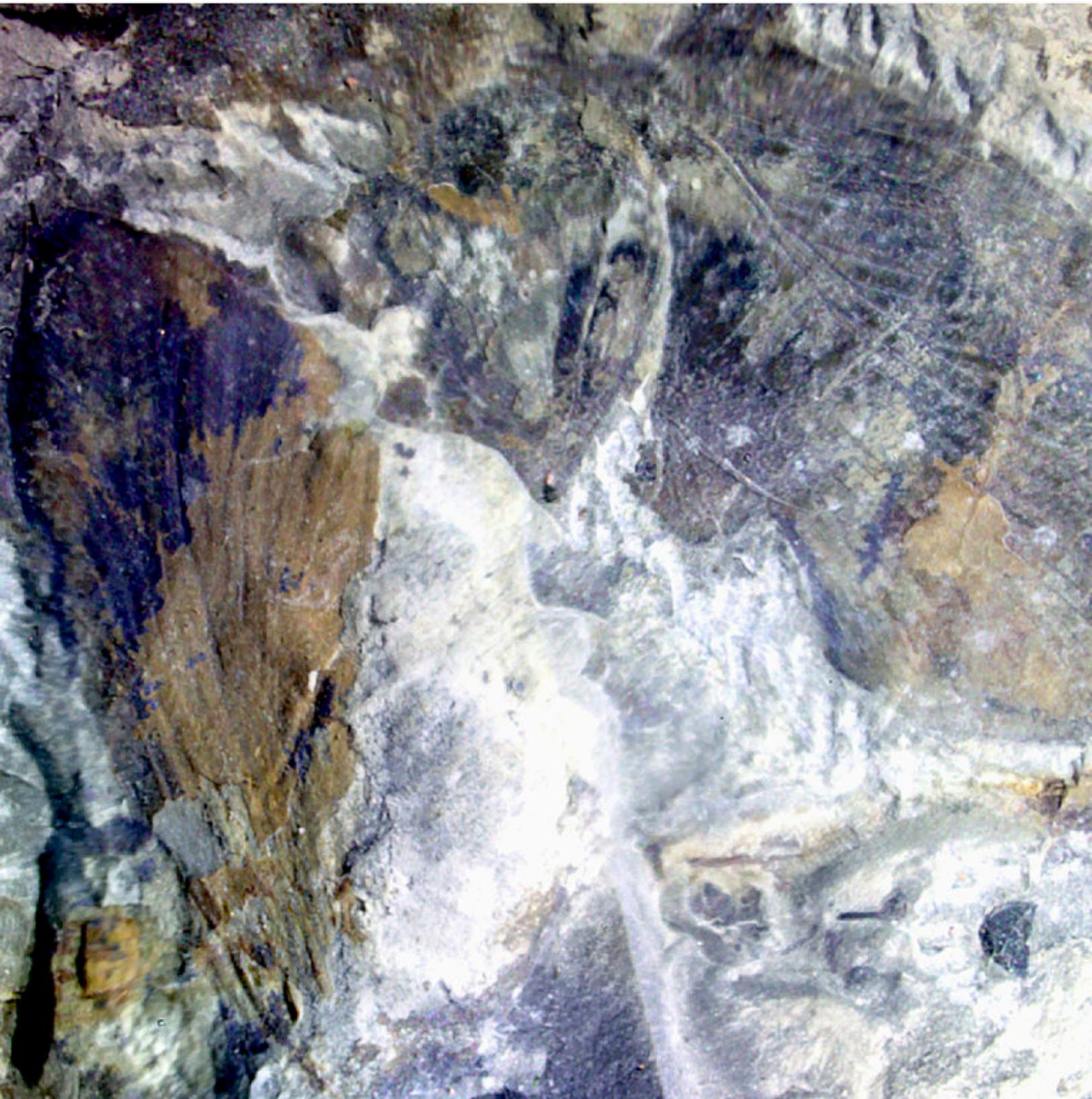


**OCTUBRE
2023**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



OCTUBRE
2023



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si desean participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comunicate 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: Alas de cucaracha (Blattoidea) fosilizada del Campaniano tardío, Cuenca de Parras, Formación Cerro del Pueblo, Coahuila, México. Fotografía del **Dr. Francisco Vega** del Instituto de Geología de la U.N.A.M.

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

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

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

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

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

Revista de divulgación
Geocientífica

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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

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

jhrosenfeld@gmail.com



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

COLABORADORES



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

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

soaortuno@gmail.com



Ing. Humberto Álvarez. Más de 5 décadas dedicadas al estudio de la geología de Cuba occidental y central. Editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II realizó cartografías de los macizos metamórficos Escambray, Complejo Anfibolítico de Mabujina y ofiolitas de Cuba central. Es autor-coautor de 23 formaciones y litodemas del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro extranjero de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. Descubrió el mayor depósito cubano de fosforitas marinas y nuevos prospectos de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá. Country Manager de Big Pony Gold de Utah, exploró el potencial de oro del greenstone belt de Uruguay. Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró regiones auríferas en rocas del Paleozoico y Phanerozoico en los Estados de Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del

Norte. Ha dirigido exploraciones para Juniors canadienses en Panamá, Andes de Perú, Honduras y otros países. Nombrado por el Ministro de Comercio e Industrias Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue su redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo del Proyecto de Geología y Minería y Miembro de su Misión Especial para entrega del proyecto al Gobierno panameño. Consultor del BID para la descentralización de la Autoridad Nacional del Ambiente. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del Servicio Geológico de Inglaterra en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia.edu, se encuentran 22 artículos suyos de diferente volumen.

geodoxo@gmail.com

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



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



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

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

poletpinzon@gmail.com



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

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

lup@comunidad.unam.mx



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

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

jonblickwede@gmail.com



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

hidrográficas y riesgos geológicos.

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

itzelleon2909@gmail.com

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



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

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

naticasilvacruz@gmail.com



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

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

roberto.vidal@unison.mx



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

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

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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

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

diegogabriel807@gmail.com

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

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

Estimados colegas,

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

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



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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





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

Estimados Colegas

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

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

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



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

Esteemed colleagues

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

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

Basic Instructions for Authors

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

(biographical sketches): a maximum of 3 pages

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

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

Geological notes: a maximum of 10 pages

6° ENCUENTRO DE POSGRADOS DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIDADES ZACATENCO, TICOMÁN Y TECAMACHALCO

Año del fortalecimiento de las SEPIs derivado de la colaboración científica entre las tres ESIA's (Tecamachalco, Ticomán y Zacatenco)

CONVOCA

A todos los alumnos de posgrado de las diferentes unidades académicas

MIÉRCOLES
8 de noviembre 2023
Sede 2023 ESIA-Ticomán

Ponencia o Cartel
Premios a las mejores presentaciones

¡Tienes hasta el **8 de octubre** para registrar tu resumen!

Líneas de Investigación

Tecamachalco:

Valuación inmobiliaria
Restauración y conservación arquitectónica
Arquitectura y urbanismo

Ticomán:

Geociencias
Administración

Zacatenco:

Estructuras
Planificación
Medio ambiente
Hidráulica
Geotecnia

Información

Jefa de Investigación (Tecamachalco)
Dra. Luz Olivia Domínguez Prieto:
linv-sepi-esiatec@ipn.mx

Jefe de Investigación (Ticomán)
M. en C. Luis Angel Valencia Flores:
investigacion_esiatc@ipn.mx

Jefe de Investigación (Zacatenco)
Dr. Sergio Cruz León:
dinv.sepi.esiaz@ipn.mx



Escanea para registrarte



Universidad de Pinar del Río "Hermandades Saíz Montes de Oca"
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS
Departamento de Geología



• INSTITUCIÓN PARTICIPANTE

Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET)

• INSTITUCIONES COLABORADORAS

Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echevarría", Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba, ECOVIDA-CITMA (Pinar del Río), Universidad de La Habana (UH), Ministerio de Energía y Minas (MINEM), Universidad del País Vasco (UPV), Universidad de Nuevo León (UANL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Universidad de Parma (UNIPR)

• DENOMINACIÓN DE TÍTULOS DEL DOCTORADO

Doctor en Ciencias Geológicas
Doctor en Ciencias Técnicas

• LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA

Geología Regional y Geología Aplicada

• OBJETIVO DEL PROGRAMA DE DOCTORADO

Formar doctores en Ciencias Geológicas y Ciencias Técnicas, que demuestran profundo dominio teórico-metodológico en el campo de la investigación de las Ciencias de la Tierra, a través de la solución de problemas científicos pertinentes, relacionados con la geología, el aprovechamiento de los recursos minerales y protección del medio ambiente; de forma innovadora y creativa, con honestidad científica, autonomía, solidaridad y actitud socialmente responsable.

• COMPONENTES DEL PROGRAMA

- Componente de formación investigativa (65 créditos)

Ocupa el mayor porcentaje de los créditos del Programa y contempla el trabajo de investigación del aspirante, que incluye las etapas de selección, justificación del tema de la tesis, el estado del arte de la temática a investigar, la realización de seminarios científicos y talleres de tesis, trabajo en grupos y redes, presentación en eventos, publicaciones, etc.

- Componente teórico-metodológico (20 créditos)

Tiene como propósito profundizar en las principales tendencias de las ciencias geológicas, de manera que los doctorandos estén en mejores condiciones para proponer y fundamentar que demanda el problema científico. La preparación metodológica del doctorando debe garantizar un modo de actuación que le estimule a desarrollar investigaciones interdisciplinarias.

- Componente preparación para la redacción de la tesis, predefensa y defensa (15 créditos)

Esta prepara al doctorando para enfrentar las actividades evaluativas finales, por órganos externos al programa e incluye: redacción y revisión de la tesis, predefensa y defensa.

• SISTEMA DE EVALUACIÓN

Todos los componentes del Programa tendrán carácter evaluativo. El sistema de evaluación comprende varios cortes parciales en dependencia de la modalidad (dedicación completa- 3 años o parcial- 4 años), uno por cada año de trabajo.

• REQUISITOS DE INGRESO

Graduados universitarios en las carreras de Ingeniería Geológica, Geofísica, Minería, Metalurgia, Hidráulica (u otras ramas de las geociencias). Graduados de Licenciatura en Geografía, Biología (u otras ramas afines), éstos deben tener no menos de dos años experiencia investigativa en las ciencias geológicas, lo que se acreditará con una copia del título y un hago constar de la institución sobre su experiencia investigativa en el área del Programa. Los graduados de otras ramas del conocimiento deberán acreditar tres años de experiencia investigativa en la geología.

• DOCUMENTOS A PRESENTAR

- Carta de solicitud personal de inscripción al programa
- Título de graduado de nivel superior o certificación oficial de estudios realizados cotejado
- Dos fotos tipo carnet o pasaporte
- Fotocopia del documento de identidad
- Carta de aprobación del jefe de la institución en que labora, en la cual se autoriza su ingreso al Programa
- Currículum vitae debidamente actualizado y firmado por el solicitante

La solicitud puede hacerse en cualquier fecha del año

Dirigirse a:

Teléfono: 48728617

E-mail: geodocorpinar@gmail.com

#PostLab

CONTENIDO

OCTUBRE
2023

Semblanzas.....	13
Miscelánea de imágenes.....	20
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	23
Los libros recomendados.....	32
Temas de interés.....	35
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	44
Notas geológicas.....	50
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	72
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	73
Cuadro de honor – Academia Jaguar.....	77
Congreso Nacional de Geoquímica.....	78
La casa de los microplásticos.....	79
Caverna del Arte.....	80
Geo-caricatura (Wlmer Pérez Gil).....	82
El glaciar Aletsch, Suiza.....	83
Asociaciones geológicas hermanas.....	84

SEMBLANZAS

Gustavo F. Furrázola Bermúdez: 1935 - 2010

**Gustavo Fidel Furrázola Bermúdez (1935-2010).
Distinguida figura de la geología y las ciencias
naturales en Cuba.**

**Rafael Tenreyro Pérez
Melbana Energy Limited**

Pocas figuras de las ciencias naturales en Cuba han provocado tanta instintiva simpatía y profunda admiración como el Doctor en Ciencias, Gustavo Fidel Furrázola Bermúdez. El “Furra” como le llamábamos sus amigos fue paradigma de científico, patriota y persona de acendrada modestia, lamentablemente se nos fue temprano. Hombre de vastísima cultura y compromiso dedicó toda su vida a la ciencia. Nació el 24 de abril de 1935 en el poblado de Vega Alta, Villa Clara. En este pequeño pueblo tabacalero y cañero había nacido treinta años atrás, su tío, el destacado paleontólogo y geólogo Pedro Joaquín Bermúdez Hernández. Por feliz coincidencia, se encuentra aquí el estratotipo de la formación sellante de los principales yacimientos petroleros de Cuba¹. De tal suerte, no pasa un día que los geólogos cubanos no mencionen la palabra: Vega Alta. En su temprana infancia, la familia se muda para La Habana, donde estudia bachillerato, a cuyo término ingresa en la Universidad capitalina.

En 1959 comienza a trabajar como geólogo en la Comisión Nacional de Fomento del Ministerio de Obras Públicas en los yacimientos de petróleo de la Cuenca Central (Sancti Spíritus) y para minerales en la Sierra Maestra y en Pinar del Río. En noviembre de ese año, fue fundador del Instituto Cubano del Petróleo (ICP), formando parte del Servicio Micropaleontológico junto a la Dra. María Elena Ibarra Martín y Primitivo Borro García. El grupo recibía periódicamente la asesoría del Dr. Agustín Ayala Castañares, emérito micropaleontólogo mexicano. El departamento de micropaleontología del ICP brindaba servicios de calidad a la exploración y, al mismo tiempo, comenzó a incorporar nuevos grupos de fósiles tales como **foraminíferos grandes², algas, nanoplancton, Calpionélidos y Tintínidos³**. Como paleontólogo, dejó uno de sus legados científicos más importantes, describiendo nuevas especies y familias nuevas especies y familias para



la ciencia, contundentes para la determinación de las edades de las rocas.

A finales de 1961 y hasta 1967, el servicio paleontológico pasa de forma íntegra al Instituto Cubano de Recursos Minerales (ICRM). El laboratorio formaba parte del Departamento Científico del ICRM⁴ donde trabajaban geólogos y geofísicos provenientes de América Latina, de la URSS y de otros países. Este departamento produce una obra fundamental para las ciencias geológicas en Cuba: el texto “Geología de Cuba”⁵. El prólogo del libro, escrito por Ernesto Che Guevara, entonces Ministro de Industrias, contiene muy elogiosas palabras hacia el joven Gustavo. Obra de este colectivo científico son otros libros y mapas en los que Furrázola también es coautor⁶.

De 1967 a 1971 el laboratorio pasa a la Empresa Consolidada de la Minería, donde Furrázola junto a Konstantino Khudoley realizan destacadas investigaciones⁷. A partir de 1971, se va a crear en la Dirección General de Geología y Geofísica, el Grupo de Generalización Científica (Grupo Ciencia) integrado por más de cien científicos, incluyendo una treintena de doctores, principalmente del Instituto para las Investigaciones Científicas de Moscú (VNIGNI). Furrázola y el Dr. Viktor I. Kuznetsov lideran el grupo encargado de hacer la síntesis de las cuencas sedimentarias de Cuba, generando un sustancioso reporte que constituyó la base de otros estudios especializados para petróleo⁸. El grupo de paleontología de la DGGG estaba bajo la dirección de Gustavo Furrázola.

Particular interés se pone en la síntesis de la estratigrafía de la cueca petrolera norte cubana. Por primera vez, se intenta correlacionar la sección mesozoica y cenozoica cortada en los pozos, con las formaciones que afloran tanto en Pinar del Río, como en Cuba Central. Un elemento que impacta en todo el trabajo, de los diferentes grupos de especialistas y en la evaluación del potencial gasopetrolífero, fue la datación exacta de las secuencias bajo los mantos de cabalgamiento. En medio de una intensa disputa científica, las determinaciones de Furrázola y su grupo demostraron la existencia de una tectónica de mantos de cabalgamiento y su edad⁹. Desde finales de los años setenta se convirtió en un miembro destacado de la Sociedad del Esperanto en Cuba. Estudió, amó y dominó el idioma internacional, esperanto, y como esperantista, publicó varios artículos geológicos en este idioma¹⁰.

El Grupo de Generalización Científica a partir de 1977 va a formar el núcleo del Centro de Investigaciones del Petróleo, y poco después, el Centro de Investigaciones Geológicas hasta 1986. Continúan las investigaciones científicas de síntesis y análisis de cuencas sedimentarias para la evaluación del potencial gasopetrolífero. En este sentido, se van a confeccionar nuevos reportes y publicaciones sobre la estratigrafía de las cuencas petroleras¹¹. Se revisan de nuevo los conceptos de la estratigrafía regional para la provincia gasopetrolífera cubana septentrional, con un estudio detallado de los mantos tectónicos y su correlación más exacta entre las secuencias cortadas en los pozos y los afloramientos¹².

A partir de 1984 pasa a trabajar en el Instituto de Geología y Paleontología donde laboró hasta el año 2010 al frente de las investigaciones estratigráficas¹³, geológicas regionales y en la confección de nuevos mapas geológicos a escala 1:500 000¹⁴ y 1: 250 000¹⁵. También participa en la Comisión Nacional del Léxico Estratigráfico¹⁶. Su estancia en el IGP, donde encontró un ambiente más concordante con su espíritu de naturalista de la vieja escuela, fue extraordinariamente productiva. Aquí fue miembro del Consejo Científico, Presidente del Tribunal de Categorización del IGP para investigadores Titulares y Auxiliares. Desde el principio estuvo asociado al proyecto de la monografía “Geología de Cuba”. El voluminoso estudio salió a la luz en 1998, resultado de una edición cuidadosa, junto a la ingeniera geóloga Kenya Núñez, de numerosos textos y que se denominó “Estudios sobre Geología de Cuba”, en él que fue autor de varios artículos¹⁷.

Se destaca por su participación en las comisiones cubanas de los Proyectos 165¹⁸, 171¹⁹, 242, 262 y 286²⁰ del PICG – UNESCO. Organiza en La Habana el Simposio Internacional sobre la Geología del Caribe Occidental Reunión de los

Proyectos 165, 242, 262 del PICG en el marco del Primer Congreso Cubano de Geología de 1989. A destacar, su labor para conocer con más detalle las formaciones asociadas con los arcos volcánicos en Cuba, una labor muy compleja desde el punto de vista geológico²¹. Fue miembro y presidente de tribunales de categorías científicas en varias instituciones de la rama geológica del país. Así como en los talleres para la conservación del patrimonio geológico de Cuba²².

Furrázola sentía verdadera pasión por la enseñanza y le hacía muy feliz ayudar a crecer a sus subordinados. Fue profesor de varias generaciones de geólogos en la universidad, pero también fue maestro, instructor, pedagogo y tutor en el trabajo diario. Inicia su labor docente desde 1962, ejerciendo la cátedra de profesor de paleontología junto a Otmara Abello, en las universidades de La Habana, Pinar del Río y Santiago de Cuba; así como de ciencias biológicas, en la Escuela de Geografía y estratigrafía, en el Instituto Tecnológico del Petróleo “Vitalio Acuña”²³. Impartió decenas de cursos de postgrado en las universidades antes mencionadas, así como en el Instituto Minero Metalúrgico de Moa, la Escuela Superior del MINBAS, la Facultad de Biología, de La Universidad de La Habana, el Centro de Investigaciones Marinas y el Instituto Politécnico José Antonio Echevarría - CUJAE.

En febrero de 1979 fue electo Presidente (fundador) de la Sociedad Cubana de Geología, institución a la que va a dedicar ingentes esfuerzos, recibiendo la categoría de Miembro Emérito en enero de 1995 y el Premio Nacional “José Francisco Albear” en 2008, por una vida consagrada al desarrollo de su profesión. La Sociedad Cubana de Geología otorga en su honor, el premio “Gustavo Furrázola Bermúdez” a los jóvenes que se destaquen en su quehacer dentro de la actividad de las geociencias. Fue miembro destacado y muy activo de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de Cuba, cuya Sociedad de las Geociencias y la Química Aplicada, le otorga en 2006 la distinción “Profesional de Alto Nivel”.

Gustavo Furrázola fue un patriota en todo el sentido amplio de la palabra, manifestó su amor Cuba en su trabajo y abnegada dedicación aun en sus últimos años, cuando su salud estaba severamente quebrantada. En febrero de 2007 le fue otorgada por el Consejo de Estado de la República de Cuba la orden “Carlos J. Finlay”, por la obra de la vida; en 2008 la Asamblea Provincial del Poder Popular de la Habana, le otorgó “La Giraldilla”, por “su contribución al desarrollo y fortalecimiento de nuestra Ciudad”, y en 1984 fue merecedor de la distinción “René Ramos Latour”. Falleció en La Habana el 5 de mayo de 2010 a la edad de 75 años.

Referencias

Dinorah N. Karell Arrechea, Mercedes Díaz Roque, Madelín Gálvez Girón. VIDA Y OBRA DEL DR. GUSTAVO FURRAZOLA BERMÚDEZ. Compilación Editorial Centro Nacional de Información Geológica 2014.

Sánchez Arango, Jorge R. y Peña Borrego, Maida D. LA MICROPALAEONTOLOGÍA EN CUBA. Grupo Centro de Investigaciones del Petróleo, CUPET. Filial SCG C. Habana.

¹Kantchev, I., (ed.), 1978. Informe geológico de la provincia Las Villas. Resultados de las investigaciones geológicas a escala 1:250 000 durante el período 1969–1975, Archivo del Servicio Geológico Nacional.

²Avello O., Furrázola-Bermúdez G. Morfologías de algunas familias de Foraminíferos Orbitoidales y clave para su identificación, Pub: Revista Tecnológica, Año:1962, Vol:1, Num:4, Pag:3-20.; Ayala-Castañares, A., y Furrázola-Bermúdez, G., 1962. Nummuloculina heimi Bonet en el Cretácico de Cuba. Paleontology Mexicana, 12.

³Zorrilla M., Furrázola- Bermúdez G. Estudio sistemático preliminar de los géneros y especies fósiles del suborden Tintinnina (Protozoa, Ciliophora): (Una tabla de distribución de dicho grupo -- [S.L.: S.N.], 1961. 23 P.

⁴Furrázola- Bermúdez G., Khudoley C., Solsona J. Generalidades sobre la Geología de Cuba, Pub: Revista Tecnológica Año:1963 Vol:2 Num:10 Pag:3-22

⁵Furrázola-Bermúdez, G., Judoley, C.M., Mijailóvskaya, M.S., Novojastky, I.P., Núñez-Jiménez, A., y Solsona, J.B., 1964. Geología de Cuba. Editorial nacional de Cuba, 239 pág.,

⁶Furrázola-Bermúdez, G., 1965. Tres nuevas especies de tintínidos del Jurásico Superior de Cuba. Ministerio de Industria, Instituto Cubano Recursos Minerales, Publicación Especial, 2: 1-39.; Khudoley C., Furrázola- Bermúdez G. Estratigrafía del jurásico superior de Cuba, Pub: Min. de Ind: Publicación especial Año: 1965 Num: 3 Pag: 3-31; Furrázola- Bermúdez G., Khudoley C., Solsona J. Comentarios sobre el nuevo mapa de yacimientos minerales de Cuba, Escala 1:500 000, Pub: Revista Tecnológica Año: 1965 Vol: 3 Num: 6 Pag: 20-23

⁷Furrázola- Bermúdez G., Khudoley C., La posición de Cuba en la estructura geológica de la región del Caribe, Pub: Revista Tecnológica Año: 1967 Vol:5 Num: 6 Pag: 10-19; Khudoley K., Furrázola- Bermúdez G. Estratigrafía y fauna del Cretácico de Cuba. La Habana: [Instituto Cubano del libro], 1968. 1 T.; Furrázola-Bermúdez, G., y Judoley, C.M., 1969. Geología del noreste de la provincia de Pinar del Río. Revista Tecnológica, 7 (3-4): 21-27; Khudoley K., Furrázola- Bermúdez G. Geología Del Area Del Caribe y de la Costa del Golfo de México. [La Habana: Instituto del Libro, 1971]. 286, [2] P.

⁸Furrázola-Bermúdez G., V. I. Kusnetsov y R. García. Estratigrafía de los Depósitos Mesozoicos y Cenozoicos de Cuba. Resumen Primera Jornada Científica de Geología–Geofísica. 1974.

⁹Kuznetsov, V.I., Bassov, V.A., Furrázola, G., García, R. & Sánchez, J. Resumen estratigráfico de los sedimentos mesozoicos y cenozoicos. Revista La Minería en Cuba, volume 3 No. 4. pp. 44-61.; Furrázola-Bermúdez, G., Sánchez-Arango, J.R., García-Sánchez, R., y Bassov, V.A., 1978. Nuevo esquema de correlación estratigráfica de las principales formaciones geológicas de Cuba. La Minería en Cuba, 4 (3): 36-52.; Furrázola-Bermúdez, G., Kuznetsov, V., García-Sánchez, R., y Bassov, V.A., 1979. Estratigrafía de los depósitos meso cenozoicos de la costa norte del occidente de Cuba (Habana-Matanzas). La Minería en Cuba, 5 (1): 2-14.

¹⁰Furrázola-Bermúdez, G., 1985. Considero pri la paleografía Kaj geologia evoluo de la regiono Sierra de Cubitas, provinco Camaguey Kubo. Rev. Sciencaj Komunikajoi, No.9 (en Esperanto).

¹¹Furrázola Bermúdez G., Kuznetsov V. y otros; 1981. Nuevos datos sobre la estratigrafía de las placas tectónicas en las principales áreas de búsquedas de la costa norte de Cuba. I Simposio de la Sociedad Cubana de Geología, publicado en la No.2. ; Furrázola Bermúdez G., Kuznetsov V. y otros; 1981. Análisis comparativo de los cortes del Jurásico y Cretácico Inferior del Golfo de México, desde el punto de vista de la evaluación gas petrolífera del corte miosinclinal de Cuba. I Simposio de la S.C.G. ; Shein V. S., Kleshev K.A., Arzhewski G. A., Socorro R., Rodríguez R., Sanchez J., Furrázola- Bermúdez G., Segura R., García R., Tenreyro R. Perspectivas gas petrolíferas de la República de Cuba - 1981 x En el libro: Cuencas gas petrolíferas de los países socialistas de Europa y la República de Cuba. Ed. CAME (en ruso) Moscú. Pág. 348-376; Kuznetsov, V., Sánchez-Arango, J.R., Furrázola-Bermúdez, G., y García-Sánchez, R., 1985. Nuevos datos sobre estratigrafía de los mantos tectónicos en la costa norte de Cuba. Serie Geológica, Centro de Investigaciones del Petróleo, 2: 106-118. Texto Explicativo del Mapa Geológico de Cuba escala 1: 500 000. 1985.

¹²Constitución geológica de Cuba y su plataforma marina, en relación con sus perspectivas gas petrolíferas. en el Mapa Tectónico de Cuba a escala 1: 500 000 del ICGC. 1985.

¹³Albear, J.F. de, Iturralde-Vinent, M., Furrázola-Bermúdez, G., y Sánchez-Arango, J.R., 1985. Contribución a la geología de las provincias de La Habana y Ciudad de la Habana. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 155 pág. Capítulos: Prólogo, Prefacio, Bibliografía.

¹⁴Mapa Geológico de Cuba escala 1: 500 000. Colectivo de Autores. 1985.; Furrázola Bermúdez G. y otros “Unidades estratigráficas del Mapa Geológico 1 500 000”. Publicado en 1988.; Furrázola-Bermúdez, G., Linares-Cala, E., y Gil-González, S., 1987. Unidades estratigráficas del sistema Jurásico representadas en el nuevo mapa geológico de Cuba escala 1:500 000. Serie Geológica 2, Serie geológica Año: 1987 Num: 2 Pag: 84-101

¹⁵Memoria explicativa del mapa 1: 250 000 de la ACC, 1987.

¹⁶Franco-Álvarez, G.L., Acevedo-González, M., Álvarez-Sánchez, H., Artime-Peñeñori, C., Barriente-Duarte, A., Blanco-Bustamante, S., Cabrera, M., Cabrera, R., Carassou-Aragran, G., Cobiella-Reguera, J.L., Coutin-Lambert, R., Albear, J.F. de, de Huelbes, J., Torre y Callejas, A. de la, Delgado-Damas, R., Díaz de Villalvilla, L., Díaz-Otero, C., Dilla-Alfonso, M., Echevarría-Hernández, B., Fernández-Carmona, J., Fernández-Rodríguez, G., Flores-García, R., Florez-Abín, E., Fonseca, E., Furrázola-Bermúdez, G., García-Delgado, D., Gil-González, S., Gonzalez-García, R.A., Gutiérrez-Domech, R., Linares-Cala, E., Milián-García, E., Millán-Trujillo, G., Moncada-Ferrera, M., Montero-Zamora, L., Orbera, L., Ortega-Sastriques, F., Peñalver, L.L., Perera, C., Pérez-Arias, J.R., Pérez-Lazo, J., Pérez-Rodríguez, E., Pifheiro-Pérez, E., Recio-Herrera, A.M., Sánchez-Arango, J.R., Saunders-Pérez, E., Segura-Soto, R., Triff-Oquendo, J., Zuazo-Alonso, A., Pszczótkowski, A., Brezsnýánszky, K., Slavov, I., y Myczyński, R., 1992. Léxico Estratigráfico de Cuba. Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 pág.

¹⁷Furrázola-Bermúdez, G., y Núñez-Cambra, K., (Editores) Estudios sobre Geología de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, Centro Nacional de la Información Geológica, La Habana (1998)., 528, [3] P.; Centro Nacional de Información Geológica, 1997. [75]-96;

Furrazola- Bermúdez G., Gil S. Generalidades sobre la Estratigrafía de las Zonas Estructuro -Faciales Placetas-Camajuani, de Cuba Central. en: Furrazola- Bermúdez G., K. Nuñez, Comp. Estudios sobre Geología de Cuba-- 1. ED. – La Habana: Centro Nacional de Información Geológica, 1998. P. [215]-220; Furrazola-Bermúdez, G., 1998. El Sistema Jurásico en Cuba. En: Furrazola-Bermúdez, G., y Nuñez-Cambra, K., (Editores) Estudios sobre Geología de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, Centro Nacional de la Información Geológica.

¹⁸García-Sánchez, R., Sánchez-Arango, J.R., y Furrazola-Bermúdez, G., 1985. Guía de la excursión geológica de la 2ª Reunión del Proyecto Número 165 del PICG. Centro de Investigaciones Geológicas, La Habana, 14 pág.; Díaz C., Furrazola Bermudez G e Iturralde M. Bancos carbonatados cretácicos del Norte de Cuba. Informe Final, Proyecto 165 (Correlación estratigráfica regional del Caribe) PICG – UNESCO). 1990.

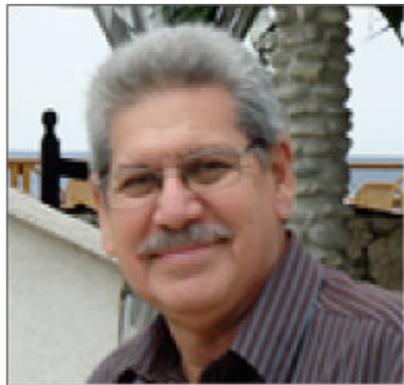
¹⁹Furrazola Bermúdez G. y Judoley K. Bioestratigrafía y Paleografía del Jurásico de Cuba. Proyecto 171 (Circumpacific Jurasicc), PICG., UNESCO. 1989

²⁰Furrazola-Bermúdez G. y Khudoley K. Oxfordian Stage of Cuba (El Piso Oxfordiano de Cuba). I Oxfordian Working Group. Meeting Zaragoza, España. Bentos Paleógeno Temprano. Proyecto 286 del PICG. Francia-España. En colaboración con C. Díaz.1994.

²¹Furrazola-Bermúdez, G., Díaz-Otero, C., Rojas-Consuegra, R., y García-Delgado, D., 2001. Generalización bioestratigráfica de las formaciones volcanosedimentarias del arco volcánico cretácico y su cobertura, en Cuba central. En: IV Congreso Cubano de Geología y Minería, Memorias Geomin 2001, La Habana, marzo 19-23; Furrazola- Bermúdez G., et al Generalización Bioestratigráfica de las Formaciones Volcano-Sedimentarias del Arco Volcánico Cretácico y su Cobertura, en Cuba Central. en: Instituto de Geología y Paleontología. Estudios sobre los Arcos Volcánicos de Cuba [CD-ROM]. -- La Habana: CNDIG, 2003.

²²Gutiérrez Domech Roberto, Barrientos Duarte Arsenio, Furrazola Bermúdez Gustavo. Protección y Conservación del Patrimonio Geológico de Cuba. Geociencias 2005 (CD-ROM). Comisión Taller Conservación del Patrimonio y la Herencia Geológica. Trabajo GEO 10 - 8. -- La Habana: CNDIG, 2005.; Barrientos Duarte Arsenio, Gutiérrez Domech Roberto, Furrazola Bermúdez Gustavo. Catálogo de Localidades de Interés Geológico y Paleontológico de las Provincias Habaneras. Geociencias 2005 (CD-ROM). Comisión Taller Conservación del Patrimonio y La Herencia Geológica. Trabajo GEO 10 - P21. -- La Habana : CNDIG, 2005; 2011 Gutiérrez-Domech, R., Bernal-Rodríguez, L., Grau, E., Balado-Piedra, E., Pantaleón-Vento, G.J., Barrientos-Duarte, A., y Furrazola-Bermúdez, G., 2011. Geositos de interés patrimonial y práctico de la provincia Matanzas. En: Memorias, Trabajos y Resúmenes. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2011). Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana, CD-Rom

²³Sánchez Arango, Jorge R. y Peña Borrego, Maida D.. La micropaleontología en Cuba. Grupo Centro de Investigaciones del Petróleo, CUPET. Filial SCG C. Habana



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

Tiene cuarenta y ocho años de experiencia en la Industria petrolera en Cuba y en otros países fundamentalmente en la especialidad de exploración de yacimientos de petróleo y gas. Durante este tiempo transitó desde ingeniero geofísico de adquisición hasta Jefe de Exploración de la empresa petrolera nacional de Cuba - Cupet, cargo que ocupó por 16 años hasta su retiro en 2016. Investigador científico también recorre desde Aspirante a Investigador a Investigador Titular. Fue Jefe técnico del programa de exploración en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México. Director Técnico del Comisión para la Plataforma Extendida de Cuba. Tiene más de doscientas publicaciones que incluyen artículos científicos, presentaciones en eventos, conferencias, mapas, monografías y libros de texto. Premio de Geología Antonio Calvache Dorado de la Sociedad Cubana de Geología en 1992. En estos momentos trabaja en la empresa australiana Melbana Energy Limited. tenreyro2015@gmail.com

Rick W. Allmendinger

Bernardo García Amador
Editor de la Revista

Rick Waldron Allmendinger es un distinguido geólogo estructural y profesor emérito del departamento de Ciencias Atmosféricas y de la Tierra en la Universidad de Cornell, EE. UU., que ha dejado una huella indeleble en el campo de la geología estructural y la tectónica.

Biografía y carrera académica

Rick Allmendinger es un geólogo estructural enfocado en comprender la deformación frágil de la corteza superior durante los terremotos y a escalas de tiempo más largas durante la deformación de los cinturones de pliegues y cabalgaduras de tipo antepaís. Recibió su grado A.B. (licenciatura) con distinción de la Universidad de Cornell en 1975 y su grado Ph.D. (doctorado) de la Universidad Stanford en 1979. Posterior a trabajar con el Servicio Geológico de EE. UU. (USGS) y tener una experiencia postdoctoral, se unió a la Facultad de Cornell en 1984 como profesor asistente. Obtuvo la titularidad y fue ascendido a profesor asociado en 1990, y se convirtió en profesor titular en 1996. En 2008 fue nombrado Decano Asociado de Diversidad, Desarrollo Docente y Tutoría de la Facultad de Ingeniería, cargo que ocupó hasta el 31 de diciembre de 2011. También es profesor visitante en el programa de doctorado de la Universidad Católica del Norte en Antofagasta, Chile. Allmendinger recibió en 2012 el Premio a la Contribución Profesional de la *Structure and Tectonics Division* de la Sociedad Geológica de América.

Premios y honores

En 2021, Allmendinger recibió el Premio Paul G. Silver por Servicio Científico Destacado (*Outstanding Scientific Service*) en gran parte debido a la multitud de software y cursos de geología gratuitos que ha brindado a cientos de miles de geólogos y estudiantes, así como a sus contribuciones de enseñanza e investigación en el campo



de la geología. Rick Allmendinger es miembro de la Sociedad Geológica de América y en 2012 recibió el Premio a la Contribución Profesional (*Career Contribution Award*) de la Sociedad Geológica de América por sus numerosas y distinguidas contribuciones que han hecho avanzar la ciencia de la geología estructural y la tectónica.

Durante su tiempo como Decano Asociado para Diversidad y Desarrollo Docente, los Programas de Diversidad en Ingeniería (DPE), que supervisó, recibieron el Premio Presidencial 2011 a la Excelencia en Mentoría en Ciencias, Matemáticas e Ingeniería (PAESMEM) en una ceremonia en la Casa Blanca, EE. UU., en diciembre de 2011. Allmendinger es también "Miembro Correspondiente" de la Asociación Geológica Argentina.

Intereses de investigación

Los intereses generales de investigación de Allmendinger incluyen geología estructural y tectónica, así como geología de sismos, geodesia estructural, modelado cinemático numérico, interpretación de perfiles de reflexión sísmica, tectónica regional de Sudamérica y geología de campo. Las principales investigaciones de Allmendinger apuntan a responder preguntas como: ¿cuál

es la composición y estructura del límite de placas convergentes en Sudamérica? Y, ¿cómo aclara esa estructura la expresión geológica? Para responder a estas preguntas, Allmendinger utiliza métodos como la interpretación sísmica, GPS e imágenes de satélite, trabajo de campo y modelado por computadora. Además de su

investigación, Rick Allmendinger es reconocido por sus contribuciones tecnológicas al campo de la geología debido a sus aplicaciones y programas ampliamente utilizados, por ejemplo, el software Stereonet (Figura 1), entre muchos otros softwares.

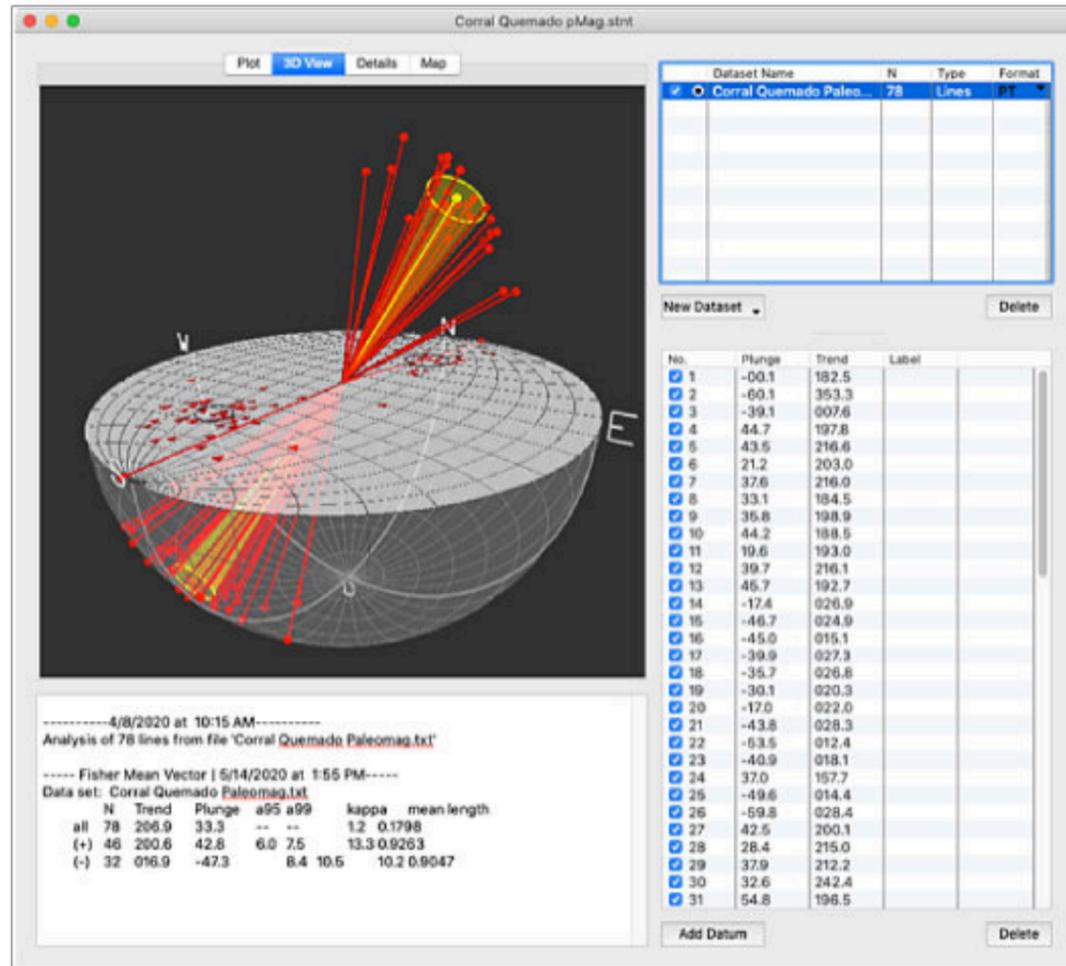


Figura 1. Imagen alusiva sobre la visualización de datos geológico-estructurales dentro del software Stereonet versión 11 (Tomada de: <https://www.rickallmendinger.net/stereonet>).

Las investigaciones específicas de Rick Allmendinger han incluido: geometría estructural del cinturón de cabalgaduras de Idaho-Wyoming, 1976-1979; análisis microscópico de la cinemática de pliegues y cabalgaduras en el cinturón de cabalgaduras de Idaho-Wyoming, 1977-1979; evolución estructural cenozoica a lo largo del margen de la llanura del río Snake, 1978-1979; análisis cinemático de fallas menores asociadas con la falla de

rumbo de San Gregorio, Pigeon Point, California, 1978; análisis morfotectónico del Rift de Galápagos a partir de datos de batimetría de alta resolución, 1978-1979; procesamiento y análisis de datos de COCORP del Rift del Río Grande y la Sierra Laramie, Wyoming, 1979-1981; travesías de reconocimiento geotectónico de los Andes argentinos, 1981-1984; análisis estructural regional, mesoscópico y microscópico, interior del cinturón

orogénico de Sevier, 1980--; compilación y análisis de paleogeografía y geometría estructural, Andes del norte y centro de Argentina, 1981-1986; procesamiento y análisis de datos de cuencas y áreas de distribución de COCORP, 1982-1985; geometría estructural y análisis cinemático de datos de deslizamiento de fallas de la meseta de Puna, noroeste de Argentina, 1983-1991; reprocesamiento de la industria VIBROSEIS, datos para producir perfiles de reflexión sísmica profunda de los Andes argentinos, 1985-1996; Reprocesamiento de datos de reflexión sísmica con dinamita industrial del valle de Calingasta-Iglesia, provincia de San Juan, Argentina, 1986-1992; secciones balanceadas de cinturones de cabalgaduras a escala cortical en el oeste de Argentina, 1986--; análisis de datos del LANDSAT *Thematic Mapper* de Chile, Bolivia y Argentina, 1985--; desarrollo de análisis cinemático de datos de deslizamiento de fallas, incluida la invariancia de escala, 1987-1994; estudio de las geometrías de los estratos de crecimiento en campo y en datos sísmicos industriales, 1988--; perfilado dedicado a la reflexión sísmica profunda en los Andes centrales, 1995-1999; tectónica activa de las regiones de San Juan y Mendoza del oeste de Argentina utilizando datos de campo, sísmicos y GPS, 1996--; estructura de la parte occidental de la cuenca Neuquina, Argentina, 1997--; estructura de puntas de empuje ciegas utilizando modelos directos e inversos de cinemática *trishear*, 1997--; tectónica del antearco del norte de Chile, 2000--; extraer información regional instantánea de tensión y velocidad de rotación de redes geodésicas de GPS.

El enfoque de Allmendinger para hacer avanzar la investigación a través de la progresión tecnológica se puede entender mejor con una cita de su propia investigación: "*Future technological advances should overcome many of today's uncertainties and provide rich new data to mine by providing denser, more uniform, and temporally continuous observations*".

Algunas publicaciones recientes

Allmendinger, R. W., & Judge, P. A. (2014). The Argentine Precordillera: A foreland thrust belt proximal to the

subducted plate. *Geosphere*, 10(6), 1203–1218. <https://doi.org/10.1130/GES01062.1>

Allmendinger, R. W., & Karabinos, P. (2022). Illuminating geology in areas of limited exposure using texture shading of lidar digital terrain models. *Geosphere*, 19(1), 163–178. <https://doi.org/10.1130/GES02531.1>

Allmendinger, R. W., Siron, C. R., & Scott, C. P. (2017). Structural data collection with mobile devices: Accuracy, redundancy, and best practices. *Journal of Structural Geology*, 102, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2017.07.011>

Loveless, J. P., Scott, C. P., Allmendinger, R. W., & González, G. (2016). Slip distribution of the 2014 Mw = 8.1 Pisagua, northern Chile, earthquake sequence estimated from coseismic fore-arc surface cracks. *Geophysical Research Letters*, 43(19), 10, 110–134, 141. <https://doi.org/10.1002/2016GL070284>

Scott, C. P., Allmendinger, R. W., González, G., & Loveless, J. P. (2016). Coseismic extension from surface cracks reopened by the 2014 Pisagua, northern Chile, earthquake sequence. *Geology*, 44(5), 387–390. <https://doi.org/10.1130/G37662.1>

*Fotografía tomada de la página web: <https://www.eas.cornell.edu/faculty-directory/richard-waldron-allmendinger>.

Información tomada y traducida al español de:

<https://www.eas.cornell.edu/faculty-directory/richard-waldron-allmendinger>

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

Otros sitios de interés

<https://www.rickallmendinger.net/>

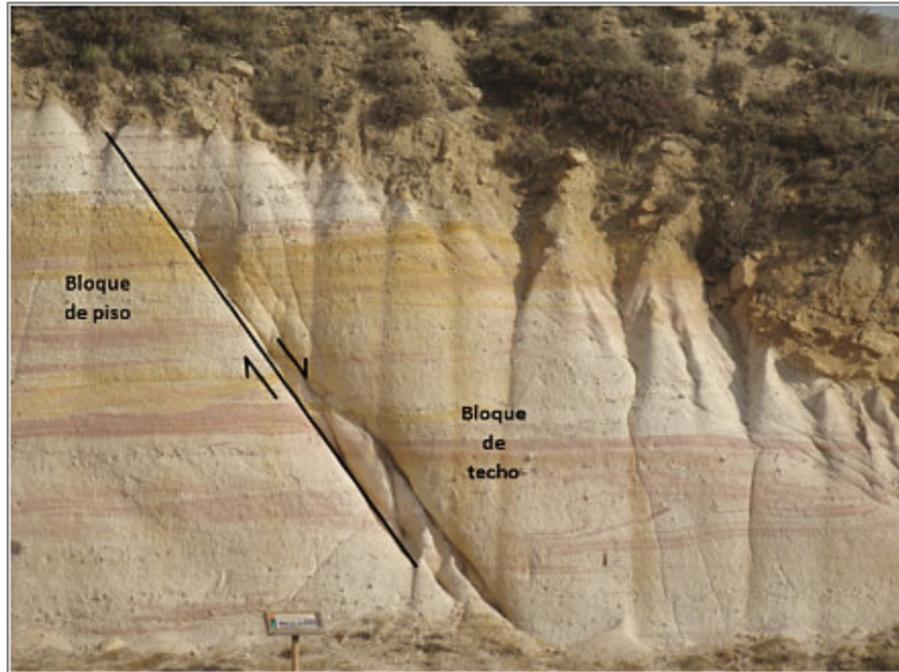
<https://www.youtube.com/@rickallmendinger>

Miscelanea de Imágenes



Banco de imágenes Geológicas (2010). Falla normal [Fotografía]. Flickr. Peñalén, Guadalajara, España. https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5023987322

Ejemplo de falla “normal”. Las fallas normales se originan por fuerzas distensivas, y podemos diferenciarlas de las fallas inversas porque el bloque de techo baja con respecto al bloque de piso. Esta falla esta ubicada en Peñalén (Guadalajara, España), mejor conocido como “Las Cárcavas de Guadalajara”. Las cárcavas son socavones que se originan en rocas con pendiente, por la escorrentía de aguas de lluvia. La cárcavas se componen de materiales muy erosionables, en este caso estamos observando posibles areniscas y arcillas (limolitas).



Campos R. (2022). Pliegue Chevron [Fotografía]. Meteored. Reino Unido. <https://www.meteored.cl/noticias/ciencia/increibles-pliegues-geologicos-que-te-cautivaran-con-sus-formas.html>

Ejemplo de un pliegue “anticlinal” específicamente un pliegue de tipo “Chevron”. Los pliegues son productos de esfuerzos tectónicos, no llegan a su límite elástico por lo que no existe una fractura y solo se originara una deformación. La composición de este pliegue de repetidos lechos plegados pudiera ser de areniscas y lutitas.



Poker A. (2018). Torre del Diablo. [Fotografía]. Peakd. Wyoming, Estados Unidos. <https://peakd.com/paisajes/@antoniopoker/torre-del-diablo>

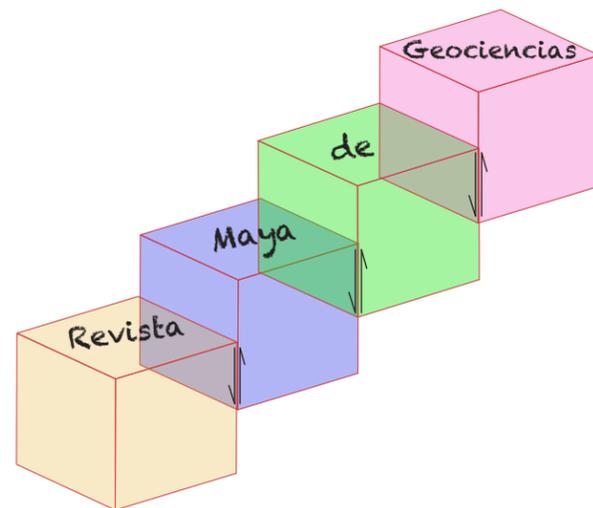
Ejemplo de un “cuello volcánico”. Un cuello volcánico es un tipo de relieve formado debido al endurecimiento de la lava dentro de la chimenea de un volcán activo. Este cuello volcánico es llamado “La Torre del Diablo” ubicado en las Colinas Negras al noreste de Wyoming, Estados Unidos, esta compuesta por columnas basálticas de fonolita porfirica, con rocas pertenecientes a inicios del Paleogeno y hasta del Triásico.



Soto H. (2014). Espeleotemas freáticos. [Fotografía]. El Mundo. Vallgornera, Mallorca, España.

<https://www.elmundo.es/baleares/2014/07/16/53c63bad22601d187a8b456d.html>

Ejemplo de "Estalactitas. Las estalactitas son formaciones que cuelgan del techo de cuevas de origen kárstico, las estalactitas están compuestas por carbonato de calcio. Estas estalactitas se encuentran en la cueva del Pas de Vallgornera, Mallorca, España.



El hombre nunca sabe de lo que es capaz hasta que lo intenta.

Charles Dickens

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Br. González C., Francimar A.

ESTUDIO MINERALÓGICO, QUÍMICO Y AMBIENTAL DE
LOS SEDIMENTOS DE LA QUEBRADA LOS MICUYES,
ESTADO MÉRIDA-VENEZUELA

Universidad Central de Venezuela. Tesis que para obtener el Título de: Licenciado en Geociencias. 2017

Sustentante: **Br. González C., Francimar A.**

Director de Tesis: *Prof. Santiago Marrero.*

Resumen

En el estado Mérida, especialmente en San Rafael de Mucuchíes, se ha evidenciado un elevado número de personas con cáncer estomacal. Las causas de dicha enfermedad no están bien entendidas, sin embargo una de las posibles podría tener que ver con la contaminación de las aguas. En este trabajo se exploró el grado de contaminación de la quebrada Los Micuyes en San Rafael de Mucuchíes, en base a los factores de enriquecimiento e índices de geoacumulación para los metales pesados cobre, zinc, cromo, hierro, y para el aluminio. Se utilizó difracción de rayos X para obtener la mineralogía, Fluorescencia de rayos X para cuantificar los elementos. El estudio se realizó en muestras de rocas y sedimentos colectados en tres (3) puntos de muestreo dentro de la cuenca de la quebrada Los Micuyes, la cual discurre aledaña a la población de San Rafael de Mucuchíes. De los resultados obtenidos en el estudio se desprende que las muestras de roca colectadas presentan similitud con la litología reportada por Tazzo (2014), pudiéndose definir en la zona tres (3) grupos litológicos. En la parte alta de la quebrada se encuentra La Granodiorita El Carmen, mientras que en la parte media de la quebrada se identificó una roca metamórfica (filita) perteneciente a la asociación El Águila y en la parte baja de la cuenca se describe una roca pegmatita, correspondiente al Complejo Iglesias. Por otra parte, tanto la mineralogía de los sedimentos, como el bajo porcentaje de arcillas presente en los mismos, parecen indicar que el proceso predominante en la zona es la meteorización física. A partir de los resultados para la fracción tamaño arcilla se interpreta que los elementos que se encuentran como contaminantes de los sedimentos son los siguientes: cromo (Cr), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn).

Figura 1.1. Imagen satelital de la cuenca.



12

Blanco, J. M., and P. Mann, 2021, Subsurface geology of La Vela Basin, offshore Venezuela: Examples of basement and carbonate-hosted liquid and gas hydrocarbon reservoirs, in C. Bartolini, ed., South America-Caribbean-Central Atlantic plate boundary: Tectonic evolution, basin architecture, and petroleum systems. AAPG Memoir 123, p. 411-440.

Subsurface Geology of La Vela Basin, Offshore Venezuela: Examples of Basement and Carbonate-hosted Liquid and Gas Hydrocarbon Reservoirs

Joan Marie Blanco¹ and Paul Mann

Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, 312 Science and Research, Bldg. 1, Houston, Texas 77204-5007 (e-mails: blancojoanm@gmail.com; pmann@uh.edu)

ABSTRACT

The 2009 discovery of the 17 tcf, thermogenic, Perla giant gas field in the Gulf of Venezuela (GOV)—which is hosted in a 240 m (787 ft) thick red algal carbonate reservoir of late Oligocene–early Miocene age—stimulated a more regional re-evaluation of potentially large, Cenozoic carbonate reservoirs along the continental margins and accreted Caribbean arc terrane of northwestern South America. This chapter focuses on describing the petroleum potential of early Miocene carbonate reservoirs of the La Vela Basin (LVB) of offshore, western Venezuela that is located 100 km (60 mi) east of the La Perla gas giant. Our subsurface data for the LVB—which was kindly provided by the Venezuelan National Oil Company (Petroleos de Venezuela, S.A., or PDVSA)—include a basin-scale database of 1100 km² (680 mi²) of 3-D seismic data that are tied to 52 wells. We use these data to assess 143 m (470 ft) thick, coralline, carbonate reservoirs of the LVB of early Miocene age that have produced minor amounts of oil and gas since the 1970s. Additional oil and gas producing reservoirs of the LVB include fractured and metamorphosed basements of Neoproterozoic, Permian, and Cretaceous age that are exposed on the adjacent Paraguana Peninsula and have been previously sampled and radiometrically dated from both outcrops and cores of wells drilled into basement of the LVB. We integrate gravity and magnetic data to map the three types of crystalline basement that underlie the LVB. We use the seismic well data to define orientations and types of faults, thickness variations, and sedimentary facies of the main carbonate reservoirs unit (early Miocene Cauderalito Member of the Agua Clara Formation). We compare the characteristics of the coralline La Vela carbonate reservoirs with known late Oligocene–early Miocene, red algal, carbonate ramp settings of the Gulf of Venezuela (Perla gas giant) and the early Miocene, San Luis red algal ramp of the onshore, Falcon Basin (FB). The most prospective carbonate reservoirs are red algae-based and are related to their distinctive ecological and tectonic settings.

¹Current address: Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF), Chemnitz Str. 40, 09599, Freiberg, Germany

6

Escalona, A., I. O. Norton, L. A. Lawver, and L. Gahagan, 2021, Quantitative plate tectonic reconstructions of the Caribbean region from Jurassic to present, in C. Bartolini, ed., South America-Caribbean-Central Atlantic plate boundary: Tectonic evolution, basin architecture, and petroleum systems. AAPG Memoir 123, p. 239-264.

Quantitative Plate Tectonic Reconstructions of the Caribbean Region from Jurassic to Present

Alejandro Escalona

Department of Energy Resources, University of Stavanger, 4036, Stavanger, Norway
(e-mail: alejandro.escalona@uis.no)

Ian O. Norton, Lawrence A. Lawver, and Lisa Gahagan

Institute for Geophysics, The University of Texas at Austin, Austin, Texas
(e-mails: norton@ig.utexas.edu; lawver@ig.utexas.edu; lisa@ig.utexas.edu)

ABSTRACT

Tectonic interactions in the Caribbean region are driven by two main processes: eastward motion of the Caribbean plate relative to North and South America, with subduction of Atlantic oceanic crust toward the west; and subduction of the Cocos and Nazca plates along the Mexico–middle America trench. This geometry has been maintained since the Eocene. Prior to this, the Caribbean plate entered the space between North and South America (the “proto-Caribbean”) from the Pacific causing polarity reversal of the arc (the Great Arc of the Caribbean) that separated the Pacific–Farallon plates from the proto-Caribbean. This latter region of oceanic crust was created by seafloor spreading between North and South America that started in the Early Jurassic; included in this early motion was the opening of the Gulf of Mexico by independent motion of Yucatan. Although this overall tectonic scheme has been well established for some time, only one quantitative plate model has been published before. This chapter updates that with a larger set of plate polygons and tectonic features in GIS format, along with a set of Euler poles that describe motion of about 350 tectonic elements, which make up the Caribbean and surrounding plates. Constraints on quantitative motions of these blocks comes almost entirely from geologic and geophysical data and a large database compilation of previous work from the Caribbean Basins, Tectonics, and Hydrocarbons and the PLATES consortia; the only well-constrained plate motion vectors come from seafloor spreading magnetic isochrons that record motion between North America and Africa, and between Africa and South America. A less-reliable magnetic chron data set is used to constrain post-Eocene motion of the Caribbean plate along the Cayman Trough. Geologic data used to constrain motion of the smaller blocks include stratigraphy, geochronology, structural mapping, and potential field data. The motion of individual blocks is adjusted until all these data combine to allow for a uniform progression of motion that honors local data as well as interactions among neighboring blocks.



Contents lists available at ScienceDirect

Marine and Petroleum Geology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/marpetgeo



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

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

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

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

ARTICLE INFO

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

ABSTRACT

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

1. Introduction

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

The regional distribution and maturity of prolific, Upper Jurassic to

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

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

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

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

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

Available online 28 October 2022

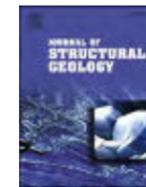
0264-8172/©2022 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Structural Geology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jsg



Cenozoic structural deformation between the southern Lamprea fold-belt and Salina del Bravo salt province by interacting salt and shale detachments, western Gulf of Mexico

Jack J. Kenning, Paul Mann^{*}

Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, 3507 Cullen Blvd., Houston, TX, USA

ARTICLE INFO

Keywords:
Gulf of Mexico
Lamprea fold-belt
Salina del Bravo
Area-depth strain
Shale detachment
Salt tectonics

ABSTRACT

The Lamprea fold-belt is a 300 km-long, 20–60 km-wide, deep-water, passive margin fold-belt located southeast of the Salina del Bravo salt province and trending parallel to the eastern continental margin of Mexico. The Lamprea fold-belt detaches along Eocene shale layers to form a compressional toe of the gravitationally-driven system that forms a transitional domain between the salt province to the north and the shale-detached Mexican Ridges fold-belt to the south. Area-depth strain measurements performed for ten characteristic folds across two regional seismic profiles through the Lamprea fold-belt provide insight into its timing of deformation, depth to detachment, and controls on the pre-growth and syn-growth sedimentary deposits. Miocene-age deformation across the Lamprea fold-belt coincides with a phase of renewed salt canopy emplacement driven by ongoing up-dip sediment loading and extensional deformation west of the Salina del Bravo salt province. These results are consistent with early Miocene fold growth onset controlled primarily by the advancing salt canopy and only minor influence from underlying autochthonous salt. The timing of trap formation, tectonic interaction of salt bodies with shale structures, and the mechanisms for fold-belt formation all control hydrocarbon migration from deep Mesozoic source intervals into overlying Oligocene fold-belt reservoirs.

1. Introduction

The offshore Burgos Basin in the Mexican sector of the western Gulf of Mexico Basin displays an extensive system of sediment-load-driven normal faults that are detached along deeply-rooted, autochthonous Jurassic salt bodies and a series of overpressured Cenozoic shale horizons (Le Roy et al., 2008; CNH, 2015; Hudec et al., 2019) (Fig. 1). These seaward-dipping, normal detachments connect down-dip into a contractional domain that forms a deep-water, passive-margin fold-belt that includes: 1) an Eocene detached series of thrusts known as the Kama fold-belt, 2) a series of allochthonous Jurassic salt bodies known as the Salina del Bravo that overlie the Perdido fold-belt; and 3) a shallow, Eocene shale-detached fold-belt located east of the Salina del Bravo called the Lamprea fold-belt (CNH, 2015; Vazquez-García, 2018; Hudec et al., 2019) (Fig. 2).

Recent exploration wells have helped extend the Perdido fold-belt plays from US waters into the Mexican Salina del Bravo salt province. However, most wells to date are located in the northern part of the Mexican margin, while the southernmost extension of the western Gulf

of Mexico salt province remains much less explored (CNH, 2015; Smith et al., 2019). The southernmost edge of the middle Jurassic salt province is less well defined. This southern limit of middle Jurassic salt transitions into the compressional systems of the Lamprea and Mexican Ridges fold-belts, which both are detached on Paleogene shale and overlie late Jurassic oceanic crust (Kenning and Mann, 2020) (Fig. 1). The name Lamprea fold-belt was previously used by Salomón-Mora (2013) and Vazquez-García (2018) to refer to shallow, shale-detached folds forming the peripheral deformation front of the southeastern Salina del Bravo and is distinguished from the neighboring Perdido and Mexican Ridges fold-belts to the north and south, respectively. The Lamprea belt is also called the 'Peripheric fold-belt' by CNH (2015) and the 'Outer fold-and-thrust belt' by Bilotti et al. (2019b).

Significant differences in structural style are apparent between the Jurassic-detached Salina del Bravo and Perdido fold-belt to the Eocene-detached Lamprea fold-belt (Fig. 2). This study aims to improve the understanding of whether deeper, salt-related detachments interact with and control the development of the shallower, Paleogene, shale-detached Lamprea fold-belt along the deep-water deformation front

* Corresponding author.
E-mail addresses: jjkenning@uh.edu (J.J. Kenning), pmann@uh.edu (P. Mann).

<https://doi.org/10.1016/j.jsg.2021.104458>

Received 8 June 2021; Received in revised form 16 September 2021; Accepted 21 September 2021

Available online 29 September 2021

0191-8141/©2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Geochemistry, Geophysics, Geosystems*

RESEARCH ARTICLE

10.1029/2023GC010933

Special Section:

A fresh look at the Caribbean plate geosystems

Key Points:

- We integrate gravimetric, magnetometric, and seismic reflection data to identify oceanic crust in the Yucatan back-arc basin
- Heat flow and depth to the seafloor constrain a Late Paleocene–Middle Eocene age for the oceanic crust adjacent to the Cuban volcanic arc
- Similar back-arc basins nearby were inverted, subaerially exposed, and left–laterally offset during the late Eocene–Recent

Correspondence to:

J. P. Ramos and P. Mann,
jramosvargas@uh.edu;
pmann@uh.edu

Citation:

Ramos, J. P., & Mann, P. (2023). Late Cretaceous–recent tectonostratigraphic evolution of the Yucatan back-arc basin, northern Caribbean Sea. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 24, e2023GC010933. <https://doi.org/10.1029/2023GC010933>

Received 1 MAR 2023
Accepted 27 JUN 2023

© 2023 The Authors. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* published by Wiley Periodicals LLC on behalf of American Geophysical Union. This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivs License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/), which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.



Late Cretaceous–Recent Tectonostratigraphic Evolution of the Yucatan Back–Arc Basin, Northern Caribbean Sea

Juan Pablo Ramos¹ and Paul Mann¹

¹Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Houston, TX, USA

Abstract The 110,000 km² Yucatan Basin in the northern Caribbean Sea is critical for understanding the Late Cretaceous to Recent tectonic evolution of the Caribbean–North American plate boundary. This study integrates gravity, magnetic, and a 5,500 km grid of 2D seismic data to carry out a tectonostratigraphic analysis of the Yucatan Basin. These data provide the first recognition of 38–102 km–long spreading ridges that constrain a SW–NE opening direction in the western Yucatan Basin. The age of this oceanic crust is constrained to be late Paleocene–middle Eocene (57–42 Ma) based on heat flow measurements, depth-to-seafloor, and three sedimentary sequences inferred to be Eocene–Recent in age based on stratigraphic correlations to distant wells. We interpret the Yucatan Basin as a back-arc basin formed during the northeastward movement of the Caribbean volcanic arc that is now exposed in Cuba, evolved during the early Cretaceous to middle Eocene, and was terminated by collision with the Bahama carbonate platform during the late Paleocene to middle Eocene. We identify regional, left–lateral strike–slip faults that extend into the Cuban volcanic arc, as observed in other active back-arc basins. We propose that the Yucatan back-arc basin once formed the northwestern extension of age-equivalent back-arc basins in Hispaniola, where the basin is inverted, topographically elevated, and strongly shortened, and in the Lesser Antilles where the Paleogene back-arc basin has remained undeformed and submarine. This once-continuous back-arc basin was disrupted and left–laterally offset by ~500 km during the Late Eocene–Recent formation of the Cayman trough strike–slip system.

Plain Language Summary This study utilizes seismic reflection data to carry out a tectonostratigraphic analysis of the Yucatan Basin.

1. Introduction and Significance

Geologic and geophysical data from decades of previous work has led to a widespread consensus that the present-day Caribbean area evolved as a consequence of the Great Arc of the Caribbean (GAC) moving in a northeastward and eastward direction and subducting an extensive area of the Proto-Caribbean Sea of Jurassic and early Cretaceous age that had formed as the result of the opening between North and South America (Boschmann et al., 2014; Burke, 1988; Burke et al., 1984; Escalona & Mann, 2011; Pindell & Dewey, 1982) (Figure 1). The importance of the formation, subduction, volcanic history, and collision of the GAC have led to detailed studies of its various volcanic arc segments that can be traced as a semi-continuous feature over a 4,300-km-long and strongly curved arc that can be traced on bathymetric–topographic maps (Figure 1a) and gravity maps (Figure 1b) from southern Mexico and northern Central America (Pindell et al., 2023; Ratschbacher et al., 2009; Rogers et al., 2007); western Cuba (Gordon et al., 1997; Hu et al., 2022; Pardo, 2009), southeastward through Hispaniola (Escuder–Viruete et al., 2023; Hernáiz–Huerta & Pérez–Estaún, 2002; Mann et al., 1991) and Puerto Rico and the Virgin Islands (Román et al., 2021), southward to the small volcanic islands of the Lesser Antilles volcanic arc and largely submarine Aves Ridge remnant arc (Allen et al., 2019; Bouysse, 1988; Garroq et al., 2021), and westward along the subaerial and submarine Caribbean margins of Trinidad and Tobago (Christeson et al., 2008), Venezuela, and Colombia (Gorney et al., 2007; Kroehler et al., 2011; Neill et al., 2011; Vence & Mann, 2020; Ysaccis, 1997; Ysaccis & Bally, 2021).

The terminal collision between the northeastward and eastward-moving Great Arc and continental masses of North and South America with its accompanying deformation and cessation of arc volcanism has been described for segments of the northern and southern boundaries of the Caribbean including studies in southern Mexico and northern Central America (Pindell et al., 2023), western Cuba (Gordon et al., 1997; Saura et al., 2008), central Cuba (Cruz–Orosa et al., 2012; Rojas–Agramonte et al., 2008), southern Cuba (Rojas–Agramonte et al., 2011), Hispaniola (Dolan et al., 1991; Escuder–Viruete et al., 2016), Puerto Rico and the Virgin Islands (Laó–Dávila, 2014;

Regional source rock thermal stress modeling and map-based charge access modeling of the Port Isabel passive margin foldbelt, northwestern Gulf of Mexico

Muhammad Nawaz Bugti¹ and Paul Mann¹

ABSTRACT

The Port Isabel passive margin foldbelt covers 17,000 km² of the northwestern deepwater U.S. Gulf of Mexico. Seven oil exploration wells have been drilled in the area from 1996 to 2007, yielding a single uncommercial gas discovery. The 5–7 km thick Oligo-Miocene section prevents drilling from penetrating the underlying Paleogene and Mesozoic source rocks. Accommodation space for the Oligo-Miocene section is created by the collapse of a paleo-salt wall, leading to linked fault systems in the upper decollement to the east. We use 13 exploration wells to construct 1D and map-based 2D basin models to investigate the burial and thermal history of three inferred source rock horizons (Paleogene, Turonian, and Tithonian). We interpret a 2D seismic data grid tied to four wells to constrain stratigraphic depths and thicknesses of the younger and shallower Wilcox source rock horizons, and the Jurassic and Cretaceous source rock horizons. Our results indicate that vitrinite reflectance is a proxy for the thermal stress levels reached by the source rocks as supported by maps of hydrocarbon charge access. We conclude that all three source rock intervals have reached varying degrees of maturity, expelled hydrocarbons in late Paleogene to mid-Neogene, and likely continue expelling hydrocarbons to the present-day at a reduced rate. The deposition of the Oligocene and Middle Miocene sedimentary section has buried the underlying source intervals and likely brought them into the gas/condensate window in the present-day. Our mapping of the extensive seismic reflection grid reveals four-way structural closures, three-way stratigraphic traps, and salt truncation structures associated with amplitude anomalies which may support our predictions for maturity in the underlying source rocks. Our thermal stress maps predict that the modeled source rocks are mature and our charge access models for the available wells constrain migration patterns, although the timing of the early hydrocarbon charge and late trap formation remain significant risk factors.

Introduction

Significance and objectives of the study

The Port Isabel foldbelt area of the deepwater, northwestern Gulf of Mexico (GOM) basin is remarkable for being one of the least productive hydrocarbon areas of the U.S. sector of the GOM as shown by the scarcity of oil and gas production in this area (Figure 1). This study integrates all available wells with an extensive grid of industry 2D seismic reflection data to construct 1D and map-based 2D basin models to investigate the burial and thermal history of three inferred source rock horizons of the Paleogene, Turonian, and Tithonian ages. Our primary objective is to explain why this area of the northwestern GOM has remained unproductive for hydrocarbons in comparison to the adjacent and much more productive north-central GOM (Figure 1).

The study area in the northwestern GOM and its adjacent hydrocarbon-rich “superbasin” in the north-

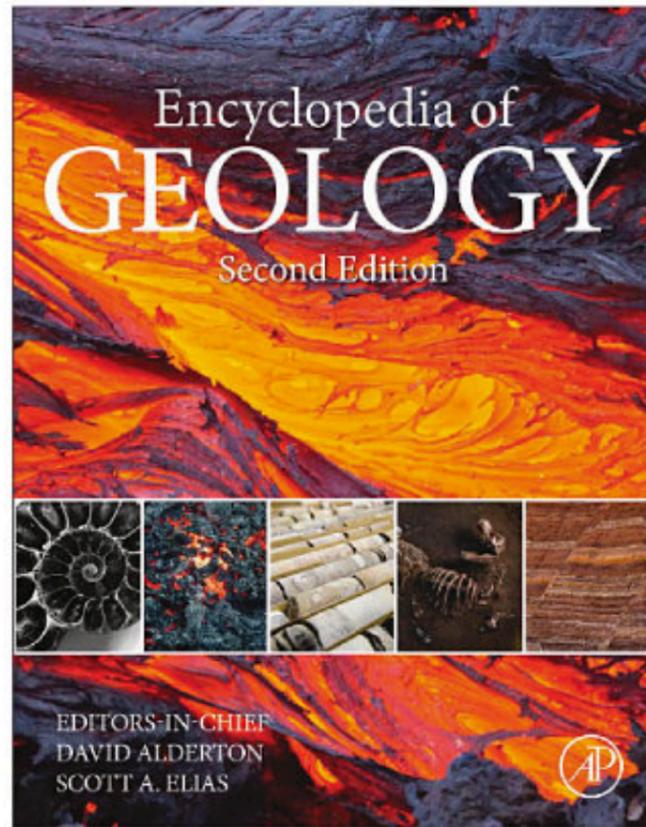
central GOM share the same stratigraphy, source rocks, reservoir units, and oil families that were deposited during a Triassic–Jurassic period of early continental rifting and oceanic crust formation that was followed by a Cretaceous to recent passive margin phase (Marton and Buffler, 1999; Hood et al., 2002; Weimer et al., 2017; Snedden and Galloway, 2019; Snedden et al., 2020; Pepper and Roller, 2021; Pindell et al., 2021). During the late Cenozoic, the Port Isabel and Perdido passive margin foldbelts formed with an updip zone of extension (the Corsair fault zone) and a downdip zone of compression (Fiduk et al., 1999; Trudgill et al., 1999).

The well penetrations in the Port Isabel foldbelt are stratigraphically limited with no wells penetrating the deeply buried Paleogene, Cretaceous, and Jurassic source rock intervals. We infer the source rock distribution in this area from the bulk composition and biomarker data either recovered from wells outside of the

¹University of Houston, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Houston, Texas, USA. E-mail: s.bugti@gmail.com; pmann@uh.edu (corresponding author).

Manuscript received by the Editor 18 January 2023; revised manuscript received 9 May 2023; published ahead of production 4 July 2023. This paper appears in *Interpretation*, Vol. 11, No. 4 (November 2023); p. 1–18, 20 FIGS., 3 TABLES.
<http://dx.doi.org/10.1190/INT-2023-0004.1> © 2023 Society of Exploration Geophysicists and American Association of Petroleum Geologists

This article was originally published in Encyclopedia of Geology, second edition published by Elsevier, and the attached copy is provided by Elsevier for the author's benefit and for the benefit of the author's institution, for non-commercial research and educational use, including without limitation, use in instruction at your institution, sending it to specific colleagues who you know, and providing a copy to your institution's administrator.



All other uses, reproduction and distribution, including without limitation, commercial reprints, selling or licensing copies or access, or posting on open internet sites, your personal or institution's website or repository, are prohibited. For exceptions, permission may be sought for such use through Elsevier's permissions site at:

<https://www.elsevier.com/about/policies/copyright/permissions>

Mann Paul. (2021) Gulf of Mexico, Central America, and the Caribbean. In: Alderton, David; Elias, Scott A. (eds.) *Encyclopedia of Geology*, 2nd edition. vol. 4, pp. 47-67. United Kingdom: Academic Press.

[dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00118-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00118-1)

© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

<https://www.elsevier.com/about/policies/copyright/permissions>

Aplicación de la altimetría láser a estudios glaciológicos e hidrodinámicos en la Patagonia austral.

Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Tesis de grado en Geofísica, 2023.

Sustentante: **Federico Suad Corbetta**.

Director de Tesis: *Andreas Jorg Ritche*.

Resumen

En la presente tesis se desarrolla el procesamiento, interpretación e implementación de las observaciones de altimetría láser, principalmente las provenientes de la misión ICESat-2, sobre distintos componentes de la hidrósfera en la Patagonia austral. Se muestra la capacidad de estas observaciones para producir resultados de relevancia científica en el monitoreo de componentes del ciclo del agua sobre la zona de estudio, permitiendo predecir y modelar la evolución de los distintos cuerpos de agua, característica esencial para la toma de decisiones geopolíticas. Se demuestra la posibilidad de generar productos independientes que muestran concordancia con los fenómenos observados por otras técnicas, así como productos compuestos provenientes de la combinación de técnicas que logran mejorar las capacidades de ambas técnicas por separado. Se realizan estimaciones de la precisión de las observaciones, así como métodos para su utilización a futuro.

Se presentan resultados de tasas de cambio del nivel de hielo obtenidos sobre los Campos de Hielo Patagónicos, utilizando observaciones de ICESat y ICESat-2, y comparándolas con las tasas obtenidas por InSAR; de la superficie promedio del agua y altura de referencia de los mareógrafos sobre los grandes lagos patagónicos, combinando observaciones de ICESat-2 y mareógrafos; y de caracterización del comportamiento hidrodinámico dentro y fuera de la Bahía San Julián, obtenidos con ICESat-2, comparándolo con los comportamientos predichos por los modelos de mareas FES2014b y EOT20. Se desarrollan, además, recomendaciones para la aplicación práctica de estos resultados en campañas de relevamiento en la región.

Los resultados descriptos demuestran las variadas aplicaciones de las observaciones de altimetría láser en general y ICESat-2 en particular, motivando a futuras implementaciones de esta técnica en el país y en otras regiones similares.

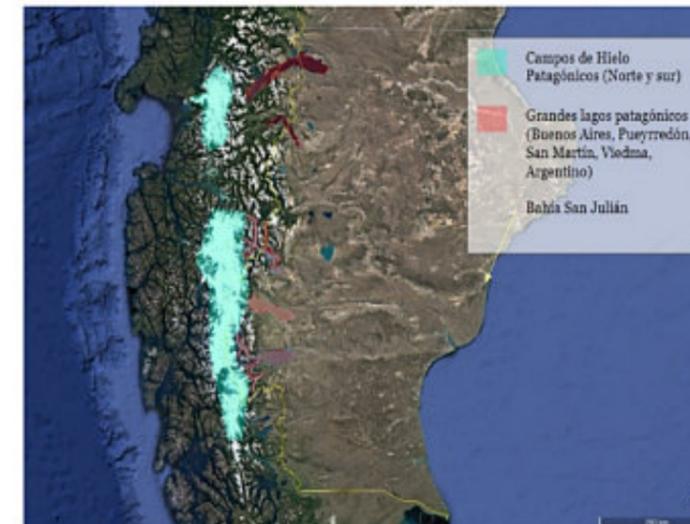
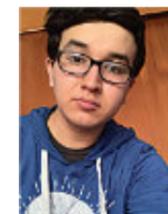


Figura 1.1. Imagen satelital de la región de estudio.

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

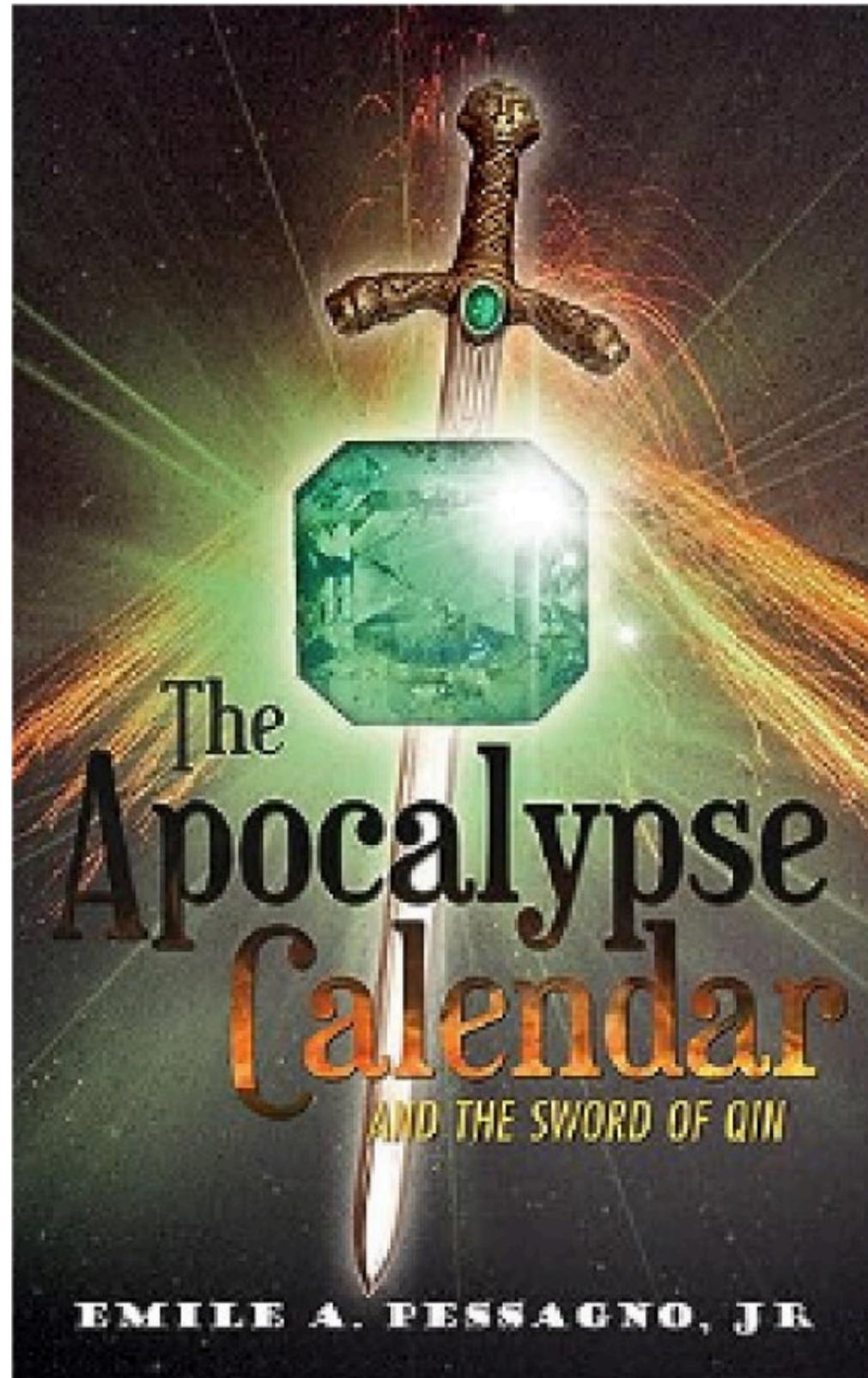


Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

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

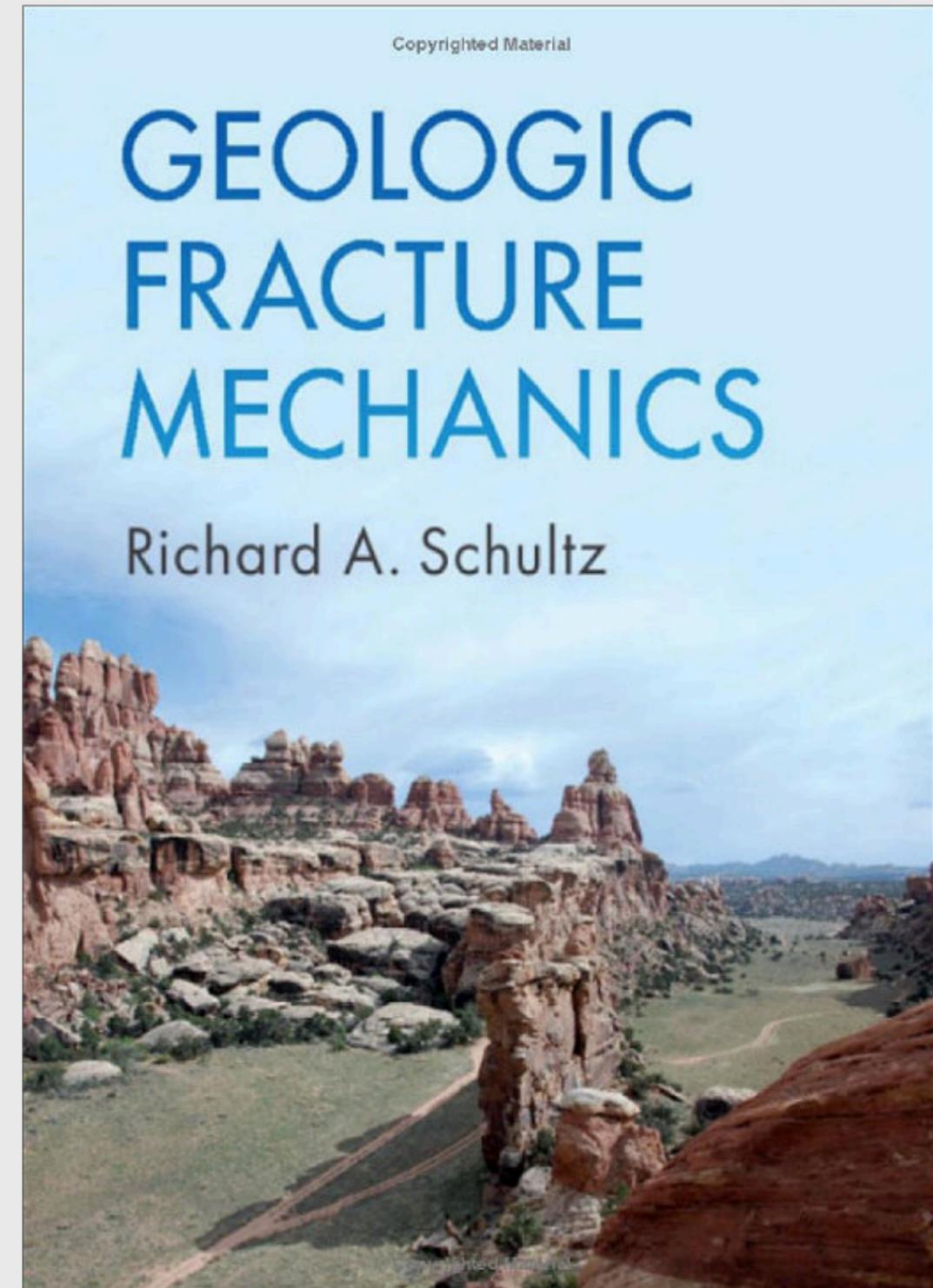
diegogabriel807@gmail.com

https://www.amazon.com/dp/B0CHLZJNLR/ref=sr_1_1?keywords=the+apocalypse+calendar+and+the+sword+of+qin&qid=1694382611&sr=8-1



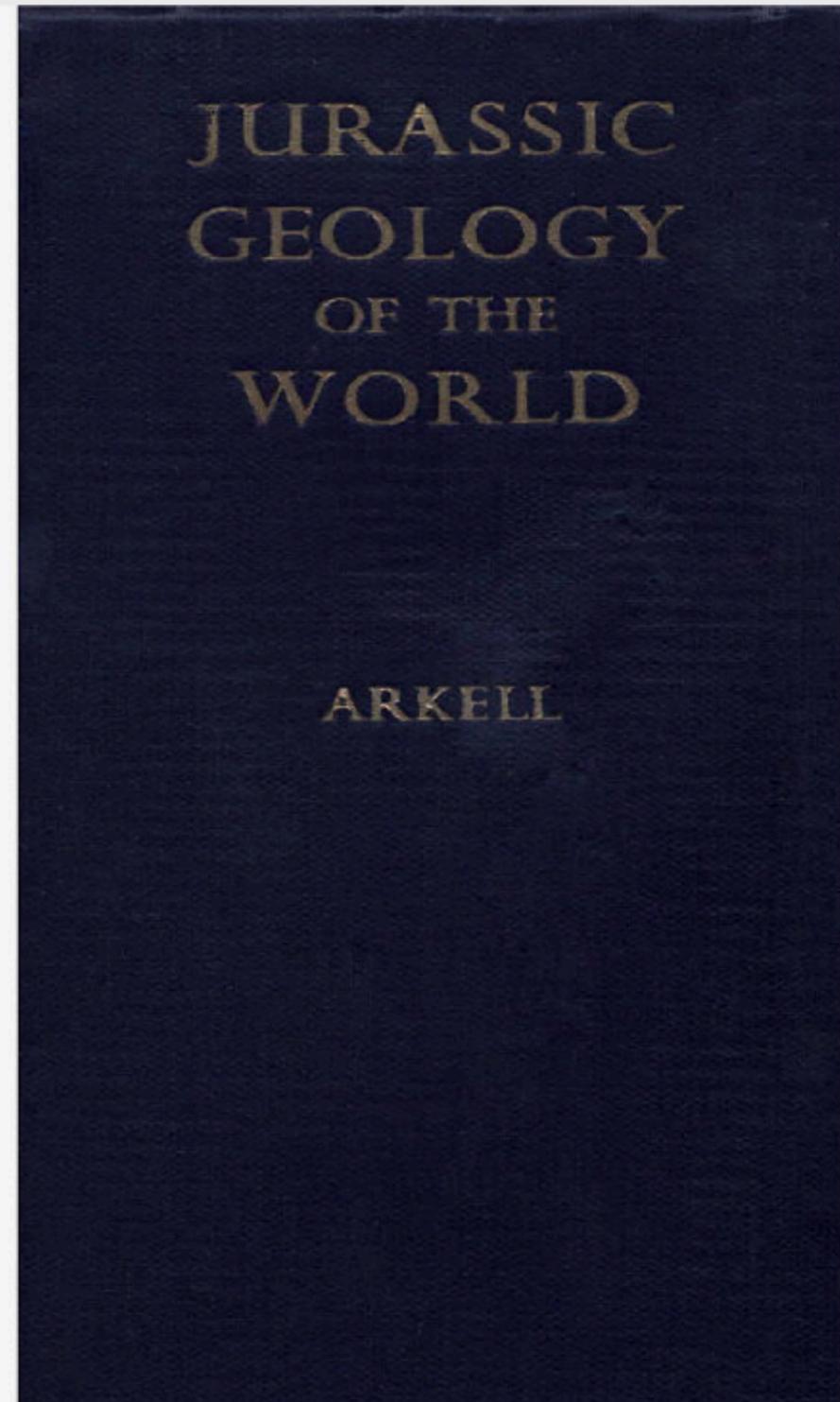
El libro recomendado

<https://www.amazon.com/Geologic-Fracture-Mechanics-Richard-Schultz/dp/1107189993>



El libro recomendado

<https://catalogue.nla.gov.au/catalog/2335391>



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. Buenas noticias sobre la minería sostenible.

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Nuestro estilo de vida no se parecería en nada a lo que conocemos sin la industria minera, que ha hecho posible la construcción de colegios, hospitales, infraestructura, computadores, generadores de energía, entre infinidad de muchas otras cosas, además de ser fuente de riqueza para regiones de otra manera empobrecidas. Sin embargo, la implementación de procesos éticos y responsables con la sociedad y el medio ambiente en una industria que desafortunadamente no tiene la mejor reputación es por lo menos, bastante compleja. Y es que a pesar de todo lo que le debemos, no es posible ignorar que la minería ha sido responsable de múltiples desastres medio ambientales, de emisión de productos tóxicos, de contaminación de suelos y aguas, de violación sistemática de derechos humanos, entre otros. Ahora más que nunca necesitamos materias primas para construir la infraestructura requerida para la transición energética exitosa y el aprovechamiento de energías renovables, incluyendo sistemas de almacenamiento energético.

Empecemos por definir qué se considera por minería sostenible, anteriormente, bastaba con que el proyecto minero respetara los derechos humanos, entregara regalías y aportara al desarrollo de la comunidad mediante el otorgamiento de empleo, la capacitación de los locales, construcción de infraestructura, entre otros. Más recientemente se empezó a hablar de sostenibilidad de la sociedad, que partía del fundamento de que el recurso minero sería agotado eventualmente y esa población debía recibir formación para tener alternativas que aseguraran el progreso económico que se sustentaran en otras industrias. Pero ninguna de esas iniciativas abordaba la problemática de fondo real, que consiste en mantener y posteriormente devolver el territorio en concesión minera con unas características sociales, ambientales y económicas iguales o mejores a las iniciales, previas a la explotación.

Y a todo esto, ¿quién es el responsable de que la minería no sea completamente sostenible en todo el planeta?

Podemos hacer muchos señalamientos: al consumidor por no exigir mejores procesos, al modelo económico que permite la oferta y demanda voraz de recursos pasando por alto las violaciones a los derechos humanos, a los gobiernos por no implementar reglamentos que protejan al medio ambiente y a la sociedad, a la globalización que pone a países pobres a competir entre ellos para exportar materias primas a precios mínimos que no permiten cubrir necesidades básicas en materia de seguridad, defensa de derechos humanos y vida digna, y muchos otros más. Aunque podemos pasar horas hablando de quién es el principal responsable, veamos un caso en el que la combinación de dos actores (Naciones Unidas y países productores) estimuló enormemente la extracción ética de recursos de una industria: la minería de piedras preciosas.

Debemos remontarnos a los años noventa para entender lo que ha promovido la extracción responsable de diamantes, para ese entonces ya no era un secreto que la minería de diamantes estaba manchada con sangre, las Naciones Unidas acuñan el término “diamante de sangre” para clasificar a los que provenían de regiones en conflicto. El comercio de estos diamantes permite la financiación de grupos armados que aterrorizan países enteros e imponen regímenes que fomentan la desestructuración de la sociedad generando gravísimas violaciones a los derechos humanos. Una vez identificado el alcance destructivo de esta problemática gracias al Reporte Fowler de las Naciones Unidas, del año 2000, se crea el Proceso de Certificación Kimberley. Este esquema de certificación consiste en que los países firmantes produzcan y exporten diamantes que en ninguna circunstancia financien acciones violentas ni la violación de derechos humanos. Aunque no sea infalible, por ejemplo, es difícil controlar el contrabando de las piedras preciosas de países en conflicto hacia países pertenecientes al tratado donde reciben un aval que no corresponde a la realidad, diamantes que cuentan con la certificación Kimberley son mucho más apetecidos por los consumidores, que cada día más exigen que las prácticas de obtención sean éticas y responsables. Y esta filosofía de extracción responsable se está expandiendo como requerimientos de calidad deseados por los consumidores de otras gemas, como son las esmeraldas colombianas, el citrino brasileño, zafiros de Sri Lanka, ammolitas

canadienses, perlas japonesas (no propiamente piedras preciosas), entre otras, y no podemos dejar por fuera alternativas a la minería tradicional, como la creación de diamantes en laboratorio, mucho más asequibles para presupuestos reducidos pero con un origen libre de controversias, sin ninguna duda.

Ahora, la buena noticia que les tengo es que la industria automotriz de vehículos eléctricos está pasando por un proceso similar al caso anterior, y está ávida por ofrecerle a sus clientes productos construidos a partir de procesos sostenibles, de manera que le están exigiendo a sus proveedores de minerales, principalmente a los de litio, níquel y cobalto, que cumplan los requerimientos para ser certificados según los estándares de la Iniciativa para el Aseguramiento de Minería Responsable (IRMA, por sus siglas en inglés). Esta organización se formó en 2006 y cuenta con miembros de diferentes partes interesadas en que la minería se realice de manera realmente sostenible, y aunque poner de acuerdo a productores, sindicatos y comunidades en riesgo, no fue una tarea fácil

(especialmente en la toma de decisiones sobre el tratamiento y vertimiento de agua y desechos), sí fue posible llegar a un consenso y generar un estándar que abarca los aspectos necesarios para que un proyecto de minería sea sostenible desde su creación hasta abandono y eventualmente hacia la transformación a industrias de reciclaje que garanticen todavía más sostenibilidad de los recursos. Como es de esperarse, obtener una calificación alta requiere muchísimo esfuerzo, pero como se ha demostrado en otras industrias, los consumidores finales de dichos minerales están sedientos por adquirir productos éticamente responsables, aunque tengan precios más altos que los tradicionales (el 75% de la población *millennial* está dispuesta a pagar más por artículos que son ambientalmente responsables).¹ Les recomiendo revisar el documento correspondiente a la última auditoría realizada por IRMA sobre las operaciones de extracción de litio en el Desierto de Atacama, el cual fue publicado el pasado 15 de septiembre: <https://responsiblemining.net/2023/09/15/sqm-salar-de-atacama-audit-release-webinar/>



Figura 1. Flamencos en el desierto de Atacama. Fotografía de Nicolás de Camaret.²

Podemos concluir que, aunque el modelo económico es responsable en gran medida de la falta de prácticas éticas en la minería, también puede ser un aliado en la remediación de los procesos. Las grandes corporaciones no tienden a mostrar comportamientos altruistas con sus clientes ni sus trabajadores, pero mientras existan certificaciones de calidad que den lugar a incrementos en sus ingresos y consumidores que exijan productos responsables obtenidos mediante procesos limpios y transparentes, ellas responderán y será una ganancia para todos. Ahora, si traemos también sobre la mesa

regulaciones gubernamentales más fuertes, tendríamos un escenario ideal en el que industria, gobierno y sociedad se unan para garantizar un mejor futuro. No me canso en insistir que debemos reclamar gobernantes que rijan para la conservación responsable de la sociedad y del medio ambiente, los gobiernos son los agentes más importantes y tienen suficiente poder para garantizar un aprovechamiento de recursos ético, y dicho poder se magnifica cuando se realizan acuerdos entre comunidades de países luchando por un mismo fin: la conservación de la humanidad y del planeta.

¹Business News Daily. What Is Greenwashing?, 2023.

<https://www.businessnewsdaily.com/10946-greenwashing.html>

²"Salar de Atacama" by Ndecam is licensed under CC BY 2.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse>.



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

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

naticasilvacruz@gmail.com

El ingenio Felicidad, 1872, segundo yacimiento de petróleo en Cuba.

Rafael Tenreyro Pérez

Melbana Energy Limited

Introducción

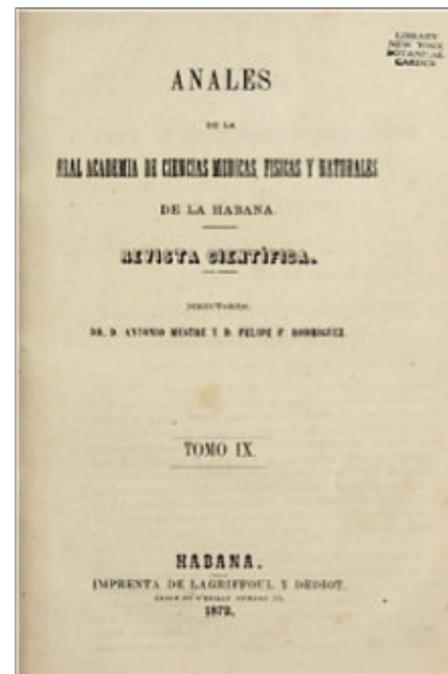
Como consecuencia de los primeros intentos de producción de petróleo en el Este de la Habana y de asfalto natural en otras zonas de Cuba, así como del desarrollo de la industria en el mundo, se realizan varias sesiones de discusión abierta en la Real Academia de la Habana en 1870. El petróleo y su industria se discuten con la presentación de ponencias en sesiones en mayo 8, 29, junio 12 y debates posteriores durante el resto del año 1870 y parte de 1871. Entre los principales expositores se encuentra Don José Fernández de Castro¹ quien resalta la potencial importancia del asfalto y el petróleo cubanos para la economía del país.

Tanto José como Manuel Fernández de Castro habían disertado sobre la necesidad de disminuir o eliminar la práctica de la quema de bagazo en la industria azucarera, por sus consecuencias nocivas para la fertilidad de los terrenos. Disponer de una fuente energética permitiría, además, detener la deforestación que había sufrido la isla como consecuencia del desarrollo de esta industria. Los geólogos españoles promueven cambiar las disposiciones mineras de 1859 que daban prioridad a la industria cañera sobre cualquier solicitud de permiso para el desarrollo de proyectos mineros². Estos consideraban que tanto el asfalto, como el petróleo líquido, podrían jugar un rol importante como combustible para la industria azucarera.

El campo Felicidad

En la sesión de la Real Academia de Ciencias de la Habana del 12 de mayo de 1872³ (y en la sesión del 15 de julio) se va a discutir el descubrimiento de petróleo al sur de Varadero. En el informe del Doctor Ambrosio González del Valle, presidente de la Academia, se expone la producción de petróleo en la finca perteneciente a Don Lucas Álvarez Guillén. El Dr. González del Valle expresa que el petróleo había sido extraído de un pozo a unos 37 m de profundidad, el cual se labró para la búsqueda de agua. El terreno es quebrado y pedregoso y las rocas extraídas del pozo son verdosas, de superficie lustrosa y más subida con la profundidad. La producción reportada es entre 300 y

400 litros diarios, sin que se notase merma del material que allí brotaba. Varios pedazos de roca y muestras de petróleo se dejan a disposición de la Academia. Los pozos se perforan cerca de la casa del ingenio o refinería azucarera en un terreno pobre cubierto por palmas. Una manifestación natural de petróleo se encuentra a unos cuatrocientos metros de distancia de la zona en un pequeño arroyo (Noy o Ponce) que corre hacia el sudeste. Las manifestaciones están asociadas al contacto entre las ofiolitas y los sedimentos del Terciario⁴. Linares en 1986, describe manifestaciones de petróleo y agua sulfurosa con una pátina iridiscente junto con agua sulfurosa⁵.

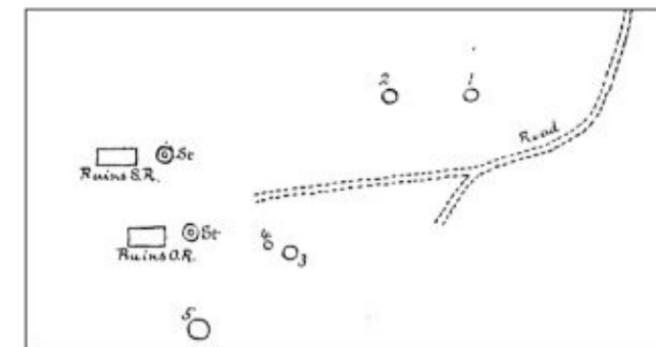


Fascimil del tomo IX de los Anales de la Real Academia de Ciencias Medicas, Fisicas y Naturales de 1872.

José Fernández de Castro aprovecha la sesión de la Academia para disertar sobre las áreas de Cuba productoras de asfalto como el Mariel, Bacuranao y Jaruco. La roca encajante es también diferente - desde arenas calcáreas del Terciario, hasta calizas compactas y serpentinitas. Finalmente recalca que lo más importante del descubrimiento de Matanzas es la calidad de petróleo. La publicación de la Real Academia de Ciencias es bastante clara con relación al primero pozo productor. Sin embargo, en otras publicaciones se refiere que el pozo, tenía una profundidad de 78 pies⁶. Jose Isaac Corral señala que del mismo se extraían unos 70 litros diarios⁷.

Desarrollo del campo

En el Municipio Cárdenas, en Matanzas, se inscribe el denuncia minero Felicidad a nombre de Lucas Álvarez y Águeda Cerice, su esposa, con una extensión de 15 hectáreas. El desarrollo del campo ocurre a cargo de la empresa denominada "Álvarez y Asociados". Uno de los socios de la empresa, el señor Juan P. Torrontequi va a acompañar a Henry Peckham en 1901 durante una visita a las ruinas del campo⁸. Peckham reporta que aproximadamente en el año 1890 la empresa traslada equipos desde los Estados Unidos y se adquieren los elementos indispensables para la construcción de los pozos y un alambique. La perforación se lleva a cabo a partir de 1890 y hasta 1896. Se perforan en este periodo cinco pozos someros denominados Álvarez 1 al 5. De los pozos, el numero 3 a 500 pies de profundidad resultó alto productor de petróleo. Los pozos Álvarez 1 y 2 ambos con 78 pies de profundidad (24 metros) presentaron manifestaciones de petróleo mientras que los otros dos Álvarez 3 y 5 produjeron poco.



Durante la visita de Peckham, las refinerías y las casas estaban en ruinas. Las paredes y las chimeneas, y parte de la maquinaria esta aun allí.

Se contrato un ingeniero norteamericano y se importa la maquinaria necesaria a partir del pozo no 3. El pozo se

perforó bajando una tubería de dos pulgadas hasta los 500 pies (152 m), produciendo petróleo. Se instaló una bomba extrayéndose 100 000 galones de petróleo (2400 barriles). Se decidió entonces perforar más profundo el pozo numero 3 pero la propia entrada de petróleo estorbaba la perforación. Para obviar esta dificultad se perfora el pozo numero 4 a solo tres pies del pozo número 3. La herramienta se colgó de la misma viga viajera, pero cuando se llegó a la profundidad del pozo 3 no se encontró petróleo. Se ubica el pozo numero 5 a 150 metros al suroeste del pozo número 3. El pozo llegó a la profundidad de 180 pies y a esta profundidad encontró una caverna perdiéndose el pozo. En otras publicaciones se reporta que el pozo numero 5 llegó a los 600 m.

La refinería de petróleo

El yacimiento Felicidad fue el primero que contó con una refinería para vender querosene. Pocos datos han llegado hasta el presente sobre el alambique con que se contaba para refinar el petróleo de Felicidad. En el artículo de Peckham de 1901 donde se señala el lugar de las ruinas de la refinería y su chimenea. Notar en el esquema que las dimensiones de la refinería de petróleo son similares a la llamada refinería de azúcar. A mediados del siglo XIX en Cuba se había logrado un gran avance en la tecnología de producción de alcohol que se exportaba casi íntegramente a los Estados Unidos, con alambiques que en los ingenios se aplicaba a la conversión de las mieles finales en aguardiente incluyendo alambiques de doble retorta y tanque de destilación. En segundo lugar, en el Catálogo general de la Exposición Histórico-Americana de Madrid, 1892 la cual fue organizada en honor al 400 Aniversario de la Conquista. Muchos elementos de la naturaleza cubana fueron expuestos en la misma. Entre ellos tres muestras del petróleo de los pozos de Felicidad: una muestra de petróleo crudo, una muestra de la primera destilación y una muestra de la segunda destilación de este petróleo⁹.

¹"Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de la Habana" Revista Científica Directores Antonio Mestre y Felipe Rodríguez Tomo VII. Imprenta La Antilla de Cacho - Negrete. Calle Cuba No. 51. 1870; No. 1764-, Del petróleo y del chapapote considerados como combustibles. Mayo 8, 29, junio 12, 1870; Discusión, 7:301-02, 307, 311, 519-27, 575-82,615-24, 1870-71. 8:106-08, 195-200, 289-99, 1871. 1870

²Maffei, O. 1961. "Legislación de minas". Revista minera 15 de julio y 1 de Agosto 1861. Madrid. 1861

³"Anales de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de la Habana". Revista Científica. Directores Antonio Mestre y Felipe Rodríguez. Tomo IX. Imprenta Logrffoull y Dediott. Calle O'Reilly No 35 , 1872

⁴Linares, E., Garcia, D., Delgado, O., Lopez, J.G., Strazhevich, V., 2011. "Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos de la República de Cuba" Editorial Centro de Investigaciones del Petroleo. 2011

⁵Linares, E., Lopez J.O. y Valdez, 1986. "Informe del Levantamiento geológico Cantel camarioca escala 1:20 000." Manuscrito Archivos del Centro de Investigaciones del Petróleo.

⁶"El Ingenio" Seminario Agrícola e Industrial Abril 1879

⁷Corral, José I., 1921. "Investigaciones sobre el petroleo en Cuba". Cuba Contemporánea Revista Mensual. Director Mario Guiral Moreno, Año IX, Tomo XXVI, Mayo 1921, Num. 101.

⁸Peckham, H.E. 1901. "On the bituminous deposits situated at the South and East of Cardenas", Cuba Am. Sci. Jour. 4th ser vol. XII p 33-41 1901.

⁹Catálogo general de la Exposición Histórico-Americana de Madrid, 1892. Tomo I MADRID. EST. TIP. "SUCESORES DE RIVADENEYRA" PASEO DE SAN VICENTE, NO 20. Año de 1893

A NEW THEORY EXPLAINS THAT THE TUNGUSKA EXPLOSION IN 1908 WAS CAUSED BY AN ASTEROID GRAZING EARTH

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



In the early morning of June 30, 1908, a massive explosion over Siberia (Figure 1), shattered the normal stillness of the sparsely populated taiga; so powerful that it flattened an area of forest about 2,150 km² in size, affecting an estimated of more than 80 million trees (Figure 2). Curiously, the explosion left no crater, creating a mystery that has puzzled scientists for more than 100 years.



Figure 1. Location of Tunguska event in Siberia, Russia.

Few eyewitness reports describe a brilliant ball of light, shattered windows and falling plaster, and a deafening detonation not far from the local river. The Tunguska event (as it came to be known) was later characterized as an exploding meteor, up to 30 megatons (the force of 185 Hiroshima bombs), at an altitude of 10-15

kilometers. Scientists have long speculated on the cause of the Tunguska impact. Perhaps the most widely discussed idea is that the explosion was the result of an icy body, such as a comet, entering the atmosphere. The ice then rapidly heated up and evaporated explosively in mid-air never hitting the ground.

THE NEW THEORY

Recently, Daniil Khrennikov at the Siberian Federal University in Russia and colleagues have published a new model of the incident that may finally resolve the mystery. Khrennikov and colleagues say the explosion was caused by an asteroid that grazed the Earth, entering the atmosphere at a shallow angle and then passing out again into space.

They simulated the conditions of through passage of asteroids with diameters 200, 100, and 50 meters (and use three types of materials - iron, stone, and water ice), across the Earth's atmosphere with a minimum trajectory altitude in the range 10-15 kilometers, wrote the researchers in their 2020 paper. If they are correct, the theory suggests Earth escaped an even larger disaster by a whisker. Such an explosion could have been powerful enough to flatten trees (Figure 3), without leaving any crater and little evidence other than vapor in the atmosphere.



Figure 2. Tunguska area few years after the "event".
Picture: The Siberian Times

The new study showed that it could be caused by the high-intensity light of the space body's head as it reached over 10,000 degrees Celsius at its lowest altitude in the Earth's atmosphere. Those calculations by Khrennikov et al. (2020), showed that the meteor flew over the epicenter for about one second - heating the forest to the extent it lit up. The Event caused shockwaves as far away as Britain and dust from the explosion lit up the night sky in its wake in Europe and even America. Soviet expeditions to the remote site near the Podkamennaya Tunguska River highlighted the mysterious lack of debris or craters on the surface.



Figure 3. Tunguska devastation seen by a 1929 expedition to the region. Credit: Leonid Kulik expedition, public domain

There were just a handful of eyewitness reports of the event. These describe how "the sky split in two," followed by a huge explosion and widespread fire. But

together, they provide evidence that the impactor traveled about 700 km through the atmosphere before the explosion that morning.

So, Khrennikov et al. (2020), simulated the effect of meteorites made of rock, metal and ice, moving through the atmosphere at a speed of 20 kilometers per second (Meteorites enter the atmosphere with a minimum speed of 11 kilometers per second). Because the friction with the atmosphere, the object immediately heats. But while iron vaporizes at around 3000 Centigrade, water vaporizes at only 100 degrees Celsius, so icy meteorites do not last long.

Khrennikov and colleagues calculate that an icy body large enough to cause such a large explosion would have traveled no more than 300 kilometers through the atmosphere before vaporizing completely. That suggests the Tunguska meteorite could not have been made of ice. Instead, Khrennikov et al. (2020), proposed a different scenario, where the explosion must have been caused by an iron meteorite about 100-200 meters.

This space body must have passed through the upper atmosphere, heated rapidly, and then passed out into the Solar System again (Figure 4).

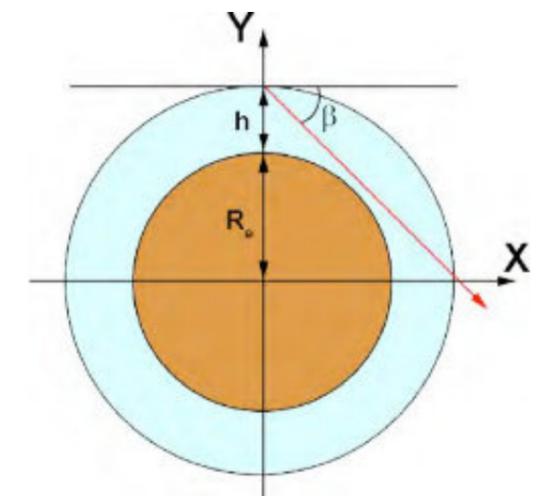


Figure 4. Schematic diagram of the motion of a space body in the Earth's atmosphere and the angle of entry into the atmosphere (β) at a given point. R_e is the radius of the Earth. Thickness of the atmosphere (h) is exaggerated. The trajectory of space body and its length within the atmosphere are indicated by the line with the arrow. From Khrennikov et al. (2020).

The shock wave from this trajectory was what flattened trees with preferential directions and it could also explain reports of dust in the upper atmosphere over Europe after the impact. The meteor flew across 3,000 kilometers of the planet's atmosphere at the lowest altitude of 10-15 kilometers, before exiting into the outer space. The shock wave could be created by a rapid increase of the space body's evaporation as it was approaching the Earth's surface and crossing the atmosphere, that would have been, about half of its estimated weight of 30 million tons on its path (about 500,000 tons per second). The shock wave would have caused an explosion of huge magnitude, and any vaporized iron would have condensed into dust that would be indistinguishable on the ground (Khrennikov et al., 2020). Crucially, this scenario would not have left any visible asteroid remnants, as different Soviet expeditions confirmed (Figure 5).



Figure 5. Russian scientists taking core samples of a bottom lake close to Podkamennaya Tunguska River. Pictures: Fedor Daryin, The Siberian Times

CONCLUSIONS

Probably, the most realistic version explaining the Tunguska phenomenon is the through passage of the iron asteroid body as the most resistible to fragmentation, across the Earth's atmosphere at a minimum altitude of 10–15 km with the length of the trajectory in the atmosphere of about 3,000 km and a

REFERENCES

https://www.astronomy.com/science/tunguska-explosion-in-1908-caused-by-asteroid-grazing-earth/?utm_source=asytwitter&utm_medium=social&utm_campaign=asytwitter
 Khrennikov, D., Titov, A., Ershov, A., Pariev, V. and Karpov, S. (2020) On the possibility of through passage of asteroid bodies across the Earth's Atmosphere MNRAS 493, 1344–1351 <https://www.usgs.gov/faqs/do-solar-flares-or-magnetic-storms-space-weather-cause-earthquakes>

subsequent exit of this asteroid body into the outer space to a near-solar orbit. This version is supported by the fact that there are no remnants of this body and craters on the surface of the Earth. This version, can explain the optical effects associated with a strong dustiness in the atmosphere over Europe, which caused a bright glow of the night sky.

According to Khrennikov's team calculations, the iron meteorite was between 100 and 200 meters across and flew 3,000 kilometers through the atmosphere. It would never have dropped below 11.2 km s⁻¹, or below an altitude of 11 kilometers.

Khrennikov proposed that the absence of iron droplets around the epicenter is explained by the high velocity of the space body during through passage across the Earth's atmosphere always over 11.2 km s⁻¹ when the surface temperature exceeds several thousands of degrees Celsius.

The dominant mechanism of mass-loss at these temperatures is the sublimation of material in the form of single atoms, which can be found on the Earth's surface as iron oxides, which do not differ from the same widespread iron oxides of terrestrial origin. This version is supported by the fact that there are no remnants of this body and craters on the surface of the Earth.

If Khrennikov and colleagues are correct, then Earth had a lucky near-miss that morning. A direct impact with a 200 meters wide asteroid would have devastated Siberia, leaving a crater close to 3 kilometers wide. It would also have had catastrophic effects on the biosphere, perhaps ending or almost ending, modern civilization



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

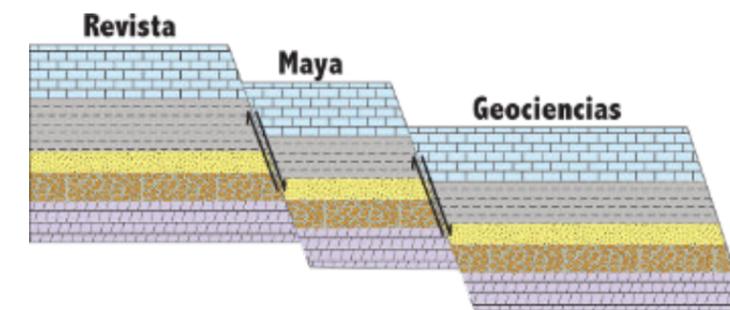
Tiene 36 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador and Perú.

Autor/Co-autor en 46 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Geos, Journal of Petroleum Geology, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos como: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración petrolera en la revista Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad del Zulia (1991-1992) y Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2023), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría.

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

jcasas@geologist.com



El secreto de ir hacia delante es empezar.

Mark Twain



Deflación o erosión diferencial de ignimbritas, Chihuahua, México.
Fotografías provistas por **María Guadalupe Cordero Palacios**.



Paisaje ignimbrítico de la Sierra Madre Occidental.



El alma de la Sierra Madre Occidental: Para conocer debidamente el origen de las artes, es necesario estudiar la naturaleza, la geología de los parajes que las vieron nacer, la sierra madre occidental nos ofrece los parajes más salvajes y los más dignos para subyugar el alma con la admiración y el espanto, con bordes cubiertos por pastizales y terrenos boscosos que son descubiertos como obras maestras que llevan el sello de la salvaje naturaleza de las cordilleras. Fotografía de **María Guadalupe Cordero Palacios**.



Secuencia de anticlinal y sinclinal de la Fm. Peñas Altas (K) en el sector Árbol Redondo - Santa Ana, carretera Flor de Patria - Boconó, en el Estado Trujillo, Venezuela. Fotografía de **Lisbett Susana Materano Escalona**.



Esta fotografía fue tomada en Práctica de Geología Petrolera en Monterrey para ver la cuenca petrolera de la Popa, en el norte del país, sin embargo, ésta se tomó en la Sierra Madre Oriental (SMO), en el afluente del río Santa Catarina. En este afloramiento, se ven los pliegues de las calizas de la SMO, como podemos ver el echado casi siendo vertical con una cabalgadura hacia el noroeste, mostrando el sistema de pliegues y cabalgaduras causado por deformación mexicana ocurrida después Albiano – Cenomaniano.

La formación geológica encontrada es la Tamaulipas Superior (Cretácico Superior piso Albiano - Cenomaniano) siendo compuesta por calizas Mudstone – Wackstone, identificando dos miembros (que se puede diferenciar en la imagen por su color); el inferior de color crema consta de calizas intercaladas con margas y lutitas formando una laminación de los estratos, la textura encontrada era rasposa, granular denotando su poca consistencia y desmoronamiento al contacto (causado por la acción erosiva del clima y el agua del río), y el miembro superior de color grisáceo de calizas criptocristalinas siendo más mudstone, con una cementación de los organismos (en color blanco), muy parecidas a las calizas de la formación Tamaulipas Inferior.

Estructuralmente se puede ver la charnela perfectamente a causa de un echado de 72° cabalgando sobre unas calizas diferentes. Si usamos la regla de mano derecha nos puede indicar el rumbo que es Oeste a Este, así como el esfuerzo del pliegue causó una deformación que no rompió o fracturó al estrato siendo competente al esfuerzo. Fotografía de **Luis Alejandro Pastrana Gallegos**.



Aglomerado volcánico formado desde lapilli a pequeñas bombas, cementado por cenizas. Facies explosivas de la Formación La Yeguada Oligo-Mioceno, Panamá. Fotografías de **Humberto Flores Álvarez**.



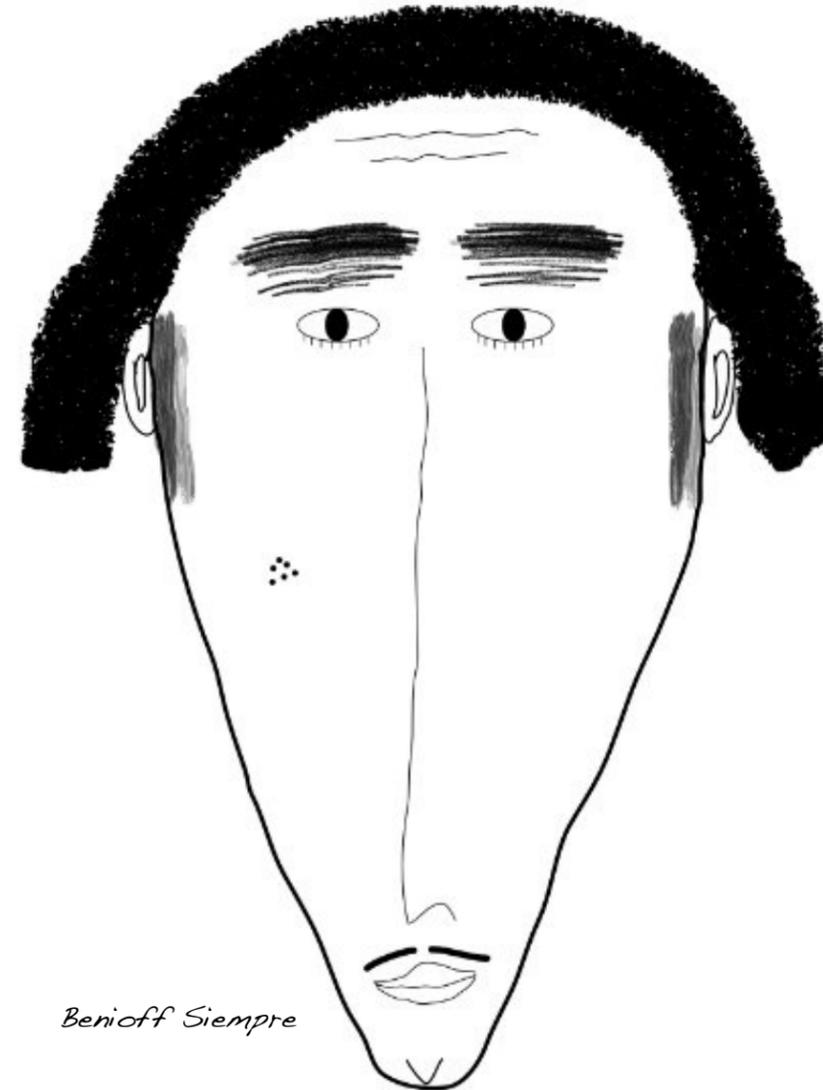
Interpretado como un xenolito este fragmento de 1 x 0.60 m, exhibe una extraña composición férrosa casi pura muy parecida a las formaciones de hierro bandeado. Se encuentra enclavado en una tefra ácida lapillítica, en la parte central de la Cordillera de Panamá (Montañas de Santiago de Veraguas). Probablemente extraído de gran profundidad por una fase explosiva, su origen es por completo desconocido.



Dique de pórfido riolítico con alteración ácido-sulfato que corta tobos de la Formación Cañazas (Paleoceno-Eoceno). Cordillera central de Panamá. Fotografías de **Humberto Flores Álvarez**.



Árbol "borracho". Una huella diagnóstica inconfundible del deslizamiento lento del terreno. Colinas en la Isla Grande. Costa atlántica de Panamá (Creeping land slide).



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

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

Comunícate con

Saúl Humberto Ricardez Medina

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

Artrópodos terrestres del Cretácico Superior (Campaniano) de Coahuila, NE México

Paulina Cifuentes Ruiz¹, Belinda Espinosa Chávez^{2,3},
Claudia Serrano Brañas^{2,3,4}, Sarah Augusta Maccracken^{5,6},
Conrad C. Labandeira⁶, Esperanza Torres Rodríguez⁷,
Sergio R. S. Cevallos Ferriz⁷ Francisco J. Vega^{7,*}

¹Escuela Nacional Preparatoria 8 "Miguel E. Schulz",
Universidad Nacional Autónoma de México, Álvaro
Obregón, CDMX, 01600, México.

²Universidad de Ciencias Geológicas y Sociales, Calle Real
113, Colonia Jardines del
Valle Saltillo, Coahuila, 25260, México.

³Benemérita Escuela Normal de Coahuila, Calzada de los
Maestros 858, Zona Centro
Poniente, Saltillo, Coahuila, 25000, México.

⁴Department of Paleobiology, National Museum of Natural
History, Smithsonian Institution,
Washington, DC 20013-7012, USA.

⁵Department of Earth Sciences, Denver Museum of
Nature & Science, Denver, CO 80205,
USA.

⁶Department of Paleobiology, National Museum of
Natural History, Smithsonian
Institution, Washington, DC 20013-7012, USA.

⁷Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma
de México, Circuito Exterior,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX, 04510, México.

*Autor de correspondencia: Francisco J. Vega:
vegver@unam.mx

Resumen

Se reportan nuevos hallazgos de artrópodos terrestres, correspondientes al Campaniano tardío de la Formación Cerro del Pueblo, Cuenca de Parras, Coahuila. Entre los nuevos ejemplares destacan fragmentos de un posible Zygoptera (caballito del diablo), elementos alares, posiblemente pertenecientes a un ejemplar adulto de la

cucaracha previamente descrita *Xonpepetla rinconensis* Cifuentes-Ruiz y Vršanský, 2006, así como élitros de coleópteros indeterminados. Se ilustran nuevamente ejemplares reportados con anterioridad, y se refuerza la interpretación de un estanque de agua dulce con muy baja energía, en el cual fue posible preservar estructuras tan delicadas como el ala de una libélula (Odonata). Estos aportes sugieren que estas localidades tienen el potencial de producir una gran diversidad de artrópodos terrestres, quienes sin duda alguna, convivieron en los ambientes continentales cercanos a la costa, junto con los famosos dinosaurios de Coahuila.

Palabras clave: Arthropoda, Hexapoda, Araneae, Campaniano, Coahuila, México.

Introducción

En la actualidad, el registro fósil de artrópodos en México es sumamente escaso y hasta el momento solamente se encuentra distribuido en algunas localidades de los estados de Puebla, Coahuila, Chiapas y Jalisco (Cifuentes-Ruiz et al., 2002, 2006). Las primeras evidencias de artrópodos en nuestro país corresponden a la presencia de un insecto del Pérmico Superior (Paleozoico) del estado de Coahuila (Carpenter y Miller, 1937). Por otro lado, el registro fósil de artrópodos mesozoicos se encuentra representado por algunas localidades del Cretácico Inferior de los estados de Puebla y Chiapas, así como también del Cretácico Superior del estado de Coahuila (Fig. 1), en las cuales se ha reportado el hallazgo de distintos ejemplares pertenecientes a la subclase Arachnida y la clase Insecta (Pantoja-Alor, 1992; Feldmann et al., 1998; Cifuentes-Ruiz, 2002, 2006; Vega et al., 2003). En cuanto al Cenozoico, existen diversas publicaciones referentes a la presencia de arácnidos y particularmente, de una buena diversidad de órdenes y familias de insectos, los cuales han sido principalmente colectados en estratos del Mioceno de la región de Simojovel de Allende en el estado de Chiapas (Petrunkevitch, 1963, 1971; Perrilliat, 1989; Poinar y Doyen, 1992; Poinar y Brown, 2002; Engel, 2004, entre otros). Finalmente, existe un estudio correspondiente al Plioceno del estado de Jalisco, donde

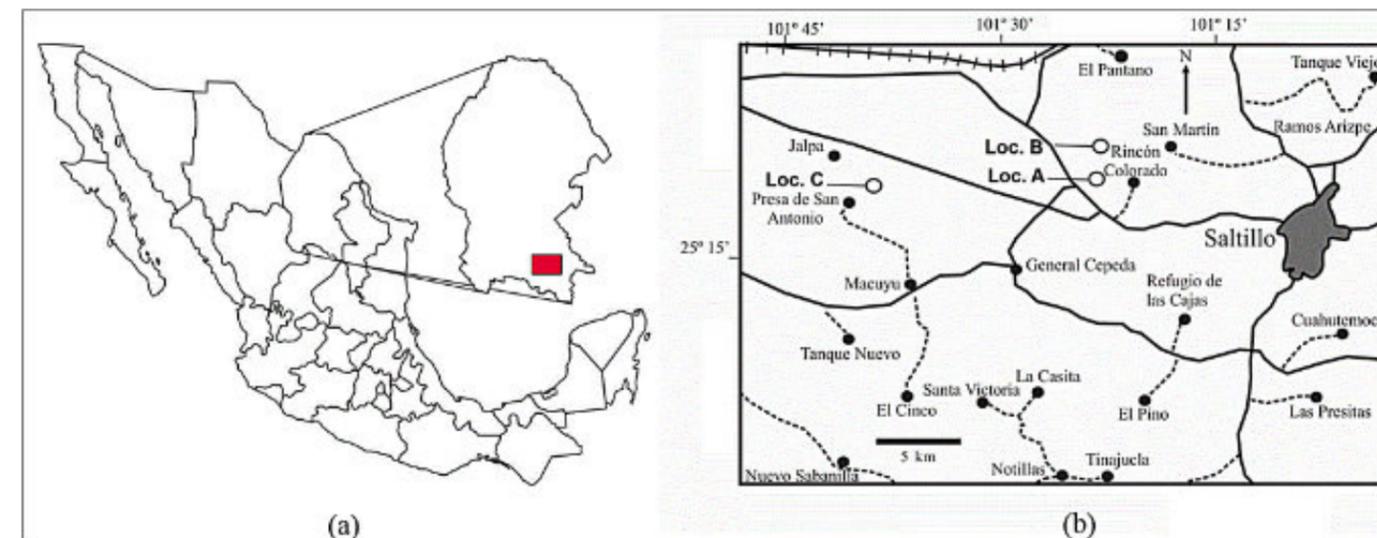


Fig. 1. Mapa de ubicación de las tres localidades fosilíferas (A-C) de donde procede el material de artrópodos terrestres del Campaniano, al poniente de Saltillo, Coahuila.

se reportó el hallazgo de un insecto del orden Coleoptera (Zaragoza-Caballero y Velasco-de León, 2003).

Dentro de las diferentes áreas en nuestro país donde se ha llevado a cabo el hallazgo de formaciones geológicas que contienen en general localidades fosilíferas representantes de los ecosistemas mesozoicos terrestres, particularmente para el Campaniano (Cretácico Tardío), la Formación Cerro del Pueblo (Fig. 2) destaca entre todas ellas debido a la enorme diversidad y abundancia de organismos que presenta, así como también a la gran extensión de sus afloramientos. Estas particularidades, convierten a la Formación Cerro del Pueblo en un sitio ideal para realizar distintos tipos de investigaciones que permiten reconstruir las comunidades biológicas que se desarrollaron en las regiones más sureñas de América del Norte durante este intervalo temporal. Particularmente, en el caso de los artrópodos, esta formación representa una gran oportunidad para el hallazgo y estudio de este tipo de ejemplares, permitiendo así obtener un mayor conocimiento sobre su registro fósil en México.

Estratigrafía

La Formación Cerro del Pueblo corresponde a la unidad litológica más basal del Grupo Difunta y está conformada por una serie de sedimentos que se depositaron dentro de la Cuenca de Parras (Fig. 2) ubicada al sureste del estado de Coahuila (McBride et al., 1974). El componente

litológico de dicha formación se encuentra constituido por un 50% de lutitas, 45% de areniscas, 4% de limolitas, y cantidades menores de conglomerados y calizas (1%) (Murray et al., 1962; McBride et al., 1974; Eberth et al., 2004). Hacia la cima de la formación, los depósitos son cíclicos, en los que se observan diferentes secuencias sedimentarias de lutitas, limolitas y areniscas; mientras que, hacia la base de la formación, dentro de los primeros 15 a 30 metros, la litología predominante corresponde a areniscas (McBride et al., 1974; Eberth et al., 2004). De manera general, esta formación ha sido interpretada como una serie de sedimentos que se depositaron dentro de una planicie costera homogénea, integrada por diferentes asociaciones de ambientes marinos, aguas salobres y continentales, las cuales se desarrollaron a lo largo de la costa este de Laramidia, a una paleolatitud de 33.9° N y cuya temporalidad es de 72.5 ma (Campaniano tardío) (McBride et al., 1974; Rodríguez-de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1998; Kirkland et al., 2000; Eberth et al., 2004).

En cuanto a su contenido fosilífero, la Formación Cerro del Pueblo es conocida por presentar diferentes asociaciones de organismos terrestres y marinos, entre los que se encuentran diferentes grupos de gasterópodos y bivalvos (Vega et al., 2019), anélidos y briozoarios no identificados (Serrano-Brañas y Espinosa-Chávez, comunicación personal), distintos tipos de plantas (Calvillo-Canadell y

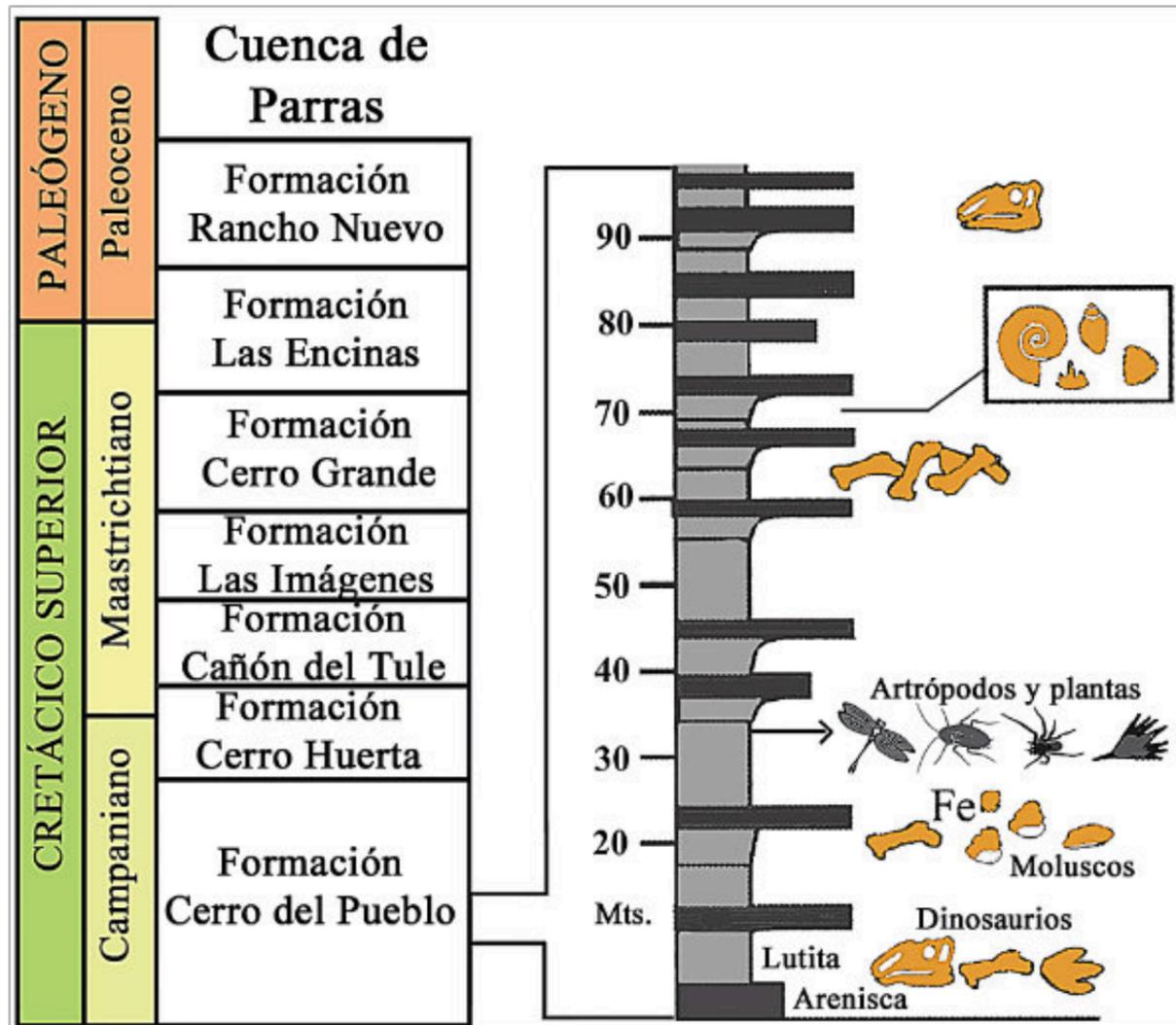


Fig. 2. Columna estratigráfica compuesta de las unidades litoestratigráficas del Grupo Difunta, Cuenca de Parras central, indicando la posición de los estratos fosilíferos con artrópodos terrestres en la Formación Cerro del Pueblo, Coahuila.

Cevallos-Ferriz, 2007; Estrada-Ruiz y Cevallos-Ferriz, 2007), diferentes taxa de dinosaurios (Rodríguez-de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1998; Gates et al., 2007; Loewen et al., 2010; Aguillón-Martínez, 2010; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012; Serrano-Brañas et al., 2020, 2022), otros grupos de vertebrados (Rodríguez-de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1998; Brinkman y Rodríguez de la Rosa 2006) y distintos tipos de icnofósiles (Rodríguez-de la Rosa, 2003; Serrano-Brañas et al., 2018a, 2018b, 2019). Particularmente, en el caso de los fósiles de artrópodos terrestres, previamente se tenía registrada la presencia de al menos un tipo de arácnido (orden Araneida) y de algunos insectos correspondientes a los órdenes Odonata y Blattodea (Cifuentes-Ruiz et al., 2006). Actualmente, a

partir de la implementación de nuevas temporadas de campo dentro de la Formación Cerro del Pueblo (No. de oficio INAH 401.B(4)19.2016/36/2750), se llevó a cabo el descubrimiento de más ejemplares de insectos de estos mismos órdenes; así como también, se colectó por primera vez fósiles pertenecientes al orden Coleoptera.

Artrópodos terrestres

Los ejemplares de artrópodos terrestres, reportados a la fecha de las tres localidades mencionadas, corresponden a: ala de libélula (Orden Odonata: Suborden Anisoptera?) (Fig. 3A), un ejemplar incompleto de caballito del diablo (Orden Odonata: Suborden Zygoptera?) (Fig. 3B), un cuerpo pequeño en vista dorsal y carente de cabeza, así

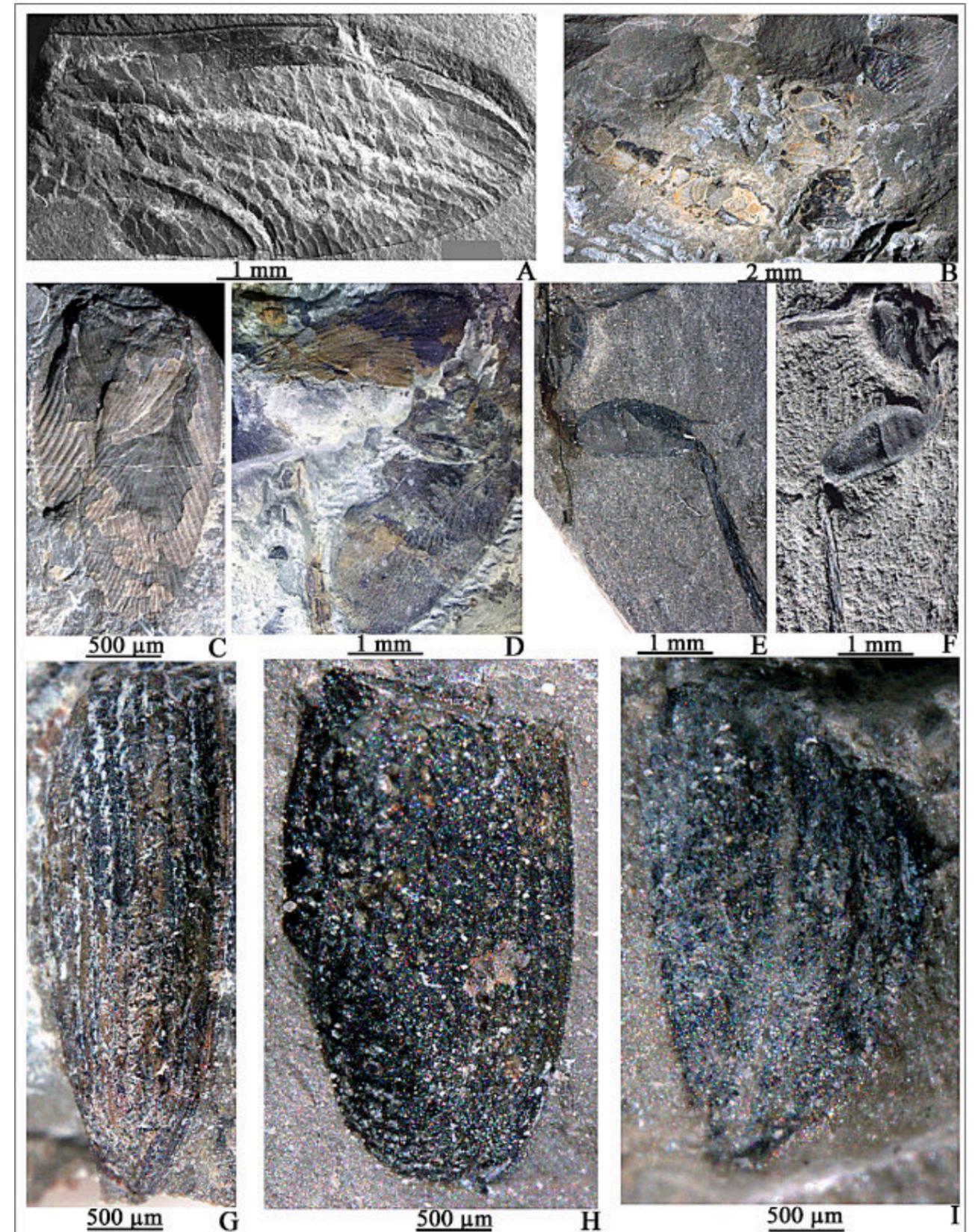


Fig. 3. Insectos terrestres previamente reportados (A, C, E, F) y nuevos hallazgos (B, D, G-I) en lodolitas campanianas de la Formación Cerro del Pueblo, Coahuila. A, C, E, F, modificados de Cifuentes-Ruiz et al. (2006).

como elementos alares disarticulados de cucaracha (Orden Blattodea: Suborden Polyphagoidea: Familia Blattulidae: *Xenpepetla rinconensis* Cifuentes-Ruiz y Vršanský, 2006) (Fig. 3C, D), una pata aislada de cucaracha (parte y contraparte) (Orden Blattodea) (Fig. 3E, F), tres élitros aislados de escarabajos terrestres (Orden Coleoptera) (Fig. 3G, H) y una diminuta araña (Orden Araneae: Suborden Opisthothelae?) (Fig. 4). En conjunto, los restos de artrópodos terrestres sugieren transporte aéreo de elementos corporales, los cuales fueron depositados en la superficie de estanques de agua dulce de poca profundidad, pues elementos tan delicados como el ala de libélula, las alas de cucaracha y la diminuta araña con patas articuladas, pueden desintegrarse o romperse con gran facilidad, tanto en ambientes terrestres como acuáticos con corrientes. El modelo paleoambiental para el Grupo Difunta corresponde a un amplio sistema deltáico, y en particular para la Formación Cerro del Pueblo, incluye arroyos, lagos deltáicos, esteros y marismas (McBride et al., 1974).

Paleoambientes locales de depósito

El material de los diferentes grupos de artrópodos reconocidos dentro de la Formación Cerro del Pueblo se colectó en tres localidades diferentes, ubicadas hacia la base de la formación. La primera localidad (A) se

encuentra cerca del poblado conocido como Rincón Colorado, mientras que la segunda localidad (B) se ubica cerca del poblado La Rosa, ambas dentro del municipio de General Cepeda (Fig. 1). La litología de estos dos sitios es muy similar y consiste de una serie de estratos tabulares limo-arcillosos de color gris-verdoso, los cuales presentan estructuras primarias en forma de laminaciones horizontales. En estos sitios, además de los fósiles de artrópodos terrestres, se han colectado diferentes tipos de hojas (principalmente de angiospermas), semillas y flores, las cuales se encuentran actualmente bajo estudio (Maccracken y Labandeira, comunicación personal). La interpretación preliminar de estos depósitos es que podrían representar la parte superior de barras de punta dentro de un canal fluvial, cuyos niveles de oxígeno fueron lo suficientemente bajos para permitir la preservación de este tipo de fósiles (Serrano-Brañas y Espinosa-Chávez, comunicación personal). Por otro lado, la tercera localidad (C), se encuentra ubicada dentro del ejido de Presa San Antonio en el municipio de Parras de la Fuente (Fig. 1). A diferencia de las localidades A y B, la litología de la localidad C está conformada por areniscas de grano fino de color verdoso, las cuales podrían representar estanques pequeños de agua dulce asociados también al sistema fluvial. Con base en evidencia de interacción entre insectos y frutos encontrados en localidades cercanas a las

zonas de estudio, Rodríguez de la Rosa y Cevallos-Ferriz (1994) sugieren que los artrópodos terrestres formaron parte de un ambiente dinámico en el que los sistemas acuáticos sostenían vegetación subacuática. Los artrópodos podían habitar en áreas húmedas con una temperatura media alta y podían interactuar con plantas, como lo sugieren las galerías con coprolitos de insectos reportados en varios tipos de frutos de la Formación Cerro del Pueblo.

Conclusión

Los restos de artrópodos terrestres reportados de la Formación Cerro del Pueblo en Coahuila, representan hasta el momento la mayor diversidad de este tipo de fósiles en México, sin considerar la bien conocida biota incluida en el ámbar del Mioceno de Chiapas. El potencial que representan los depósitos que incluyen restos de artrópodos terrestres es destacable, aunque la labor que implica encontrar este tipo de fósiles es ardua, ya que a diferencia de localidades lagerstätten en donde al abrir las láminas se tiene un área clara de revisión para hallar los artrópodos, en este caso se trata de romper fragmentos de lodolita, con la esperanza de haber expuesto la vista adecuada del elemento anatómico diagnóstico, que permita al menos una asignación a nivel orden, a pesar de que el grano fino ha demostrado tener las propiedades adecuadas para preservar detalles tan finos como la venación de un ala de libélula, o el torso y patas de una araña de 2 mm.

Bibliografía

Aguillón-Martínez, M.C., 2010. Fossil vertebrates from the Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico, and the distribution of late Campanian (Cretaceous) terrestrial vertebrate faunas. MSc dissertation, Southern Methodist University, 117 p.

Brinkman, D.B., Rodríguez-de la Rosa, R.R., 2006. Non-marine turtles from the Cerro del Pueblo Formation (Campanian), Coahuila State, Mexico. *New Mexico Museum of Natural History Science Bulletin* 35, 229–233.

Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R., 2007. Reproductive structures of Rhamnaceae from the Cerro del Pueblo (Late Cretaceous, Coahuila) and Coatzingo (Oligocene, Puebla) Formations, Mexico. *American Journal of Botany* 94, 1658–1669.

Carpenter, F.M., Miller, A.K. 1937. A Permian insect from Coahuila, Mexico. *American Journal of Science*, series 5, 34: 125–127.

Cifuentes-Ruiz, P., Vršanský, P., Vega, F.J., Cevallos-Ferriz, S.R.S., González-Soriano, E. and Delgado de Jesús, Cevallos, R. 2006. Campanian terrestrial arthropods from the Cerro del Pueblo Formation, Difunta Group in northeastern Mexico. *Geologica Carpathica* 57: 347–354.

Eberth, D.A., Delgado, C.R., Lerbekmo, J.F., Brinkman, D.B., Rodríguez, R.A., Sampson, S.D., 2004. Cerro del Pueblo Fm (Difunta Group, Upper Cretaceous), Parras Basin, southern Coahuila, Mexico: reference sections, age, and correlation. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21, 335–352.

Engel, M.S. 2004. Arthropods in Mexican amber. In: J. Llorente-Bousquets, J.J. Morrone, O. Yáñez-Ordóñez y I. Vargas-Fernández (eds.), *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*, Vol. 4, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F., pp. 175–186.

Estrada-Ruiz, E., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 2007. Infructescences from the Cerro del Pueblo Formation (Late Campanian) Coahuila and El Cien Formation (Oligocene-Miocene) Baja California Sur, Mexico. *International Journal of Plant Science* 168, 507–519.

Feldmann, R.M., Vega, F.J., Applegate, S.P., Bishop, G.A., 1998. Early Cretaceous arthropods from the Tlayúa Formation at Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico. *Journal of Paleontology* 72, 79–90.

Gates, T.A., Sampson, S.D., Delgado de Jesús, C.R., Zanno, L.E., Eberth, D., Hernández-Rivera, R., Aguillón-Martínez, M.C., Kirkland, J.I., 2007. *Velafrons coahuilensis*, a new lambeosaurine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithomimidae) from the Late Campanian Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27, 917–930.

Kirkland, J.I., Hernández-Rivera, R., Aguillón-Martínez, M.C., Delgado de Jesús, C.R., Gómez-Núñez, R., Vallejo, I., 2000. The Late Cretaceous Difunta Group of the Parras Basin, Coahuila, Mexico and its vertebrate fauna. *Universidad del estado de Hidalgo, Avances en Investigación* 3, 133–172.

Loewen, M., Sampson, S.D., Lund, E.K., Farke, A., Aguillón, M.C., de León, C.A., Rodríguez de la Rosa, R.A., Getty, M.A., Eberth, D., 2010. Horned dinosaurs (Ornithischia:

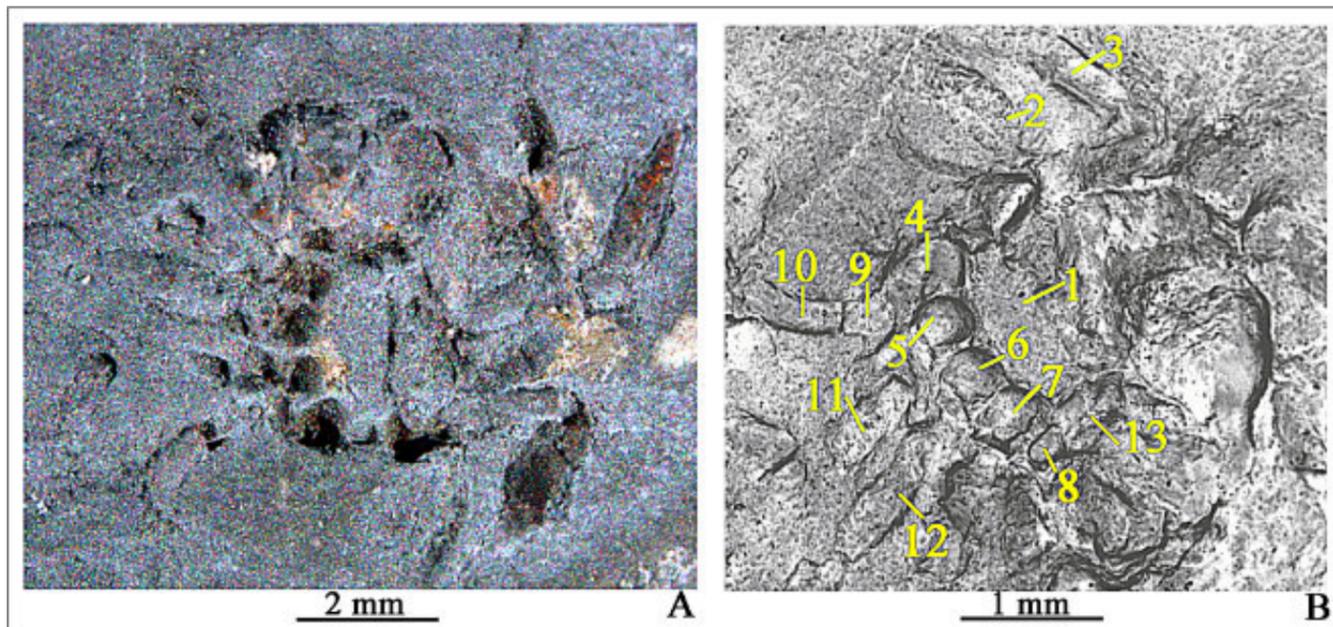


Fig. 4. Molde (steinkern) de pequeño arácnido (Orden Araneae: Suborden Opisthothelae?) con patas articuladas. A, nueva imagen; B, modificado de Cifuentes-Ruiz et al. (2006). 1 - 12, elementos anatómicos descritos en Cifuentes-Ruiz et al. (2006, p. 349, fig. 4).

Ceratopsidae) from the Upper Cretaceous (Campanian) Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, México. In: Ryan, M.J., Chinnery-Allgeier, B.J. y Eberth, D.A. (Eds.), *New Perspectives on Horned Dinosaurs*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, 99–116.

McBride, E.F., Weidie, A.E., Wolleben, J.A., Laudon, R.C., 1974. Stratigraphy and structure of the Parras and La Popa Basins, northeastern Mexico. *Geological Association American Bulletin* 84, 1603–1622.

Murray, G.E., Weidie, A. Jr, Boyd, D., Forde, R., Lewis P. Jr., 1962. Formational divisions of Difunta Group, Parras Basin, Coahuila and Nuevo Leon, Mexico. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 46, 374–383.

Pantoja-Alor, J. 1992. Geología y paleoambientes de la Cantera Tlayúa, Tepexi de Rodríguez, Estado de Puebla. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista*, 9, 156-169.

Petrunkévitch, A., 1963. Chiapas amber spiders. *University of California Publications on Entomology* 31, 1–40.

Petrunkévitch, A., 1971. Chiapas amber spiders, II. *University of California Publications on Entomology* 63, 1–44.

Perrilliat, M.C., 1989. Arachnida e Insecta. In: M.C. Perrilliat y A. Carreño (eds.), *Fósiles tipo Mexicanos*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Publicación Especial, México, D.F., pp. 379–382.

Poinar, G.O., Jr., Brown, A.E., 2002. *Hymenaea mexicana* sp. nov. (Leguminosae: Caesalpinioideae) from Mexican amber indicates old world connections. *Botanical Journal of the Linnean Society* 139, 125–132.

Poinar, G.O., Jr., Doyen, J.T., 1992. A fossil termite bug, *Termitaradus protera* sp. n. (Hemiptera:Termitaphididae), from Mexican amber. *Entomologia Scandinavica* 23, 89–93.

Prieto-Márquez, A., Serrano-Brañas, C.I., 2012. *Latirhinus uitstlani*, a “broad-nosed” saurolophine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the Late Campanian of northern Mexico. *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology* 24(6), 607–619.

Rodríguez de la Rosa, R.A., 2003. Pterosaur tracks from the latest Campanian Cerro del Pueblo Formation of southeastern Coahuila, Mexico. *Geological Society of London, Special Publications* 217(1), 275–282.

Rodríguez de la Rosa, R.A., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1994. Upper Cretaceous zingiberalean fruits with in situ seeds

from southeastern Coahuila, Mexico. *International Journal of Plant Science* 155, 786–805.

Rodríguez de la Rosa, R.A., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1998. Vertebrates of the El Pelillal locality (Campanian, Cerro Del Pueblo Formation), southeastern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18(4), 751–764.

Serrano-Brañas, C.I., Prieto-Márquez, A., 2022. Taphonomic attributes of the holotype of the lambeosaurine dinosaur *Latirhinus uitstlani* from the late Campanian of Mexico: Implications for its phylogenetic systematics. *Journal of South American Earth Sciences* 114, 103689.

Serrano-Brañas, C.I., Espinosa-Chávez, B., Maccracken, S.A., 2018a. *Gastrochaenolites* Leymerie in dinosaur bones from the Upper Cretaceous of Coahuila, north-central Mexico: Taphonomic implications for isolated bone fragments. *Cretaceous Research* 92, 18–25.

Serrano-Brañas, C.I., Espinosa-Chávez, B., Maccracken, S.A., 2018b. Insect damage in dinosaur bones from the Cerro del Pueblo Formation (Late Cretaceous, Campanian) Coahuila, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 86, 353–365.

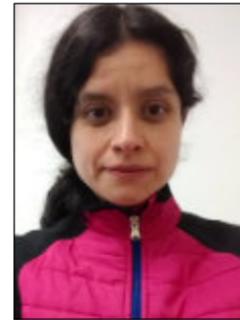
Serrano-Brañas, C.I., Espinosa-Chávez, B., Maccracken, S.A., 2019. *Teredolites* trace fossils in log-grounds from the Cerro del Pueblo Formation (Upper Cretaceous) of the state of Coahuila, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 95, 102316.

Serrano-Brañas, C.I., Espinosa-Chávez, B., Maccracken, S.A., Gutiérrez-Blando, C., de León-Dávila, C., Flores-Ventura, J., 2020. *Paraxenisaurus normalensis*, a large deinocheirid ornithomimosaur from the Cerro del Pueblo Formation (Upper Cretaceous), Coahuila, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 101, 102610.

Vega, F.J., García-Barrera, P., Coutiño, M., Nyborg, T., Cifuentes-Ruiz, P., González-Rodríguez, K., Martens, A., Delgado, C.R., Carbot, G., 2003. Early Cretaceous Arthropods from plattenkalk facies in Mexico. *Contributions to Zoology* 72, 187–189.

Vega, F.J., Naranjo-García, E., Aguillón, M.C., Posada-Martínez, D., 2019. Additions to continental gastropods from the Upper Cretaceous and Paleocene of NE Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 71(1), 169–191.

Zaragoza-Caballero, S., Velasco-de León, P., 2003. Una especie nueva de *Epicauta* (Coleoptera: Meloidae) del Plioceno del Estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20, 154–159.



La **Dra. Paulina Cifuentes Ruiz** realizó sus estudios de licenciatura y posgrado en la Facultad de Ciencias y el Instituto de Biología de la UNAM, respectivamente. Ha descrito especies de insectos fósiles, así como especies vivientes de coleópteros (Luciérnagas y tenebriónidos). Laboró para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se ha desempeñado como profesora de asignatura en las licenciaturas de Ciencias de la Tierra y de Biología. Desde el 2014 y hasta la fecha es docente de la Escuela Nacional Preparatoria (UNAM).

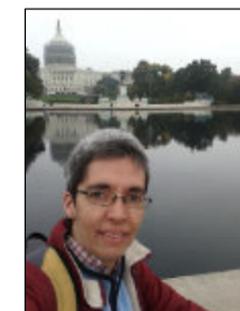
Correo electrónico: paulina.cifuentes@enp.unam.mx



La **Dra. Belinda Espinosa Chavez** es egresada de la Licenciatura en Paleontología, con Maestría y Doctorado en Investigación educativa. Sus áreas de interés la taxonomía y estratigrafía de organismos del mesozoico, principalmente en estratos del Cretácico Superior del Grupo Difunta.

Actualmente realiza investigaciones en yacimientos de dinosaurios de la Formación Cerro del Pueblo, del estado de Coahuila. Ha participado en diversos congresos nacionales e internacionales. A la fecha cuenta con 16 artículos arbitrados en revistas Nacionales e Internacionales. Es curadora e investigadora del museo de paleontología de la Benemérita Escuela Normal de Coahuila (BENC), desde al año 2000, y labora como profesor investigador en la Universidad de Ciencias Geológicas y Sociales, ambas localizadas en la Ciudad de Saltillo, Coahuila.

Correo electrónico: museosbenc@gmail.com



La **Dra. Claudia Inés Serrano Brañas** es egresada de la licenciatura en Biología de la Universidad Simón Bolívar. Estudió la Maestría en Ciencias (Orientación Biología Animal) y el Doctorado en Ciencias en el Instituto de Geología de la UNAM. Sus áreas de interés son la taxonomía y tafonomía de vertebrados, el registro fósil y la reconstrucción paleoambiental; particularmente se especializa en la taxonomía, la tafonomía y la paleoecología de las faunas de dinosaurios mexicanos, con énfasis en los procesos biológicos y geológicos que controlaron su preservación dentro del registro fósil. Actualmente se encuentra investigando los diferentes yacimientos de dinosaurios del Cretácico Superior de México. Ha participado en diferentes congresos nacionales e internacionales. Cuenta con 20 artículos publicados en revistas de arbitraje Nacional e Internacional y un capítulo de libro. En la actualidad se encuentra trabajando como profesor investigador en la Universidad de Ciencias Geológicas y Sociales y como investigadora asociada al Museo de Paleontología de la Benemérita Escuela Normal de Coahuila (BENC) y al departamento de Paleobiología del Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian, Washington D.C.

Correo electrónico: claudiabran399@gmail.com

LOS TUBOS DE LAVA, GRIETAS Y SUMIDEROS DE LA ISLA SANTA CRUZ, ARCHIPIELAGO GALAPAGOS, ECUADOR

Jesús S. Porras M.

Geólogo Consultor, porrasjs@yahoo.com

INTRODUCCION

Las islas Galápagos representan uno de los sitios únicos en el mundo por su riqueza natural y biodiversidad. Conocidas por su característica y excepcional fauna y flora, las islas esconden también una sorprendente historia geológica dentro de su agreste paisaje volcánico.

Por su ubicación sobre un *hotspot* y adyacente a un centro de expansión oceánica, en el archipiélago de Galápagos se suceden una cantidad de fenómenos geológicos asociados a la actividad volcánica y la tectónica de placas y se reconocen muchas de las formas y accidentes geográficos de estos tipos de dominios, entre los que se incluyen: calderas, volcanes extintos y activos, montañas, agujas volcánicas, cañones, grietas y sumideros, coladas de lavas tipo *aa* y *pahoehoe*, lavas almohadilladas, campos de azufre, piedra pómez y cenizas, cavernas y tubos de lava, fumarolas y fuentes termales, lagos y playas volcánicas, muchos afectados por fenómenos de fallamiento, meteorización, erosión, sedimentación y re-depositación.

De particular interés y objeto de este artículo, son los tubos de lavas y cavernas, las grietas y cañones, y las estructuras de colapso (sumideros) de la Isla Santa Cruz, que, por su fascinante belleza y fácil acceso, son consideradas unos de los destinos geológicos y turísticos más visitados de todas las islas Galápagos.

LAS ISLAS GALAPAGOS: un reciente pasado geológico

El archipiélago de Galápagos, es un conjunto de islas volcánicas que se localiza unos 1000 km al oeste de la costa de Ecuador. Está formado por 19 islas, 13 con

superficies mayores a 10 km² y 6 con superficies entre 1-10 km², y más de cuatro decenas de islotes y promontorios rocosos, aunque se habla comúnmente de más de un ciento de éstos. Cubre una extensión total aproximada de 44000 km², incluyendo las islas y la porción oceánica.

Las islas son relativamente jóvenes. Las más antiguas se formaron hace tan solo 3-4 Ma, si bien se postula que la actividad volcánica se sucede desde hace más de 14 Ma (Harpp et al., 2014). Se localizan en el extremo oeste de la Placa de Nazca, unos 200 km al sur del centro de expansión oceánica y límite entre las placas de Nazca y Cocos y sobre el punto caliente, pluma o *hotspot* de Galápagos.

A diferencia de otros sistemas de islas del Pacífico, los volcanes de Galápagos no forman cadenas paralelas bien definidas ni claras; al contrario, conforman un arreglo de islas ampliamente distribuido que se extiende hacia el este, en la dirección del movimiento de la placa de Nazca (Harpp et al., 2014).

Basado en la composición geoquímica e isotópica de las lavas y en las formas y edades de los volcanes, las islas se han dividido en tres zonas: oeste, intermedia y este (Fig. 1). La primera, es la más joven, contiene volcanes recientes y activos, con edades entre 0.03 y 0.7 Ma. La zona este es la de volcanes antiguos, ya extintos, a los cuales se le calculan edades entre 2.4 y 3.0 Ma. Entre ambas zonas se localiza una zona intermedia donde se han encontrado lavas de edades entre 0.8 y 1.50 Ma.

Las características petrológicas, geológicas, geofísicas y morfológicas, así como en el comportamiento eruptivo y composición magmática de los volcanes de las distintas zonas ha sido descritas, compiladas y estudiadas en detalle por Harpp & Geist, 2018. Las diferencias entre una y otra zona volcánica, como, por ejemplo, la ausencia de calderas en la zona este, la atribuyen a mecanismos de construcción diferentes, determinado, en el caso de los volcanes intermedios y orientales, a su proximidad relativa al centro de expansión.

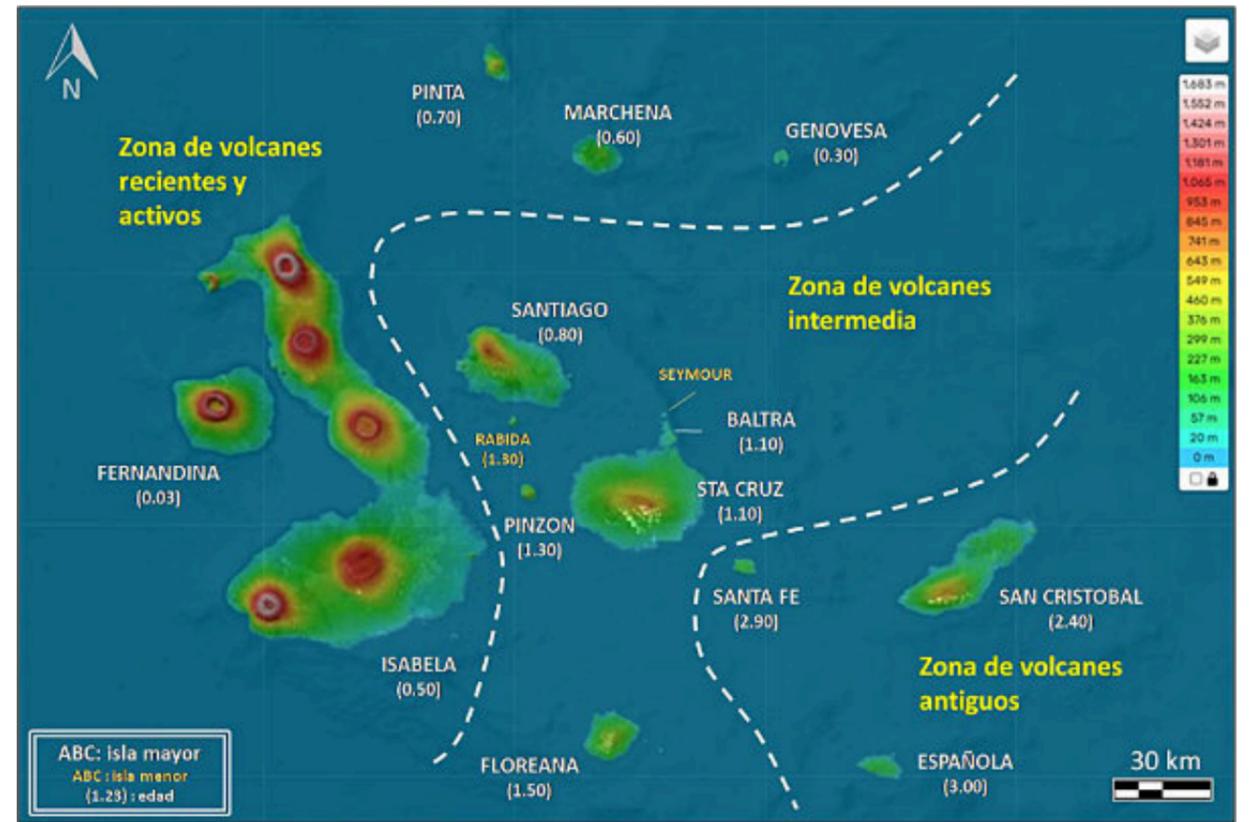


Fig. 1. Mapa del Archipiélago de Galápagos y ubicación de principales islas volcánicas. Se indican las zonas o provincias en las que se ha dividido en función de las características morfológicas, geológicas, geofísicas y edad de los volcanes y geoquímicas y petrológicas del magma. La edad de cada isla está señalada entre paréntesis (basado en GPS Geology, storymap (<https://fcdgps.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=0c94f2ca312546edb0c827abc3665f46>))

De la misma forma, con base en las edades de los volcanes, en su forma y en la composición de sus lavas, el archipiélago de Galápagos puede ser dividido en varias "subprovincias" geológicas: norte, central, occidental y este (GPS Geology, storymap. @FCD).

ISLA SANTA CRUZ: ¿un volcán activo dormido?

La Isla Santa Cruz, localizada en el centro del Archipiélago de Galápagos, tiene una superficie de 986 km² y una altitud máxima de 864 metros. Es el principal centro poblado, administrativo y científico del archipiélago. Alberga una población aproximada de 15700 personas. Después de la isla Isabela, es la segunda isla más grande, y una de más visitadas por la diversidad turística y geológica que ofrece (Fig. 2).

Geológicamente, es una isla volcánica de bajo relieve, formada por flujos de lava basáltica impermeables pero altamente fracturados (Bow, 1979).

Entre sus atractivos geológicos, se encuentran numerosos túneles de lava, amplias grietas y fisuras sobre la roca volcánica formando altos acantilados o cañones y dos grandes depresiones, cráteres o estructuras de colapso, conocidas como Los Gemelos. En la isla, además se identifican cuevas, conos de cenizas, conos parásitos, lavas almohadilladas y del tipo *pahoehoe*, evidencias de fallamiento extensional (Simkin, 1984) y estructuras en horst y graben.

La isla es un volcán tipo escudo, tiene forma elíptica de eje principal oeste-este. Una serie de conos volcánicos parásitos la cruza en sentido ESE-ONO dividiéndola en dos

zonas de características geográficas y climáticas ligeramente diferentes: una seca al norte y una más húmeda, y con mayor vegetación, al sur. Dos períodos distintos de actividad volcánica se han identificado en la isla: a) uno de edades entre 1 y 2.3 Ma que produjo lavas almohadilladas, horizontales, o de bajo buzamiento, intercaladas con sedimentos marinos y calizas, ubicadas al noreste, y b) otro reciente, formado por lavas del tipo

“pahoehoe” que se desarrolló en el sistema de fisuras de rumbo ESE-ONO y que se inició hace 700.000 años, aproximadamente (Burdick et al, <https://darkwing.uoregon.edu>). La unidad más antigua es la “Unidad de Plataforma” mientras que la unidad más joven está representada por lavas de la “Serie Escudo” (Kempe et al. 2021).



Fig. 2. Mapa topográfico de la Isla de Santa Cruz señalando las principales elevaciones de la isla. (https://es.wikipedia.org/wiki/Isla_Santa_Cruz_%28Gal%C3%A1pagos%29#/media/Archivo:Santa_Cruz_topographic_map-es.png)

La ausencia de vegetación y suelos en zonas con coladas jóvenes, de no más de pocos miles de años, de lavas *pahoehoe*, especialmente hacia el noroeste de la isla, hace pensar que ésta es un volcán activo... pero dormido.

La isla se encuentra seccionada por dos sistemas de fallas normales *en echelon*: uno masivo, al noreste, de rumbo SO-NE y otro al sur, de rumbo predominante O-E. Estas fallas no han sido observadas en las otras islas más jóvenes.

TUNELES DE LAVA: reliquias de un pasado dinámico

En el archipiélago de Galápagos, varios túneles volcánicos se encuentran distribuidos por toda su geografía. Se han reconocido en las islas Sombrero Chino, Bartolomé, Fernandina, Floreana, San Cristóbal, Isabela y, principalmente, en Santa Cruz. Entre los más visitados se encuentran los túneles de Salasaca, El Mirador, Bellavista o “Túneles del amor” y El Chato, en la Isla Santa Cruz y “Los Túneles” de Cabo Rosa, en la isla Isabela que más que unos túneles son unos puentes o arcos de lava sumergidos parcialmente en el mar. En la Isla de Santa Cruz, se preserva la mayor cantidad de túneles de las Galápagos probablemente debido a la combinación de pendiente y

tasas eruptivas en la última fase del volcanismo (Geist et al, 2011). Los túneles se extienden desde la costa hasta las zonas altas de la isla, aunque varios están “concentrados” en las adyacencias de fincas ubicadas en las poblaciones rurales de Bellavista-El Cascajo (10) y Santa Rosa (9) y en Puerto Ayora (3) (Fig. 3). Se les ha denominado, por razones geográficas, cavidades al Este, Oeste y Sur de Santa Cruz, respectivamente (Gallardo y Toulkeridis, 2008).

Los túneles, tubos de lava, o piroductos, como también se les denomina, si bien pueden originarse por diferentes mecanismos, el más popularmente aceptado es que se forman cuando la parte superior o corteza, los lados y la parte inferior de un flujo se enfrían y solidifican, formando una suerte de costra rígida, mientras que internamente la lava continúa fluyendo en estado líquido hasta drenar el conducto. Cuando cesa el flujo y se solidifica la lava queda

un conducto vacío o molde alargado y angosto con la forma tubular del flujo.

Se forman durante erupciones volcánicas efusivas, con presencia de lava basáltica muy caliente y fluida, del tipo “pahoehoe”, en terrenos de pendientes suaves. Suelen encontrarse muy superficialmente, aunque otros llegan a ser subterráneos. Los tubos de lava, aunque se desarrollan horizontalmente, tienen variables formas y dimensiones y una geometría única. Sus longitudes pueden ser desde algunos metros hasta pocos kilómetros y su altura puede variar desde centimétricos y estrechos pasadizos, a muy grandes bóvedas, de varios metros de altura. Pueden estar colapsados parcial, o totalmente, llegar a estar inundados o presentar cursos de agua intermitentes (Gallardo & Toulkeridis 2008). Con el tiempo, pueden crear bóvedas y cuevas subterráneas espectaculares. Muchos tubos de lava suelen estar cubiertos por vegetación.

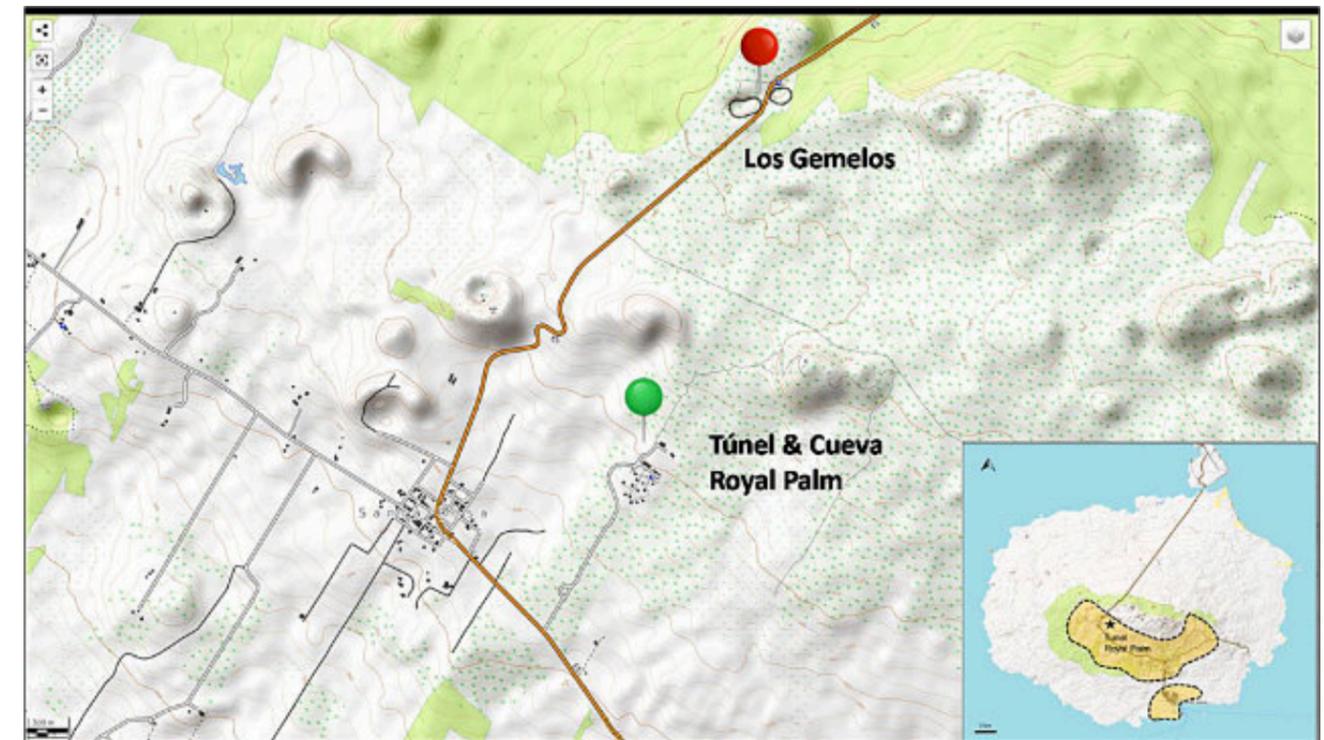


Fig. 3. Mapa topográfico indicando la ubicación del tubo de lava y cuevas del Royal Palm. Los Gemelos, cráteres no eruptivos, formados por colapso de la estructura volcánica, se localizan a escasos kilómetros de estos túneles. En el recuadro de la derecha basado en el trabajo de Gallardo & Toulkeridis (2008) se indica en una franja amarilla, la zona de ubicación relativa de los, más de 35, tubos de lava y cavidades volcánicas identificadas, tanto en las tierras altas de la isla como hacia el Puerto de Ayora, al sur.

Los tubos de lava han propiciado la formación de cavernas o cuevas volcánicas, cada una con su ecosistema particular y con muchos de los productos de este tipo de geomorfología. Solo en la isla Santa Cruz se contabilizan 26 cavernas asociadas a estos eventos geológicos de las 35 cavernas identificadas (Gallardo & Toulkeridis 2008). Kempe et al. (2021) totalizaron 29 cavernas en Santa Cruz de 47 en el archipiélago. Dentro de los túneles o cavernas, se han reconocido estafilitos (estalactitas y estalagmitas volcánicas), crecimiento de minerales y depósitos de arcillas. Daza et al (2016) reportan haber encontrado en los túneles de Gallardo y Palma Real (Isla Santa Cruz) y Sucre (Isla Isabela) diferentes tipos de espeleotemas, entre ellos estalactitas, estalagmitas, columnas, polvo y costras, espeleotemas botroidales, piedras de flujo,

pequeños coraloideos y micro-gours blandos y duros, la mayoría compuestos por ópalo, calcita y arcilla.

En su interior se han encontrados restos fósiles especialmente conchas de moluscos, caracoles y de ciertos vertebrados, entre ellos roedores, aves (búhos), tortugas y reptiles (serpientes y lagartos) (Steadman, 1986). El mismo autor reporta haber recolectado e identificado más de 20.000 vertebrados fósiles del Holoceno Tardío (2400 años AP) de la isla Floreana, lo cual representa más de 1100 animales individuales de 24 especies nativas. Indica que estos casi todos estos fósiles fueron encontrados tanto en la superficie como en el subsuelo de cuatro tubos de lava de la referida isla y depositados como pellets regurgitados por búhos, a excepción de los restos de tortugas maduras.

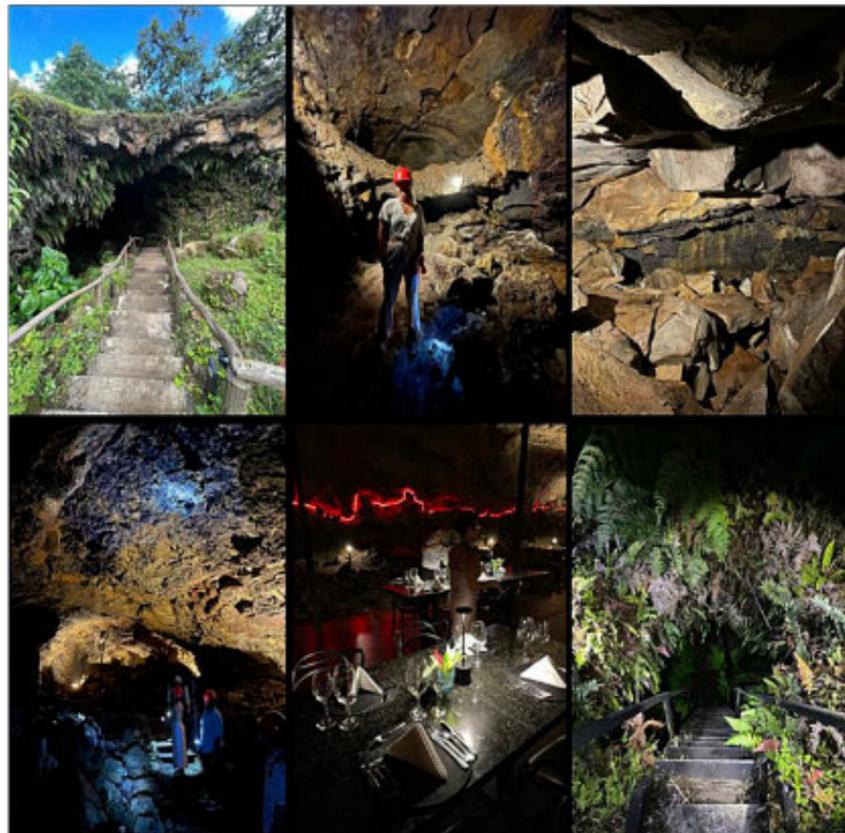


Fig. 4. Entrada y vistas internas del túnel y cavernas de Hotel Royal Palm. Este complejo túnel de lava, de varios niveles, grandes cavidades y pequeños pasajes, es uno de los más largos del archipiélago de Galápagos. Alberga en su interior un exótico restaurant de alta gastronomía, quizás único en el mundo. El túnel, pensado inicialmente como bodega de vinos, es parte del proyecto hotelero desarrollado en ese sector (Fotografía de Adriana Porras).

Muchos tubos de lava y cavernas muestran signos de meteorización, fracturas y agrietamiento y colapso de techos o paredes lo que los hace inestables e inseguros, con los sabidos riesgos para la gente e infraestructura. Estudios geomecánicos recientes de Jordá-Bordehore et al (2016) en las islas Santa Cruz e Isabela, encontraron claras evidencias de inestabilidad en ciertas cavernas, no así en otras, por lo que recomiendan restricciones de acceso y reforzamientos en aquellas expuestas al público y/o turismo.

En la zona centro occidental, en las tierras altas de la isla, en la zona de Santa Rosa, a unos 18 km de Puerto Ayora, y en predios de fincas y granjas privadas, se localiza una decena de túneles de lava y cavernas. Particularmente atractivo es el conocido como Royal Palm ubicado en terrenos propiedad de un europeo que se enamoró de las islas, por la historia que encierra y por el novedoso y atípico restaurant que alberga en su interior (Fig. 4). Este túnel de un poco más de un kilómetro de longitud, de los cuales 800 m son transitables, es uno de los más largos del archipiélago de Galápagos y su restaurant, de alta gastronomía, quizás único en el mundo. El túnel, pensado

inicialmente como bodega de vinos, es parte del proyecto hotelero desarrollado en ese sector y es un ejemplo de un complejo túnel de lava, con varios niveles, grandes cavidades y pequeños pasajes (Geist et al., 2011).

El túnel se caracteriza por su longitud de más de 1 km, ancho entre 1-10 metros y una altura, que puede llegar a los 15 metros. Es de fácil acceso, de baja a moderada dificultad y está provisto de una red de pasarelas con escaleras ya que presenta algunos tramos con desniveles. Su ancho es variable por la caída de escombros y bloques multidimensionales que lo reducen a estrechos pasadizos en algunos tramos.

Es de paredes asimétricas, irregulares, aunque algunos conductos secundarios muestran formas tubulares y subredondeadas.

Según la clasificación de Kempe et al. (2021) este tubo de lava está en una avanzada fase de madurez: presenta canales bien desarrollados, algunos canales secundarios y entrelazados y signos importantes de erosión vertical. Muestra pérdida parcial del techo en varios sectores, desniveles y varios techos secundarios. (Tabla N°1)

Tabla N° 1. Características del túnel de lava Royal Palm

Longitud	Techo	Erosión Vertical <i>Downcutting</i>	Techos Secundarios	Caídas de lava <i>Lavafalls</i>	Hoyos por Colapso	Ramas <i>Oxbows</i>	Etapas de Madurez
1040 m	Muy grueso, masivo	>5m	Varios	1	2	1	3
Comentarios: <i>piroducto completamente maduro con canales bien desarrollados que representan una erosión descendente significativa; pérdida parcial del techo primario, posiblemente removido por varios flujos de lava a-a; múltiples techos secundarios y evidente evolución estructural</i>							

Adaptado y modificado de Kempe et al (2021)

En los mismos terrenos del complejo hotelero, más al norte, hacia la cima de la montaña, se encuentra un túnel y cueva de menores dimensiones. Se accede a su interior por una pequeña abertura de unos 50 centímetros, bien camuflajeada por la espesa vegetación. Tiene una longitud aproximada de unos 25 metros, y consiste de una galería

estrecha de paredes irregulares, asimétricas, de 1-5 metros de alto que culmina en una pequeña bóveda o cueva donde cae una delgada chorrera de agua (Fig. 5).

Ambos túneles se encuentran cercanos a dos inmensos sumideros, hoy parque nacional, y a otros sitios de interés geológico.



Fig. 5. Entradas y diversas vistas del interior de pequeño túnel y cueva localizado en terrenos del mismo complejo hotelero. Este túnel es de dimensiones mucho menores que el descrito previamente (Fotografías de Adriana Porras).

GRIETAS, FISURAS Y CAÑONES: piscinas de aguas azul turquesa

Hacia el sur de la isla, en la costa de Puerto Ayora y adyacencias, se localizan unas inmensas grietas o fracturas abiertas que se han desarrollado sobre la roca volcánica y que se extienden hacia el océano (Fig. 6). Forman prominentes y profundos acantilados, de paredes subverticales, separados entre sí por estrechas aberturas de no más de 10 metros de ancho.

Estas notables fisuras, conocidas como “Las Grietas”, en su mayoría son fallas de un sistema extensional, de horts y grábenes, de rumbo oeste-este que se desarrolla en esta zona sur de la isla (Geist et al, 2011) y posterior a la deformación inicial y volcanismo que condujo al fallamiento del flanco noreste de la isla (Schwartz et al,

2022). Los mismos autores indican que las fallas del sector sur están bien preservadas, al contrario de las fallas del flanco noreste, y tienen desplazamientos verticales que no muestran correlación con la proximidad a la costa. Los desfiladeros rocosos y acantilados en ciertas zonas representan los escarpes de las fallas.

Algunos autores; sin embargo, proponen otro origen al fracturamiento. Lo atribuyen a flexuramiento positivo, en respuesta a una pluma de manto flotante, o a expansión gravitacional.

Las grietas presentan longitudes variables entre 40 y más de 200 metros, alturas de 10-12 metros y ancho entre 8 y 10 metros (Fig. 7). Suelen estar inundadas por agua de mar, formando piletas naturales de profundidades cercanas a los 10-15 metros. Sus paredes pueden



Fig. 6. Grietas y Cavernas en zona sur de la Isla de Santa Cruz (modificado de Gallardo 2008 en Arcgis online 2023). Se distingue un sistema de fracturas de rumbo indistinto OE, SO-NE y NO-SE. La grieta de Delfines, una de las más visitadas, se ubica a solo 2.5 km al oeste de Puerto Ayora. Sus acantilados de unos 200 metros de longitud, tienen más de 12 m de altura y una profundidad de 10 metros.

presentar pequeñas cavidades formadas por la erosión marino-costera y taludes de la roca volcánica.

Especialmente en la costa, en las zonas bajas, de escorrentía casi nula, estas grietas tienen una importancia vital para el suministro de agua municipal, con propósitos tanto domésticos como agrícolas, ya que se puede acceder a los acuíferos locales a través de ellas. Aunque están llenas mayormente por agua de mar, las grietas captan agua dulce de la lluvia, filtrada desde la parte alta de los muy fracturados acantilados y posiblemente de un acuífero suspendido identificado en la ladera sur de la montaña, y aguas salobres, de acuíferos basales. Como característica común, estas aguas, distribuidas a través del sistema de abastecimiento municipal, son salobres, por lo tanto, no aptas para el consumo humano (d'Ozouville et al., 2008; Geist et al, 2011; Arcgis 2023; Re et al., 2023)

Estas exóticas piscinas naturales, de aguas cristalinas e intenso color azul turquesa, son ideales para la práctica de

buceo (*snorkeling*), además el hábitat de ciertas especies nativas y sitio de observación de fauna y flora silvestre. Ofrecen una espectacular panorámica del parque nacional.

LOS GEMELOS: cráteres o calderas?

Otros de los más notables e impresionantes productos de la actividad volcánica en la isla de Santa Cruz, son “Los Gemelos”, dos inmensos sumideros o “cráteres”, adyacente uno al otro, y no eruptivos, localizados en el centro de la isla, cerca de la cima de las tierras altas, a aproximadamente a 560 msnm y en las inmediaciones del poblado de Santa Rosa.

Los “cráteres” son estructuras de colapso formadas sobre un largo dique emplazado durante la última etapa del volcanismo de la isla (Geisy et al., 2011; Gallardo y Toulkeridis, 2008). Se formaron por colapso del techo de las cámaras magmáticas una vez vaciadas.



Fig. 7. Diferentes vistas de los empinados acantilados conocidos como Las Grietas. Este curioso accidente topográfico, es el resultado de fallamiento extensional desarrollado en el extremo sur de la isla, en las proximidades de Puerto Ayora y que se extiende al oeste. Los acantilados están principalmente llenos de agua de mar, aunque, ésta puede llegar a mezclarse con acuíferos locales de aguas salobres. Son cristalinas piscinas naturales, ideales para el buceo, y sus aguas de un característico color azul turquesa (Fotografía de Adriana Porras)

Los sumideros tienen dimensiones gigantescas. Están alineados uno tras otro, siguen un rumbo aproximado SO-NE y están separados entre sí unos 75-80 metros (Fig. 8). El cráter mayor, ubicado al suroeste, tiene forma elongada, elíptica, una longitud de 240 metros y ancho variable entre 100 y 127 metros. El cráter menor, localizado hacia el noreste, es más redondeado, mide 145 m sobre su eje longitudinal y 115 m transversalmente. Entre ambos suman aproximadamente 465 metros de longitud total y se les estiman unos 100 m de profundidad.

Las simas presentan acantilados escarpados de paredes subverticales, de colores grises, donde se observan flujos

alternos, entrelazados, de lavas del tipo *aa* y *pahoehoe* alcanzando espesores variables entre 60-120 metros (Fig. 8). En las paredes se pueden observar, pequeños tubos de lava, diques y filones (Geist et al. 2011).

Las simas están cubiertas tanto en el fondo como en la cumbre, de vegetación tupida formada por árboles de mediana estatura, donde se distinguen variedad de especies endémicas tales como *escalesia* (*scalesia genus*) y otras epifitas como helechos, musgos y orquídeas que cubren los troncos y ramas de los árboles (Fig. 9).



Fig. 8. Sumideros o cráteres de colapso. Estas estructuras de dimensiones extraordinarias, que en su conjunto suman más de 450 metros de longitud, son únicas en su tipo.



Fig. 9. Vistas internas del cráter Los Gemelos. Estas depresiones fueron formadas por el hundimiento o colapso de la superficie que se encuentra sobre una cámara magmática vacía. Se observan coladas alternadas de lava, así como el techo colapsado, recubierto de densa vegetación (Fotografías de Adriana Porras).

CONCLUSIONES

Las Islas Galápagos son el escenario natural para entender los procesos de la geodinámica terrestre, tanto pasados como presentes. Son testigos vivos de la formación de nueva corteza, de nacientes tierras.

Estas islas oceánicas de origen volcánico, a pesar de haberse generado tan solo en los últimos 3-4 millones de años, son de una geodiversidad tal que en ellas se pueden conseguir todos los elementos de una provincia volcánica madura mayor y que incluso la distingue de ejemplos de volcanismo de este mismo tipo de otras partes del mundo. El número de volcanes activos simultáneamente, su diversidad petrológica y morfológica-de no formar cadenas paralelas-, la ausencia de calderas en la zona de volcanes antiguos o el gran tamaño de éstas en otras islas del archipiélago, la abundancia de conos parásitos, su asimetría geoquímica, y la aparente falta de un patrón evolutivo simple, hacen esta distinción.

Son, y han sido, el refugio natural de cientos de especies animales y vegetales, endémicas, que ha estado atrapadas allí por siglos por lo que hacen de estas islas unos los lugares más fascinantes y especiales del mundo.

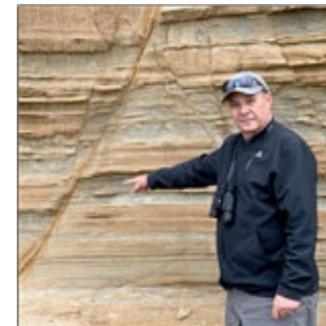
REFERENCIAS

- ArcGis Online (2023). Grietas, túneles y cavidades de Puerto Ayora (accesed 13/09/2023) <https://storymaps.arcgis.com/stories/d0dcc78c700648aa9d7aeeb7046d2220>
- Bow C.S. (1979). The Geology and Petrogeneses of the Lavas of Floreana and Santa Cruz Islands: Galapagos Archipelago. PHD Thesis. Oregon University.
- Burdick B, Hooft-Toomey E. and Villagomez D., in University of Oregon, Volcanic Galapagos, formation of an oceanic archipelago (<https://darkwing.uoregon.edu/~drt/Research/Volcanic%20Galapagos/index.jsp.html>)

- Charles Darwin Foundation <https://www.darwinfoundation.org/en/>
- Daza Brunet R., A. Miller, C. Sáiz-Jiménez, F. Gázquez, J. Calaforra, P. Forti, F. Rull, J. Medina, A. Sanz Arranz, J. Martínez-Frías and T. Toulkeridis. (2016). Insights into Speleothems from Lava Tubes of the Galapagos Islands (Ecuador): Mineralogy and Biogenicity. 10.13140/RG.2.1.2054.8242.
- d'Ozouville, N., Auken E., Sørensen K., Violette S., Marsily G., Deffontaines B. & Merlen G. (2008). Extensive perched aquifer and structural implications revealed by 3D resistivity mapping in a Galapagos volcano. Earth and Planetary Science Letters. 269. 518-522. 10.1016/j.epsl.2008.03.011.
- Gallardo G.G. y Toulkeridis T. (2008). Cuevas Volcánicas y Otras Atracciones Espeleológicas (Volcanic Caves and Other Speleological Attractions) Santa Cruz – Galápagos. Centro de Geología, Volcánica y Geodinámica, USFQ (eds)
- Geist D., K. Harpp and N. d'Ozouville. (2011). Chapman Conference, Galapagos Field Trip Guide. The Galapagos as a Laboratory for the Earth Sciences, 24 p.
- GPS Geology, storymap. De volcanes a islas oceánicas. Charles Darwin Foundation @FCD <https://fcdgps.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=0c94f2ca312546edb0c827abc3665f46>
- Harpp K.S., Hall P.S., and Jackson M.G. (2014). Galápagos and Easter: A Tale of Two Hotspots, Chapter 3, p 27-40, in The Galápagos: A Natural Laboratory for the Earth Sciences, Geophysical Monograph 204. First Edition. Edited by Karen S. Harpp, Eric Mittelstaedt, Noémi d'Ozouville, and David W. Graham. © 2014 American Geophysical Union. Published 2014 by John Wiley & Sons, Inc.
- Harpp K.S. and Geist D.J. (2018) The Evolution of Galápagos Volcanoes: An Alternative Perspective. Front. Earth Sci. 6:50. doi: 10.3389/feart.2018.00050

- Jordá-Bordehore L., T. Toulkeridis, P.L. Romero-Crespo, R. Jordá-Bordehore, I. García-Garizabal (2016). Stability assessment of volcanic lava tubes in the Galápagos using engineering rock mass classifications and an empirical approach. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 89(2016) 55–67.
- Kempe S., G. Middleton, A. Addison, T. Toulkeridis & Geoffrey Hoese (2021) New Insights into The Genesis of Pyroducts of the Galápagos Islands, Ecuadoracta Carsologica 50/1, 143-163, Postojna 2021, DOI: 10.3986/ac.vi.7587
- Re V., J. Rizzi, C. Tuci, C. Tringali, M. Mancin, E. Mendieta y A. Marcomini (2022). Challenges and opportunities of water quality monitoring and multi-stakeholder management in small islands: the case of Santa Cruz, Galápagos (Ecuador). Environment, Development and

- Sustainability (2023) 25:3867–3891 (<https://doi.org/10.1007/s10668-022-02219-4>)
- Schwartz D.M., K. Harpp, M. D. Kurz, E. Wilson & R. Van Kirk (2022). Low-volume magmatism linked to flank deformation on Isla Santa Cruz, Galápagos Archipelago, using cosmogenic ³He exposure and ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of fault scarps and lavas. Bulletin of Volcanology (2022) 84: 82. <https://doi.org/10.1007/s00445-022-01575-3>
- Simkin, T. (1984). Geology of Galapagos. Biological Journal of the Linnean Society, 21(1-2), 61–75. doi:10.1111/j.1095-8312.1984.tb02053.x
- Steadman D. W. (1986). Holocene Vertebrate Fossils from Isla Floreana, Galápagos. Smithsonian Contribution to Zoology, no. 413, 103 pag, 25 figures, 4 plates, 12 tables. Smithsonian Institution Press, Washington.



Jesús S. Porras M. es ingeniero geólogo de la Universidad de Oriente con Maestría en Ciencias Geológicas de la Universidad Central de Venezuela. Posee más de 30 años de experiencia profesional tanto en proyectos de exploración como de desarrollo en reservorios convencionales y no convencionales en Venezuela, Colombia y Argentina.

Comenzó su carrera en 1983 como geólogo de operaciones y de producción para empresas estatales y privadas en diversos campos de la Cuenca Oriental de Venezuela. En 1995, se unió a Pérez Companc (luego Petrobras) donde ocupó varios cargos, desde geólogo senior del campo Oritupano-Leona, hasta Gerente Técnico y de Reservorios del campo La Concepción en la Cuenca Maracaibo.

En 2008 es transferido a Argentina, al Grupo de Operaciones de Geología y Geofísica de Exploración de Petrobras Argentina (luego Pampa Energía) donde trabajó como Technical Advisor por espacio de 10 años, destacando una participación activa en proyectos de no convencionales en la Cuenca Neuquina.

Actualmente se desempeña como Geólogo Consultor Senior liderando grupos de estudios integrados de yacimientos para operadoras nacionales e internacionales.

Su principal interés es la evaluación técnico-económica tanto de áreas exploratorias como de campos maduros, la caracterización de reservorios convencionales y no convencionales, y el monitoreo a proyectos exploratorios, de avanzada y desarrollo.

Es miembro activo de diversas asociaciones profesionales y autor o coautor de más de 40 trabajos presentados en diferentes congresos geológicos nacionales e internacionales.

Foro de discusión

Discussion Forum

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

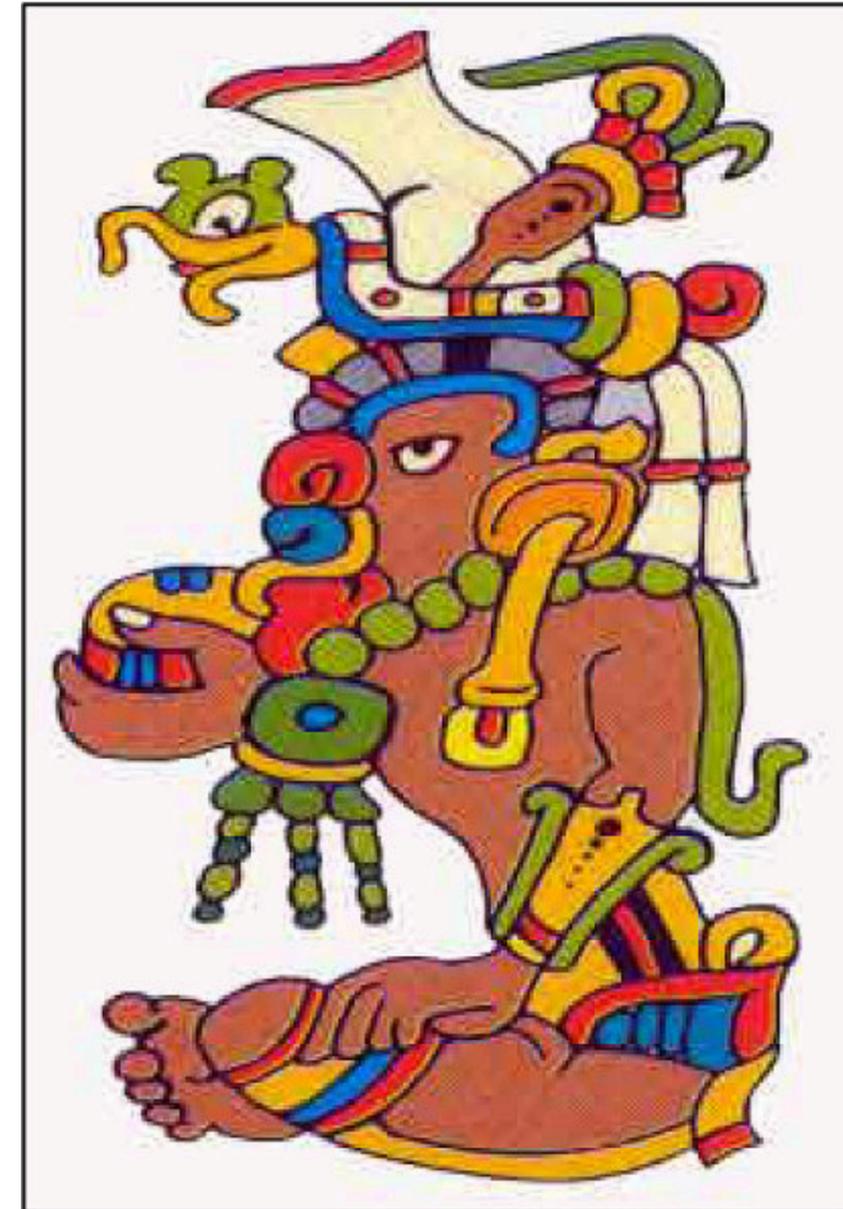
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

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

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

MISCELÁNEOS

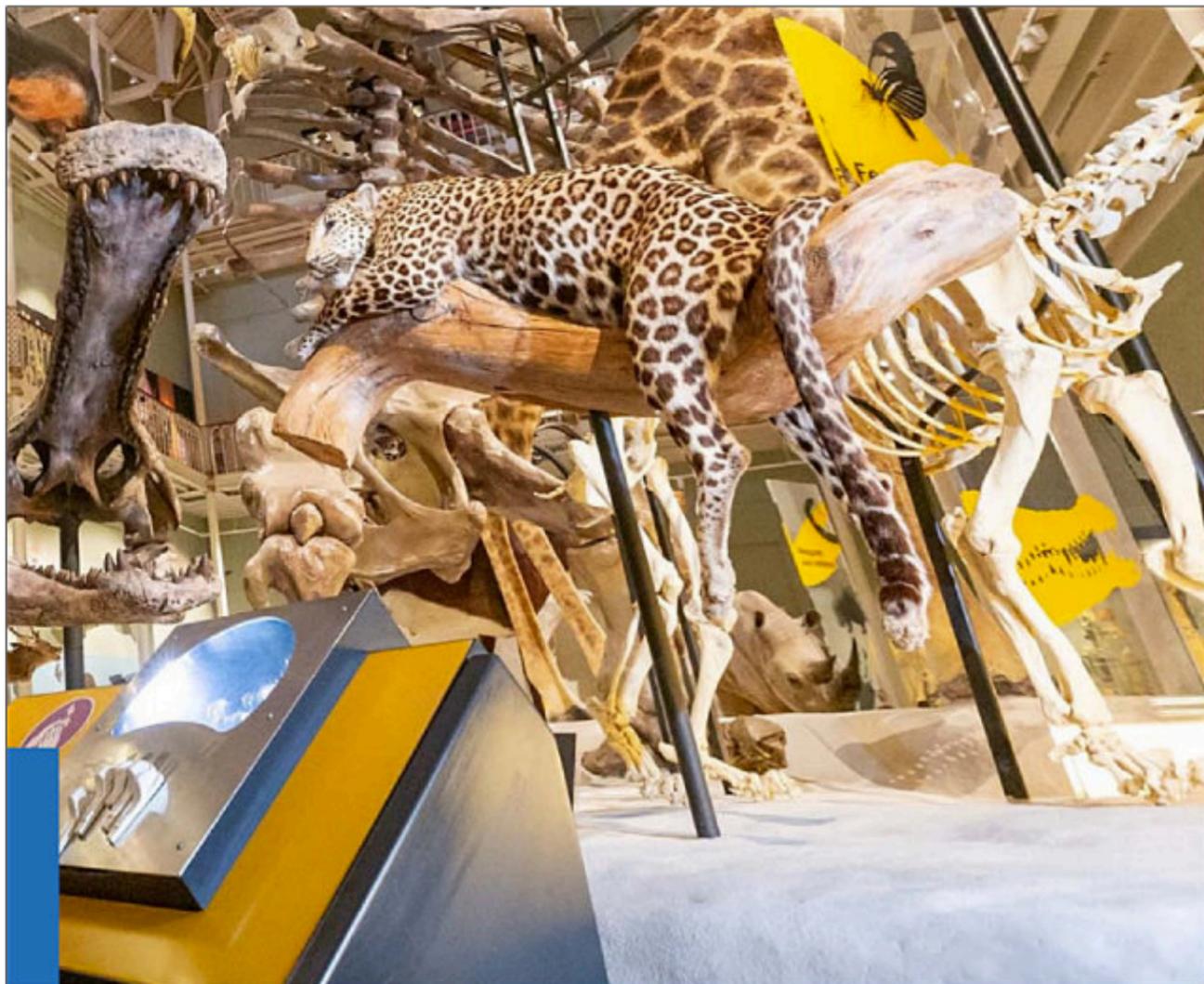
Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

National Museum of Scotland.

Haz click en la imagen



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

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

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios

COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

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

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

¿Y nos encantaría dar a conocer tu trabajo de

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

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

O envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.

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

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

Transmisión

GeoLatinas

Facebook LIVE

El Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas presenta:

GeoSeminarios

Octubre 2023

Mtra. Nancy Vyanney Romero Alcantar 11 de Octubre
Coordinadora Estatal de Administración y Finanzas
Pronaes Chihuahua.
GeoSeminario - Tesis:
Uso de la goma recolectada del mezquite (Prosopis spp.), árbol endémico del desierto chihuahuense, para estabilizar vino de mesa

Dra. Alma Vazquez-Lule 25 de octubre
Investigador postdoctoral
Sustentabilidad y soluciones basadas en la naturaleza
GeoSeminario:
Percepción remota de proximidad para la estimación de la productividad primaria y contenido de nutrientes en humedales costeros.

Mtra. Gabriela Salas Cabrera 27 de octubre
Estudiante de Posgrado
Universidad Politécnica de Pachuca, México
GeoSeminario-tesis:
Sistema de información para vehículos autónomos

Escárame o da click!

in f t i @GeoLatinas

GeoLatinas

ERES LATINA EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y PLANETARIAS?

Estamos buscando científicas para visibilizar en nuestro #FridayFeatureinGeo!

Completa el formulario y se parte de esta iniciativa de GeoLatinas!

Usa el código QR, o visita <https://bit.ly/GeoLatinasFeatures>

También aceptamos nominaciones propias!

#FRIDAYFEATUREINGEO

FORMULARIO

GeoLatinas

VOCÊ É LATINA? TRABALHA COM CIÊNCIAS TERRESTRES OU PLANETÁRIAS?

Queremos reconhecer mais latinas em nosso #FridayFeatureinGeo!

Preencha o formulário e seja destaque nesta iniciativa da GeoLatinas!

Digitalize o código QR, ou visite <https://bit.ly/GeoLatinasFeatures>

Auto-nomeações são encorajadas!

#FRIDAYFEATUREINGEO

FORMA

**ARE YOU LATINA?
DO YOU WORK IN EARTH
OR PLANETARY SCIENCES?**

We are looking to promote more Latinas in our #FridayFeatureinGeo!

Fill out the form and be featured in this GeoLatinas' initiative!

Use the QR code, or go to <https://bit.ly/GeoLatinasFeatures>

Self-nominations encouraged!

#FRIDAYFEATUREINGEO

GeoLatinas has promoted more than 150 Latinas in Earth and Planetary Sciences thanks to our weekly initiative #FridayFeatureinGeo

FILL OUT THE FORM!

#FRIDAYFEATUREINGEO

La empresa petrolera "JAGUAR" tiene a bien compartir con la REVISTA MAYA DE GEOCIENCIAS, el cuadro de honor correspondiente a los meses agosto y septiembre del "JAGUAR ACADEMY", muchas felicidades a los jóvenes estudiantes, quienes dan todo su esfuerzo por aprender cada día más!!!!

CUADRO DE HONOR POR ESPECIALIDAD
JAGUAR ACADEMY
Agosto-Septiembre 2023

	Lugar	Nombre	Institución	Promedio
Evaluación de Yacimientos	1	Endrichs Gamaliel Lopez Bautista	Instituto Politécnico Nacional	96.7
	2	Angelo Kevin García Hernández	Instituto Politécnico Nacional	95.3
	3	Leonardo Ramírez Rubio	Instituto Politécnico Nacional	94.3
	4	Laura Leticia Gómez Hernández	Universidad Nacional Autónoma de México	94.0
	5	Anette del Carmen Domínguez Suárez	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	94.0
	6	Miroslava Villegas Mendez	Instituto Politécnico Nacional	94.0
	7	Edy Antonio Vicente Hernandez	Universidad Politécnica del Golfo de México	93.7
	8	Pablo Pareja Guzmán	Instituto Politécnico Nacional	93.3
	9	Jesús Jobany Bello Sánchez	Universidad Nacional Autónoma de México	93.3
	10	Jesús Armando Nieves Medina	Instituto Politécnico Nacional	93.0
Operaciones de Perforación	1	José Jesús Carvajal Cortés	Instituto Tecnológico del Petróleo y Energía	98.0
	2	Endrichs Gamaliel Lopez Bautista	Instituto Politécnico Nacional	97.3
	3	María Andrea Hernández López	Instituto Tecnológico del Petróleo y Energía	96.7
	4	Henry David Palma Palma	Universidad Politécnica del Golfo de México	96.7
	5	Edy Antonio Vicente Hernandez	Universidad Politécnica del Golfo de México	95.7
	6	Angelo Kevin García Hernández	Instituto Politécnico Nacional	95.3
	7	José Luis Ramón Zetina	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	95.3
	8	Brenda Pamela Juárez Santiago	Instituto Politécnico Nacional	95.0
	9	Leonardo Ramírez Rubio	Instituto Politécnico Nacional	94.7
	10	Daniel Guadalupe Garcia Zacarias	Universidad Politécnica del Golfo de México	94.3
Doble Certificación				
	Lugar	Nombre	Institución	Promedio
	1	Endrichs Gamaliel Lopez Bautista	Instituto Politécnico Nacional	97.25
	2	Angelo Kevin García Hernández	Instituto Politécnico Nacional	95.75
	3	Leonardo Ramirez Rubio	Instituto Politécnico Nacional	95.00
		Edy Antonio Vicente Hernandez	Universidad Politécnica del Golfo de México	

<https://www.facebook.com/photo/?fbid=705424441596481&set=a.495695919236002>



INAGEQ
Instituto Nacional de Geoquímica

"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

ACADEMIA DE GEOQUÍMICA, PETROLOGÍA Y GEOCINAMICA

CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA

Más información



NUEVA fecha límite para el envío de Resúmenes

04 SEPTIEMBRE 2023

23:59hrs

La casa de los micro plásticos

<https://www.gob.mx/imta/articulos/contaminacion-por-microplasticos>

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/microplasticos-en-el-menu>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135421010228>

<https://www.mdpi.com/1660-4601/19/3/1174>

https://www.maritimeaquarium.org/single-use-plastics-initiative?gclid=Cj0KCQiAyracBhDoARIsACGFcS6097CFbePfo5V34ZWJMDv6p9gmhki6wFPZCJvG4wdV0twmZz-5YaAnrNEALw_wcB

<https://www.youtube.com/watch?v=OH3I2-N8zQg>

<https://www.youtube.com/watch?v=Hhch38neMrg>

Compilado por **Uriel Franco Jaramillo.**



<https://media.gettyimages.com/photos/small-plastic-pellets-on-the-finger-micro-plastic-air-pollution-picture-id1170923784>

Soy Científica Mexicana



Dra. Nadia Valentina Martínez Villegas
Presidenta del INAGEQ
Investigadora IPICYT
SNI Nivel 2

¡En el INAGEQ nos estamos renovando y tenemos un compromiso con el alcance de la Igualdad Sustantiva de Género!

Este 11F recordamos que las mujeres y las niñas desempeñan un papel fundamental en las comunidades de ciencia y tecnología, y también que su participación debe fortalecerse.

Nos sumamos a los esfuerzos globales por lograr el acceso a la participación plena de las mujeres y las niñas en la ciencia, así como su empoderamiento, en particular, en lo que compete a las áreas de la geoquímica.

"Igualdad de género hoy para un mañana sostenible"

5 IGUALDAD DE GÉNERO

Inageq.com

Caverna del arte

Cuento: Misión espacial

(Autor: Claudio Bartolini)

El verano pasado asistí a un congreso de astronomía en Los Ángeles, California, pero al intentar hacer las reservaciones de hotel, me di cuenta que en esos días se jugaba el campeonato del Super Bowl y todos los hoteles estaban llenos. No teniendo opciones, me hospedé en el Paradise Motel del barrio de Watts en el centro-sur de Los Ángeles. La habitación era tan pequeña que, si comía algo, tendría que salirme a masticar al pasillo. Los colchones eran tan viejos, que despedían el olor de las innumerables relaciones sexuales realizadas sobre éstos a través de los años. Las paredes húmedas acumulaban grandes manchas producidas por hongos, más negros que mi conciencia. La habitación realmente valía los catorce dólares diarios que tenía que pagar en efectivo.

Apenas había acomodado mis pertenencias, cuando vi a una cucaracha de varios centímetros de longitud. Era de color café-rojizo con grandes alas desarrolladas, un verdadero ejemplar de insecto. El tamaño de sus ojos y de su boca eran excesivamente grandes, y no me miraba con miedo, sino con curiosidad. Por el tamaño, diría que pertenecía al *gēnūs Megaloblatta*. Mi primera reacción fue aplastarla con mi zapato, pero en esos segundos de indecisión, la cucaracha se dirigió a mí con una angustia profunda, diciendo: –no me mates por favor y te contaré una historia fantástica–. Mi primer gran sorpresa fue enterarme que la maldita cucaracha hablaba, y segundo, que intentaba contarme una historia en mi propio idioma. No teniendo nada que perder, me puse cómodo en el crujiente camastro que también olía a orines añejos, para escuchar la increíble historia. Tengo que reconocer mi simpatía por las cucarachas, porque son uno de los grupos de insectos más exitosos, y que han logrado sobrevivir en la Tierra por más de trescientos millones de años.

Mirándome con unos ojos muy expresivos, la cucaracha, ya muy relajada dijo: me llamo Galilea Sapiens, y tengo una increíble historia que contarte. Recientemente, estuve paseando por el Jet Propulsión Laboratory de la NASA, y me enteré de una misión espacial secreta, en la cual la tripulación estaba compuesta de las energías etéreas de cuatro grandes científicos: Albert Einstein, Alan Turing, Stephen Hawking, y Max Planck. Todo parecía indicar que el objetivo de la misión era alcanzar la galaxia GN-z11, la cual está localizada a 13,400 millones de años luz de nosotros. El trabajo en equipo de los cuatro grandes genios funcionaba de manera perfecta. Desafortunadamente, los conflictos personales entre los científicos estaban poniendo en riesgo tan importante misión espacial. Se ponía de manifiesto que aun en estado etéreo, nosotros los seres humanos, seguimos controlados por el ego, la envidia, y el poder, que son parte de nuestra naturaleza *Homo sapiens*.

Einstein le tenía envidia a Planck porque este último había realizado importantes descubrimientos sobre la mecánica cuántica, explicando aspectos críticos de la existencia y comportamiento del universo que él consideraba incorrectos. Conforme pasaba el tiempo, Einstein llegó a acumular un odio mortal por su colega de viaje, y decidió eliminarlo. Lo primero que hizo fue crear un prodigioso algoritmo que le permitió aislar sutilmente el flujo de energía

etérea de Planck, sin que el resto del equipo se diera cuenta, para posteriormente asignarlo a la línea de desechos de elementos de riesgo de la nave. Para ocultar su crimen, Einstein realizaba también las operaciones que le correspondían a Max Planck, pero no tardó mucho en cometer errores que evidenciaron el mal funcionamiento de varios sistemas del vuelo y el desarrollo de los estudios.

Hawking y Turing no tardaron en enterarse que la nave no funcionaba como al principio de la misión, por lo que iniciaron su propia investigación. El primer resultado de ésta fue identificar la ausencia de Planck en la estructura operativa de la nave, y al estudiar las fórmulas que permitieron a la inteligencia artificial de la misma, desconocer y eliminar a Planck, se dieron cuenta que éstas habían sido desarrolladas por Einstein. En solidaridad con su colega Max Planck, Turing y Hawking elaboraron un complot que les permitiría deshacerse de Einstein, sin que éste se diera cuenta. Conociendo su ego, le enviaron una invitación inter-espacial falsa, en la que se le notificaba que se le entregaría un premio por su gran trabajo en el funcionamiento de la misión. Cuando Einstein presionó el botón de “acepto el premio”, su energía cuántica fue succionada instantáneamente por una poderosa fuerza centrípeta, que lo introdujo a un reactor de fusión atómica que lo destruyó para siempre.

Con la ausencia de Planck y Einstein, la disfunción de la nave era ya obvia, a pesar de los esfuerzos supremos de quienquiera que fuera el responsable de la navegación, operación y trayectoria de la nave, y un gran apoyo de la avanzada inteligencia artificial instalada en la misma. La nave espacial fue gradualmente vencida por la ausencia de energía nuclear, para terminar finalmente congelada bajo los -260 grados centígrados de la temperatura del espacio. Aunque el espectacular proyecto científico terminó en tragedia, solamente Galilea sobrevivió a la hecatombe, realizando el teletransporte cuántico, permitiéndole transferir instantáneamente, propiedades de la materia de origen para trasladarse a la Tierra.

Una vez terminada la historia, después de la media noche, Galilea me dijo que tenía que regresar a casa, le esperaba un largo viaje. Sabiendo de antemano que no nos volveríamos a ver, nos dimos un fuerte abrazo de despedida. Decidí no preguntarle dónde vivía, puesto que asumí, tal vez muy negativamente de mi parte, que la cucaracha solamente viajaría a las cañerías del drenaje.

El día que terminó el congreso, empecé a hacer maletas, y al buscar mis pertenencias en el cajón del buró a un lado de la cama, encontré un libro titulado “Desarrollo de viajes espaciales basados en la mecánica cuántica” por la autora Galilea Sapiens, del año 3024. Al descubrir que la autora del libro era Galilea, entendí que había convivido con uno de los científicos más connotados del universo, quien había escrito el libro mil años en el futuro. Conforme leía el increíble libro, fue muy evidente que el viaje espacial de la NASA fue organizado por Galilea, y fue la misma cucaracha quien, apoyada por la inteligencia artificial, estuvo a cargo de la fantástica misión secreta, llevando a bordo la energía cuántica de cuatro de los más grandes científicos de la humanidad.



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: wilmerperezgil5@gmail.com

The Aletsch Glacier, Switzerland.

The Aletsch Glacier is the longest and largest glacier in the Alps. It is found in the Bernese Alps in Switzerland. The glacier is a remnant of the ice age dating back to more than 12,000 years ago. The glacier covers 66 square miles and is comprised of the main aletsch, the upper aletsch, and the middle branches. The thickness at the source of the glacier is about 3,000 feet thick while the thickness at the Rhone Valley is about 500 feet. The foot of the aletsch glacier is about 5,118 feet above the sea level. The main glacier which is also referred to as the great aletsch is 1 mile wide and 15 miles long. It stretches from the Concordia Platz and reaches the edge of the aletsch forest. The middle aletsch glacier stretches from the Aletschhorn peak and reaches the main glacier and almost opposite to the Marjelen Lake which borders the Great Aletsch. Two dark strips also known as the medial moraines run on the glacier's surface and are as a result of merging of the main glacier with the other glaciers. The medial moraines are comprised of debris which is pushed along with the glaciers.

<https://www.jungfrau.ch/en-gb/simply-the-greatest/>

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

<https://www.myswitzerland.com/en-us/destinations/aletsch-the-largest-alpine-glacier/>

<https://earth.esa.int/web/earth-watching/image-of-the-week/content/-/article/thinning-ice-on-the-aletsch-glacier/>

<https://www.aletscharena.ch/en/world-natural-heritage-site/great-aletsch-glacier>

<https://www.wiredforadventure.com/6-ways-explore-aletsch-glacier/>

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/88840/grosser-aletschglletscher>

<https://www.britannica.com/place/Aletsch-Glacier>

<https://www.youtube.com/watch?v=es6ULOGD0f8>

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



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

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

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

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



Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Geología Médica

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



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>

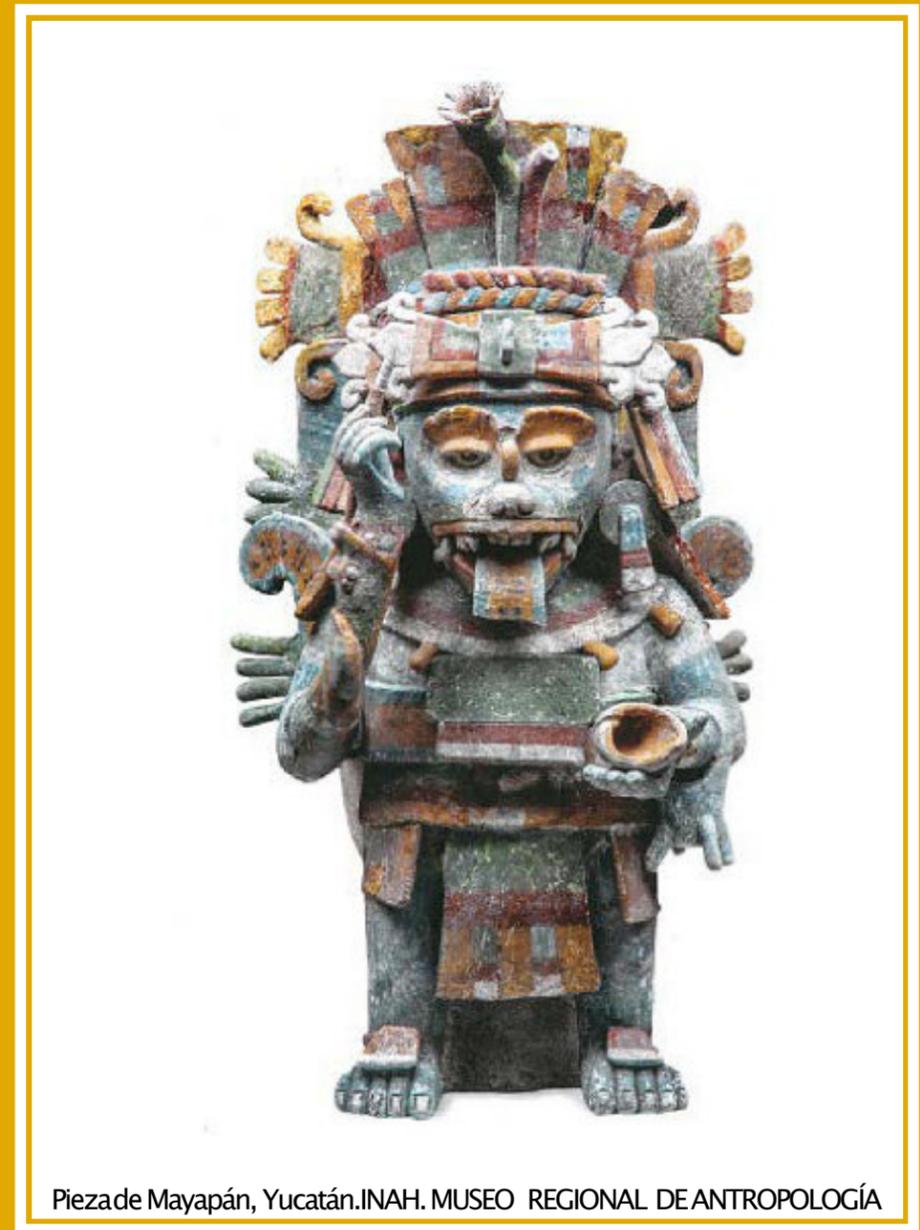


Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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



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



Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA

¿QUIERES COLABORAR CON NOSOTROS?

ENVÍANOS UN CORREO A:

luis.valencia.11@outlook.com; bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu