational drift of Yucatan; the recognition of the western GoM as a transform margin; the depiction of the Trinidad-Guyanas margin as a Jurassic, mainly transcurrent continent-ocean margin; the synthesis of plate kinematic and geologic data requiring an Early Cretaceous Pacific origin for most of the Caribbean oceanic crust; the realization that the Bahamas, Yucatán, and northern South America were passive margins through the Cretaceous, and that a "Proto-Caribbean Seaway" or arm of the Atlantic existed between them at that time; the documentation of the relative advance of the Pacific-derived Caribbean plate between the Americas by tracking the eastward-younging development of Caribbean foredeep sections above the American passive margin sections; and the proposal of a two-stage opening history for the South Atlantic in which Africa behaved in the Early Cretaceous as two or possibly three subplates. But the primary underpinning for several of these advances was the drastic (400 km) tightening of the Bullard

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



reconstruction along the Equatorial Atlantic (Pindell and Dewey, 1982; Pindell, 1985). This placed South America 700–800 km closer to North America in the Permian–Triassic, which fundamentally altered our perception of the plate kinematic framework between North and South America during the Triassic–Late Cretaceous, and severely challenged all previous evolutionary models for the Gulf of Mexico.

Professionally, Jim has been fortunate to work with a number of first-rate students and colleagues and has maintained a hand in academia via a series of research appointments at Lamont-Doherty Earth Observatory, Dartmouth College, Oxford University, Rice University, and Cardiff University, the latter two of which are current. In addition, in 1986, Jim formed the exploration research company Tectonic Analysis Inc. to facilitate consortium-style research projects with the oil industry, and in this way began a career-long campaign to document Jim's early interpretation that northern South America was a genuine Jurassic–Cretaceous passive margin with which the Caribbean Plate collided obliquely and diachronously from west to east during Cenozoic time.

Tectonic Analysis thus completed multiple long-term research programs with Ecopetrol (Colombia), PDVSA (Venezuela), Petrotrin (Trinidad and Tobago), and Pemex (Mexico), all funded by industry. Curtis Archie, Julio Cristancho, Jim Granath, Josh Rosenfeld, J. Antonio Escalera, Hans Krause, Roger Higgs, Dick George, John

Frampton, Barry Carr-Brown, Bob Erlich, Lorcan Kennan, Alfredo Guzman, Ernesto Miranda, and Jaime Patiño played various instrumental roles in these programs. It is largely from these programs, which integrated and synthesized NOC and Ministry subsurface data with plate tectonic modeling, field work, and lab analyses, that our working models for the evolution of these countries have largely been developed, in tune with the regional Gulf of Mexico and Caribbean plate model (e.g., Pindell et al., 2005). In Trinidad, Sam Algar (Dartmouth College Ph.D. student) dispelled the long-held belief that the Northern Range had undergone Cretaceous orogeny, and in Eastern Venezuela, Johan Erikson (Dartmouth College Ph.D. student) documented passive margin stratigraphic development and relative sea level history from Cretaceous to Eocene time. Tomas Villamil (postdoc) and Claudia Arango determined similar Cretaceous histories from field efforts in Colombia and western Venezuela. From study of these nearly unique exposed Cretaceous passive margin settings, we collectively argued, in keeping with the more theoretical work of Walter Pitman and John Dewey, that eustatic sea level behavior during non-glacial (e.g., Cretaceous) and non-tectonic (passive margin) times lacks high-frequency and large-magnitude (i.e., traditional 3rd order) cyclicity (Pindell and Drake, 1998). In addition, Jim and Roger Higgs focused their field efforts on the palinspastic restoration, Cenozoic arc-continent interactions, and Caribbean foredeep development in northern South America (Pindell et al., 1998). Ken Tabbutt (Dartmouth College postdoc) helped to take that story, and others, farther down the Andes (Pindell and Tabbutt, 1995).

In 1999–2002, Jim developed the Tectonic Analysis Exploration Framework Atlas Series volumes 1–5 with the talented Lorcan Kennan, now at Shell Research. These atlases derived largely from the various national programs and provided concise paleotectonic and paleogeographic summaries and basin assessments for the Andes, Colombia, Venezuela, Trinidad and Tobago, and the Gulf of Mexico–Mexico. Further field and subsurface studies continued with Lorcan Kennan and Roger Higgs through 2008, primarily in Eastern Venezuela, Trinidad, and Barbados, along with progressive upgrades to the original exploration framework atlases.

Since 2010, Jim has focused on Mexico–Central America with Roberto Molina, Uwe Martens, Rod Graham, Diego Villagomez, Gary Gray, Tim Lawton, Bodo Weber, Maria Sierra, Steve Cossey, Henry Coombs, Danny Stockli, and Paul O'Sullivan through his "Cordilleran" industrial research consortium. Also, since 2010, Jim has addressed the processes of rifting and the mapping of crustal architecture in the Gulf of Mexico, the South Atlantic, the SE Caribbean, Panama, and Suriname with colleagues at ION Geophysical (Brian Horn, Adrian McGrail, Ed Haire, Kyle Reuber, Antara Goswami, and Barbara Radovich).

Finally, Jim has assisted with a range of other ongoing academic efforts, such as constraining the origin and migration history of Isla Margarita (southeast Caribbean) with Walter Maresch; gleaming the origins of the Caribbean arcs and oceanic plume with Andrew Kerr, Iain Neill, Douwe van Hinsbergen, and Lydian Boschman; constraining the basements and evolution of Florida, the Bahamas and northern Cuba with Bob Erlich, Paul Crevello, Manuel Iturralde, and Antonio Garcia-Casco; assisting with the interpretation of the Bolivar seismic reflector and refraction experiment in Venezuela and Trinidad with Alan Levander, Hans Avé Lallemand, Gail Cristeson, Jim Wright, and Michael Schmitz; and co-leading a western Alps field trip with Rod Graham for the Nautilus training program.

### Selected Publications

- Pindell, J. L., 1985, Alleghanian reconstruction and the subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean Sea: *Tectonics*, v. 4, p. 1–39.
- Pindell, J. L., and S. F. Barrett, 1990, Geologic evolution of the Caribbean region: A plate-tectonic perspective, in J. E. Case and G. Dengo, eds., *The Caribbean region: GSA Decade of North American Geology H*, p. 405–432.
- Pindell, J. L., S. Cande, W. C. Pitman III, D. B. Rowley, J. F. Dewey, J. LaBrecque, and W. Haxby, 1988, A plate-kinematic framework for models of Caribbean evolution: *Tectonophysics*, v. 155, p. 121–138.
- Pindell, J. L., and J. F. Dewey, 1982, Permo-Triassic reconstruction of Western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region: *Tectonics*, v. 1, p. 179–212.
- Pindell, J. L., and C. C. Drake, 1998, Paleogeographic evolution and non-glacial eustasy, northern South America: *SEPM Special Publication 58*, 324 p.
- Pindell, J., M. C. Ernesto, A. Cerón, and L. Hernandez, 2016, Aeromagnetic map constrains Jurassic–Early Cretaceous synrift, break up, and rotational seafloor spreading history in the Gulf of Mexico, in C. Lowery, J. Snedden, and N. C. Rosen, eds., *Mesozoic of the Gulf Rim and beyond: New progress in science and exploration of the Gulf of Mexico basin: Transaction of the GCSSEPM Perkins-Rosen Research Conference 35*, p. 123–153.
- Pindell, J. L., R. Higgs, and J. F. Dewey, 1998, Cenozoic palinspastic reconstruction, paleogeographic evolution, and hydrocarbon setting of the northern margin of South America, in J. L. Pindell and C. L. Drake, eds., *Paleogeographic evolution and non-glacial eustasy, northern South America: SEPM Special Publication 58*, p. 45–86.
- Pindell, J. L., and L. J. G. Kennan, 2001, Kinematic evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean, in R. Fillon, ed., *Transactions: 21st Bob Perkins GCSSEPM Research Conference*, p. 193–220.
- Pindell, J. and L. Kennan, 2009, Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: An update, in: K. H. James, M. A. Lorente, and J. L. Pindell, eds., *The origin and evolution of the Caribbean plate: Geological Society (London) Special Publication 328*, p. 1–54.
- Pindell, J. L., L. J. G. Kennan, W. Maresch, K. Stanek, and R. Higgs, 2005, Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions, and tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins, in H. G. A. Lallemand and V. B. Sissons, eds., *Caribbean–South American plate interactions, Venezuela: GSA Special Publication 394*, p. 7–52.
- Pindell, J. L., and K. D. Tabbutt, 1995, Mesozoic–Cenozoic Andean paleogeography and regional controls on hydrocarbon systems, in A. J. Tankard, S. R. Suárez, and H. J. Welsink, eds., *Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62*, p. 101–128.

# MUJERES EN LAS GEOCIENCIAS

## Josefa Cuevas de Sansores: La primera geóloga mexicana: (1920-2010)

Muy poca gente sabe que en el 2010 murió a los 90 años de edad, en el estado de Morelos, donde vivía con su marido desde su jubilación de PEMEX, doña Josefa Cuevas de Sansores, la primera geóloga mexicana.

Históricamente, hasta hace menos de medio siglo la actividad científica había sido una empresa exclusivamente masculina, y las pocas mujeres que la practicaban eran excluidas de los círculos científicos establecidos. La imagen popular de la científica ha sido Marie Curie, una abnegada mujer que se sacrificó por la ciencia y por la sociedad. Las biografías resaltan los obstáculos que tuvo que enfrentar por ser mujer y las vicisitudes de su vida de casada, dejando un poco de lado los aspectos científicos de su notable trabajo.

Cuando más mujeres empezaron a destacar, sólo llegaban al público los pormenores de las vidas de las ganadoras del Nobel, unas cuantas: con determinación férrea, a menudo sacrificando su vida emotiva o amorosa. Eran aceptadas sólo a la sombra de un gran hombre o incluso mencionadas por haber sido despojadas del reconocimiento que merecían. Pero esta es una porción mínima de las mujeres en la ciencia; no conocemos nada del resto.

Si estamos convencidos de la importancia de que más mujeres se desarrollen en el campo de la ciencia y la tecnología, ¿cómo pueden enterarse las jóvenes del inmenso panorama científico que se abre ahora para ellas? Una de las muchas maneras es fomentar en las jóvenes la vocación científica mediante el contacto con las historias de las científicas de vida “común y corriente”, mujeres de profesión y de familia, de un entorno compartido, que contribuyeron y contribuyen al conocimiento científico. Una de ellas es la primera ingeniera geóloga mexicana: Josefa Cuevas.



### La inclinación por la ingeniería

Josefa Cuevas nació en la ciudad de Mérida el 24 de marzo de 1920, la menor de cuatro hermanas. Su madre fue la profesora Andrea Aguilar Argüello (graduada en 1929 en la especialidad de Instrucción Primaria Inferior y Superior), fundadora de varios jardines de niños en Yucatán, uno de los cuales lleva actualmente su nombre. La profesión del magisterio confería, todavía entrado el siglo XX, un cierto prestigio, y en el caso de las mujeres que la ejercían se añadía al aura de intelectualidad la percepción de una voluntad personal para formar ciudadanos valiosos. Dos de las hijas de la profesora Aguilar fueron maestras normalistas, y seguramente el ambiente familiar inspiró a la más pequeña, desde siempre muy inquieta y adelantada a su época, el gusto por el estudio.

En su ciudad natal la joven estudió primaria, secundaria y preparatoria. En esa época la preparatoria tenía un tercer año de especialidad y ella lo hizo en derecho. Sin embargo, decía doña Josefa, “...quiso la vida que me enamorara de un ingeniero y me casara con él, de modo que volví a la preparatoria e hice la Especial de Ingeniería”.

Este comentario revela su facilidad de cambiar diametralmente de campo de estudio, pero está dicho con una modestia conmovedora.

Todos aquellos que odiaron matemáticas y física en la preparatoria coincidirán en que no son disciplinas cuyo estudio se facilite por un estado de enamoramiento, antes al contrario. Y por más que la pareja sea un ingeniero, resulta notable el cambio de disciplina, del derecho a la ingeniería, como si fuera lo más sencillo del mundo. Evidentemente ella tenía todas las posibilidades intelectuales para lograrlo.

Cuando Josefa acabó la preparatoria el joven matrimonio decidió trasladarse a la ciudad de México para estudiar geología. Los ingenieros geólogos son profesionistas esenciales para el desarrollo del país: aplican conocimientos técnicos y científicos para, entre otras muchas labores, descubrir los recursos minerales y localizar los yacimientos de hidrocarburos.

### Estudios en la UNAM

Los esposos Sansores se inscribieron en la Facultad de Ingeniería de la Escuela de Ingenieros de la Universidad Nacional, todavía ubicada en el palacio de Minería. Enrique Sansores Manzanilla era ingeniero civil, así que también para él era un cambio, aunque pudo revalidar algunas materias; en cambio, ella empezó desde cero. Era el año de 1944. En ese entonces muy pocas mujeres estudiaban carreras universitarias: Filosofía y Letras, Derecho, y Medicina a cuentagotas; era verdaderamente excepcional el ingreso de una mujer a Ingeniería, uno de los ambientes más masculinos.

Nos podemos imaginar a la joven estudiante cruzando el patio central del Palacio de Minería, en medio de los chiflidos de los otros alumnos, como siempre ha sucedido, en la Facultad de Ingeniería. Cuando ella ingresó a la Facultad ingresaron otras tres mujeres, pero sólo ella terminó. Josefa Cuevas fue una excelente estudiante. Obtuvo la primera Medalla al Mérito Universitario, por Distinción Escolar, Primer Premio 1947. Por sus méritos académicos uno de sus maestros, el Ing. Teodoro Flores, la recomendó para obtener una plaza de laboratorista en mineralogía y petrografía para las clases de geología. Ayudaba en el cuidado y arreglo de las colecciones de rocas y minerales que entonces tenía la Escuela de Ingenieros.

Su examen profesional fue el 7 de octubre de 1950, con la aprobación unánime y mención honorífica. Sus sinodales

fueron los ingenieros Eduardo Guzmán y Federico Mina, ambos jefes de la Gerencia de Exploración de Pemex, los conocidos maestros Harmión Larios, Manuel Álvarez y Ramiro Robles Ramos, y como Presidente el Ing. Teodoro Flores. Su título tiene fecha del 9 de enero de 1951. Josefa Cuevas se volvió la primera geóloga mexicana.

### El auge de la Geología en México

¿Y cuál era la situación de la geología mexicana? Si bien tiene una larga historia por la importancia de la minería para el país, el despegue de esta rama del conocimiento comenzó en la segunda mitad del siglo XIX, aunque prácticamente subordinada a los estudios mineros. A principios del siglo XX surge la geología petrolera y empiezan a progresar a grandes pasos las ciencias de la Tierra: la geología, la paleontología y la geofísica. En ese entonces las compañías extranjeras impulsan el desarrollo de la industria petrolera, en forma paralela a la geología petrolera. Pero es hasta la expropiación petrolera, en 1938, cuando el estudio de los recursos petroleros tiene un notable avance en casi todo el país. Cuenta E. López-Ramos: “Centenares de brigadas geológicas superficiales recorrieron primero las áreas conocidas con hidrocarburos, como la planicie costera; posteriormente, con la ayuda de la geofísica, se programaron áreas submarinas y después se cubrió casi todo el territorio nacional. Conjuntamente con el avance de los estudios estratigráficos se incrementaron los estudios paleontológicos (micro y microfósiles), así como la paleobotánica.” Asimismo, a principios de los años cuarenta la visión nacionalista posrevolucionaria de la ingeniería civil dirige sus esfuerzos a la construcción de grandes presas y carreteras. En esta actividad la geología aplicada fue fundamental y realizó grandes logros.

“Todo esto fue posible”, continúa López-Ramos, “por la fortuna de contar con grandes recursos económicos, la labor de centenares de geólogos, paleontólogos y geofísicos egresados de las escuelas de geología del país”, los cuales, una vez que cumplieron su tarea y se retiraron de la actividad profesional, “dejaron un testimonio palpable de su actividad profesional a su paso por Petróleos Mexicanos. Debe decirse, definitivamente, que es en la dependencia de Exploración de Petróleos Mexicanos donde se realizan los estudios geológicos más serios y completos.”



La joven y brillante ingeniera geóloga ya desde 1946 trabajaba en el Departamento de Paleontología de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos. Empezó como Ayudante de Paleontólogo y fue ascendiendo en categoría a medida que, como ella dice, “fueron mejorando mis conocimientos” hasta llegar la posición de Paleontólogo Auxiliar A. En el año 1949 fue trasladada a la Zona Sur, que comprendía todo el sureste de México, para hacerse cargo del Laboratorio de Paleontología.

Por las formaciones geológicas que le tocó estudiar, se volvió una experta de la fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, especialmente del terciario. Estudiaba muestras de geología superficial y también del subsuelo, y sus resultados fueron muy apreciados. Tuvo varios ascensos hasta que alcanzó la Jefatura de Paleontología de la Zona, que desempeñó de 1953 a 1966. A mediados de 1966 la transfirieron a Tampico, Zona Norte, con el mismo cargo de Jefe de Paleontólogos. En esa nueva región sus conocimientos se ampliaron con la microfauna de muestras de los estados de Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Baja California, principalmente del Terciario y el Cretácico.

En diciembre de 1969 fue trasladada a la ciudad de México, comisionada en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), como jefe del Departamento de Micropaleontología del Terciario. En el IMP analizó todas las muestras sedimentarias del país, lo que completó aún más su conocimiento de la microfauna y la estratigrafía de México. Se hacían ahí los estudios micropaleontológicos de las muestras y se enviaban los resultados a las zonas respectivas. En su departamento preparaban catálogos de foraminíferos planctónicos y bentónicos, y determinaban sus edades y su ambiente de depósito. Esto permitió establecer unidades estratigráficas que ayudaban a la interpretación de los estudios paleogeográficos y su relación con la presencia de hidrocarburos. Estuvo en el IMP hasta 1978, año en que se jubiló. Hasta 1998 trabajó junto con su esposo como geólogo independiente para

Petróleos Mexicanos, en la capacitación del personal técnico de su Gerencia de Exploración. En esta gerencia organizaban y planeaban estudios, apoyando las iniciativas del personal.

El conocimiento de la naturaleza puede avanzar con grandes saltos que deslumbran o con pasos cortos, constantes y poco aparatosos. La inmensa mayoría de los científicos trabajan en la segunda modalidad, que cultiva las condiciones para que ocurra la primera. Josefa Cuevas dedicó su vida a su profesión sin ser conocida fuera de su ámbito. En 1990 la Sociedad Geológica Mexicana, A.C. le otorgó a Josefa Cuevas de Sansores un diploma en reconocimiento a su labor en beneficio de las Ciencias de la Tierra.

### Conclusión

Mediante este pequeño texto queremos reconocerle también a doña Josefa su condición de pionera de género en una disciplina tradicionalmente masculina. En una historia de vida que parece contradecir la noción de que los lazos de amor son en realidad las cadenas de las mujeres. Esta mujer menudita, cordial, de mirada directa e inteligente, hace gala de su modestia para mostrar que el amor y la profesión no son incompatibles y, con suerte, todo lo contrario.

**Fuente: Ana María Sánchez y Julia Tagüeña**

©Coordinación de Acervos Digitales. Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación -UNAM

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

## Asunción Linares: La Primera Catedrática de Ciencias en España: (1921-2005)



Ha sido totalmente casual leer sobre Asunción Linares, no sabía nada sobre ella y tampoco recuerdo que en las clases de Paleontología ningún profesor nos nombrase a esta científica, pionera en su especialidad y muy relevante para el avance de la Paleontología en España. Parece mentira que una figura tan importante para la ciencia española y gran ejemplo de mujer pionera en su campo sea tan desconocida.

**Asunción Linares Rodríguez** nació en Pulianas (Granada) en 1921, estudió su carrera en los años 40, época en la que se seguía pensando que las ciencias eran cosa de hombres. Se graduó en Ciencias Naturales en 1947 en la Universidad de Madrid (actualmente la Universidad Complutense de Madrid), y realizó su tesis doctoral Revisión de los trilobites de España (1952) bajo la dirección de Bermudo Meléndez. Estuvo como profesora adjunta en la Universidad de Granada hasta que en 1961 ganó la cátedra de Paleontología en la misma Universidad, y aquí está el dato más interesante: fue la primera mujer en ganar una cátedra de Ciencias en España.

Se especializó en Ammonoideos del Jurásico (grupo de fósiles marinos extintos) y dedicó su trayectoria profesional a la creación y el desarrollo del Departamento de Paleontología de la Universidad de Granada, en el que contribuyó a aumentar y mejorar de forma notable la colección de fósiles. Además, entre las décadas de los años 40 y 60 viajó a Francia, entre otros países, para seguir aprendiendo diferentes técnicas y fue así como al volver a Granada introdujo la Micropaleontología.

A lo largo de su carrera profesional dirigió 18 tesis doctorales, casi un centenar de trabajos fin de carrera y publicó más de 100 trabajos científicos en la Universidad de Granada. En dicha Universidad desempeñó la función de Directora de Asistencia Estudiantil, Directora del Instituto de Ciencias de la Educación y también fue Vicerrectora. La nombraron Socia de Honor de la Sociedad Española de Paleontología así como Académica de número de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Granada. Tras su jubilación, en 1987, se le concedió el título de profesora emérita.

Pero Linares no solo fue una pionera en el campo de la paleontología, fue al final de su vida (murió en 2005) cuando se supo públicamente que también había estado muy involucrada en causas solidarias, trabajando como voluntaria en hospitales y ayudando a mujeres desarraigadas.

Personalmente me parece muy interesante que fuera una paleontóloga la primera mujer en conseguir una cátedra de Ciencias en España, ya que al contrario de lo que se piensa, durante la primera mitad del siglo XX las mujeres optaron mayoritariamente por carreras científicas contradiciendo el mito de que elegían carreras de letras.

Es lamentable que sigamos sin conocer los nombres de grandes mujeres y científicas que aportaron tanto al desarrollo de la investigación española e internacional, a ver si poco a poco vamos (re)conociéndolas y valorando su labor y su valor.

<https://mujeresconciencia.com/2016/02/12/asuncion-linares-paleontologa/>

[https://www.youtube.com/watch?v=sAav-T\\_zCJA](https://www.youtube.com/watch?v=sAav-T_zCJA)

# Tanya Atwater

**Tanya Atwater** (Born 1942) is an American geophysicist and marine geologist, who specializes in plate tectonics. She is particularly renowned for her early research on the plate tectonic history of western North America.

## EARLY LIFE AND EDUCATION

Atwater was born in Los Angeles, California on August 27, 1942. Her father was an engineer and her mother was a botanist. She is one of four siblings. Atwater was one of the first women to research the ocean floor in terms of its Geology.

Atwater began her education in 1960 at the Massachusetts Institute of Technology, then received her B.A. in Geophysics from the University of California, Berkeley in 1965. She earned a Ph.D. (1972) in marine geophysics from Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego. She is director of the University of California, Santa Barbara Educational Multimedia Visualization Center where she is an emerita professor of geological sciences. She was a professor at the Massachusetts Institute of Technology before joining the faculty at UCSB in 1980. Atwater retired from UCSB in 2007.

## CAREER

Atwater was a professor of tectonics, in the Department of Geological Sciences at the University of California, Santa Barbara before retiring. She authored and co-authored 50 articles in international journals, professional volumes, and major reports. Seven of these papers were published in the journals *Nature* or *Science*. In 1975, she became a fellow of the American Geophysical Union for her work in tectonophysics. From 1975 to 1977, Atwater was a Sloan Postdoctoral Fellowship Recipient in Physics. In 1984, she won the Encouragement Award from the Association for Women Geoscientists. Atwater is a member of the National Academy of Sciences for her contributions to marine geophysics and tectonics. In 2019 she received the highest award of the Geological Society of America, the Penrose Medal.

## Scientific discoveries



Atwater was involved in oceanographic expeditions using deep towed instruments to explore the ocean floor. To date, she has participated in 12 deep water dives in the deep-ocean submersible *Alvin*. She researched the volcano-tectonic processes responsible for creating new oceanic crust at seafloor spreading centers. In 1968, she co-authored a research paper featuring groundbreaking work into the faulted nature of spreading centers. With Jack Corliss, Fred Spiess, and Kenneth Macdonald, she played key roles in expeditions that uncovered the distinct biology of ocean floor warm springs, which led to the discovery during the RISE project of the high temperature black smokers, undersea hydrothermal vents.

In Atwater's research on Propagating Rifts near the Galapagos Islands, she discovered that propagating rifts were created when spreading centers along the seafloor were disturbed by tectonic movement or magma and therefore had to change direction to realign. This helped to explain the complex pattern of the seafloor.

Atwater is perhaps best known for her work on the plate tectonic history of western North America. She wrote two major research papers outlining the history of plate tectonic evolution of North America and tectonic problems of the San Andreas Fault, which assisted in documenting the history of the San Andreas Fault Line.

She also studied geometric evolution, integrating and comparing the global plate motion records with the

regional continental geologic records. She found emerging relationships that revealed the origins of many large-scale geologic features (e.g. Rocky Mountains, Yellowstone, Death Valley, Cascade volcanoes, California Coast Ranges).

Atwater published a research paper, Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. In her work, she explains that approximately 40 million years ago, the Farallon Plate was subducting underneath the North American Plate and the Pacific Plate. The lower half of the Farallon plate was entirely subducted under Southern California and the upper half did not sink, which eventually became known as the Juan de Fuca Plate. Since the southern section of Farallon completely disappeared, the boundary of southern California was now between the Pacific Plate and the North American Plate. The San Andreas Fault is unique because it acts as a major fault line as well as a border between the Pacific Plate and the North American Plate. She updated this work in 1989.

Atwater is interested in communication and education at all levels. She has developed electronic multi-media to enhance geologic visualization and understanding, particularly related to the histories of tectonic plates.

## AWARDS AND HONORS

1975, Fellow, American Geophysical Union  
 1980, AAAS Newcomb Cleveland Prize for top research article in the journal *Science*  
 1997, elected to the National Academy of Sciences  
 2002, National Science Foundation Director's Award for Distinguished Teaching Scholars. This award, of \$300,000 over four years, is given to help and honor distinguished scientists who are working out ways to translate research into education. The money is meant to provide teaching scholars the opportunity to expand their work beyond their home institutions.  
 Leopold von Buch Medal, German Geosciences Society  
 2005 Gold Medal, Society of Woman Geographers  
 2019 Penrose Medal of the Geological Society of America.

<https://www.geosociety.org/GSA/About/awards/GSA/Awards/2019/penrose.aspx>

## SELECTED WORKS

Menard, H. W., and Tanya Atwater, 1968, Changes in direction of sea floor spreading. *Nature*, v. 219, p. 463-467. Reprinted in *Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals*, p. 412-419, W. H. Freeman Co. San Francisco, 1973.  
 Atwater, Tanya, 1970, Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, v. 81, p. 3513-3536. Reprinted in *Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals*, p. 583-609, W. H. Freeman Co., San Francisco, 1973. Reprinted in U.C.S.D., Scripps Inst. Oceanography., Contributions, Vol. 40, Part 2, p. 1249-1271, 1970.  
 Atwater, Tanya, and P. Molnar, 1973, Relative motion of the Pacific and North American plates deduced from seafloor spreading in the Atlantic, Indian and South Pacific Oceans. R. L. Kovach and A. Nur, eds., *Proc. of the Conf. on Tectonic Problems of the San Andreas Fault*, Geological Sciences, v. XIII, Stanford Univ., p. 136-148. •Reprinted in U.C.S.D., Scripps Inst. Oceanography., Contributions, Vol. 44, Part 2, p. 1362-1374, 1974.  
 Atwater, Tanya, 1981, Propagating rifts in seafloor spreading patterns. *Nature*, v. 290, p. 185-186.  
 Atwater, T., 1991, Tectonics of the Northeast Pacific, *Transactions of the Royal Society of Canada, Series I, v. I*, pp. 295-318.  
 Atwater, T., 1998, Plate Tectonic History of Southern California with emphasis on the Western Transverse Ranges and Santa Rosa Island, in Weigand, P. W., ed., *Contributions to the geology of the Northern Channel Islands, Southern California: American Association of Petroleum Geologists, Pacific Section, MP 45*, p. 1-8.

Source: Wikipedia, April 1, 2020.

<https://www.researchgate.net/profile/Tanya-Atwater-2>

[https://www.youtube.com/watch?v=nS\\_lMsBdafI](https://www.youtube.com/watch?v=nS_lMsBdafI)

## Frances Charlton: Pionera de las geociencias en Venezuela: (1905-1976)

**Frances Charlton**, de origen americano, nace en Nueva York el 25 de mayo de 1905, obteniendo la nacionalidad venezolana 31 años después al contraer nupcias con un conacional el 15 de julio de 1935. Será la primera mujer en Venezuela en dictar clases de Estratigrafía y Paleontología en el antiguo *Instituto de Geología* ubicado en la avenida San Martín, en Caracas, Venezuela.

### Su formación académica

La carrera universitaria de Frances la inicia en Nueva York, en el "*Vassar College*", Nueva York institución de la que egresaría en 1924, con el título de *Bachelor of Arts* y mención *Summa Cum Laude*. En tal sentido egresaría con doble especialización: latín y geología-geografía.

Realizaría dos postgrados previos a su ejercicio profesional. El primero en 1925, en las instalaciones de la Universidad de Columbia desarrollando una tesis sobre "*Las especies del género de Amphistegina*" y desempeñándose por dos años más, 1926-27, como ayudante de geología y colaborando en las prácticas de micropaleontología que allí se dictaban. Entre 1931 a 1935 nuevamente volverá a realizar estudios de postgrado pero esta vez en la Universidad de California, aprobando el programa doctoral en paleontología. Su trabajo de grado lo dirigiría al tratamiento detallado del Mioceno de Jamaica, pero por razones económicas, no lo culmina. En este mismo período, hará dos cursos de verano en la *Institución Oceanográfica Sripps*, establecimiento afiliado a la Universidad de California en la Jolla, California.

Entre 1933 y 1935, ocupa la jefatura del Laboratorio de Micropaleontología de la División *Gulf Coast de Pure Oil Company*, Luisiana y de 1936 a 1938, volverá nuevamente a cursar estudios de postgrado, pero en el Departamento de Castellano de la Universidad de Columbia, Nueva York. Allí aprobará los cursos de "Redacción en Castellano", "Literatura del Siglo de Oro" y "Literatura Moderna Hispanoamericana", nada más alejado de la realidad paleontológica y geológica que la seguía, mas este hecho evidencia su enorme versatilidad.

### Entre la práctica de micropaleontología petrolera y la docencia en Venezuela

En 1927, inicia sus actividades en la empresa *Pure Oil Company*, Arkansas y es trasladada en 1929 a la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela en donde continuará con sus funciones en la *Orinoco Oil Company* subsidiaria de



la anterior. Este hecho es admitido como la razón válida de su presencia en el país.

Su traslado laboral Arkansas-Venezuela, será considerado toda una novedad pues para 1931, según una recientemente publicación, la colocan como la primera mujer no-venezolana y profesional universitaria, que trabaja en su profesión para la industria petrolera asentada en la Venezuela de los años 30's.

Era usual en ese entorno petrolero que las mujeres trabajasen para la comunidad donde residían en tareas docentes para los hijos del personal adscrito al campamento de turno, o como soporte administrativo. Tal situación iría cambiando conforme se acercaba la II Guerra Mundial, y de allí, la enorme importancia que Frances Charlton tuvo para el país y para las empresas que exploraban y explotaban el subsuelo en procura de petróleo nacional.

Este hecho acometido por Frances, la distinguirán de muchas maneras pues ocupará posiciones de vanguardia durante toda su trayectoria profesional pudiéndose calificar como una de las iniciadoras de los estudios y trabajos geocientíficos venezolanos en campos en que la presencia de la mujer no era frecuente.

No está muy claro, cuándo decide retirarse del trabajo en las empresas petroleras e inicia labores docentes, constituyendo tal situación en un hecho a determinar. Como docente, será la primera mujer que formará parte del profesorado universitario en el antiguo "*Instituto de Geología*" de la avenida San en Caracas obteniendo en 1943 un contrato a tiempo completo. En 1953, F. Charlton,

alcanzará el cargo de profesora titular, hasta 1971, fecha de su retiro de la actividad docente.

Su ascenso en el escalafón universitario continuará y durante el período 1961-1966, acepta el cargo de Jefe del Departamento de Geología, en la Escuela de Geología Minas y Metalurgia, actual Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, hecho que la convertirá en la única mujer que desempeña esta responsabilidad en toda América. Este hecho no pasaría desapercibido, y su casa de estudios, "*Vassar College*", Nueva York de la que egresaría años antes, la distinguen como egresada ilustre obteniendo un merecido reconocimiento en el marco del "*Vassar's Women of the Century*".

Durante su estancia en la Universidad Central de Venezuela, se desempeña tanto en labores docentes como de representación universitaria. Para pregrado, será responsable de las asignaturas: Paleontología, Geología Histórica, y Estratigrafía Regional hasta el año 1951, ello complementado con un curso de Micropaleontología. Durante el postgrado de la Escuela de Ciencias de la misma universidad y en el período académico 1954-1955 dicta: "Paleozoología", "Inglés para Geólogos", "Fisiografía para Agrimensores" y "Paleontología para Biólogos".

Un total de nueve actividades no-docentes la movilizarían por el claustro universitario, desde 1947 fecha en la que actuó en calidad de miembro de la Comisión Permanente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, hasta el período 1959-1965, en la que hará de delegada suplente ante el Consejo de la Facultad de Ingeniería.

### Otras responsabilidades universitarias

F. Charlton de Rivero representó a la Universidad Central de Venezuela en la comisión redactora del *Primer Léxico Estratigráfico de Venezuela*, publicado en 1956 y en el que su nombre figura como integrante del comité de editores, en el que estuvo presente junto a dos geólogas más. Repartidas las tareas a acometer, tuvo la responsabilidad de redactar 47 monografías que acompañan el citado texto.

Participó en la *Organización Permanente de Estratigrafía y Terminología*, desempeñando la jefatura de la subcomisión de artículos del Terciario. Fue editora de la revista *Geos*, órgano divulgativo oficial de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia, entre 1962 y 1968 y en 1965 formó parte de la delegación de la Facultad de Ingeniería en la *IV Conferencia Geológica del Caribe* celebrada en Puerto España, Trinidad.

### Sus publicaciones

Junto al Dr. Pedro Joaquín Bermúdez profesional cubano-venezolano, micropaleontólogo y docente universitario como ella, compartiría trabajos de identificación paleontológica durante sus actividades profesionales para

el Ministerio de Minas e Hidrocarburos nacional, en 1959. Dos de sus importantes aportes a la geología nacional están vertidos en los importantes libros que escribirá en coautoría con él. Éstos han sido referentes en la micropaleontología venezolana: "*Estudio sistemático de los foraminíferos quitinosos, microgranulares y arenosos*" y "*Micropaleontología General*", ambos títulos publicados en 1963.

### Distinciones

Su labor docente universitaria fue ampliamente reconocida obteniendo distinciones y reconocimientos: Diploma a su meritoria labor docente, 1964; Diploma de la Asociación de antiguos alumnos de la Facultad de Ingeniería, a su labor docente, 1965 y en 1965, la Orden 27 de junio en su 2ª clase, especial condecoración otorgada en forma exclusiva a los educadores por sus méritos en la docencia. La fecha de su deceso es incierta, se ubica entre los años 1975-1976, ignorándose también la ciudad.

**Bibliografía:** Rey, Olga, *Frances Charlton de Rivero. La primera mujer en la enseñanza e investigación en Estratigrafía y Paleontología*, 2016: 130-136 pp. En: López Liliana y Ranaudo, María Antonieta (edits.), *Mujeres en Ciencia: Venezuela sus historias inspiradoras*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, 217 pp. <<https://obras.acfiman.org/2021/01/11/mujeres-en-ciencia-venezuela-sus-historias-inspiradoras/>> [en línea] (septiembre 8, 2021)., Capello, Maria Angela; Lorente, María Antonieta; Serrano, Isabel; Flores, Monica y Briceño, María Gabriela, *The Evolution of Women's Role in Engineering and Geosciences in the Oil Industry From the 20th to the 21st Century: A Documented Case History From Venezuela*, Society of Petroleum Engineers, paper N° SPE-201359-MS, 2020, 36 pp.; (S/A) *Personal docente de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia*, Boletín Geos, número 10, Escuela de Geología, Minas y Metalurgia, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 82 pp.; Comité Venezolano de Estratigrafía y Terminología, *Stratigraphical Lexicon of Venezuela (English Edition)*, Boletín de Geología, Dirección de Geología, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Special Publication, Editorial Sucre, 1956, Caracas, 664 pp.; Rodríguez, José Antonio, *Geología de Venezuela en treinta y cuatro personajes. I parte*. Boletín de la Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias. 71 pp. (En preparación); Bermúdez, Pedro Joaquín y Charlton de Rivero, Frances, *Estudio sistemático de los foraminíferos quitinosos, microgranulares y arenosos, Ediciones de la Biblioteca*, Universidad Central de Venezuela, 1963, 397 pp. ; Charlton de Rivero, Frances y Bermúdez, Pedro Joaquín, *Micropaleontología General, Ediciones de la Biblioteca*, Universidad Central de Venezuela, 1963, 808 pp.

**José Antonio Rodríguez Arteaga**  
Ingeniero Geólogo, UCV, Septiembre 8, 2021

# FUNDADORES DE LA GEOLOGÍA MODERNA

## Xavier Le Pichon

### Crónica del nacimiento de un nuevo paradigma en Ciencias de la Tierra, protagonizado por Xavier Le Pichon

**Xavier Le Pichon** nació en Quinhon, Indochina Francesa (hoy Vietnam) el 18 de junio de 1937. Es reconocido por ser uno de los pioneros de la tectónica de placas. Se desempeñó como oceanógrafo físico del Centro Oceanográfico del departamento de Bretaña en la ciudad de Brest, Francia; y posteriormente trabajó en los Estados Unidos a fines de la década de 1960, enfocándose al estudio de los mecanismos de expansión del fondo oceánico. Cuantificó la cinemática y geometría de los desplazamientos de las placas en una esfera y fue el primero en reconocer la existencia de seis placas tectónicas principales.

Durante su niñez, debido a la guerra de Vietnam en el año de 1946, se vio obligado a dejar el país a la edad de 9 años, donde no recibió ningún tipo de educación formal, sólo la que recibió de su madre. Posteriormente tuvo que trasladarse con su familia a la ciudad de Cherburgo, Normandía, lugar donde asistió a la escuela secundaria y a la escuela preparatoria, en la cual enfocó sus estudios en las matemáticas y la física.

La mayor parte su vida ha estado ligada al océano por haber vivido en zonas costeras, tanto en Vietnam como en Francia, preguntándose, ante la inmensidad del océano, qué había debajo de éste. Por este motivo, en un inicio, deseaba ser oficial naval. Empero, su sueño fue truncado debido a problemas de la vista, los cuales no le permitieron aprobar el examen de ingreso por esta condición. Esta situación lo condujo a tomar la decisión de estudiar dos años de ingeniería geofísica, graduándose de la Universidad de Estrasburgo en 1956. Posteriormente realizó su maestría en física en la Universidad de Caen, donde obtuvo un puesto como investigador, mientras que, al mismo tiempo, realizaba gestiones para obtener la beca Fullbright, asesorado por su mentor el profesor Jean Pierre Rother, que a su vez lo dirigió al sismólogo Maurice Ewing, gracias al cual, finalmente, fue acreedor a la beca deseada y a ser admitido como estudiante en la Universidad de Columbia. Una vez inscrito en esta universidad, Maurice



Ewing invitó a Le Pichon a estudiar el mundo, la tierra y los océanos en un barco oceanográfico, delegándole el cargo de los estudios de oceanografía física, a pesar de no haber realizado nunca tales trabajos.

Debido a su falta de experiencia, Le Pichon comenzó a estudiar en los libros de oceanografía física que había disponibles en el barco. A partir de sus primeras investigaciones y mediciones, comenzó a escribir un artículo sobre las mediciones que realizó durante sus misiones en el Océano Atlántico e Índico. Describió la circulación profunda del suroeste del Océano Índico, y al regresar de esta labor cuatro meses y medio después, envió su artículo al *"Journal of Geophysical Research"*, realizando así, su primer artículo, el cual fue publicado en 1960.

Posteriormente, comenzó a trabajar con Manik Talwani e hicieron el primer bloque tridimensional con inversión gravimétrica, inventando un nuevo método de estudio numérico tridimensional en su tipo. En febrero de 1963, Le Pichon comenzó a trabajar con John Ewing en geofísica, iniciándose así en sismología, particularmente con el método de refracción sísmica y a estudiar con ello los rifts; los cuales proporcionaron perfiles de refracción sísmica que no podían comprender e interpretar adecuadamente. En estos perfiles se notaba que la corteza manifestaba un engrosamiento particular, y su composición parecía ser influenciada por el manto. Al continuar colaborando con

Manik, comenzaron el estudio de una cresta marina utilizando, por primera vez, el método de cavidad 3D que Manik había diseñado para Le Pichon y gracias al cual, comenzaron ambos a comprender el estado de las dorsales oceánicas. En este estudio fueron elaborados cinco artículos publicados en 1965 sobre refracción sísmica. E inmediatamente después publicaron la interpretación de la gravimetría del mismo estudio, y a partir de este punto, Le Pichon abordó el tema del magnetismo, mancomunadamente con Jim Heirtzler. Tal colaboración condujo a la publicación de un artículo sobre la interpretación de las anomalías magnéticas y sobre el patrón magnético en el *"East Pacific Rise"*. Este artículo creó un gran debate sobre la veracidad de la teoría de la expansión del rift oceánico y si era correcta o no. Le Pichon, estaba a favor de la expansión del piso oceánico, y a sabiendas que era algo poco realista, analizó la distribución de sedimentos usando refracción sísmica en el rift; esto lo llevó, en 1966, a elaborar un modelo de flujo de calor que fluyera a través del subsuelo del Océano Atlántico, creando, de este modo, el primer modelo de las corrientes de convección. Con ello demostraron que se podía explicar el flujo de calor debido a las corrientes de convección y que éstas no llegan a la superficie. Para inicios de 1966, en Inglaterra, ya comenzaba a extenderse la teoría de la expansión del fondo oceánico, pero permanecía la incógnita de cómo ésta funcionaba en la corteza de la Tierra. Fue entonces cuando comenzaron a generar eco las ideas de John Tuzo Wilson sobre las fallas transformantes, pero continuaba existiendo el problema de cómo ajustar este concepto a una escala global y cómo este mecanismo se relacionaba con la distribución de los sismos.

En la primavera de 1967, durante una sesión llevada a cabo para analizar el modelo de la expansión del fondo oceánico, durante una reunión de la *"American Geophysical Union"* en Washintong, Jason Morgan presentó un controvertido artículo sobre la trinchera de Puerto Rico. Este artículo fue el parteaguas en la comprensión del funcionamiento del mecanismo de expansión del piso oceánico, y de la manera cómo éste concordaba con la geometría de la corteza de la Tierra. Esto propició que Le Pichon utilizara estos conceptos para probar tal geometría también en el Océano Atlántico, en el Océano Índico y en el Océano Pacífico. Demostrándose, así, que debe existir un movimiento global coherente, e incitando a la idea que debía haber un desplazamiento concordante en la trinchera de todas las placas. Con la información que luego tuvo disponible, propuso un modelo consistente en seis placas tectónicas, lo cual le permitió publicar un artículo en 1968 sobre la primera reconstrucción global en la cual se utilizaron rotaciones finitas desde el inicio del Cretácico. Ello tuvo un gran impacto debido, en gran parte, a que ahora cualquier persona podía tener un modelo que podría ser confrontado con los hechos observados para entender los sismos y su ubicación genética. Este modelo fue aprobado

inmediatamente, por su utilidad, por los especialistas dedicados al modelado. Comenzaron, entonces, a proliferar una gran cantidad de artículos publicados sobre sismología y tectónica globales. Siendo Le Pichon el autor más abundantemente multicitado en referencias bibliográficas de las Ciencias de la Tierra en el mundo científico.

Tiempo después, Le Pichon publicó el primer libro sobre tectónica de placas en la editorial Elsevier en 1973, el cual tuvo un impacto impresionante. Posteriormente, en el mismo año, Le Pichon se convirtió en una figura destacada de la Oceanografía y la exploración en aguas profundas, utilizando sumergibles, al dirigir el *"French American Mid-ocean Ridge Study"* (FAMOUS) junto con Jim Heirtzler y Bob Ballard, marcando un nuevo inicio en el estudio de alta resolución del rift oceánico con mecanismos de fuentes hidrotermales. De 1979 a 1981 utilizó su método de exploración en trincheras de aguas profundas en la zona oriente del mediterráneo y en las trincheras del Océano Pacífico frente a las costas de Japón descubriendo los límites de las placas convergentes y divergentes. Tal fue el resultado espectacular de los estudios de los procesos geofísicos, geológicos y geoquímicos en esos diferentes entornos oceánicos. Conocer el papel de los fluidos en estos contextos de la corteza terrestre, no sólo fue fundamental para entender la distribución de los sismos, sino también para estudiar el equilibrio geoquímico de los océanos.

Las contribuciones de Xavier Le Pichon al concepto de "Ciencias de los sistemas terrestres" han sido importantes, y muy significativas, tanto para los geólogos como para el público en general. Su papel de liderazgo en el desarrollo de la Geología marina en Francia y en innumerables programas internacionales, junto con su virtud de combinar conocimientos de las matemáticas, geofísica y geología, fueron la base de su excelente trabajo en equipo, y lo cual ha constituido una guía portentosa, y muy prometedora hacia las nuevas generaciones de jóvenes investigadores en las Ciencias de la Tierra. Estas hazañas protagonizadas por Xavier Le Pichon y sus equipos de investigación, cumplieron el reto de inaugurar la nueva Revolución de las Ciencias de la Tierra del siglo XX: ¡La Tectónica Global!

### Actividad profesional y de investigación

La actividad profesional y de investigación del Dr. Le Pichon, fue condecorada con las siguientes responsabilidades científicas a lo largo de más de 40 años de intensa actividad científica:

1963-1966, Asistente Junior de Investigación en la Universidad de Columbia, New York, USA.

1966-1968, Asistente de Investigación en la Universidad de Columbia, New York, USA.

1968-1969, Consejero Científico en el Centre National pour l'Exploitation des Océans. (CNEXO), Francia.  
 1969-1973, Jefe del Departamento Científico, y enseguida Jefe de Medio Sólido, del Centre Océanologique de Bretagne, en Brest, Francia.  
 1970, Visitante Científico en el Lamont Geological Observatory, en New-York, USA.  
 1971, Profesor Asociado en la l'Université Paris 7, Paris, Francia.  
 1972, Visitante Científico, Primer Titular de la Bourse Cecil et Ida Green, Institute of Geophysics & Planetary Physics, Université de California, en San Diego, USA.  
 1973-1978, Consejero Científico del Presidente de CNEXO, en Paris, Francia.  
 1978-1984, Profesor Titular en la Université Pierre et Marie Curie, en Paris, Francia  
 1978-1984, Director del Laboratoire de Géodynamique; Consejero del Presidente del Centre National pour l'Exploitation des Océans, Paris, Francia.  
 1984-2000, Director del Laboratoire de Géologie de l'Ecole Normale Supérieure, Paris, Francia.  
 1995, Premier Profesor Visitante del International Communication Center, Ocean Research Institute, Tokyo University, Japan.  
 2002 Wiess visiting professor à Rice University, Houston.

Además, el Dr. Le Pichon, es Profesor Honorario en la Chaire de Géodynamique del *Collège de France*, con 303 publicaciones científicas internacionales. Asimismo, el Dr. Le Pichon, ha sido partícipe de numerosos comités y consejos científicos nacionales e internacionales. Es además miembro de la *National Academy of Sciences* de los Estados Unidos. Asimismo, ha sido condecorado con numerosos premios nacionales e internacionales, destacándose la condecoración del Premio de Japón en 1990 y la *Medalla Wollaston* en 1991.

**Breve relación de las publicaciones científicas más relevantes del Dr. X. Le Pichon:**

Le Pichon, X., 1968.- *Sea Floor Spreading and Continental Drift*. Journal of Geophysical Research, v. 73, pp. 3661-3697.

Le Pichon, X., 1982.- *Land-locked oceanic basins and continental collision: The Eastern Mediterranean as a case example*. In Mountain Building Processes, Ed. K. J. Hsü, 263 p, Academic Press, 201-211.

Le Pichon, X., 1986.- *Kaiko, voyage aux extrémités de la mer*. Editions C. Jacob. Seuil.

Le Pichon, X. and F. Barbier, 1987.- *Passive margin formation by low-angle faulting within the upper crust: the northern Bay of Biscay margin*. Tectonics, 6(2), p. 133-150.

Le Pichon, X., N. Chamot-Rooke, R. Noomen et G. Veis, 1994.- *Cinématique de l'Anatolie-Egée par rapport à l'Europe stable à partir d'une combinaison des mesures de triangulation géodésique sur 80 ans aux mesures de type*

*Satellite Laser Ranging (SLR) récents*; C. R. Acad. Sci. Paris, t. 318, sér. II, p. 1387-1393.

Le Pichon, X., N. Chamot-Rooke, S. Lallemand, R. Noomen, and G. Veis, 1995.- *Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: Implications for Eastern Mediterranean tectonics*; J. Geophys. Res., 100, B7, p. 12675-12690.

Le Pichon, X., R. Houtz, C. Drake and J. Nafe, 1965.- *Crustal structure of the Mid-Ocean ridges, 1, Seismic refraction measurements*, Journal of Geophysical Research, 70, 2, p. 319-339.

Le Pichon, T. Iiyama, J. Boulègue, J. Charvet, M. Faure, K. Kano, S. Lallemand, H. Okada, C. Rangin, A. Taira, T. Urabe and S. Uyeda, 1987.- *Nankai trough and Zenisu ridge: a deep-sea submersible survey*, Earth Planet. Sci. Lett., 83, 181, 285-299.

Le Pichon, X., J. Francheteau, and J. Bonnin, 1973.- *Plate Tectonics*. Amsterdam, Elsevier, 300 p.

Le Pichon, X. y G. Pautot, 1998.- *El fondo de los océanos*. Colección ¿Qué sé? Nueva Serie Oikos-tau.

Le Pichon X., K. Kobayashi, J.-P. Cadet, J. Ashi, J. Boulègue, N. Chamot-Rooke, A. Fiala-Médioni, J.-P. Foucher, T. Furuta, T. Gamo, P. Henry, J. T. Iiyama, S. Lallemand, S. Lallemand, Y. Ogawa, H. Sakai, J. Segawa, M. Sibuet, A. Taira, A. Takeuchi, P. Tarits and H. Toh, 1992.- *Fluid venting activity within the Eastern Nankai Trough accretionary wedge: a summary of the 1989 Kaiko-Nankai results*; Earth Planet. Sci. Lett., 109, 3/4, p. 303-318.

Le Pichon, X. and P. Henry, 1992.- *Erosion and accretion along subduction zones: a model of evolution*; Proc. Kon. Ned. Akad., v. Wetesch., 95, 3, p. 297-310.

Le Pichon, X., P. Henry and S. Lallemand, 1993.- *Accretion and erosion in subduction zones: the role of fluids*; Annu. Rev. Planet. Sci., 21, p. 307-331.

Le Pichon, X., S. Lallemand, H. Tokuyama, F. Touhé, P. Huchon and P. Henry, 1996.- *Structure and evolution of the backstop in the Eastern Nankai Trough area (Japan): Implications for the son-to-come Tokai earthquake*; The Island Arc, 5, p. 440-454.

Le Pichon, X. and J. C. Sibuet, 1981.- *Passive margins: a model of formation*. Journal of Geophysical Research, 86, p. 708-720.

Alvarez, D. L., J. Virieux and X. Le Pichon, 1984.- *Thermal consequences of lithosphere extension over continental margins: the initial stretching phase*, Geophys. J. R. Astr. Soc. 78, p. 389-411.

Chamot-Rooke, N., and X. Le Pichon, 1989.- *Zenisu ridge: mechanical model of formation*; Tectonophysics, 160, 175-193.

Chamot-Rooke, N., X. Le Pichon, S. Bindels, S. Lallemand, G. Pascal, D. Le Meur, V. Renard, C. Satra et l'équipe

scientifique MEDEE-Recent kinematics of the Mediterranean Ridge; soumis à Marine Geology.

Choukroune, P., J. Francheteau et X. Le Pichon, 1978.- *Structural observations in an oceanic transform fault from manned submersibles: transform fault, A in the Famous area*, Geol. Soc. Amer. Bull., 89, 1013-1029.

De Voogd, B., C. Truffert, N. Chamot-Rooke, P. Huchon, S. Lallemand and X. Le Pichon, 1992.- *Two-ship deep seismic soundings in the basins of the Mediterranean Sea (Pasiphae cruise)*; Geophys. J. Intern., 109, p. 536-552.

Henry, P., X. Le Pichon, S. Lallemand, S. Lance, J. B. Martin, J. P. Foucher, A. Fiala-Médioni, F. Rostek, N. Guilhaumou, V. Pranal and Castrec, 1996.- *Fluid Flow in and around a mud volcano field seaward of the Barbados accretionary wedge: Results from Manon cruise*; J. Geophys. Res., 101, B9, p. 20297-20323.

Henry, P., S. Lallemand, X. Le Pichon and S. Lallemand, 1989.- *Fluid venting along Japanese Trenches: Tectonic context and thermal modeling*; Tectonophysics, 160, p. 277-292.

Heirtzler, J. R., X. Le Pichon and J. G. Baron, 1966.- *Magnetic Anomalies over the Reykjanes Ridge*. Deep Sea Research, v. 13, pp.427-443.

Heirtzler, J. R., G. O. Dickinson, T. M. Herron, W. C. Pitman III and X. Le Pichon, 1968.- *Marine Magnetic Anomalies, Geomagnetic Field Reversals and Motions of the Ocean Floor and Continents*. Journal of Geophysical Research, v. 73, pp. 2119-2136.

Huchon, P. and X. Le Pichon, 1984.- *Sunda Strait and Central Sumatra fault*; Geology, 12, p. 668-672.

Pollitz, F. F., X. Le Pichon and S. Lallemand, 1996.- *Shear partitioning near the central Japan triple junction: the*

*1923 great Kanto earthquake revisited-II*; Geophys. Res. Lett., J. Int., 126, p. 882-892.

Lallemand, S. and X. Le Pichon, 1987.- *Coulomb wedge model applied to the subduction of seamounts in the Japan Trench*; Geology, v. 15, p. 1065-1069.

Lallemand, S., N. Chamot-Rooke, X. Le Pichon and C. Rangin, 1989.- *Zenisu ridge: a Deep intraoceanic thrust related to subduction, off southwest Japan*; Tectonophysics, 160, p. 151-174.

Lallemand, S. J., X. Le Pichon, F. Thoué, P. Henry and S. Saito, 1996.- *Shear partitioning near the central Japan triple junction: the 1923 great Kanto earthquake revisited-I*; Geophys. J. Int., 126, p. 871-881.

Riffaud, C., et X. Le Pichon, 1976.- *Expédition "FAMOUS", à 300 mètres sous l'Atlantique (Voyages – Reportages)*. Ed. Albin Michel.

Sibuet, J. C. et X. Le Pichon, 1971.- *Structure gravimétrique du golfe de Gascogne et le fossé marginal nord espagnol; dans Histoire Structurale du Golfe de Gascogne*, J. Debysse, X. Le Pichon et L. Montadert (eds), Technip, Paris, 6, p. 1-17.

Sibuet, J.-C., J. P. Maze, Ph. Amortilla and X. Le Pichon, 1987.- *Physiography and structure of the western Iberian continental margin off Galicia from seabeam and seismic data*. Proc. Init. Repts (Pt A), ODP 103, College Station, TX, p. 77-97.

Talwani, M., X. Le Pichon and M. Ewing, 1965.- *Crustal structure of the Mid-Ocean ridges, 2, Computed model from Gravity and seismic refraction data*. Journal of Geophysical Research, 70, 341-352.

Researchgate: <https://www.researchgate.net/profile/Xavier-Le-Pichon>

Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=yPzwm5OhRz4>

Conociendo a Xavier Le Pichon: <https://blogs.egu.eu/divisions/ts/2018/11/06/meeting-plate-tectonics-xavier-le-pichon/>



## Harry H. Hess: (1906 - 1969)

In February 1945, the assault transport ship USS Cape Johnson was engaged in supporting the American troop landings at Iwo Jima, one of the key actions in the Pacific Ocean theatre of World War II. This was one of many operations in which the ship was involved, as it transported troops between bases in the Pacific, and to various battlefronts. Its military missions also helped serve a scientific purpose. The ship was equipped with sonar that allowed bathymetric surveys of the ocean to be undertaken.

The significance of this opportunity was not lost on the ship's executive officer (subsequently, its commander), Harry Hess. Hess was an academic geologist based at Princeton University, who as a U.S. Navy reservist had reported for active duty the day after the Pearl Harbour attack by the Japanese air force. Hess already had a particular interest in the geology of the oceans and understood that these new data could throw light on how the oceans formed. In fact they proved inspirational him in developing one of the most important strands of the plate tectonics paradigm — sea-floor spreading.

Harry Hess was born in New York in 1906 and attended Ashbury Park High School in New Jersey. He entered Yale University in 1923, with the intention to study electrical engineering. However, he found this subject boring and, looking for something that would give freer rein to his imagination, decided to study geology. Since he was one of only two undergraduates at the time, he took graduate as well as undergraduate courses. This was hard work, but he graduated in 1927, with the first B.Sc. in Geology at Yale.

After graduation, Hess spent eighteen months as a mineral exploration geologist in Northern Rhodesia (now, Zambia). He remarked, "At seventeen miles a day, I developed leg muscles, a philosophical attitude toward life, and a profound respect for fieldwork." However, he was not destined to be an industrial geologist. He returned to the U.S. and was accepted for a PhD program at Princeton, studying the serpentinisation of a large peridotite intrusion at Schuylers in Virginia. He received his PhD degree in 1932.

Hess taught at Rutgers University between 1932 and 1933 and spent time at the Geophysical Laboratory of the Carnegie Institute in Washington, D.C. before accepting a position in the Geology department at Princeton in 1934. This would continue to be his academic base for the rest of his career.

Whilst undertaking his PhD research, Hess had the opportunity to participate in gravity and bathymetric surveys in the Caribbean Sea aboard the submarine USS S-48. This experience and a subsequent survey aboard the USS Barracuda in 1937 would be the catalysts sparking his interest in marine geology. The S-48 surveys were carried out along with the Dutch geophysicist, Vening Meinesz, who became a mentor to Hess as they discussed the origin of the oceanic and gravimetric features they had observed.

Of particular interest was the coincidence of negative gravity anomalies and ocean deeps adjacent to island arcs, in features Hess and Meinesz described as "tectogenes," which were ascribed to down-buckling of the crust. No explanation for the warping of the crust was given, although the concept would subsequently be adapted thirty years later as part of the process of subduction. Hess speculated that sediment infilling the basin above a tectogene would eventually be deformed as tectogenesis continued, forming mountain belts, such as the Alps. The ultramafic serpentines of his PhD research had their place in this theory, too. They were intruded from the mantle in an early stage of tectogenesis and subsequently uplifted and deformed. Hence, serpentine belts, which Hess knew from the Alps and many other ancient mountain belts, were evidence for deformed and uplifted tectogenes. These ideas now seem far from plate tectonics but, nonetheless, were stepping stones towards that understanding.

Hess's research activities were put on hold in 1941, with the entry of the U.S. into World War II; although, as already mentioned, the sonar aboard the USS Cape Johnson allowed him to gather valuable bathymetric data from the Pacific Ocean. After the war, he was able to evaluate the implications of these data. A surprising discovery was the presence of twenty deeply submerged, reefless, flat-topped seamounts that he named "guyots" after Arnold Guyot, the Swiss oceanographer, who founded Earth Sciences at Princeton. A further 140 guyots were identified through examination of bathymetric charts from the U.S. Navy's Hydrographic Office. They were circular or oval in shape and ranged from two to sixty miles in diameter. Their origin presented Hess with a puzzle. The flat tops suggested erosion by wave action, but if this were so, why were reefs not present?

Hess's first solution was to suggest that these guyots were Precambrian oceanic islands formed before the advent of reefal organisms. During the time since their formation, the sea level had risen because of constant sedimentation on the ocean floor, along with isostatic adjustments. His observations and ideas on guyots were published in 1946, in a paper that firmly

established Hess's already considerable scientific reputation, even though the erroneous theory on the origin of guyots would subsequently be rejected, not least by Hess, himself.

After the war, increasing amounts of data on the ocean crust, ocean floor topography and sedimentation were gathered by the international scientific community at large. Hess saw his role as the synthesiser of these data, providing explanations of what they implied, and his ideas began to evolve very rapidly. A strong believer that science moves forward in an iterative process, he was not afraid to advance a hypothesis and then overturn it as new data emerged. This constant development and refining of hypotheses were important steps towards the concept of sea-floor spreading, which he first put forth in 1960. One might say that Hess carried out his thinking in public.

Building on ideas first introduced by Arthur Holmes and others, Hess believed that mantle convection might provide an explanation for deformation of oceanic crust. By 1953, he had turned his attention to the mid-ocean ridge known to be in the Atlantic. Having previously considered this to be an old, folded mountain belt, he now related its origin to upward convection in the mantle driving intrusion and uplift. When this convection ceased, the ridge subsided. However, he was soon forced to reverse the notion once he realized that rising convection causes deserpentinisation (serpentine is transformed into olivine at temperatures above 500°C and water is released) and, hence, sinking of the ocean floor. This concept also provided him with a mechanism to sink guyots deep below sea level. (The fact that some guyots had Late Cretaceous fossils at their crests challenged Hess's original idea of them being Precambrian islands.)

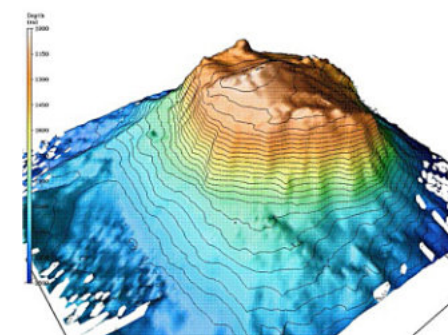
The late 1950s saw Hess constantly updating his models for the origin of oceanic features, such as mid-ocean ridges, guyots and island arcs. The tectogene hypothesis became increasingly challenged. As the debate for and against continental drift grew, Hess was initially a "fixist," arguing in 1955 that Early Palaeozoic folded mountain belts in North America and north-western Europe might continue beneath the Atlantic and be hidden by younger sediments. However, by 1959, he was happy to switch to "mobilism" as the first palaeomagnetic studies demonstrating polar wander paths were published. Interaction with the Australian geologist, Warren Carey, who favoured an expanding Earth, but in doing so, promoted mobilist ideas, may also have been an influence.

By 1960, Hess was ready to assess all the oceanic features, which he had spent much of his career discussing, in terms of mobilism. The result was a manuscript entitled Evolution of the Ocean Basins, a report to the Office of Naval Research widely circulated in 1960, but not formally published until 1962 as History of the Ocean Basins in a Geological Society of America publication. Hess envisaged that oceans grew from their centers, with molten material (basalt) rising up from the Earth's mantle along the mid-ocean ridges, driven by mantle convection. The presence of a rift valley at the center of ocean ridges, as detected from bathymetric surveys by Mary Tharp and Bruce Heezen, was a crucial observation that helped Hess to develop his ideas.

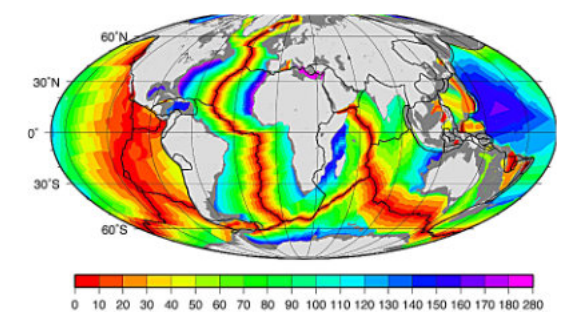
The extrusion of basaltic lava created new sea floor, which spread away from the ridge in both directions. The ocean ridge was thermally expanded and, consequently, higher than the ocean floor further away. As spreading continued, the older ocean floor cooled and subsided to the level of the abyssal plain, which is approximately 4 km deep. Ocean trenches were areas where ocean floor was destroyed and recycled — a point that Hess expanded upon in a joint paper with Robert Fischer, of the Scripps Institute of Oceanography, in 1963. His long-standing conundrum of the origin of guyots could also be explained by this theory; i.e., they evolved from wave-eroded volcanic peaks that formed at ridge crests and then, as spreading moved them away from the ridge, they subsided with the cooling oceanic crust they were resting upon.

Hess did not initially call this theory "sea-floor spreading" — that term was introduced by Robert Dietz in a 1961 Nature paper, which contained many similar ideas to those that had been circulated by Hess in 1960. Once introduced, the term became widely accepted.

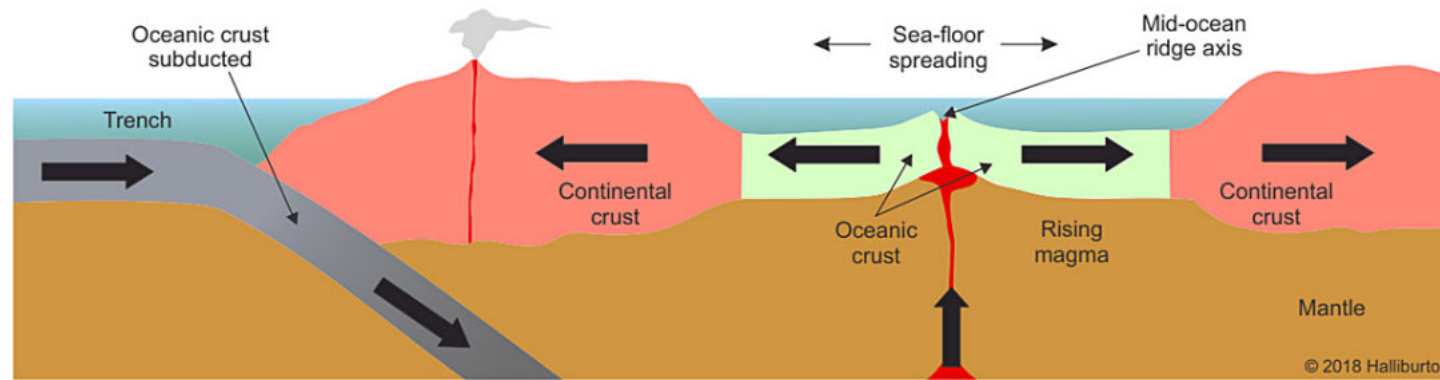
Hess was well aware that his ideas were both provisional and controversial. His History of the Ocean Basins paper contained the line, "I shall consider this paper an essay in geopoetry;" thereby, emphasising its speculative nature. If it were poetry, it scanned well. The paper explained many observations in an integrated way and offered the solution that proponents of



The Bear Seamount, a guyot from the North Atlantic.



The age of the ocean crust demonstrates sea-floor spreading.



Simplification of the sea-floor spreading hypothesis advanced by Harry Hess.

continental drift had long sought — a mechanism for continental movement along the conveyor belt of sea-floor spreading.

Support for Hess's ideas was soon to appear when, in 1963, the British geologists, Fred Vine and Drummond Mathews, published a paper in the journal *Nature*, noting that there was a symmetrical pattern of magnetic stripes (positive and negative magnetic anomalies relating to magnetic pole reversals) on either side of the mid-ocean ridges. In addition, when the basalts of the sea floor were dated, they were found to be the same age at similar distances away from the ridge on each side. This suggested that the ocean floor was created at the mid-ocean ridges, and then progressively moved away from the ridge, just as Hess had speculated.

Outside of his work on marine geology, Hess was also involved in many other scientific endeavours, including the Mohole project (1957–1966), an investigation into the feasibility and techniques of deep sea drilling that eventually gave rise to the Deep Sea Drilling Programme and its successors. He continued to be involved in the U.S. Naval Reserve, rising to the rank of Rear Admiral. He was also an active adviser to U.S. governmental science programmes, including the Lunar Exploration Missions. Hess died from a heart attack in Woods Hole, Massachusetts, on August 25, 1969, while chairing a meeting of the Space Science Board of the National Academy of Sciences.

Hess was one of the truly great American geologists, who took full advantage of being at the center of the explosion of data gathering from the marine realm in the mid-20th century. He had the rare ability to overturn his ideas when new data demanded it and did not hesitate to say publicly that he had been wrong. His greatest contribution to geology was the notion of sea-floor spreading, without which the development of the paradigm of plate tectonics would have been delayed. Hess said of himself in his speech accepting the Geological Society of America's Penrose Medal in 1966, "As a geologist who has often guessed wrong, I deeply appreciate the generosity of the society in balancing my errors against deductions of mine not yet proven incorrect. I am pleased to come out with a positive balance."

During his career at Princeton University, Hess chose the Caribbean area as an ideal subject for testing the plate tectonic paradigm. To implement this, he led a project for Ph.D. students to do field work in northern South America, the Caribbean islands and Central America. These students included Gabriel Dengo, J.C. Maxwell, Thomas (Nick) Donnelly, Bill MacDonald, Fred Nagle, and many others who went on to important careers in geology. They, in turn, supervised many more doctoral studies which advanced the understanding of this key area.

#### Some of Harry Hess' publications

Hess, H.H., 1938, Gravity anomalies and island arc structure with particular reference to the West Indies: *Amer. Phil. Soc., Proc.*, v. 79, p. 71-96.

Hess, 1939, Island arcs, gravity anomalies and serpentinite inclusions: A contribution to the ophiolite problem: *Int. Geol. Congr.*, 17<sup>th</sup>, Rep., v. 2, p. 263-283.

Hess, H.H., 1946, Drowned ancient islands of the Pacific basin: *Amer. J. Sci.*, v. 244, p. 772-791

Hess, H.H., 1948, Major structural features of the western North Pacific: an interpretation of H.O. 5485, Bathymetric Chart, Korea to New Guinea, *G. S. A. Bull.* v. 59, p. 417-446.

Hess, H. H., and J. C. Maxwell, 1949, Geological reconnaissance of the Island of Margarita, Part I: *Geological Society of America Bulletin*, v. 60, no. 12, p. 1857–1868.

Hess, H.H., 1954, Serpentine, orogeny and epeirogeny, in Poldervaart, A., ed., *Crust of the earth - a symposium: G.S.A. Special paper 62*, p. 391-408.

Hess, H.H., 1955, The ocean crust: *J. Mar. Res.*, v. 14, p. 423-449.

Hess, H.H., 1959, the AMSOC hole to the earth's mantle: *Amer. Geophys. Union Trans.*, v. 40, p. 340-345.

Hess, H.H., 1959, Nature of the great ocean ridges, in Sears, M., ed., *International Oceanographic Congress preprints: Washington, D.C., Amer. Assoc. for Adv. of Science*, p. 33-34.

Hess, H. H., 1960, Caribbean research project: Progress report: *Geological Society of America Bulletin*, v. 71, no. 3, p. 235–240.

Hess, H.H., 1962, History of the ocean basins, *Petrological Studies: G.S.A., a volume in honor of A.F. Buddington: Engel, A.E.J., James, H.L. and Leonard, B.F. eds*, p. 599-620.

Hess, H.H., 1965, Mid-ocean ridges and tectonics of the sea floor, in Whittard, W.F. and Bradshaw, R., eds, *Submarine geology and geophysics: London, Butterworth*, p. 317-332.

**Source: A short biography of Harry Hess, published within Halliburton's Exploration Insights Magazine**

#### REFERENCES

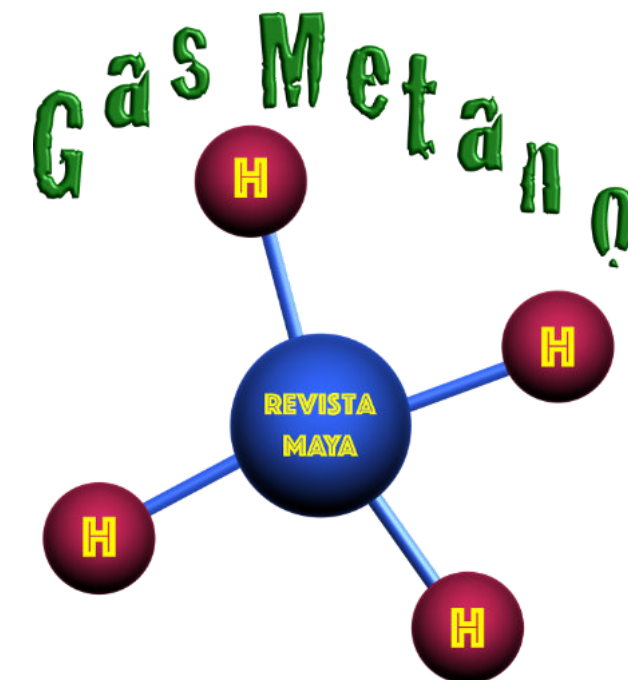
This essay has drawn upon the following works:

Frankel, H.R. 2012. *The Continental Drift Controversy, Volume III Introduction of Seafloor Spreading*. Cambridge University Press, 476pp.

Lawrence, D.M. 2002. *Upheaval from the Abyss*. Rutgers University Press, 284pp.

Le Grand, H.E. 1988. *Drifting Continents and Shifting Theories*. Cambridge University Press. 313pp.

Oreskes, N. 1999. *The Rejection of Continental Drift*. Oxford University Press, 420pp.



# PIONEROS DE LA PALEONTOLOGÍA

## Georges Cuvier: (1769-1832)

**Georges Cuvier**, baptized Georges Jean-Léopold Nicolas-Frédéric Cuvier, was a professor of anatomy at the National Museum of Natural History in Paris, France, through the late eighteenth and early nineteenth centuries. Scholars recognize Cuvier as a founder of modern comparative anatomy, and as an important contributor to vertebrate paleontology and geology. Cuvier studied the form and function of animal anatomy, writing four volumes on quadruped fossils and co-writing eleven volumes on the natural history of fish with Achille Valenciennes. Moreover, Cuvier constructed a system of classification based on specific and well-articulated principles to help anatomists classify animal taxa. Cuvier had public debate in 1830 with Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, a dispute centered on whether form or function matters most for the study of anatomy and whether the transmutation of organic forms can occur over time. Cuvier's opinions influenced the development of biology in France, and his arguments against transmutation of types influenced the reception of Charles Darwin's theory of evolution by natural selection among many French naturalists.

Cuvier was born 23 August 1769 into a middle class family in the French-speaking community of Montébeliard, located in the Jura Mountains. At the time, Montébeliard was not yet under French jurisdiction, but it was part of the Duchy of Württemberg. Cuvier's mother, Anne Clémence Chatel, and father, Jean Georges Cuvier, a lieutenant in the Swiss Guards, were devout Lutherans. Cuvier attended the Karlsschule academy in Stuttgart, Germany, from 1784 to 1788. While at the academy Cuvier learned how to dissect animals from Carl Friedrich Kielmeyer, a founder of the German school of Naturphilosophie who promoted an early version of the theory of recapitulation. The academy, founded by the Duke of Württemberg, aimed to educate future civil servants. However, after learning German, Cuvier decided to study economics, administration, law, chemistry, mineralogy, botany, and zoology, and he followed an academic path. After graduation from the Academy in 1788, Cuvier became a tutor to the noble family of the Comte d'Héricy in Normandy, France.

Cuvier took shelter in Normandy during the most violent periods of the French Revolution and developed his interests in natural history. In 1795, Cuvier took a position



at the National Museum of Natural History in Paris, working as an assistant to the ailing Jean-Claude Mertrud, a professor of anatomy. Geoffroy Saint-Hilaire extended the invitation to Cuvier after hearing of Cuvier's skill in dissecting animals. Cuvier later engaged in a public dispute with Geoffroy Saint-Hilaire in 1830. Cuvier succeeded Louis-Jean-Marie Daubenton in 1799 as professor in the Collège de France. In 1802, Cuvier replaced Mertrud as chair of animal anatomy at the Paris Museum.

Cuvier spent much of his scientific career at the Paris Museum, where he produced a book on the classification of animal anatomy, *Le Règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée* (The Animal Kingdom Arranged after its Organization; Forming a Natural History of Animals, and an Introduction to Comparative Anatomy), published in 1817. Cuvier insisted that the functional parts of animals ought to guide their classification, because animal anatomy displays functional integration—organs work together to function. To classify animals, Cuvier emphasized the principle of the subordination of characters/parts, a principle already used by botanists to classify plants. The principle prioritized those parts of an organism that researchers thought were essential for its mode of life, such as the nervous system, the circulatory system, and the respiratory system; over those parts that researchers considered subordinate, or secondary, characteristics.

Cuvier prioritized function over form in taxonomy. He further advocated for his position with two principles for anatomical studies: the principle of the correlation of parts and the principle of the conditions of existence. The correlation of parts describes the functional relationships that must exist between organs to produce a viable organism. For example, historian Peter Bowler explains that using this principle, if one were to discover the fossil remains of sharp claws, one could infer that they belonged to a carnivore, and further infer that it would have teeth with the structure necessary to seize and tear up prey. The principle of the conditions of existence reinforces functional integration between parts of animals by further requiring that these parts be in harmony with the animals' environments and their modes of life. In other words, there must be an accord between the organism, its environment and its mode of life. Cuvier described those principles in several of his works, including *Leçons d'anatomie comparée* (Lessons on Comparative Anatomy) published between 1800 and 1805, and *Le Règne Animal* (The Animal Kingdom) published in 1817. Cuvier's scientific principles reflect a teleological approach to the life sciences and natural history, influenced by Aristotle and by Immanuel Kant, an eighteenth century philosopher in Prussia.

Cuvier's principles led him to classify the animal kingdom into four main classes, or embranchements (branches), and also to deny the possibility of transmutation, what was later called evolution, between species. Before Cuvier, many naturalists and anatomists divided the animal kingdom into two main groups: the vertebrates and invertebrates. Cuvier's research and theories—especially his scientific work on molluscs, *Mémoires pour servir à l'histoire et à l'anatomie des mollusques* (Memoires to Serve as the History and Anatomy of Molluscs) published in 1817—led him to divide the invertebrates into three additional branches: Articulata (arthropods and segmented worms), Mollusca (which included all the bilaterally symmetrical invertebrates), and Radiata (cnidarians and echinoderms). Cuvier insisted that the four categories represented natural groups in the animal kingdom, and that individuals in one category could never transform into another category over time. As a result, Cuvier criticized the contemporary transmutationist theories defended by Jean-Baptiste Lamarck and Geoffroy Saint-Hilaire, who were both contemporaries of Cuvier at the Paris Museum. Cuvier believed it was contrary to all of his principles to think that an organism could change one part of its structure over time, without any repercussions to its functionally integrated whole. Based on his principles, if an organism's structure could evolve piecemeal and slowly transform into new forms, as Lamarck and Geoffroy Saint-Hilaire suggested, it wouldn't survive in its environment.

Cuvier also studied fossils. Near the end of the eighteenth century, scholars disputed whether fossils represented life forms that no longer existed, or whether—as the Comte de Buffon, at the Jardin des Plantes in Paris, believed—the fossils found in Europe and America represented animals that had migrated to the tropics. Buffon argued that God would not have let his creations go extinct. In 1796, Cuvier presented a paper to the National Institute of Sciences and Arts in Paris, in which he compared the anatomy of living and fossil elephants, thus proving extinction to be a fact, as the fossil elephants had not been seen by recent humans. In the following years, Cuvier continued to document the extinction of animals such as the giant ground sloth, the Irish elk, and the American mastodon.

Cuvier's research on extinct forms led him to investigate the causes of extinction. He proposed a catastrophist geological history of the earth. In 1825 Cuvier published his *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (A Discourse on the Revolutions of the Surface of the Globe), in which he proposed that a series of catastrophic events could explain the changes in the surface of the earth and the succession of the different fauna found in the fossil record. After his death, Cuvier's theory was challenged by Charles Lyell's uniformitarian theory of earth's history. Lyell, a geologist from Scotland who studied with Cuvier in Paris in 1823, believed, in opposition to the catastrophist theory, that gradual, uniform processes altered the surface of the earth. Lyell's theory helped persuade Charles Darwin that minute differences between organisms could suffice to produce drastic changes in form, so long as enough time had passed.

In addition to his scientific work, Cuvier occupied several administrative positions in Paris, serving as the Inspector-General of the Imperial University, Vice Rector of the Faculty of Sciences, and the State Councillor. Several historians highlight Cuvier's ability to keep these influential administrative positions under the radically different French regimes of the late eighteenth and early nineteenth centuries. In 1806, Cuvier was appointed to the Royal Society of London as a foreign member. And, in 1812, he became a foreign member of the Royal Swedish Academy of Sciences. Cuvier was later knighted and became a Baron of France. He died on 13 May 1832.

Source: Racine, Valerie, "Georges Cuvier (1769-1832)". Embryo Project Encyclopedia (2013-07-10). ISSN: 1940-5030 <http://embryo.asu.edu/handle/10776/5914>.



# PLATE TECTONICS CONTRIBUTORS

## Dan McKenzie

**Dan McKenzie** published his first article on plate tectonics, providing a mathematical model for convection in the mantle explaining the movement of the earth's crust, "The viscosity of the lower mantle" (McKenzie, 1966). He and colleague, Bob Parker, went on to publish another article which described the principles of plate tectonics, "The north pacific: An example of tectonics on a sphere" (McKenzie and Parker, 1967), although there was a bit of controversy over it. McKenzie is currently Royal Society Professor of Earth Sciences at Cambridge University in England.

### Biographical Information

McKenzie was born in Cheltenham, UK, in 1942 to brilliant parents. Cheltenham is in western England, closer to Cardiff, Wales, than London. His father was an ear, nose and throat physician, as was his paternal grandfather. His mother won a national scholarship for college. She became interested in landscaping and geology, which influenced McKenzie.

McKenzie's undergraduate work was in math and physics. His graduate work was in physics, and graduated with 2:1 honors, which he attributed to losing interest in physics toward the end of college. McKenzie earned a research fellowship at Cambridge under Edward "Teddy" Bullard, who suggested that McKenzie pursue thermodynamic variables. This led to McKenzie's interest in convection in the earth's interior. He taught himself fluid mechanics, and joined the Scripps Institution at the invitation of Freeman Gilbert and Walter Munk.

After several months, he returned to Cambridge and submitted his PhD in 1966. Shortly after this, Bullard brought McKenzie to a conference in New York entitled, "The History of the Earth's Crust." McKenzie heard Fred Vine and Lynn Sykes speak about sea floor spreading, magnetic anomalies, and earthquakes. He heard his calling in life.



### Specific contributions to the theory of plate tectonics

Following his attendance at the conference on the Earth's Crust, McKenzie applied his knowledge of math, physics, and thermodynamics to the problem of the mechanism for the earth's crust moving. The result was his first paper on plate tectonics – "The viscosity of the lower mantle" (McKenzie, 1966). Using more math than I can comprehend, he concluded that there are two layers in the mantle, each of them in motion, which contribute to continental drift. He refuted two other models of the earth that were apparently prevalent at the time; one posited that the earth was homogeneous sphere, and the other that the core is inviscid and that the mantle is homogeneous. McKenzie's work showed that the earth is far more dynamic than previously thought and added to the growing awareness that convection in the mantle was driving continental drift. Wegener's idea was rejected in part because he could not provide a mechanism for continent's moving. McKenzie provided that mechanism.

### Euler Theorem applied to the paving stone theory of world tectonics (from McKenzie & Parker, 1967, page 1277)

One year later, McKenzie and Bob Parker published "The north pacific: An example of tectonics on a sphere" (McKenzie & Parker, 1967). McKenzie had read a paper by

Bullard on using a theorem by Euler. He and Parker combined that math with the magnetic anomalies and earthquake data he had picked up from Vine and Sykes to produce their paper. McKenzie and Parker postulated that rotational vectors, as described by Euler's theorem, explain the behavior of plates and explains the formation of ridges, trenches and transform faults. Interestingly, they refer to their idea as "the paving stone theory of world tectonics" (McKenzie & Parker, 1967, page 1276).

This paper was received with some controversy. Jason Morgan published a paper using the same math principles in 1968. However, Morgan had presented his ideas a year earlier at a conference which McKenzie had attended. However, McKenzie stated that he had not attended Morgan's lecture, and that Morgan's actual lecture at the conference was not the one indicated in the abstract (MacFarlane, 2007).

After this, McKenzie turned his attention to convection currents in the mantle. He and others determined that convection is the dynamo that leads to the movement of the plates.

### Other important scientific contributions

McKenzie investigated the phenomenon of earthquakes in Iran.

McKenzie became interested in the formation of sedimentary basins caused by stretching of the crust. Many of these basins filled in with organic material, which over time became fossil fuels. Oil companies refer to this process as the McKenzie Model of Sedimentary Basins.

SOURCE: [https://www.e-education.psu.edu/earth520/content/l2\\_p21.html](https://www.e-education.psu.edu/earth520/content/l2_p21.html)

McKenzie has recently conducted research in Iceland to delve into the issue of how magma flows and comes to the surface. Finally, McKenzie is analyzing data from the magnetometers on board the Mars Global Surveyor spacecraft and other satellite data to explore whether there is plate tectonics on Mars or Venus.

### Other cool stuff you should know

McKenzie's mother initially applied to Cambridge, but was rejected due to her Yorkshire accent. She enrolled at Royal Holloway of the University of London instead. She was a little disappointed that in later years her son would attend and become a professor at Cambridge.

McKenzie's mother enrolled in a degree program in landscaping. After 1 year, she became dissatisfied with the curriculum, dropped out, did her own research, and published "New Lives, New Landscapes," which became a standard textbook at the very program from which she dropped out. That school gave her an honorary degree.

When McKenzie came to the Scripps Institution, he came on an immigration visa. He didn't realize it, but that made him liable for the draft. When he was mailed draft registration papers six months later to complete, he hopped on a plane and returned to Cambridge.

### Awards

- Fellow of the Royal Society (FRS), 1976
- Wollaston Medal, Geological Society of London, 1983
- Rutherford Memorial Lecture, 1988
- Awarded a Royal Society Research Professorship, 1996
- William Bowie Medal, 2001
- Crafoord Prize Royal Swedish Academy of Sciences, 2002
- Order of the Companions of Honour by Queen Elizabeth II, 2003

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

<https://www.esc.cam.ac.uk/directory/dan-mckenzie>

University of Cambridge Newsletter. (2002). Photo retrieved on February 1, 2011, from <http://www.admin.cam.ac.uk/univ/newsletter/2002/june-july/newsinbrief.html>

## Bibliography

- McKenzie, D., Nimmo, F., Jackson, J., Gans, P. B. & Miller, E. L. (2000). Characteristics and consequences of flow in the crust. *Journal Geophysical Research*, 105, 11029-11046.
- McKenzie, D. (1999). Planetary science: Plate tectonics on mars? *Nature* 399, 307-308.
- Bickle, M. J. & McKenzie, D., 1987 The transport of heat and matter by fluids during metamorphism. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, 384-92.
- Jackson, J. & McKenzie, D. (1983). The geometrical evolution of normal fault systems. *Journal of Structural Geology*, 5, 471-82.
- McKenzie, D. & O'Nions, R. K. (1983). Mantle reservoirs and ocean island basalts. *Nature*, 301, 229-231.
- McKenzie, D. (1978). Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Science Letters*, 40, 25-32.
- Parsons, B. & McKenzie, D. (1978). Mantle convection and the thermal structure of plates. *Journal of Geophysical Research*, 83, 4485-96.
- McKenzie, D., Roberts, J. & Weiss, N. O. (1974). Convection in the earth's mantle: Towards a numerical simulation. *Journal of Fluid Mechanics*, 62, 465-538.
- McKenzie, D. & Sclater, J. G. (1971). The evolution of the indian ocean since the late cretaceous. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 24, 437-528.
- McKenzie, D. & Parker, R. L. (1967). The North Pacific: An example of tectonics on a sphere. *Nature*, 216, 1276-1280.
- McKenzie, D. (1966). The viscosity of the lower mantle. *Journal of Geophysical Research*, 71, 3995-4010.
- MacFarlane, A. (2007). Videotape interview with dan mckenzie. Retrieved January 28, 2011, from [http://www.alanmacfarlane.com/DO/filmshow/dan\\_mckenzie1\\_fast.htm](http://www.alanmacfarlane.com/DO/filmshow/dan_mckenzie1_fast.htm)(link is external)
- McKenzie, D. (2011). University homepage. Retrieved February 1, 2011, from <http://www.esc.cam.ac.uk/people/academic-staff/dan-mckenzie>(link is external)
- McKenzie, D., & Parker, R. L., (1967). The north pacific: An example of tectonics on a sphere. *Nature* 216, 1276-1280.
- McKenzie, D. (1966). The viscosity of the lower mantle. *Journal Geophysical Research*, 71, 3995-4010.
- McKenzie, D. (1999). Planetary science: Plate tectonics on mars? *Nature* 399, 307-308.

# Fotografías enviadas por estudiantes de geología



## Anticlinorio de Villa Juárez

Calizas cristalinas muy compactas con estratificación bien marcada y de color predominantemente gris, las cuales están alternadas con capas arcillosas delgadas. Esta secuencia es parte de la Formación Tamaulipas Superior de edad Cretácico Temprano-Tardío.

Afloramiento localizado en el vértice oriental de la Sierra Madre Oriental, al oriente del anticlinorio de Huayacocotla, con buzamiento hacia el sureste. Se encuentra cubierto por rocas ígneas extrusivas pórfido-dacíticas terciarias, cerca del poblado de Zaragoza, Puebla.



Caliza dolomitizada en estructura de intemperismo de piel de elefante perteneciente a la Formación San Felipe (Santonian-Campanian). Presenta una coloración grisácea y aflora en capas gruesas, con un espesor de varios cientos de metros. Su origen se relaciona al reemplazamiento metasomático de calcitas no cementadas en aguas poco profundas (plataforma). Aportación: **Andrea Guadalupe Hernández López, pasante de ingeniería geológica ESIA Ticomán, IPN.**

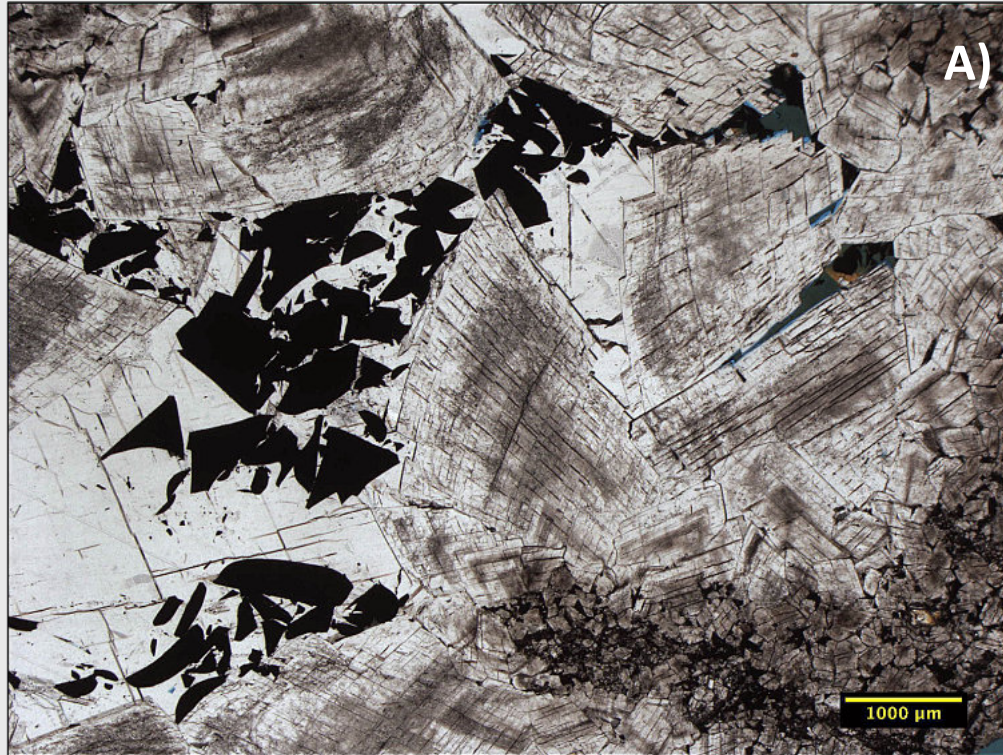
Las fotomicrografías en las páginas 68 y 69 fueron provistas por:

Dr. Jordi Tritlla Cambra

Geólogo Consultor

<https://bit.ly/gemix-earth>

Llançà, Prov. de Girona, Catalunya, (España)

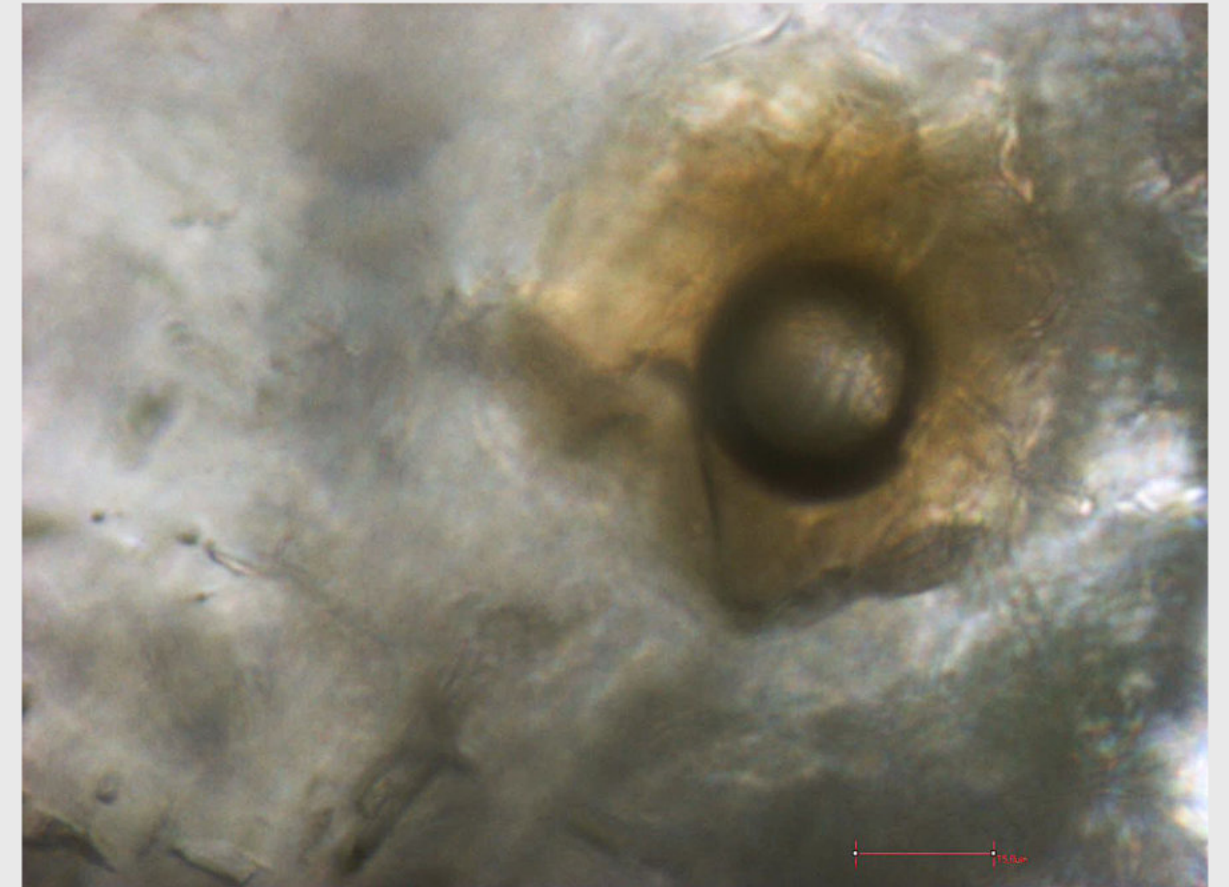
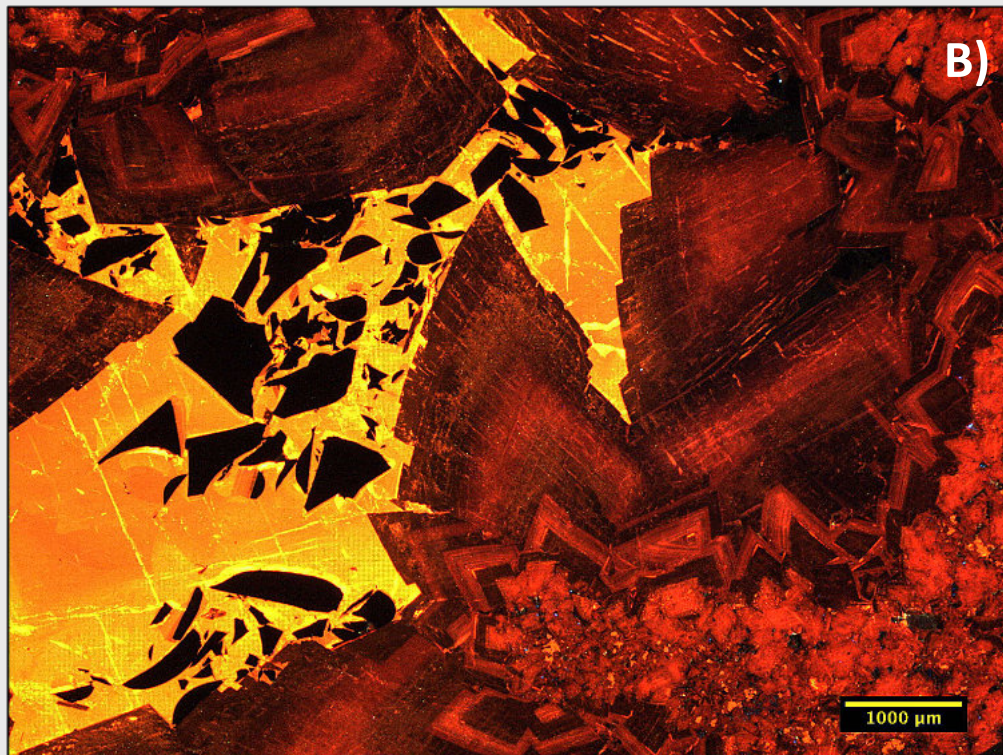


Dolomita saddle con  
pirobitumen y calcita  
final.

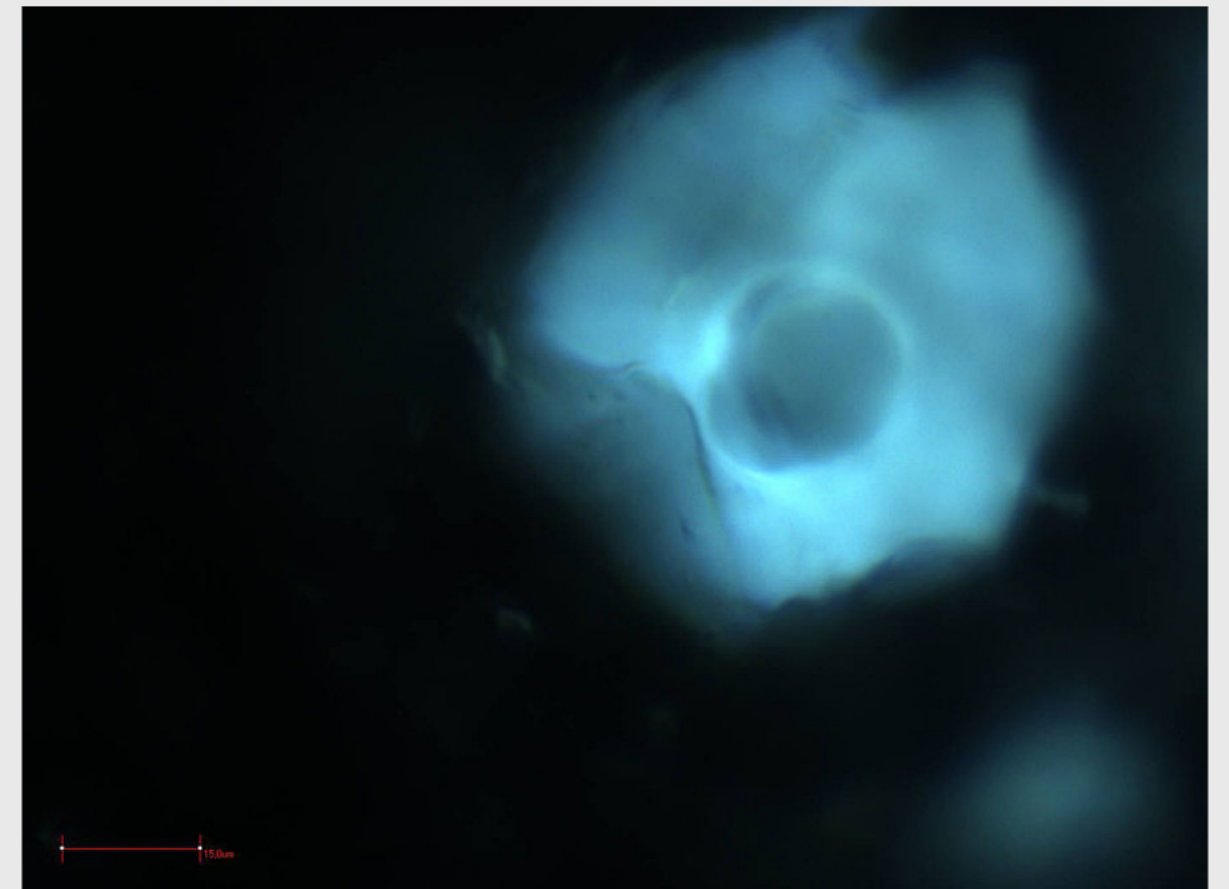
A) polarización nicols  
paralelos.

B) imagen en  
catodoluminiscencia.

Atar Group,  
Precámbrico de  
Taoudeni (Mauritania).



Inclusión fluida de hidrocarburo en luz paralela, Pérmico de Barents, Noruega.



Inclusión fluida de hidrocarburo en UV, Pérmico de Barents, Noruega.



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

**Ramón López Jiménez**

Consultor, Instructor e Investigador independiente  
en Channels Geoconsultancy

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

## Parte 2: Las corrientes termohalinas y su capacidad de transporte de sedimento global.

En la parte 1 diferenciamos entre dos tipos de corrientes: (1) las de ambiente marino poco profundo que están controladas por las mareas y (2) aquellas corrientes puramente gravitacionales asociadas a desprendimientos de sedimento o roca en zonas relativamente cercanas a la línea de costa (llamados generalmente corrientes turbidíticas). Podríamos añadir que el primer tipo son periódicas y predecibles, ya que están controladas por el efecto de los campos gravitatorios de la luna y el sol, mientras que el segundo tipo son 'esporádicas' e más difícilmente predecibles (salvo por ejemplo cuando hay grandes descargas de ríos en la plataforma continental).

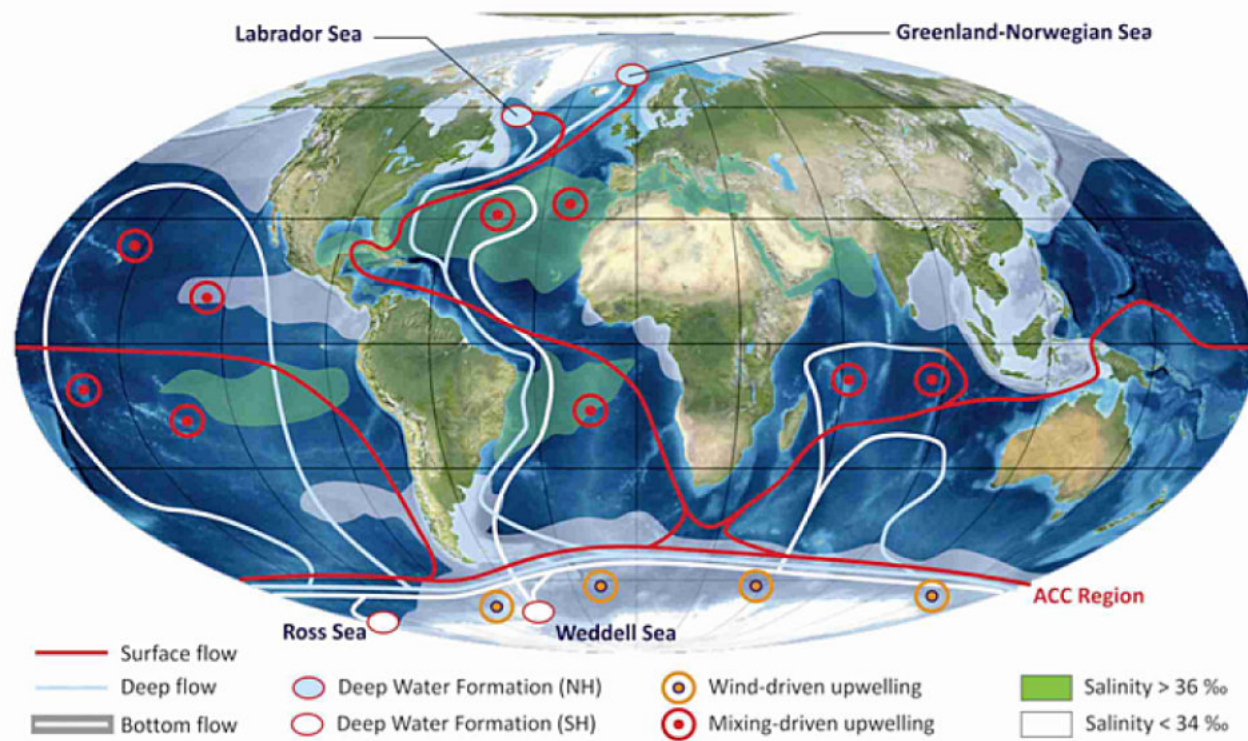
Ambos tipos de corrientes erosionan y depositan sedimentos en el fondo marino, pero hay otro tipo de corrientes que pueden hacerlo también: las corrientes termohalinas. Estas corrientes son movimientos de grandes masas de agua marina a escala tanto regional como global controladas, una vez más, por la gravedad. Como el propio nombre sugiere la temperatura (termo) y la salinidad (halina) del agua Marina son los elementos clave que hacen que el agua se mueva. Dicho sencillamente, cuanto más fría y más salada esté el agua, más densa esta será y esto hará que el campo gravitatorio de la tierra la atraiga a una posición más cercana al centro terrestre; esto es, el fondo marino (ver los aspectos clave de las corrientes termohalinas en la Tabla 1).

Table 1. Thermohaline currents: Key Info

Mean cause for the water movement	Differences in density because variations of temperature and salinity: The Earth gravity field 'takes' denser water closer to the seafloor.
Alternative causes and phenomena that partially controls the current direction	Tidal-related currents, Coriolis force
Name given to some of these currents when transporting sediments	Bottom currents, drift currents, nepheloid layers
Types of produced bedforms (from photographs)	Ripples, barchan-like sediment waves, straight waves, scours of multiple geometries and more (dimensions from millimetres to kilometres)
Names for different types of deposits depending of their internal structures (from seismic data)	Drifts, moats (dimensions in the range of kilometres)
General name to their resultant deposits	Contourites

Las corrientes termohalinas pueden ocurrir básicamente en cualquier profundidad. Pueden empezar en la misma superficie del mar, como explica el "dense shelf water cascading process" (Canals et al., 2006) y han sido observadas en las zonas más profundas de los océanos, las fosas de subducción (Thomson et al., 2010). Las corrientes termohalinas aún no se comprenden bien ya que están conectadas a un complejo sistema que integra a la atmósfera y a la dinámica de los océanos. La acción combinada de la fuerza del viento sobre la superficie oceánica con el Efecto Coriolis produce una serie de remolinos a escala regional llamados Giros (Gyres). Estos Giros están también conectados con corrientes ascendentes y descendentes oceánicas portadoras de gran cantidad de nutrientes las cuales son capaces de alcanzar el fondo marino (ver *Upwelling* y *Downwelling currents* en la Figura 1).

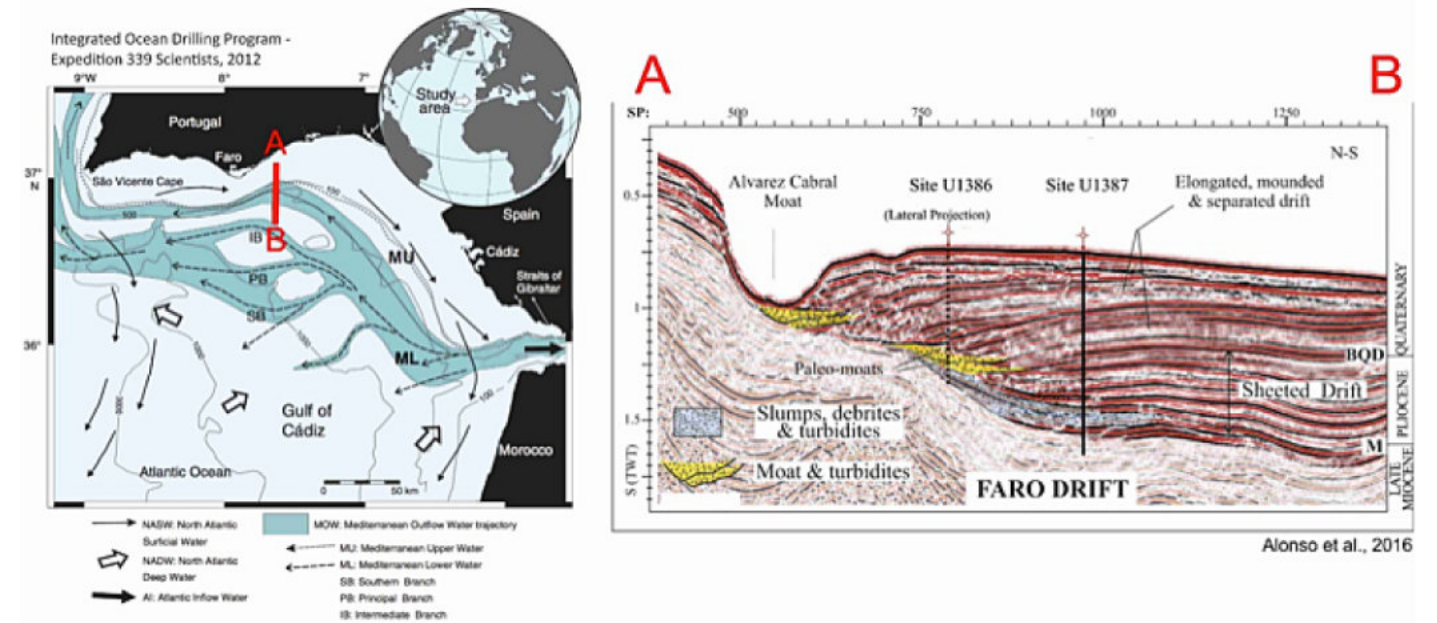
## Simplification of the global seawater circulation



**Figura 1. La circulación global termohalina** Esta proyección de Mollweide de la Tierra muestra una simplificación de las corrientes superficiales y en profundidad a escala global y regional donde el agua se hunde (Deep water formation o downwelling) y donde asciende a la superficie (upwelling) a causa de las diferencias de densidad. Fuente: Rebesco et al. 2014.

Si buceamos hasta profundidades abisales donde hay corrientes termohalinas veríamos ripples y 'excavaciones' producidos por las corrientes termohalinas (ver tabla 1). Sin embargo, en una escala mucho mayor sobre el fondo marino estas corrientes crean acumulaciones de capas de sedimentos en el fondo oceánico con geometrías (visibles en datos sísmicos) que pueden ser similares a aquellas que se observan también en los sistemas de canales submarinos que se forman por corrientes esporádicas puramente gravitacionales (del tipo 2 mencionado al principio). Los depósitos producidos por las corrientes termohalinas alrededor de los canales son en general de mayores dimensiones que los *levees* y están típicamente formados por sedimentos de grano más fino. Identificar un depósito formado por corrientes puramente termohalinas (contornitas) de otros producidos por corrientes gravitacionales esporádicas (turbiditas). Algunos canales termohalinos están conectados a canales submarinos en el margen continental producidos por corrientes puramente gravitacionales y corrientes mareales. Una de las áreas más estudiadas de este tipo es el Golfo de Cádiz (Figura 2).

## Example of themohaline pathways and their deposits



**Figura 2. Los canales termohalinos del Golfo de Cádiz.** La figura de la izquierda muestra los continentes en negro y el agua en azul. En azul oscuro, se muestran los canales termohalinos conectados con el Estrecho de Gibraltar. La figura a la derecha muestra una sección sísmica del canal termohalino más al norte, el cual ha producido un drift o pseudo-levee que se ha llamado Drift Faro (ver línea A-B en la figura de la izquierda).

Es fácil suponer cómo de importantes son las corrientes termohalinas en el control y evolución del clima global. De hecho, se asume que estas corrientes tienen un papel crucial en el control del clima global, pero el impacto que tienen en los procesos físicos y químicos oceánicos no está bien comprendido. Por tanto, está aún en discusión cuáles son los efectos del cambio climático producidos por el ser humano en las corrientes termohalinas y cómo finalmente esto impacta en los sistemas marinos profundos geológicos y biológicos. La clave es, más investigación.

Más información acerca de las corrientes termohalinas y el clima global en:

<https://easac.eu/publications/details/a-sea-of-change-europes-future-in-the-atlantic-realm/>

## Referencias

- Alonso, B., Ercilla, G., Casas, D., Stow, D.A., Rodríguez-Tovar, F.J., Dorador, J. and Hernández-Molina, F.J., 2016. Contourite vs gravity-flow deposits of the Pleistocene Faro Drift (Gulf of Cádiz): Sedimentological and mineralogical approaches. *Marine Geology*, 377, pp.77-94.
- Canals, M., Puig, P., de Madron, X.D., Heussner, S., Palanques, A. and Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons. *Nature*, 444(7117), pp.354-357. Integrated Ocean Drilling Program - Expedition 339 Scientists, 2012. Mediterranean

outflow: environmental significance of the Mediterranean Outflow Water and its global implications. IODP Prel. Rept., 339. doi:10.2204/iodp.pr.339.2012.

Rebesco, M., Hernández-Molina, F.J., Van Rooij, D. and Wåhlin, A., 2014. Contourites and associated sediments controlled by deep-water circulation processes: State-of-the-art and future considerations. *Marine Geology*, 352, pp.111-154.

Thomson, R.E., Davis, E.E., Heesemann, M. and Villinger, H., 2010. Observations of long-duration episodic bottom currents in the Middle America Trench: Evidence for tidally initiated turbidity flows. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 115(C10).



## Ramón López Jiménez

### Consultor, Instructor e Investigador independiente en Channels Geoconsultancy

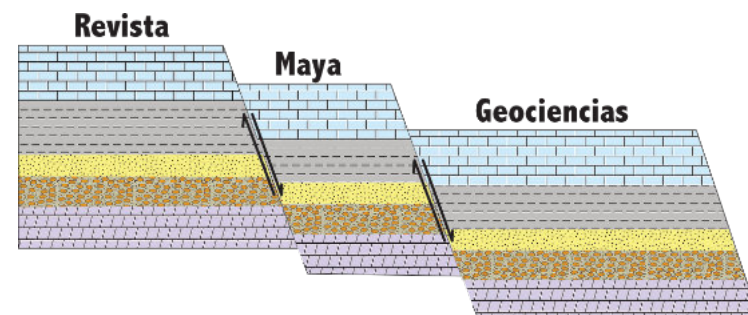
**Ramón López** es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, Mexico, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en afloramientos antiguos de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

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

[www.linkedin.com/in/ramon-lopez-jimenez](http://www.linkedin.com/in/ramon-lopez-jimenez)

[www.twitter.com/Montxolopez](http://www.twitter.com/Montxolopez)

[www.researchgate.net/profile/Ramon-Lopez-Jimenez](http://www.researchgate.net/profile/Ramon-Lopez-Jimenez)



## Pre-Spreading History of the Cayman Transform Fault Preserved in Middle America

**Joshua H. Rosenfeld**, Independent Geologist, Granbury, Texas, U.S.A.

### Abstract

Seafloor spreading in the Cayman Trough began in the Oligocene between the Oriente Transform Fault (OTF) to the north and the Swan Transform Fault (STF) to the south. Transform displacement east of the ridge occurs mainly along the OTF, while to the west it occurs completely along the STF, continuing onshore as the active boundary between the North American and Caribbean plates in Guatemala and Mexico. The western OTF is now inactive, although its prominent bathymetric relief indicates past activity. Since the spreading ridge formed as much as 15 my after left lateral displacement began along the Cayman transform system, pre-spreading left-lateral displacement may have produced onshore continuation of the OTF in Belize, Guatemala and Mexico.

### Introduction

The Cayman Trough is an ~110 km long north-south oriented oceanic spreading center bounded by the Oriente Transform Fault fracture zone (OTF) to the north and the Swan Island Transform Fault fracture zone (STF) to the south (Figure 1). This spreading center has generated about 600 km of oceanic crust since the Oligocene (Figure 2) at an average spreading rate of 2 cm per year (Rosencrantz, 1994; Mann, 2006). The STF continues west of the axial spreading ridge onshore as the active boundary of the Maya Block/Yucatán Basin on the North American Plate and the Chortis Block on the Caribbean Plate (Figure 1).

The western extension of the OTF is now inactive, although prominent bathymetric expression denotes its activity in the past. Left lateral motion along the Cayman trend started in the Eocene following terminal suturing of the

Cuban Arc on the Caribbean Plate to the Florida-Bahamas Block of the North American Plate. There were ~15 my between the beginning of sinistral movement in this zone and initiation of oceanic spreading at the Cayman Ridge. Therefore, prior to the activity represented by the Cayman spreading center, the OTF and the STF may have been a single left-lateral strike slip fault zone (Figure 3) that may have continued into the Yucatan Block as the short lived Caribbean-North America plate boundary.

Low resolution bathymetry along the western OTF shows diminishing relief as the OTF approaches the coast of Belize (Figure 1). The bathymetric relief of the OTF is lost beneath the actively growing barrier reef of Belize. However, the hypothetical onshore continuation of this fault zone appears to align with the northern boundary of the basement-cored Maya Mountain Uplift in Belize. The fault zone then continues westward as a prominent radar lineament and geological discontinuity across northern Guatemala (Figures 4 and 5).

Cretaceous strata outcropping to the north of this fault and Tertiary strata to the south indicate that the north side of the fault has subsided (Figure 5). The fault zone then continues to the west under the frontal folds of the Sierra de Chiapas (Figure 4). This through-going feature, also known as the La Libertad Arch, is herein renamed the Central Yucatan Fault Zone (CYFZ) shown in Figures 1, 4, 5 and 6.

Left-lateral strike slip displacement in the CYFZ ceased with the inception of the Cayman spreading center and the inactivity of the western OTF. Offset, however, had been sufficient to uplift the Maya Mountains and create the Spanish Lookout pull-apart basin in Belize (Figure 6), as well as bending the anticlinal axes in the Sierra de Chiapas above the Isthmian salt (Figure 4).

### Discussion

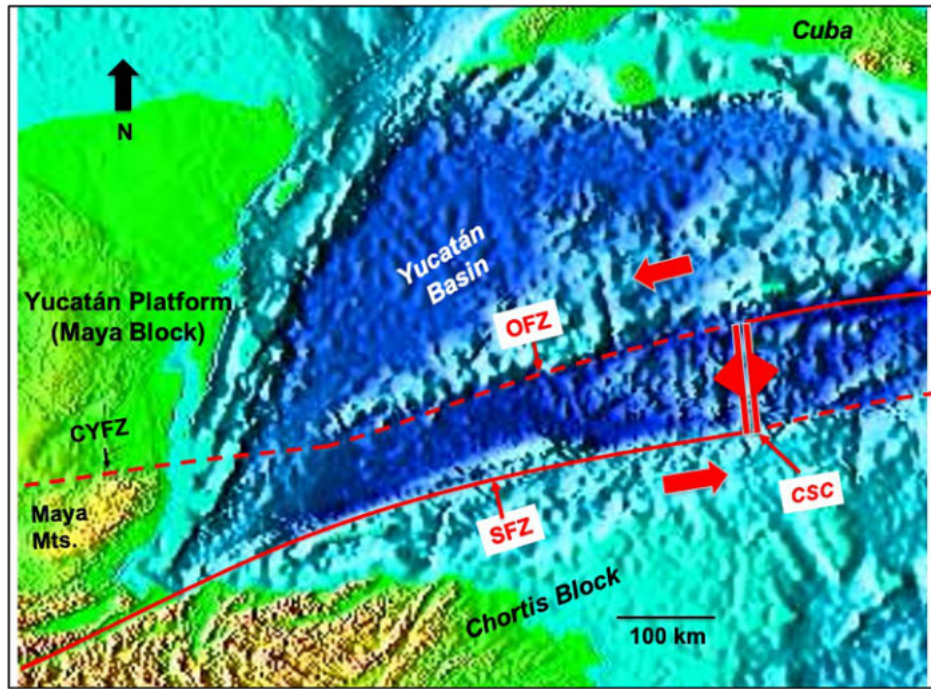


Figure 1. Map of the western Caribbean area. CSC = Cayman Spreading Center; OFZ = Oriente Fracture Zone; SFZ = Swan Island Fracture Zone; CYFZ = Central Yucatan Fault Zone. Figure shows the proposed westward continuation of the OFZ onshore as the CYFZ.

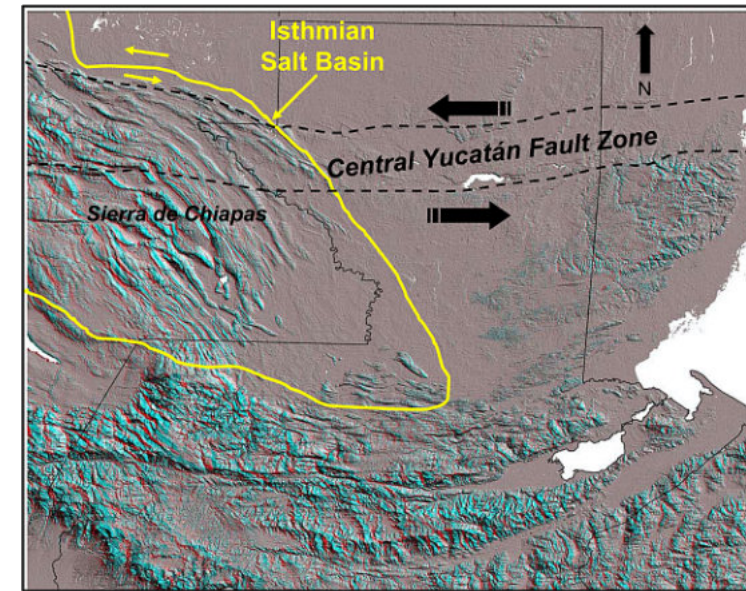


Figure 4. 3D radar image (red/blue) of northern Central America. The Central Yucatan Fault Zone (CYFZ) links the offshore Oriente Fracture Zone westward across Belize and northern Guatemala to the frontal folds of the Sierra de Chiapas in western Guatemala and Mexico.

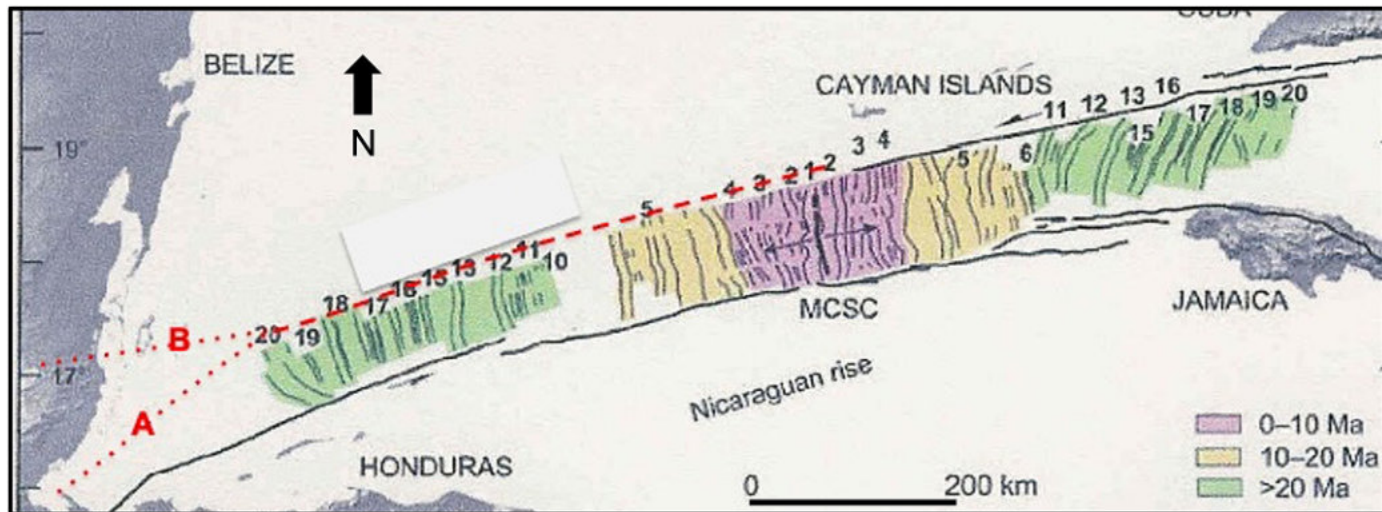


Figure 2. Spreading history of the MCSC (Mid-Cayman Spreading Center) recorded by abandoned ridge segments. A is the conventional interpretation of the western extension of the inactive Oriente Fracture Zone, and B is the western extension proposed herein. Adapted from Mann, 2007.



Figure 5. Geological map of Belize and northern Guatemala. The Central Yucatan Fault Zone (CYFZ) separates Paleozoic/Mesozoic rocks (blue, red and green) south of the fault zone from Tertiary rocks (earth tones) exposed within and north of the fault zone. Map from Bonis, Dengo and Bohnenberger, 1960.

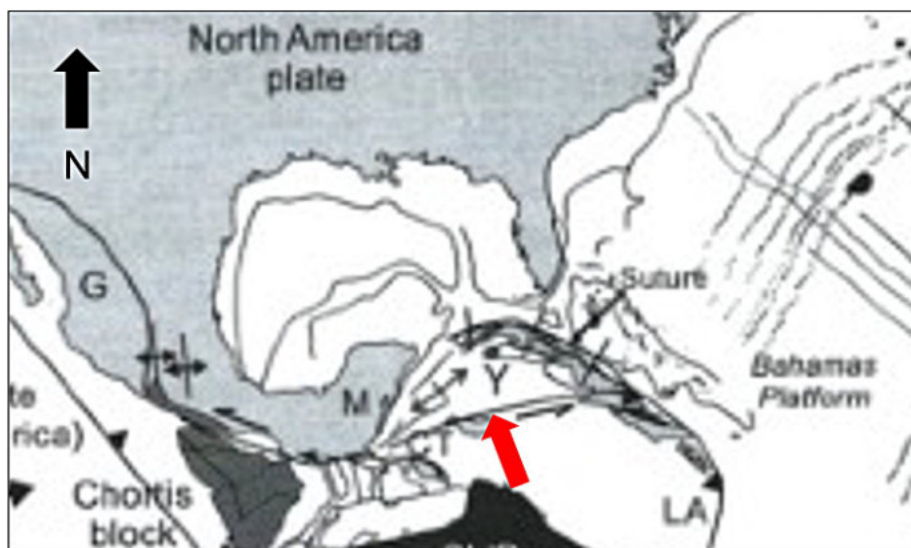


Figure 3. Tectonic configuration in the Caribbean region during the Eocene (49 mya). The red arrow points to the "ancestral" (pre-spreading) Cayman strike slip fault. From Mann, 2007.

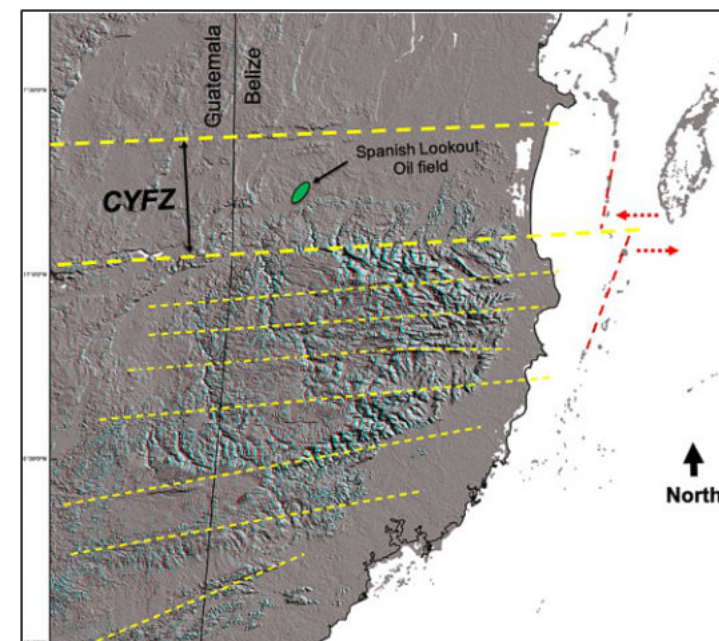


Figure 6. 3D radar image (red/blue) of northern Belize and Guatemala. CYFZ = Central Yucatan Fault Zone. Green blob is the Spanish Lookout oil field in the Spanish Lookout pull-apart basin. Red dashed lines and arrows show possible left lateral displacement of the CYFZ where it connects offshore to the Oriente Fracture Zone. The thin yellow dashed lines are among the many lineaments south of the CYFZ that were possible strike slip faults active as the Caribbean-North American plate boundary migrated south to its present location.

Conventional interpretations of the western Cayman Trough draw the inactive OTF southwesterly to merge with the SFZ (Figure 2). It is herein proposed that the "ancestral" OTF/STF, with its onshore continuation, temporarily became the North American - Caribbean Plate boundary following the Cuba-Florida/Bahamas collision and collision of the Chortis and Maya Blocks. Upon development of the Cayman spreading center, however, left-lateral motion migrated southward to its present location in Guatemala and Mexico as recorded by the numerous east trending lineaments across southern Belize and Guatemala (Figure 6).

As an economic observation, strike slip related structures in the Spanish Lookout pull-apart basin have trapped petroleum migrating south and east from intraplate basins in Guatemala and Mexico. Therefore, additional petroleum may be found along the CYFZ.

### Conclusions

The OFZ and SFZ started as an Eocene strike-slip fault that continued onshore to the west as the Central Yucatán Fault Zone (CYFZ) prior to transtensional development of the Cayman Spreading Center in the Oligocene.

This temporary CYFZ plate boundary forms the northern boundary of the Maya Mountains in Belize, continues across northern Guatemala as a prominent lineament separating Cretaceous and Tertiary strata, and then aligns with the left-lateral bending of fold axes in the northern Sierra de Chiapas in Mexico where carbonates and anhydrites overlie the Isthmian salt.

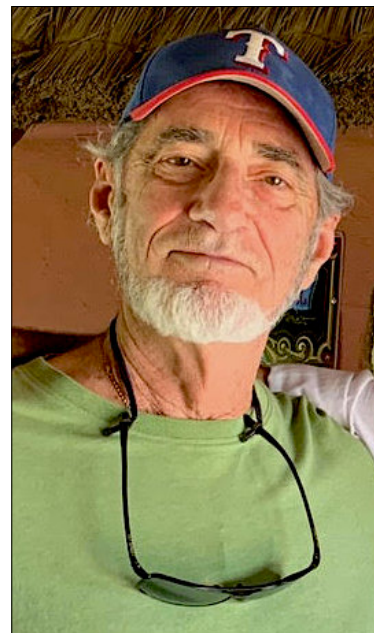
When the Cayman Spreading Center became active, the

### 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>



CYFZ was abandoned as the plate boundary migrated southward to its present location.

The Spanish Lookout oil field of Belize within a pull-apart basin of the CYFZ, and perhaps analogous oil fields in Guatemala, received petroleum migrating to the south and east from intra-platform source kitchens on the Yucatán Platform.

### Recommendations

Further study, including acquisition of detailed bathymetry along the western OTZ; compilation of available seismic lines across the onshore CYFZ; and field work in the areas of outcropping lineaments in Belize and Guatemala may provide additional criteria to help evaluate the hypothesis expressed in this paper.

Petroleum exploration should continue in the CYFZ of Belize and Guatemala.

### References

Bonis, S., Dengo, G. and Bohnenberger, O., 1960, Geological Map of Guatemala 1:500,000

Mann, P., 2007, Overview of the tectonic history of northern Central America, in P.Mann, ed., Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Northern Central America: Geological Society of America Special Paper 428, p. 1-19.

Rosenkrantz, E., 1995, Opening of the Cayman Trough and the evolution of the northern Caribbean Plate boundary: Geological Society of America, 1995 annual meeting, Abstracts with Programs, v. 27, p. 153.

## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS DE HIERRO EN MÉXICO

Corona-Esquivel, Rodolfo<sup>1</sup>, Tritlla, Jordi<sup>2</sup> y Levresse, Gilles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 Ciudad de México

<sup>2</sup>Geólogo Consultor, Gemix, 17490 Llançà, Girona, Catalunya, España.

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, Campus, Juriquilla, UNAM, Querétaro, Mexico

[rcorona@unam.mx](mailto:rcorona@unam.mx)

### INTRODUCCIÓN

El hierro es, fuera de toda discusión, uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y de acuerdo a su origen sus yacimientos pueden ser sedimentarios, magmáticos o de reemplazo metasomático. En orden de importancia y de acuerdo con la magnitud de sus reservas, los depósitos de mineral de hierro que ocupan el primer lugar son los de tipo sedimentario. Éstos contienen las mayores reservas del mundo y están constituidos principalmente por hematita y magnetita. Casi en su totalidad son de edad precámbrica (~2,500 Ma), formando el tipo llamado *banded iron formation* (BIF) por su disposición en capas. Otros yacimientos de tipo sedimentario son los de hierro oolítico, los cuales alcanzan volúmenes considerables, estando constituidos por acumulaciones de hematita con textura oolítica a pisolítica.

A los de origen sedimentario siguen en importancia los yacimientos magmáticos, que se conocen también como de tipo *IOCG* (Iron Oxide Copper Gold deposits), *subtipo Kiruna* (o magnetita-apatita), debido a su yacimiento modelo en Kiruna (Suecia; Nystrom, J. O., 1985; Nystrom, J. O.; Henriquez, F; y Travisany, V., 1996). Éstos tienen una amplia distribución en espacio y tiempo, comprendiendo desde el Proterozoico hasta el Terciario. Por lo general, son de gran volumen (>500 millones de toneladas) y presentan texturas de enfriamiento rápido, similares a las de las rocas volcánicas. Se caracterizan por valores altos en tierras raras, ser pobres en Cr (<10 ppm), ricos en V (>1,000 ppm) y tener un bajo contenido de Ti (100-1,000 ppm). Se generan a partir de la inmiscibilidad de magmas mediante la separación de un líquido silicatado, que da origen a las rocas ígneas asociadas, y

otro rico en óxido de hierro y fósforo. En dicho proceso, los metales siderófilos mencionados se adhirieron a la fase metálica en mayor o menor proporción de acuerdo a su coeficiente de distribución (*partition coefficient*) metal-silicato.

Finalmente, los yacimientos de *reemplazo metasomático* o tipo *skarn*, estrechamente ligados a los de tipo magmático. Se presentan en ambientes geológicos variados que van desde el Precámbrico hasta el Paleógeno y Neógeno (Figura 1).

### YACIMIENTOS DE HIERRO EN MÉXICO

A diferencia de los anteriores, los yacimientos en México son de edades más recientes y de menor volumen y pueden ser divididos en dos grandes grupos: los del Norte y los del Suroeste de México (Figuras 2 y 3).

### YACIMIENTOS DEL NORTE DE MÉXICO

Los yacimientos del Norte de México presentan características comunes en cuanto a que están hospedados en rocas volcánicas félsicas de edad oligocénica, su mena es principalmente hematita y su origen indica ser magmático. A continuación se describen los más importantes (Figura 3).

#### Cerro de Mercado, Durango

El yacimiento de hierro Cerro de Mercado recibe este nombre en honor a su descubridor, el explorador español Ginés Vázquez de Mercado. Se localiza en el centro del estado de Durango, justo en el límite norte de la actual ciudad capital del mismo. Sus coordenadas geográficas son 24°02'48"N y 104°40'18"W y su altitud es de 1,980 msnm. Ha sido objeto de diversos estudios tanto de investigación como económicos (Lyons, 1988; Corona-Esquivel & Henríquez, 2004; Corona-Esquivel et al, 2007, 2009a). El yacimiento se localiza en la región centro-oriental de la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental. De igual forma, queda comprendido dentro de la secuencia volcánica más extensa y espectacular de México, denominada Faja Ignimbrítica Mexicana.

El laboreo minero actual cubre un área aproximadamente de 1.04 km<sup>2</sup>, en la cual se observan diferentes cuerpos de mena, los que de acuerdo a sus características se les ha denominado como mineral masivo, mineral pulverulento, brechas mineralizadas y cuerpos de rodados de Fe semiconsolidados, emplazados en una secuencia de rocas félsicas con edades comprendidas entre 32.1 a 28.3 Ma Oligoceno; (Corona-Esquivel et al, 2018). La mineralización principal está controlada por dos grandes estructuras de



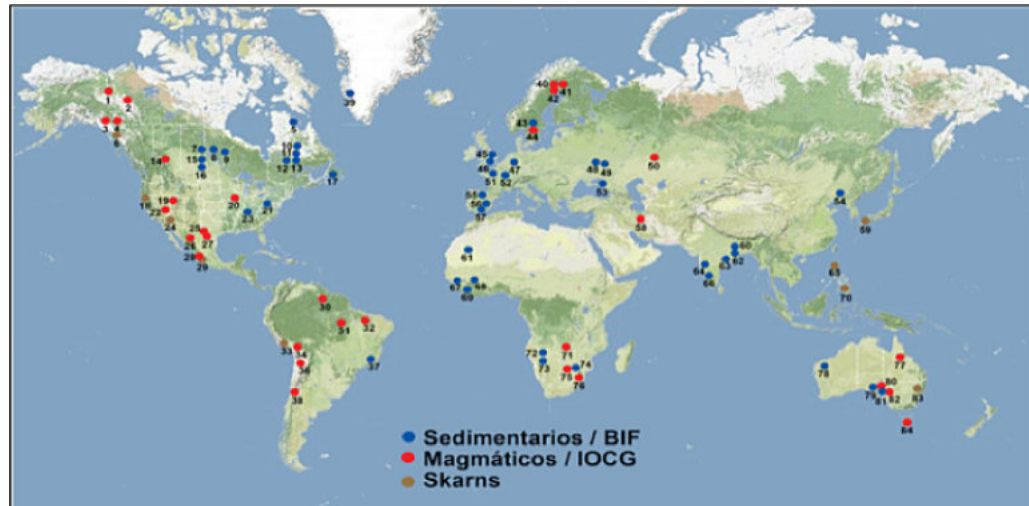


Figura 1. Yacimientos de hierro más importantes en el mundo.



Figura 2. Mapa geológico de México en el que se advierte una mayor abundancia de rocas Fanerozoicas.



Figura 3. Principales yacimientos de hierro en México.

brechas de falla: una de ellas con una orientación N-S, aproximadamente de 1,200 m de longitud por 120 m de anchura en promedio, dentro de la cual han sido explotados intensamente los cuerpos de mineral conocidos como Oficinas-Talleres, Conejos y Marmaja. La otra estructura de brecha de falla tiene un rumbo NE-SW y una longitud aproximada de 950 m con una anchura de unos 50 m en su parte central y más de 70 m en su extremo nororiental. En ella, se localizan los cuerpos de mineral denominados Central y Oriente, y en el área adyacente al NW se encuentran los cuerpos El Pirul y Mesa de Torres.

La mineralogía de la mena consiste principalmente en hematita, magnetita y martita. En menor proporción, junto a la magnetita, aparecen como minerales primarios cristales euhedrales de piroxeno y apatita intercrecidos con la magnetita. También es frecuente encontrar cristales muy limpios de apatita en oquedades en el mineral de hierro, junto con calcedonia y pirofilita, posteriores al proceso principal de mineralización de hierro.

Las características de los cuerpos de mineral, tales como estructuras claramente intrusivas, contactos nítidos no reactivos con la roca encajonante, texturas magmáticas dentro de los cuerpos de magnetita y la ausencia de un metasomatismo evidente, indican que el origen del yacimiento de Cerro de Mercado está relacionado íntimamente con la extrusión de un magma de mena de hierro, dando lugar a la formación de los diferentes cuerpos principales del yacimiento (Figura 4).

#### La Perla, Chihuahua

El yacimiento de La Perla se localiza en la parte oriental del estado de Chihuahua; sus coordenadas geográficas son 28°18'51"N y 104°33'46"W y su altitud es de 1,558 msnm. El área se encuentra situada en la porción suoriental de la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras. Así mismo, queda incluida en la porción suroccidental de la denominada Provincia Geológica Chihuahuense, en la que afloran rocas del Cenozoico y Mesozoico, principalmente.

Pueden distinguirse dentro de la mina cuerpos de mineral masivo, mineral pulverulento, mineral silicificado y cuerpos de brecha, cuyos minerales principales son hematita, magnetita con pequeñas cantidades de apatita, cuarzo y calcita (Corona-Esquivel et al, 2009b). Las características morfológicas, estructurales, texturales, mineralógicas y de edad observadas en el yacimiento de La Perla señalan una gran similitud con las que se presentan en el yacimiento de Cerro de Mercado y también con las descritas en otros yacimientos de magnetita-apatita en el mundo, como es el caso de El Laco, en Chile, y Kirunavaara, en Suecia (Figura 5). Es de destacar la presencia de cuerpos pulverulentos estratificados, con presencia de palinomorfos de edad Oligoceno (Corona-Esquivel et al, 2010), con evidencias de recocimiento a alta temperatura, todo ello indicativo de un emplazamiento en superficie

mediante procesos extrusivos. Un hecho importante en este yacimiento, fueron sus estudios palinológicos en el mineral pulverulento, en los cuales se reconocieron granos de polen con edades de 32 Ma, iguales a la edad de formación del depósito. Estos estudios son los primeros que se realizan en su tipo, en cuanto a depósitos de hierro.

La edad del depósito, por su relación genética con las rocas volcánicas de la Formación La Perla en las que encajona es de  $31.8 \pm 0.5$  Ma (Oligoceno). Datos geológicos, mineralógicos y texturales, permiten postular un origen magmático para este yacimiento, el cual se habría originado a partir de un magma de hierro muy rico en volátiles (F, P, S).

#### Hércules, Coahuila

El distrito minero de Hércules se localiza en el extremo occidental del estado de Coahuila, cerca de los límites con el estado de Chihuahua, entre los paralelos 28°01'40" y 28°02'28"N y los meridianos 103°44'25" y 103°45'37"W, en terrenos pertenecientes al municipio de Sierra Mojada. Los primeros estudios geológicos fueron realizados en 1943 por Torres y Esteve.

Los yacimientos ferríferos de Hércules, junto con otros cuerpos minerales ubicados en la Sierra de Cruces, en Coahuila, representan el extremo sur de la denominada "Provincia Ferrífera del Norte de México"; así mismo, quedan comprendidos en la Provincia Fisiográfica de Cuencas y Sierras. La estructura geológica de mayor interés en la región, es el stock intrusivo de carácter subvolcánico que forma la Sierra de Cruces, presentando una forma burdamente circular. Los cuerpos ferríferos conocidos se encuentran emplazados en la periferia interna del stock intrusivo, particularmente en su porción NW (Hércules) y Oriente (Santa Elena). Las rocas intrusivas se encuentran afectando a formaciones sedimentarias marinas de edad mesozoica.

En el distrito ferrífero de Hércules se tienen identificados cinco cuerpos minerales principales y una serie de cuerpos pequeños que forman siete agrupamientos. Los cuerpos ferríferos consisten, en su mayoría, en mineral masivo de alta ley con predominio de hematita, magnetita subordinada y cantidades menores de pirita, calcopirita, pirrotita, bornita, yeso, cuarzo, calcita, apatita, limonita y titanita. La morfología de los cuerpos es irregular elongada y burdamente tabular con actitudes tendientes a la vertical. Su ubicación se encuentra íntimamente relacionada a estructuras de falla que representan el principal control en el depósito de la mineralización. Los cuerpos más importantes del distrito son: Prometeo, Teseo, Tíber-Elektra, Área Sama y Aceros (Figura 6.)

La roca encajonante consiste comúnmente en rocas ígneas porfídicas de composición sienítica. Los contactos del mineral con la roca encajonante son normalmente



Figura 4. Yacimiento de Cerro de Mercado, Durango.



Figura 5. Yacimiento La Perla, Chihuahua. La forma original del yacimiento fue la de una lente de 1,200 m de longitud por 700 m de anchura y aproximadamente 75 m de profundidad.

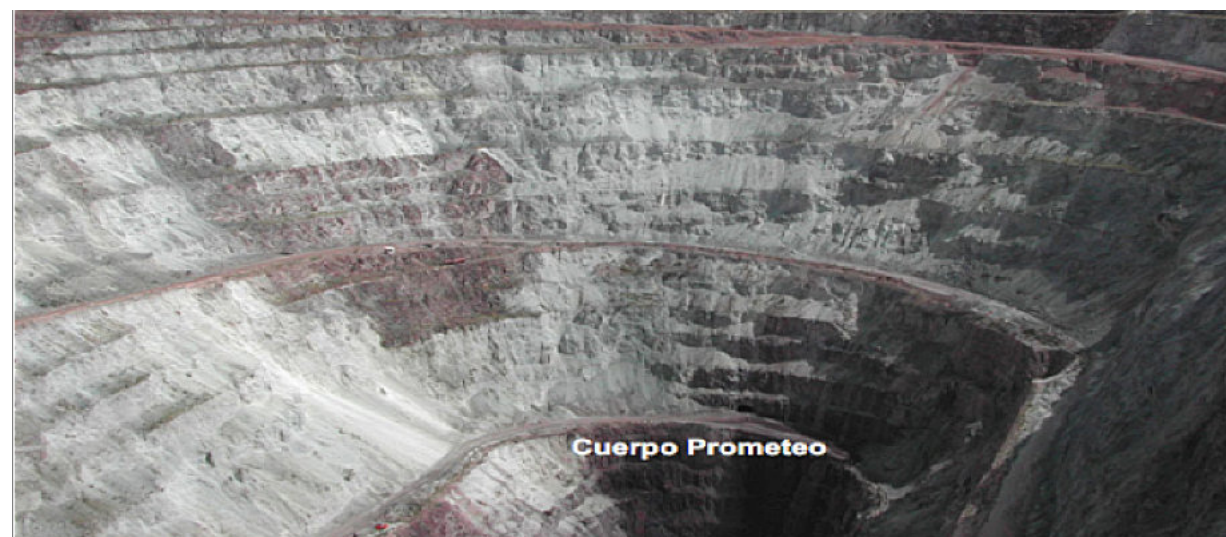


Figura 6. Cuerpo Prometeo en el distrito ferrífero de Hércules, estado de Coahuila.

abruptos. El mineral se presenta con textura compacta cristalina, en ocasiones bandeada con crustificación y oquedades; eventualmente, se presentan fragmentos brechoides de roca intrusiva.

Dataciones de K/Ar en roca total de algunas muestras de roca intrusiva del distrito Hércules, indican edades oligocénicas (Martínez-Bermudes et al, 1990), por lo tanto, se considera que la edad de la mineralización sea post-oligocénica, cuando menos parcialmente. En cuanto al origen, análisis isotópicos dan valores de -3.6 a +3.5 por mil de delta <sup>34</sup>S, indicando un origen magmático para el azufre de los sulfuros. En cuanto a las temperaturas de fraccionamiento isotópico del azufre, geotermómetros y geobarómetros auxiliares revelan que la mena principal de magnetita se formó entre 525 y 425°C bajo presiones cercanas a 500 bars. (Martínez-Bermudes et al, 1990).

#### YACIMIENTOS DE LA PORCIÓN SUROCCIDENTAL DE MÉXICO

Los yacimientos de la porción suroccidental de México están emplazados en la secuencia vulcanosedimentaria del Jurásico-Cretácico, siendo en edad del Cretácico Tardío-Terciario temprano. La mena consiste principalmente en magnetita. En cuanto al origen, unos depósitos son magmáticos y otros de reemplazo metasomático. Los más importantes son los siguientes: La Huerta, El Encino y Chanqueahil, en Jalisco; Peña Colorada y Cerro Náhuatl, en Colima; Aquila, Las Truchas y Los Pozos, en Michoacán; y Plutón, El Tibor y El Quelele, en Guerrero (Figura 7).

#### La Huerta, Jalisco

El yacimiento de hierro de La Huerta se localiza en la porción suroccidental del estado de Jalisco, entre las coordenadas geográficas 10°15'-19°35'N y 104°20'-104°45'W. En él afloran tanto rocas vulcanosedimentarias del Cretácico como rocas intrusivas

de composición granodiorítica del Cretácico Tardío-Terciario temprano. Estas secuencias forman parte del denominado "Terreno Guerrero", las que tectónicamente estuvieron relacionadas con la evolución de un arco de islas y fueron muy favorables para el depósito de yacimientos minerales metálicos, especialmente de hierro.

Los mapas aeromagnéticos del área realizados por el entonces Consejo de Recursos Minerales (actual Servicio Geológico Mexicano) indican fuertes anomalías que pudiesen corresponder a cuerpos de mineral de hierro no descubiertos; por otra parte, se conoce la existencia de varios prospectos para el mismo mineral tales como El Equipal, Villa Vieja, Paso Real, El Pedregal, El Pitero, La Campana, Comitancito y Las Pilas, entre otros, cuya mineralización se manifiesta en forma de cuerpos irregulares, tanto en el contacto entre calizas e intrusivos graníticos como incluidos en la secuencia vulcanosedimentaria.

Los cuerpos ferríferos consisten en magnetita masiva con una ley superior al 60% de Fe. Las características que presenta el mineral de hierro megascópicamente son: color negro a gris acerado, con estructura que puede ser compacta, masiva, o compacta con oquedades. Como minerales de ganga pueden presentarse piritita, calcita, clorita, epidota y cuarzo, encontrándose escasamente distribuidos en la masa mineral.

Por lo anterior, la importancia geológico-minera del área de La Huerta debe ser tomada en cuenta para la localización de nuevas reservas de mineral de hierro y otros minerales que pudiesen estar asociados (Figura 8).

#### El Encino, Jalisco

El depósito de mineral de hierro de El Encino se halla en el extremo suroccidental del estado de Jalisco, dentro del municipio de Pihuamo, a 40 km al oriente, en línea recta, de la ciudad de Colima. El área ha sido estudiada por Labarthe-Hernández y Rodríguez (1959), Piñeiro (1972).



Figura 7. Principales yacimientos de hierro en la porción SW de México.

La base de la columna litoestratigráfica del área la conforma la Formación Tecalitlán, que consiste en una gruesa secuencia de rocas volcánicas continentales de composición félsica a intermedia del Cretácico Inferior. Le sobreyacen, en discordancia angular, los depósitos volcanoclásticos marinos de la Formación El Encino, del Aptiano superior-Albiano inferior. Otra discordancia angular separa la Formación El Encino de la unidad suprayacente, que es la Formación Vallecitos, cuya parte inferior, denominada "miembro tobáceo", consiste en tobas, derrames lávicos y conglomerados con abundante celadonita.

Como intrusivos dentro de la secuencia del Cretácico, se hayan cuerpos de composición gabroica y granodiorítica, cuya edad es de  $93.1 \pm 4.7$  Ma. Labarthe-Hernández y Rodríguez (1959), La mineralización en la mina de El Encino está emplazada siempre en el mismo nivel estratigráfico; esto es, en la parte superior del miembro inferior de la Formación El Encino. En este distrito minero existen tres intrusivos importantes: el cuerpo San Pascual, el cuerpo Número Uno y el cuerpo San Ramón. Todos ellos consisten en magnetita masiva con una ley promedio de 62.5% de Fe (Figura 9).

Las características que el mineral de hierro presenta megascópicamente son: color negro o pardo con estructura que puede ser compacta, masiva, bandeada o diseminada. Dicha mineralización se aloja en la unidad de composición tobácea a calcárea del miembro inferior de la Formación El Encino. Mineral diseminado cubre al mineral masivo con un espesor promedio de 25 m y leyes del 18 al 20% de hierro. Como minerales accesorios se tiene pirita, calcita, clorita, epidota, cuarzo, andradita, grosularia y apatita, encontrándose escasamente distribuidos en la masa mineral, con excepción de la apatita.

#### **Peña Colorada, Colima**

El yacimiento de mineral de hierro de Peña Colorada se localiza en el extremo noroccidental del estado de Colima, en el municipio de Minatitlán, internándose en el sur del estado de Jalisco, en el municipio de Cuautitlán. Sus coordenadas geográficas son  $19^{\circ}23'N$  y  $104^{\circ}06'W$ , y su altitud media es del orden de los 1,200 msnm.

Los primeros trabajos de Peña Colorada, entonces conocido como prospecto El Mamey, fueron realizados por Aguilera (1914) y González Reyna (1939, 1956) quienes describieron la geología del área a nivel de reconocimiento. Fisiográficamente, el yacimiento se encuentra en la subprovincia de Las Cordilleras de la Sierra Madre del Sur.

Las rocas en donde se encuentran los cuerpos de mineral consisten en una secuencia vulcanosedimentaria de unos 360 m de espesor, del Cretácico, descrita como Formación

Tepalcatepec. De la base a la cima, los primeros 40 m corresponden a capas gruesas de caliza gris, muy compactadas. Sobre la unidad de calizas y en forma transicional se tiene aproximadamente 200 m de capas de espesor variable de derrames y tobas de composición andesítica. En su parte media superior se presentan lentes de caliza fosilífera y hacia la cima se encuentran horizontes de brechas constituidas por fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesíticas y magnetita cementados por la toba (Corona-Esquivel y Henríquez, 2004, 2007, 2009c). Los 120 m superiores del yacimiento los constituyen capas de conglomerado que hacia la base son muy gruesas y contienen principalmente cantos de andesita y, en menor proporción, de caliza gris. La edad del depósito es de  $65.3 \pm 1.5$  a  $57.3 \pm 2.1$  Ma (Tritlla et al., 2003), correspondiente al Paleoceno basal.

Las obras actuales de explotación del yacimiento permiten diferenciar cuatro cuerpos principales de mineral, que son: (1) el cuerpo central o masivo, (2) el cuerpo inferior bandeado o segundo cuerpo de mineral diseminado, (3) los cuerpos masivos tabulares sub-verticales de La Chula, y (4) el cuerpo de brecha. Todos ellos están constituidos principalmente por magnetita y, en menor proporción, martita, hematita, pirita, piroxeno, clorita, apatita y carbonatos (Figura 10).

Figura 10. Vista panorámica del yacimiento de Peña Colorada. La secuencia vulcanosedimentaria tiene una disposición subhorizontal. Diques subverticales, de composición andesítica a dacítica, cortan a todas las rocas de la columna, incluyendo a los cuerpos de mineral.

#### **Cerro Náhuatl, Colima**

El depósito ferrífero de Cerro Náhuatl se localiza en el municipio de Coquimatlán, en el SE del estado de Colima (Figura 11). Su geología fue estudiada por el Consejo de Recursos Minerales en el año de 1961, por Arriaga-García (1962), Neilson (1969), y Estrada-Barraza y Villarreal-Celestino (1990). Su explotación se inició por la compañía minera Las Encinas, siendo sus reservas calculadas del orden de los 32 millones de toneladas.

La estructura geológica de este yacimiento corresponde a un anticlinal de orientación NW-SE, en cuyo núcleo se encuentra emplazado un gran intrusivo de composición diorítica a granodiorítica. El flanco suroccidental de la estructura expone a una secuencia sedimentaria marina de la Formación Madrid, constituida por calizas, calizas arcillosas y lutitas con algunas intercalaciones de tobas y derrames andesíticos.

Dentro de la secuencia se encuentran dos cuerpos principales de mena de hierro. Estos son estratiformes y están dispuestos en forma concordante entre andesita verde alterada y caliza recristalizada, y se localizan



Figura 8. Vista panorámica de los afloramientos de hierro en el área de La Huerta, Jalisco.



Figura 9. Vista panorámica del yacimiento El Encino, Jalisco.



Figura 10. Vista panorámica del yacimiento de Peña Colorada. La secuencia vulcanosedimentaria tiene una disposición subhorizontal. Diques subverticales, de composición andesítica a dacítica, cortan a todas las rocas de la columna, incluyendo a los cuerpos de mineral.

aproximadamente a 20 m del contacto intrusivo. El primer cuerpo, conocido como "Depósito Principal", está orientado N60°W con inclinación hacia el SW, que varía de 55°, en su extremo suroriental, a 35°, en su porción media; tiene una longitud de 400 m y una anchura promedio de 35 m. El segundo cuerpo, denominado "Depósito Poniente", presenta la misma orientación que el primero; sus dimensiones son 240 m de longitud y 15 m de anchura.

La mena de hierro está oxidada a hematita en la superficie. Localmente, tiene una textura masiva que consiste en pequeños octaedros de magnetita, de tamaño milimétrico. Otro tipo de mena de hierro dentro del distrito está formado por bandas de magnetita y bandas de color verdoso y blanco, de posible composición de cuarzo y clorita. Las bandas de magnetita varían en espesor de 9 a 3 mm; algunas son lenticulares hasta acunarse y todas ellas son muy semejantes en cuanto a textura y composición. Esta última consiste en cristales de magnetita de textura granular fina (<0.2 mm).



Figura 11. Vista de los estratos de caliza reemplazados por mineral de hierro en el yacimiento de Cerro Náhuatl.



Figura 12. Yacimiento de Aquila, el color oscuro corresponde a uno de los cuerpos principales. Se aprecia también en color claro un dique que corta al mineral de hierro.

### Aquila, Michoacán

El yacimiento de mineral de hierro de Aquila se localiza en el municipio de Coalcomán, estado de Michoacán, en el Cerro del Tenamaxtle, a 5 km al norte del poblado de Aquila y a 27.5 km en línea recta de la bahía de San Juan de Lima, en el litoral del Pacífico. Los datos más antiguos que se conocen sobre el yacimiento corresponden a reportes técnicos inéditos como los de Plate (1924), Jones (1933), Rodríguez (1959), y Labarthe-Hernández y Flores (1960).

Este depósito fue estudiado de manera formal por Whittier (1963), quien describe las rocas y estructuras del área del yacimiento. Tal autor menciona que los cuerpos de magnetita están emplazados en los márgenes del cuerpo intrusivo principal, una diorita de grano fino, y propone un modelo magmático para explicar el origen del yacimiento. Zárate (1998), en un informe para HYLSA, reporta reservas de 60 Mt con una ley de 45 – 50% de Fe (Figura 12).

El yacimiento es estratiforme con una inclinación de 45 – 50°. En la parte superior del yacimiento se presentan calizas sin alteración ni recristalización y en la parte inferior se encuentran andesitas alteradas y rocas intrusivas de composición intermedia. El espesor del yacimiento varía desde unos pocos metros hasta alrededor de 30 m. En las primeras etapas de apertura del tajo, en noviembre de 1998, se observó en la mena estructuras y texturas de derrames de lava, estructuras de bloque y lavas cordadas, tubos de escape de gas de 2 cm de diámetro y 10 cm de longitud, mena escoriácea de magnetita, vesículas alineadas en la parte superior del derrame con pequeños octaedros de magnetita en las paredes interiores de algunas vesículas y texturas de flujo laminar. En la parte inferior del derrame se observaron dendritas prismáticas de magnetita con un crecimiento radial y dendritas en placas de magnetita con una distribución al azar. Se observó cristales de tamaño milimétrico de piroxeno (?) y algunos prismas de apatita. En este yacimiento no se han realizado estudios para conocer su edad; sin embargo, por similitud con los expuestos en la misma región, ésta se considera del Cretácico Tardío al Paleógeno.

### Las Truchas, Michoacán

Dentro del distrito ferrífero de Las Truchas quedan incluidos varios cuerpos de mineral circundando a un intrusivo, los cuales se localizan en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, a 2.5 km al oeste del poblado de La Mira. Queda comprendido dentro de las coordenadas

UTM: 1,994,000 a 2,000,000 latitud norte y 775,500 a 784,000 longitud oeste.

Desde 1905, el distrito ha sido objeto de varios estudios geológicos y geofísicos y a partir del año de 1976 se iniciaron las actividades siderúrgicas en la planta Lázaro Cárdenas - Las Truchas, S.A. de C.V. (SICARTSA). El distrito queda ubicado en la provincia fisiográfica perteneciente a la Sierra Madre del Sur, cuya litología en esta región corresponde a la secuencia vulcanosedimentaria denominada Terreno Guerrero, la cual incluye capas de caliza intercaladas con andesitas, andesitas porfídicas, tobas félsicas y brechas andesíticas. Afloran, además, rocas intrusivas de composición granodiorítica en el Cerro de Tapeixtle y a lo largo del arroyo de Las Truchas.

Los cuerpos de hierro del Distrito se presentan en forma de masas discontinuas en una superficie de 8 km de longitud por 4 km de anchura. Dichos cuerpos, en general, tienen forma lenticular con rumbos al NE y echados al SE con longitudes máximas de 600 m, espesores de 70 a 200 m y profundidades de 100 a 200 m. Los cuerpos más importantes se han denominado: El Volcán, El Mango, Sta. Clara, El Tubo, Acapícan, Venado, Habillales y Ferrotepec (Figuras 13 y 14). El origen de los depósitos de Las Truchas ha sido motivo de controversia, confrontándose principalmente un modelo genético por metasomatismo de contacto versus uno magmático. Su edad, de acuerdo a su relación con la roca encajonante, es del Cretácico Tardío – Paleógeno.

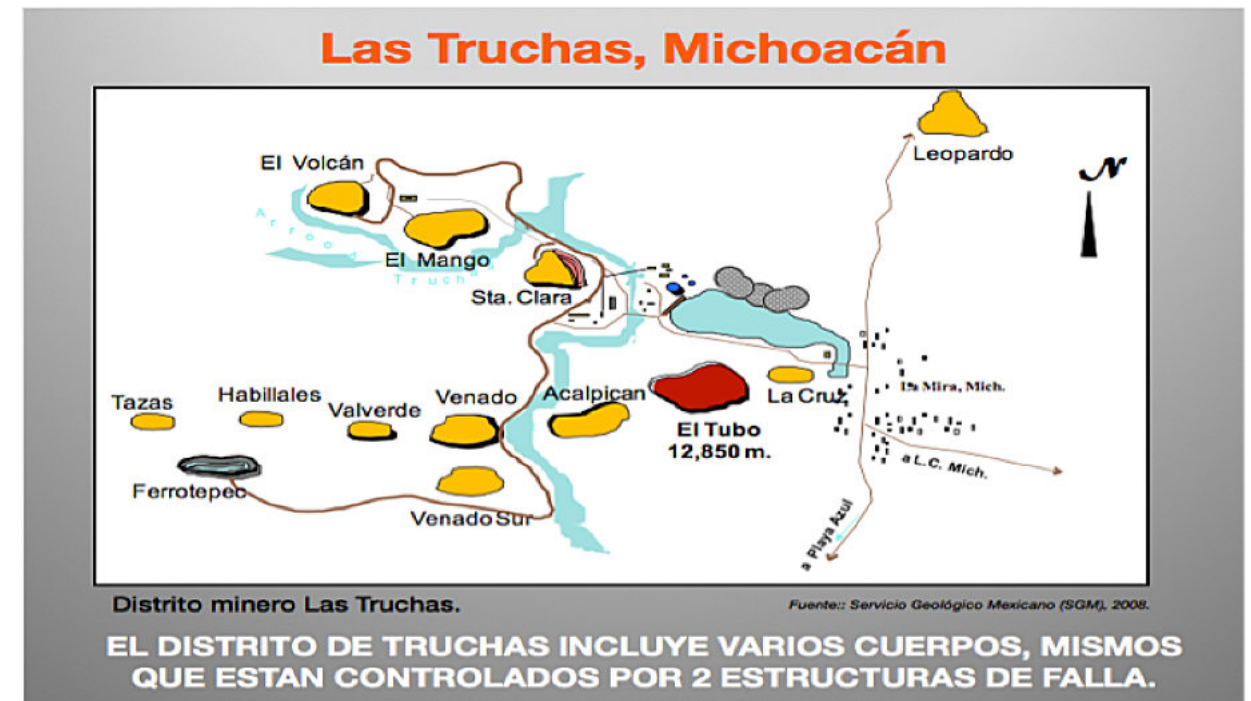


Figura 13. Croquis que muestra los cuerpos principales en el distrito minero Las Truchas.

Existen, además, muchos otros depósitos ferríferos poco conocidos o aún no estudiados, tales como: Llano Grande, Piedra Imán, El Chiflón, Comitancito, Las Chinitas, Las

Pesadas, Ojo de Agua, Ahijuyo, Sehuaya y Sta. Ma. Zaniza, entre otros.



Figura 14. Vista general del yacimiento El Volcán, dentro del Distrito Truchas.

#### Referencias bibliográficas

- Aguilera, J.G., 1914, Informe de los criaderos de fierro del Mamey: Ciudad de México, Instituto Geológico de México, 14 p.
- Alencaster, Gloria, 1986, Nuevo rudista (*Bivalvia-Hippuritacca*) del Cretácico Inferior de Pihuamo, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 47, núm. 1, p. 47-61.
- Alencaster, Gloria, y Pantoja-Alor, Jerjes, 1986, *Coalcomana ramosa* (Boehm) (*Bivalvia-Hippuritacca*) del Albiano temprano del Cerro de Tuxpan, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 47, núm. 1, p. 33-46.
- Alva-Valdivia, Luis, y Urrutia-Fucugauchi, Jaime, 1995, Rock magnetism and magnetic surveys in the iron ore deposit of El Encino, Mexico: Journal of South American Earth Sciences, v. 8, p. 209-220.
- Arriaga-García Germán, 1962, Geología y génesis del yacimiento de fierro de Cerro Náhuatl, Coquimatlán, Col.: Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis de licenciatura, 79 p. (inédita).
- Buitrón, B.E., 1986, Gasterópodos del Cretácico (Aptiano tardío-Albiano temprano) del Cerro de Tuxpan, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 47, núm. 1, p. 17-32.

- Consejo de Recursos Minerales., 1961, Monografía Geológica-Minera del Estado de Colima.
- Corona-Esquivel, Rodolfo, y Henríquez, Fernando, 2004, Modelo magmático del yacimiento de hierro Peña Colorada, Colima, y su relación con la exploración de otros yacimientos de hierro en México: Boletín del Instituto de Geología, núm. 113, p. 1-97.
- Corona-Esquivel, R.; Tritlla, J.; Levresse, G. & Henriquez, F. (2007).- Presence of two Phanerozoic IOCG belts in México: geological framework and general characteristics. in C.J. Andrew et al. (ed.) "Digging Deeper", 1343-1346. ISBN [0-950989-4-4]
- Corona-Esquivel, R.; Tritlla, J.; Henríquez, F.; Morales-Insunza, A.; Portugal, J.L.; Nava-Pérez, L. (2009a): Geología y mineralización del Yacimiento Peña Colorada, Colima. In: K. Clark, G.A. Salas-Pizá & Cubillas-Estrada (eds.) Geología Económica de México, 2nd Edición, pp 522-528. Servicio Geológico Mexicano. ISBN: 978-607-95292-1-5.
- Corona-Esquivel, R.; Escudero-Chávez, M.; Henríquez, F.; Tritlla, J.; Morales-Insunza, A.; Ramírez-Lara, M.A.; Rodríguez-Elizarrarás, S.; Camprubi, A. (2009b): Geología y Mineralización del yacimiento de hierro La Perla, Chihuahua. In: K. Clark, G.A. Salas-Pizá & Cubillas-Estrada (eds.) Geología Económica de México, 2nd Edición, pp 412-418. Servicio Geológico Mexicano. ISBN: 978-607-95292-1-5.

- Corona-Esquivel, R.; Tapia-Zúñiga, C.; Henríquez, F.; Tritlla, J.; Morales-Insunza, A.; Levresse, G.; Pérez-Flores, E.. (2009c): Geología y mineralización del yacimiento de hierro de Cerro de Mercado, Durango. In: K. Clark, G.A. Salas-Pizá & Cubillas-Estrada (eds.) Geología Económica de México, 2nd Edición, pp 529-535. Servicio Geológico Mexicano. ISBN: 978-607-95292-1-5.
- Corona-Esquivel, R., Martínez-Hernández, E., Henríquez, F., Nyström, J. O., & Tritlla, J. (2010). Palynologic evidence for iron-oxide ash fall at La Perla, an Oligocene Kiruna-type iron ore deposit in northern Mexico. *GFF*, 132(3-4), 173-181.
- Corona-Esquivel, R., Levresse, G., Solé, J., Henriquez, F., & Pi, T. (2018). New age in the geological evolution of the Cerro de Mercado Iron Oxide Apatite deposit, Mexico: Implication in the Durango apatite standard (DAP) age variability. *Journal of South American Earth Sciences*, 88, 367-373.
- Estrada-Barraza, Samuel, y Villarreal-Celestino, Bernardo, 1990, Las Encinas, in Ordóñez-Cortés, Jorge, ed., Minas mexicanas: Ciudad de México, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers (AIME), Sección México, tomo 5, cap. 6, p. 93-112.
- González-Reyna, Jenaro, 1939, Los criaderos ferríferos de El Mamey, Col.: Revista de Industria (México), v. 5, núm. 26, p. 5-17.
- 1956, Riqueza minera y yacimientos minerales de México: Ciudad de México, Banco de México, p. 235-242.
- Jones, C.C., 1933, Report on the Aquila iron property: Informe técnico, 69 p. (inédito).
- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Flores, J., 1960, Plano topográfico-geológico del yacimiento ferrífero de Aquila, Michoacán: Colima, Col., Las Encinas, informe técnico.

- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Rodríguez, A.B., 1959, Estudio geológico regional de la zona ferrífera de Pihuamo, Jal.: Colima, Col., Las Encinas, informe técnico.
- Lyons, J. I. (1988). Volcanogenic iron oxide deposits, Cerro de Mercado and vicinity, Durango. *Economic Geology*, 83(8), 1886-1906.
- Neilson, J.M., 1969, Geology of the Cerro Nahuatl iron ore deposits, Colima, Mexico: Geological Society of America Special Paper 121, p. 217-218 (resumen).
- Pantoja-Alor, Jerjes, y Estrada-Barraza, Samuel, 1986, Estratigrafía de los alrededores de la Sierra Madre del Sur: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 44, núm. 1, p. 1-20.
- Piñeiro, Fernando, 1972, descripción de las unidades litoestratigráficas de la Formación Tobas Encino, Pihuamo, Jalisco: Colima, Col., Las Encinas, informe técnico (inédito).
- Plate, H.R., 1924, Report on the Aquila iron property: Informe técnico (inédito).
- Rodríguez, A.I., 1959, Summary of Aquila iron ore deposit: informe técnico (inédito).
- Tritlla, J., Camprubi, A., García, E. C., Esquivel, R. C., Iriondo, A., Martínez, S. S., ... & Puente, P. M. (2003). Estructura y edad del depósito de hierro de Peña Colorada (Colima): un posible equivalente fanerozoico de los depósitos de tipo IOCG. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20(3), 182-201.
- Whittier, D.A, 1963, Character and distribution of mineralization associated with magnetite bodies northeast of Aquila, Michoacán, Mexico: Tucson, University of Arizona, disertación doctoral, 123 p. (inédita).



**Rodolfo Corona Esquivel** es Doctor en Ciencias, Geología con más de 40 años de experiencia. Obtuvo su Título como Ingeniero Geólogo en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional de México y su Maestría y Doctorado en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Inició su experiencia profesional en 1973, en el Consejo de Recursos Minerales colaborando en diversos proyectos de la República Mexicana. Posteriormente en 1979 trabajo con la Compañía Minera Carbonífera Río Escondido. A partir de 1980, presto sus servicios a Uranio Mexicano (URAMEX), para la interpretación geológica y cuantificación de reservas por uranio en México. En forma paralela durante 1981 y 1982, se incorporó a la compañía Exploración y Desarrollo de Recursos S.A. Desde 1983 a la fecha se encuentra adscrito al Instituto de Geología (UNAM), desarrollando diversos proyectos de investigación.

Dentro de actividades académicas ha sido profesor de varias asignaturas en la Escuela Nacional de Antropología e Historia y en la Escuela de Ciencias de la Tierra, IPN.

[rcoronae@gmail.com](mailto:rcoronae@gmail.com); [www.rodolfoconora.com](http://www.rodolfoconora.com)

<https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo-Corona-Esquivel>



**Jordi Tritlla Cambra** (Ph.D.) is a senior geology and geochemistry consultant, with 35 years of experience.

Dr. Tritlla obtained his Ph.D. in 1994 at the Autonomous University of Barcelona (UAB, Spain) and a MSc on hydrogeology (Curso Internacional de Hidrología Subterránea) at the UPC-FCIHS (1998). His working experience include Senior Consultant at Repsol Exploration (Madrid, Spain); Research Scientist at Instituto de Geología / Centro de Geociencias (UNAM, México); Invited Professor at Université Henry Poincaré (now Université de Lorraine, Nancy, France); Research Fellow at the School of Earth and Environment (Leeds University, UK) and Assistant Professor at the University of Barcelona (Spain).

He has a broad experience in the study of ore deposits (MVT, SEDEX, VMS, IOCG, Skarns, Hg-Sb, ophiolites) and geofluids (oil, gas, brines), including paleofluid PVTx reconstruction (compressional and extensional settings); geothermal systems; and origin an occurrence of native hydrogen. During the last 11 years he has been mostly focused to study the pre-salt microbial carbonates off-shore Brazil and Angola, and their possible analogs worldwide.

Email: [gemix.earth@gmail.com](mailto:gemix.earth@gmail.com)

Webpage: <https://bit.ly/gemix-earth>

Researchgate : <https://www.researchgate.net/profile/Jordi-Tritlla>

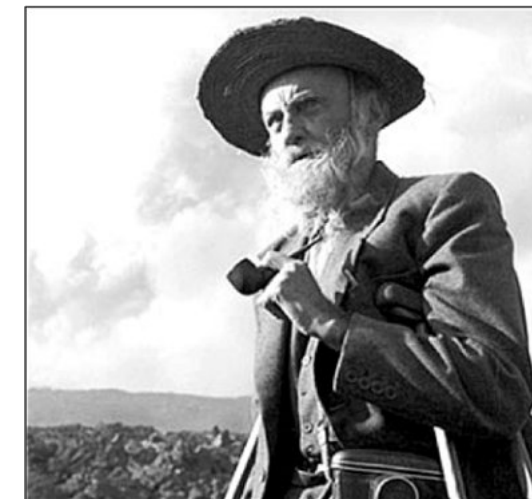


El Dr. **Gilles Pierre Rene Levesse** se graduó de Doctorado en metalogenia en 2001, en el Instituto Politécnico de Lorena y el Centro de Investigación Petrográfica y Geoquímica de Nancy, Francia. El Dr Levesse ingresó en el Centro de Geociencias de la UNAM campus Querétaro con un contrato de posdoctorado en 2002 y es actualmente Investigador Titular C. El pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con la máxima distinción. El impacto internacional de su labor se ve reconocido por la obtención del premio Barrick Joven Investigador por la Sociedad Geológica Aplicada (2007) por los resultados obtenidos en sus investigaciones de doctorado y de posdoctorado. Al ingresar al Centro de Geociencias, participó en la creación de un grupo de investigación sobre metalogenia y diagénesis en reservorios petroleros que se cristalizó con la creación y desarrollo del Laboratorio de Fluidos Corticales. Los trabajos realizados se caracterizan por integrar enfoques académicos e industriales (minero y petrolero), integrando observaciones y resultados a diferentes escalas, y desarrollando trabajos clásicos de geología y técnicas analíticas en desarrollo.

[glevresse@geociencias.unam.mx](mailto:glevresse@geociencias.unam.mx)

<https://www.researchgate.net/profile/Gilles-Levesse>

# ADMIRADOR DEL PAISAJE GEOLÓGICO



**Gerardo Murillo, Dr. Atl.**

José Gerardo Murillo Cornado, decidió auto adjudicarse el seudónimo "Atl", que significa agua en náhuatl y antepuso el título de Doctor en Filosofía a sugerencia del poeta Leopoldo Lugones. En una carta dirigida a los miembros del Colegio Nacional en 1951, explica que el cambio de nombre se debe a su interés en tener una manera de referirse a él acorde a su personalidad independiente. Esta surgió de las circunstancias y no de la imposición de sus padres, así que se autobautizó con "el agua maravillosa de su alegría de vivir".

A los 19 años comenzó a estudiar pintura en su estado natal para, más tarde, trasladarse a la Ciudad de México e ingresar en la Escuela Nacional de Bellas Artes. Tres años después, el gobierno de Porfirio Díaz le otorgó una beca para continuar su preparación en Europa. Al volver a México impartió clases en la Academia de San Carlos. Durante este periodo protagonizó una rebelión que buscaba la renovación educativa con formas pedagógicas de mayor libertad y experimentación que aquellas que dictaba la enseñanza académica. Su apego a las vanguardias internacionales determinó su concepción del paisaje y la naturaleza, misma que influyó en notables artistas modernos nacionales.

El Dr. Atl tuvo particular interés en la vulcanología al ser testigo en la década de los cuarenta, del nacimiento del volcán Parícutín en el estado de Michoacán, fenómeno que quedaría inmortalizado en su texto "Cómo nace y crece un volcán", donde cuenta sus experiencias e ilustró con pinturas y dibujos de su autoría, en 1943. El Dr. Atl fue un pintor paisajista que se puede considerar heredero y sucesor de José María Velasco, quien fue su maestro. En 1950 donó al Museo Nacional de Artes Plásticas una colección de 130 dibujos y 11 pinturas creadas frente al volcán más joven del mundo.

El pintor-vulcanólogo se adentró en el mundo de la ciencia como consecuencia de su atracción por la belleza. El primer trabajo que realizó sobre el Popocatepetl fue literario (Las sinfonías del Popocatepetl). También hizo dibujos, esquemas y pinturas del volcán. Sus estudios posteriores incluyen El origen del Pedregal de San Ángel y La zona aurífera del Centro Colorado en Oaxaca. Pero no solo plasmó volcanes mexicanos en sus obras. Realizó investigaciones sobre volcanes italianos; dibujó el Etna y el Stromboli. Tuvo la oportunidad de recibir enseñanzas de los especialistas de la época: De Fiore, Pert y Friedlander, con este último realizó estudios sobre los volcanes mexicanos, los publicaron en la Rivista vulcanologica di Napoli.

En Erupción del Parícutín, obra resguardada por el Munal, Gerardo Murillo retrata con una pincelada vigorosa su lado noreste en plena erupción nocturna, y contrasta tonalidades grisáceas con rojos candentes. La pieza fue pintada con la

técnica del atl-color, mediante una serie de tintes realizados a base de resinas secas y cera de abeja que Murillo utilizaba para dar mayor vivacidad a sus pinturas.

La pasión del Dr. Atl por los volcanes fue tal que no temió por su salud al respirar sus gases tóxicos. Creó el "aeropaisaje" al sobrevolar las montañas en helicóptero y avioneta para pintarlas y continuar su exploración, a pesar de haber perdido una pierna durante una expedición. Falleció el 15 de agosto de 1964 a causa de un paro cardiorrespiratorio. Dejó una profusa obra plástica y literaria. Sus restos descansan en la Rotonda de las Personas Ilustres del Panteón Civil de Dolores, en la Ciudad de México.

**Fuentes:**

- Página de la Secretaría de cultura del Gobierno de México.
- Luna Arroyo, Antonio, Dr. Atl, Artistas Latinoamericanos, Salvat, Primera Edición, México, 1992



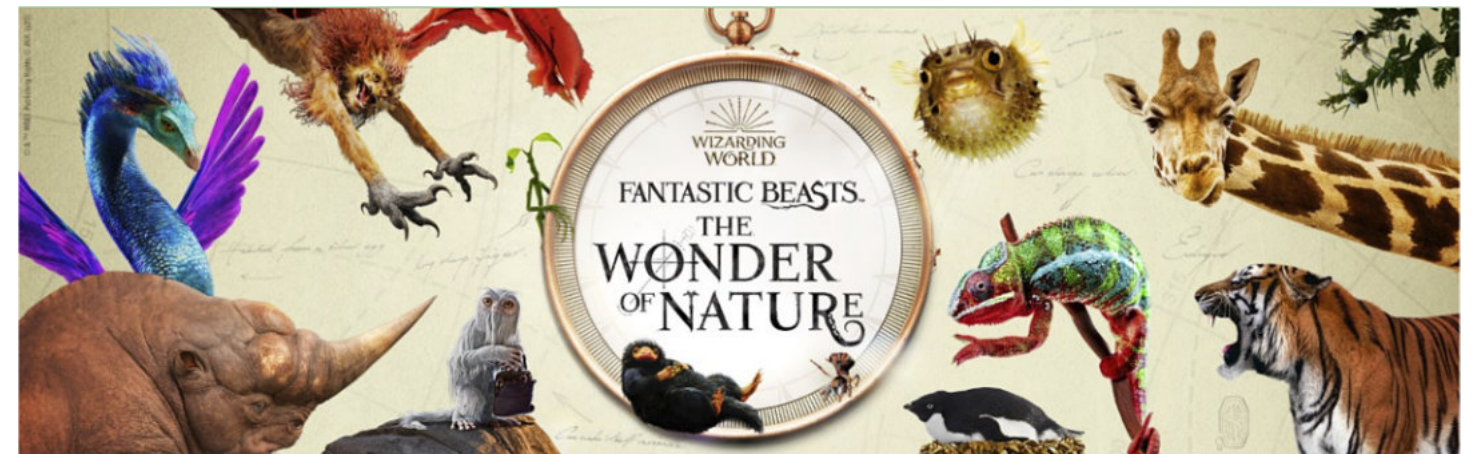
Obra: "Valle de Píhuamo", 1952.

10 Obras del Dr. Atl: <https://algarabia.com/top-10-obras-de-dr-atl/>

# MISCELÁNEOS

## Museo de Historia Natural, South Kensington, UK

Haz click en la imagen



**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:**

Rawtherapee: [www.rawtherapee.com](http://www.rawtherapee.com)

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

XnViewMP: <https://www.xnview.com/en/xnviewmp/>

**Estadística:**

Past4: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>

**Open Geoscience:**

<https://github.com/softwareunderground/awesome-open-geoscience>

**Para GIS:**

GIS: <https://grass.osgeo.org>

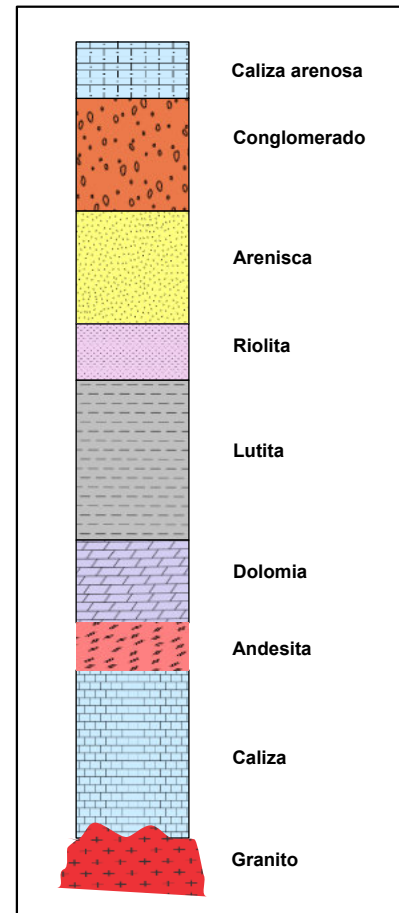
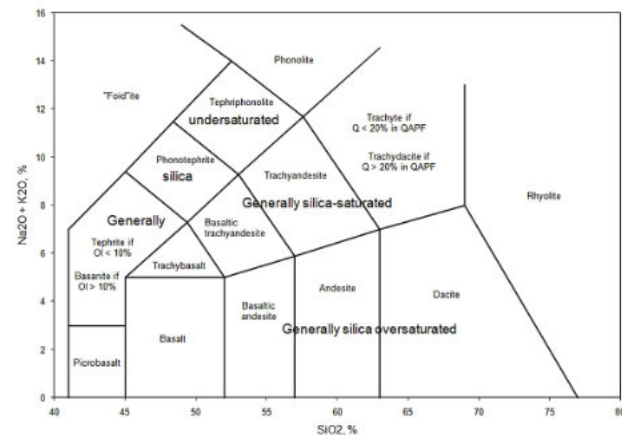
**Administradores de Referencias:**

Jabref: <https://www.jabref.org>

Zotero: <https://www.zotero.org>

Mendeley: <https://www.mendeley.com/>

**EJEMPLOS DE ILUSTRACIONES**



**Glosario de términos geológicos**

Compilado por:

E.P Saul Humberto Ricardez Medina

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.

**Roca:** Es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural.

**Mineral:** Es un cuerpo homogéneo es una sustancia natural homogénea, de composición química definida, normalmente sólido e inorgánico, y con un arreglo ordenado de átomos en su estructura atómica resultado de la cristalización.

**Minerales metálicos:** Son minerales que contienen uno o más elementos metálicos, se encuentran en concentraciones raras, formadas naturalmente, conocidas como depósitos minerales.

**Minerales no metálicos:** Son minerales que no contienen ningún elemento metálico, los cuales luego de un tratamiento especial, se transforman en productos que por sus propiedades físicas y/o químicas pueden aplicarse a usos industriales y agrícolas tomando en cuenta los minerales energéticos y piedras preciosas.

**Minerales y rocas industriales:** Cualquier roca, mineral o cualquier otra sustancia de origen natural de valor económico excluyendo las menas metálicas, minerales combustibles, y piedras preciosas.

**Mena:** Es un mineral cuya explotación presenta interés debido a que se puede extraer un elemento químico útil, este término es más comúnmente utilizado en minerales metálicos.

**Ganga:** Comprende a los minerales que acompañan a la mena, pero que no presentan interés minero en el momento de la explotación (cuarzo, calcita, etc.).

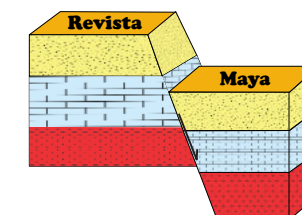
**Agregados pétreos:** es aquel material que proviene de la roca y es utilizado normalmente sin sufrir tantas transformaciones. En la mayoría de las ocasiones se encuentran en forma de macizos rocosos o en fragmentos de estos, pero en diferentes tamaños. Estos materiales son usados casi exclusivamente en el sector de la construcción.

**Yacimiento mineral:** parte de la corteza terrestre, en la cual, debido a procesos geológicos, ha habido una acumulación de un mineral o minerales, los cuales por sus características de cantidad, calidad y condiciones de depósito es redituable su explotación con un retorno económico rentable.

**Ley media:** Es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa en tantos por ciento (%), gramos por tonelada (g/t) partes por millón (ppm) u onzas por tonelada (oz/t).

**Bibliografía**

Alatorre, A. (2018) Optativa: Minerales y Rocas de uso Industrial, apuntes de la semana 12 [apuntes de clase].







Aspice in mundi circa te

LITOESTRATIGRAFIA DEL MACIZO METAMORFICO ESCAMBRAY. El Grupo La Sierrita. Unidad superior del Macizo Metamórfico Escambray.

Por Humberto Álvarez-Sánchez y Luis Bernal Rodríguez

TOMO TRES

<https://independent.academia.edu/HumbertoFlores%C3%81lvarezS%C3%A1nchez>

**Necesitas la Tabla del tiempo geológico?**

[https://www.geosociety.org/GSA/Education\\_Careers/Geologic\\_Time\\_Scale/GSA/timescale/home.aspx](https://www.geosociety.org/GSA/Education_Careers/Geologic_Time_Scale/GSA/timescale/home.aspx)

**Asociaciones de Geología y Geofísica**

**AMGP:** <https://www.amgp.org/>

**AAPG:** <https://www.aapg.org/>

**AMGE:** <https://amgemx.org/>

**SEG:** <https://seg.org/>

**UGM:** <https://ugm.org.mex>

**Gaceta Geológica de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros**

<https://www.amgp.org/publicaciones/gacetas/nacional>

**Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature**

Octavian Catuneanu, William E. Galloway, Christopher G. St. C. Kendall, Andrew D. Miall, Henry W. Posamentier, André Strasser, and Maurice E. Tucker

<https://pdfs.semanticscholar.org/011f/5297d-b5d4661d42f5b7148e87d07677e0f63.pdf?ga=2.234966403.38414444.1612560076-1551899140.1612560076>

**Visítanos en Facebook y hazte miembro: Mexico Petroleum Geology**

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

**Aquí puedes bajar la Tabla Cronoestratigráfica Internacional:**

<https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.pdf>

**Comparative Sedimentology Laboratory:** <http://www.cslmiami.info/>

**Clasificación de las rocas sedimentarias:** <http://www.kgs.ku.edu/General/Class/sedimentary.html>

**Escala Granulométrica:** <https://www.britannica.com/science/grain-size-scale>

**Glosario de Geología (España)**

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales  
[https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac\\_geologia/rac.htm](https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm)

**English-Spanish and Spanish-English Glossary of Geoscience Terms**

Gary L. Prost

<https://garyprostgeology.com/publications>

# La casa de los glaciares

<https://nsidc.org/cryosphere/glaciers/questions/what.html>

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

[https://www.usgs.gov/faqs/what-a-glacier?qt-news\\_science\\_products=0#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-a-glacier?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products)

<https://discoveringantarctica.org.uk/oceans-atmosphere-landscape/glaciation/what-are-glaciers/>

<https://www.nps.gov/subjects/geology/glacial-landforms.htm>

<https://www.worldwildlife.org/pages/why-are-glaciers-and-sea-ice-melting>

<https://geology.com/articles/glaciers/>

<https://www.youtube.com/watch?v=cIBFAke90SI>



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.

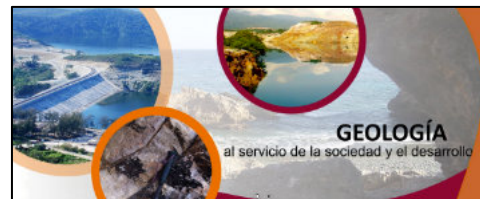
Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo  
Espanoles del Petróleo  
<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España  
<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología  
<http://www.scg.cu/>



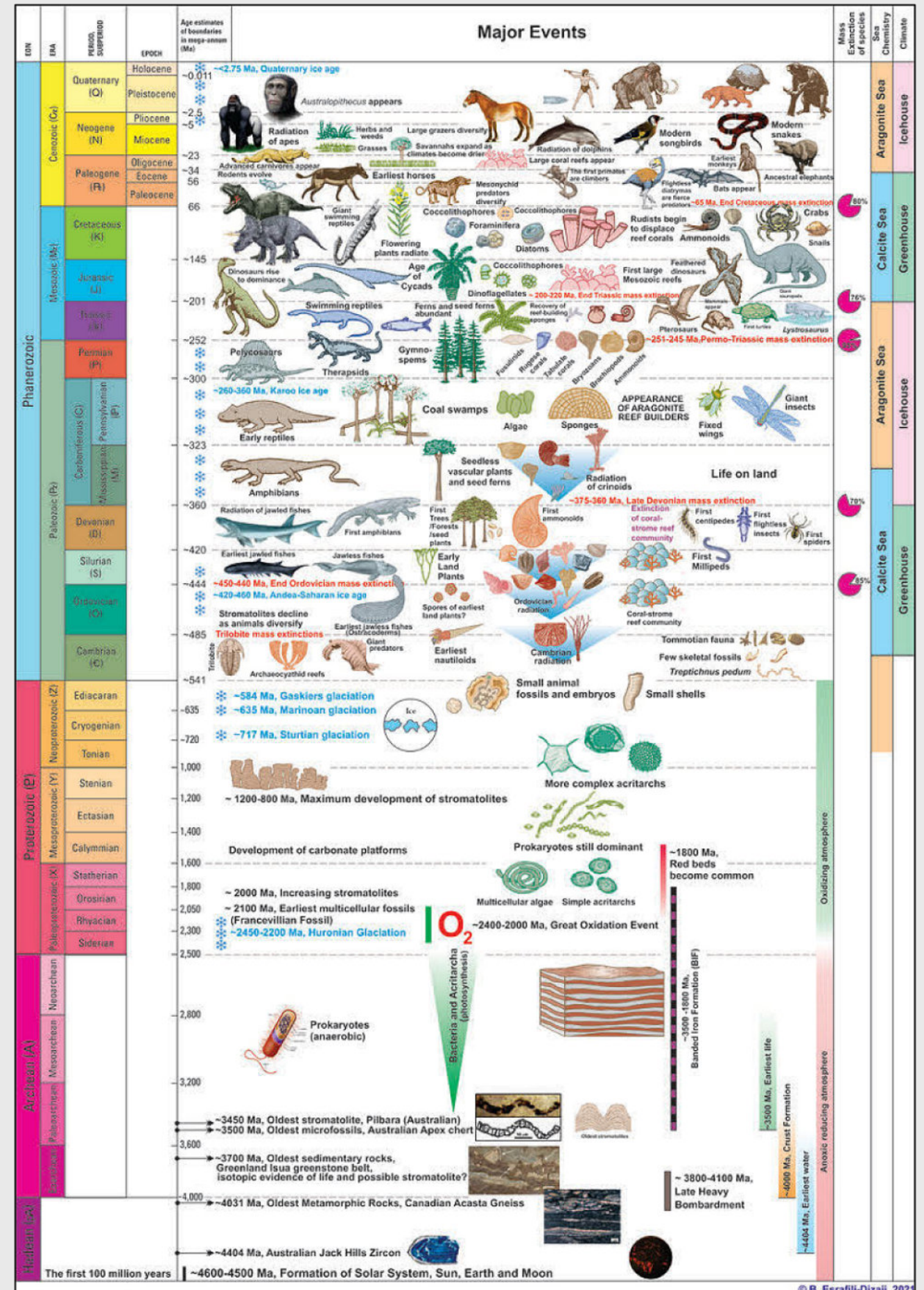
Sociedad Dominicana de Geología  
<http://sodogeo.org/>

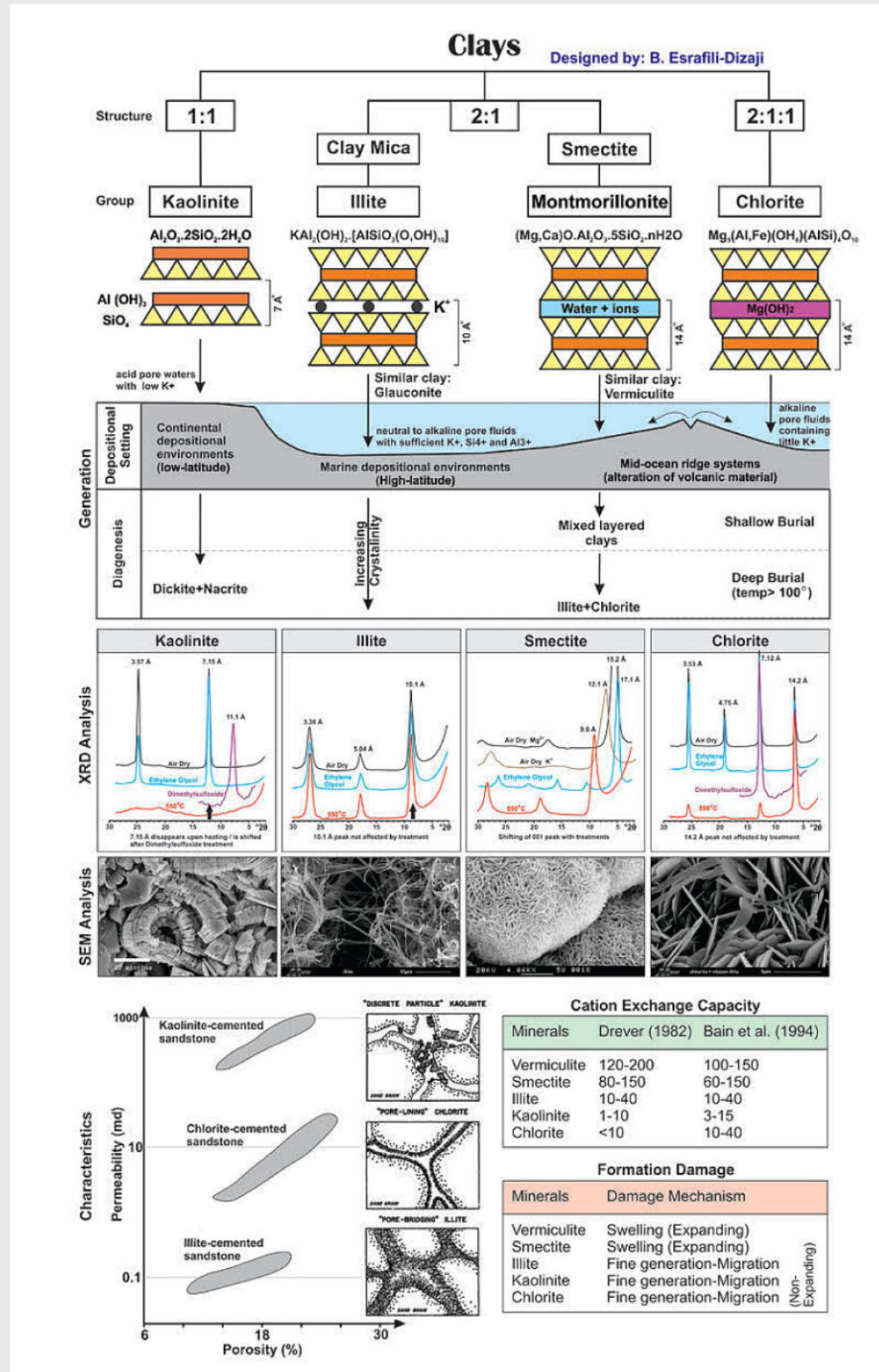


<http://cbth.uh.edu/>

Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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





Instituto Francés del Petróleo: <https://www.ifp-school.com/en>

**Welcome to IFP School!**

Who are we?

---

Instituto Geológico Americano: <https://www.api.org/>


**API Standards Subscription Service**

Get Access To The API Standards You Need

Subscribe Now >>

---

Instituto Argentino del Petróleo y Gas: [https://www.iapg.org.ar/web\\_iapg/](https://www.iapg.org.ar/web_iapg/)



**SGP**  
FUNDADA 1924


**11 - 15**  
octubre, 2021


# XX CONGRESO PERUANO DE GEOLOGÍA




Geología y desarrollo en nuestro Bicentenario

**PRIMERA CIRCULAR**



ORGANIZA:  **SGP**

OFICIALIZA:  **PERÚ** Ministerio de Energía y Minas

 (+51) 912 209689  
 [www.congresoperuanodegeologia.com](http://www.congresoperuanodegeologia.com)  
 [congreso@sgp.org.pe](mailto:congreso@sgp.org.pe)

COMITÉ COVID19 PROGRAMA EXPOSICIÓN PATROCINIOS INSCRIPCIONES AÉREOS HOSPEDAJE SEDE CONTACTO





**XXXIV**  
Convención Internacional de **MINERÍA**  
MINERÍA PILAR EN LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE MÉXICO  
Acapulco 2021



**MINERÍA**  
PILAR EN LA REACTIVACIÓN  
ECONÓMICA DE MÉXICO

ACAPULCO 19 AL 22 DE OCTUBRE 2021

ACAPULCO 2021

## Actividades del Programa General

**Trabajos Técnicos**

Para esta Convención contaremos, una vez más, con la participación de diversos países quienes nos han venido acompañado durante los últimos años y en donde expertos nacionales e internacionales, presentarán los últimos avances tecnológicos sobre temas relacionados con nuestro sector.

[Más Información >>](#)

**Mesa de Proyectos**

En el marco de la Convención, estamos poniendo a la disposición la Mesa de Proyectos Mineros para todos los interesados en promover su proyecto minero. El jueves 21 de octubre se tendrá una sala para la presentación de proyectos por parte de los dueños o sus promotores.

[Más Información >>](#)

**Mesa de Negocios**

Para esta Convención contaremos, una vez más, con la participación de diversos países quienes nos han venido acompañado durante los últimos años y en donde expertos nacionales e internacionales, presentarán los últimos avances tecnológicos sobre temas relacionados con nuestro sector.

[Más Información >>](#)



# OceanTeacher Global Academy Training Course

## Course Information

Free Course

Main languages: Portuguese and Spanish.

### Duration

The course will consist of 8 modules; 1.5 synchronous hours per meet; 2 synchronous meetings per week (Monday and Wednesday); 36 hours of asynchronous activities; total of 48 hours

### Online course

- Synchronous Activities: 4/10 to 4/11
- Asynchronous Activities: 27/09 to 8/11

### Trainers

Alice Newton, UAlg (Portugal)  
Alessandra L D Fonseca, UFSC (Brazil)  
Ana Carolina Moreira, UFSC (Brazil)  
Bruna de Ramos, UFPE (Brazil)  
Carolina Segura, MA (Uruguay)  
Gabriela Medina, MA (Uruguay)  
Joana Mendonça, ANAS (Cabo Verde)  
Juliana Leonel, UFSC (Brazil)  
Juan Pablo Lozoya, UDELAR (Uruguay)  
Luiz Gustavo F. Rittl, UDESC (Brazil)  
Maíra Proietti, FURG (Brazil)

### Period for applications:

September 7<sup>th</sup> to 19<sup>th</sup>, 2021

### To apply

Fill out the online form at:  
<https://bit.ly/3JMOJoz>

### More information

<https://oceanexpert.org/event/3279>

### Contact

For more information, contact the OTGA Training Coordinator  
[ioc.training@unesco.org](mailto:ioc.training@unesco.org)

### Relevant Information:

- [www.oceanteacher.org](http://www.oceanteacher.org)
- [www.oceanexpert.net](http://www.oceanexpert.net)
- [www.ioc.cd.org](http://www.ioc.cd.org)
- [www.iode.org](http://www.iode.org)



## MARINE PLASTIC POLLUTION: FROM DRIVERS TO MANAGEMENT

27 September - 08 November 2021

This online course will familiarize participants to understand the concepts and strategies to assess the impact of plastic pollution on marine-coastal ecosystems and the ocean.

### Learning Outcomes

At the end of the course, the participants will:

- Understand the complexity and relevance of coastal socio-ecological systems and marine for human well-being;
- Learn strategies for analyzing plastic pollution focusing on coastal management;
- Understand the basics of plastic marine pollution;
- Understand the impacts of plastic pollution on different levels of biological organization;
- Understand the impacts of pollution on Marine Ecosystem Service;
- Understand management strategies to prevent, control and mitigate the impact of plastic pollution on the coastal and oceanic system;

### Target Audience

- Decision makers/managers
- Planners
- Practitioners and technical staff from governments
- Civil society
- Private sector
- Academics

**Note:** UNESCO promotes principles of equal access. Applications from minority or under-represented groups are strongly encouraged.

### Course Pre-requisites

Applicants are expected to:

Have familiarity or interest on relevant topics and issues of coastal and marine environments, particularly from the southern Atlantic.

A Certificate of Participation will be issued to all participants who responded to the assessments and who have a minimum attendance of 80%.



Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA



The UNESCO/IOC Project Office for IODE is certified as a Learning Services Provider



¿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)