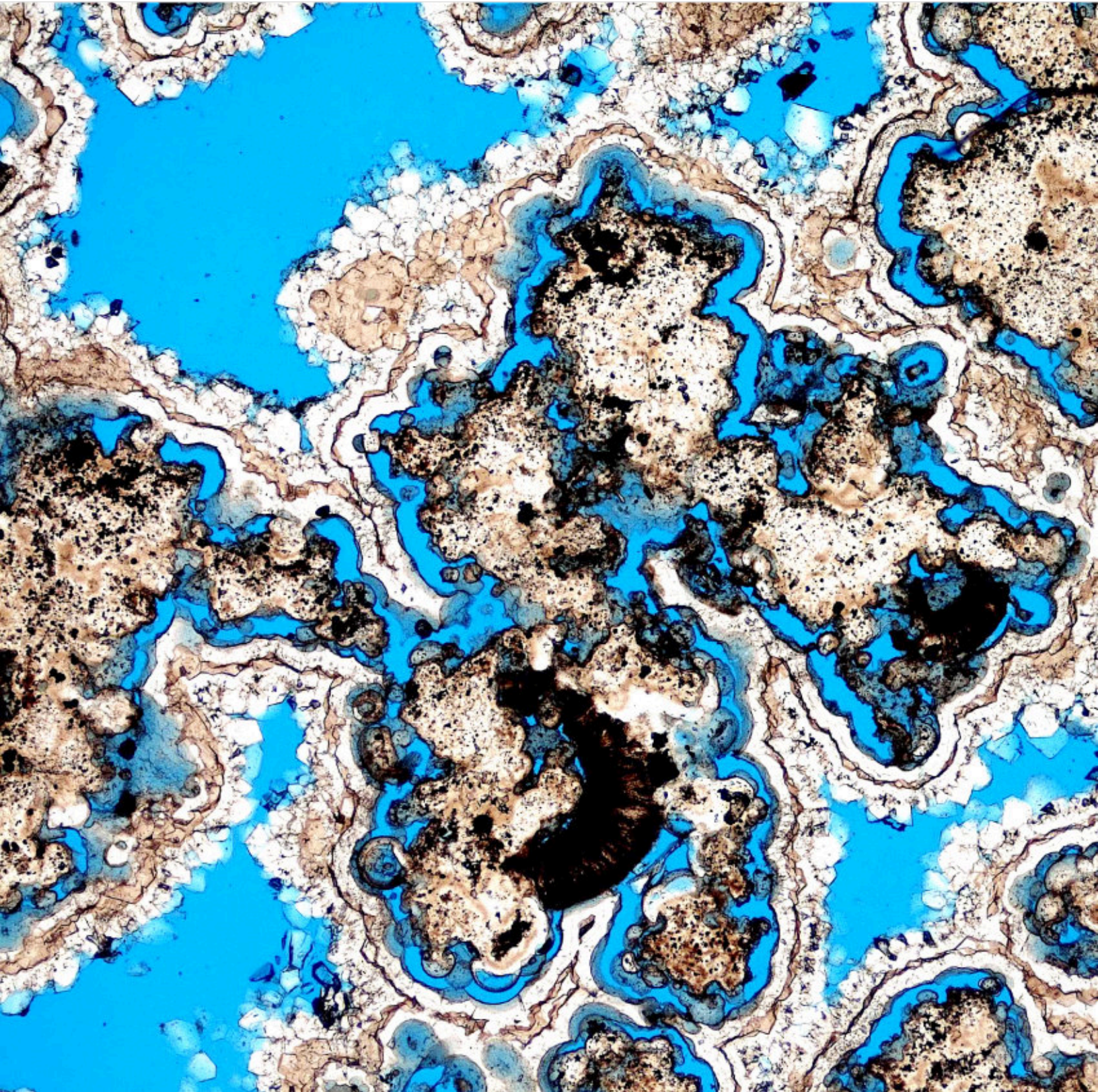


**JUNIO
2023**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



JUNIO
2023



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comuníquese 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: Trombolito, originalmente de carbonato, corroído y parcialmente silicificado; carbonatos lacustres del Pre-sal (Aptiense) de Brasil. Imagen provista por el **Dr. Jordi Tritlla Cambra**.

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

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

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

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

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

Revista de divulgación
Geocientífica

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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

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

jhrosenfeld@gmail.com



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

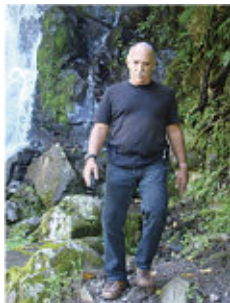
COLABORADORES



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

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 a la estratigrafía y tectónica del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de Cuba occidental y central. Editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II realizó cartografías del Macizo Metamórfico Escambray; Complejo Anfíbolítico de Mabujina y Complejo Granítico de Cuba central. Es autor-coautor de 23 unidades litoestratigráficas y litodémicas de Cuba occidental y central. Es 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 y realizó la factibilidad de 7 proyectos hidroeléctricos en la Cordillera Central de Panamá. Country Manager de Big Pony Gold de Utah, exploró el potencial de oro del greenstone belt del cratón de Uruguay. Senior Geologist de Gold Standard Brasil, exploró regiones auríferas en los Estados de Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del Norte en rocas arqueanas y

proterozoicas y realizó evaluaciones de exploración para Cias. 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 el redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) del Proyecto de Geología y Minería y miembro de su Misión Especial para entregar el proyecto al Gobierno y posterior 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 por 28 años y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia.edu de libre acceso, se encuentran 22 artículos suyos de diferente volumen.

geodoxo@gmail.com



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

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



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

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

poletpinzon@gmail.com



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

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

rafaelguardado2008@gmail.com



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

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

jonblickwede@gmail.com



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.

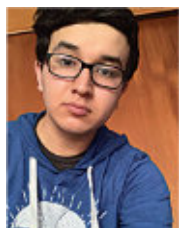
roberto.vidal@unison.mx



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



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

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

urielfranco.unam@gmail.com

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

Es un gran placer informarles que hemos establecido un 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,

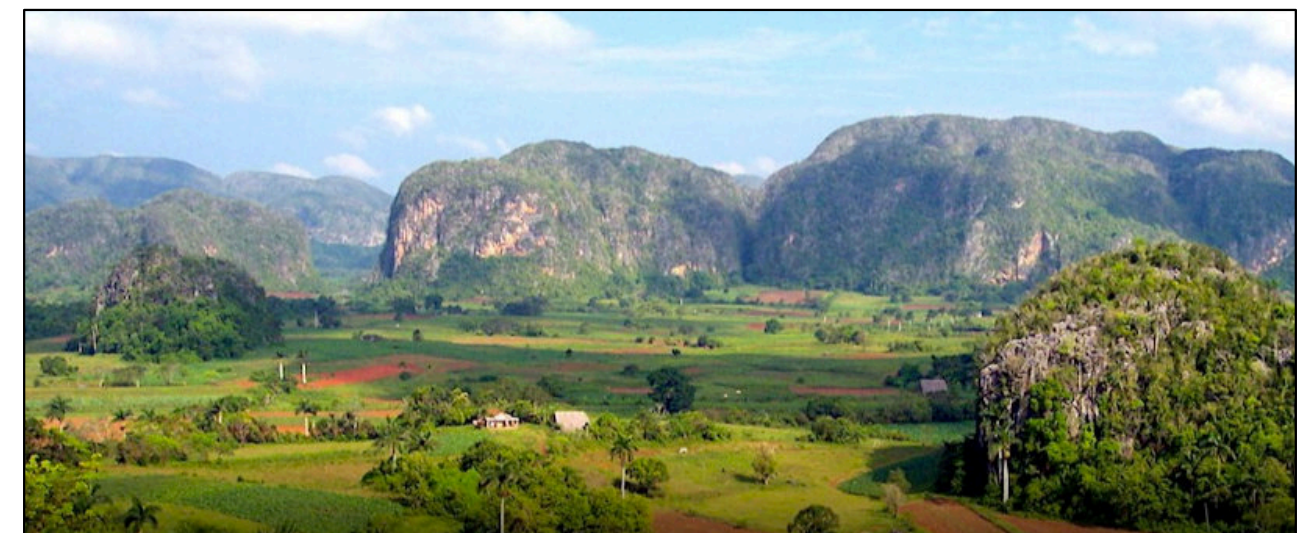
Te invitamos a que visites la página web de nuestra Revista Maya de Geociencias, donde podrán encontrar (en formato PDF), todas las revistas que hemos publicado hasta ahora, mismas que pueden descargar de la página. También estaremos incluyendo información adicional que sea de utilidad para nuestras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

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



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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





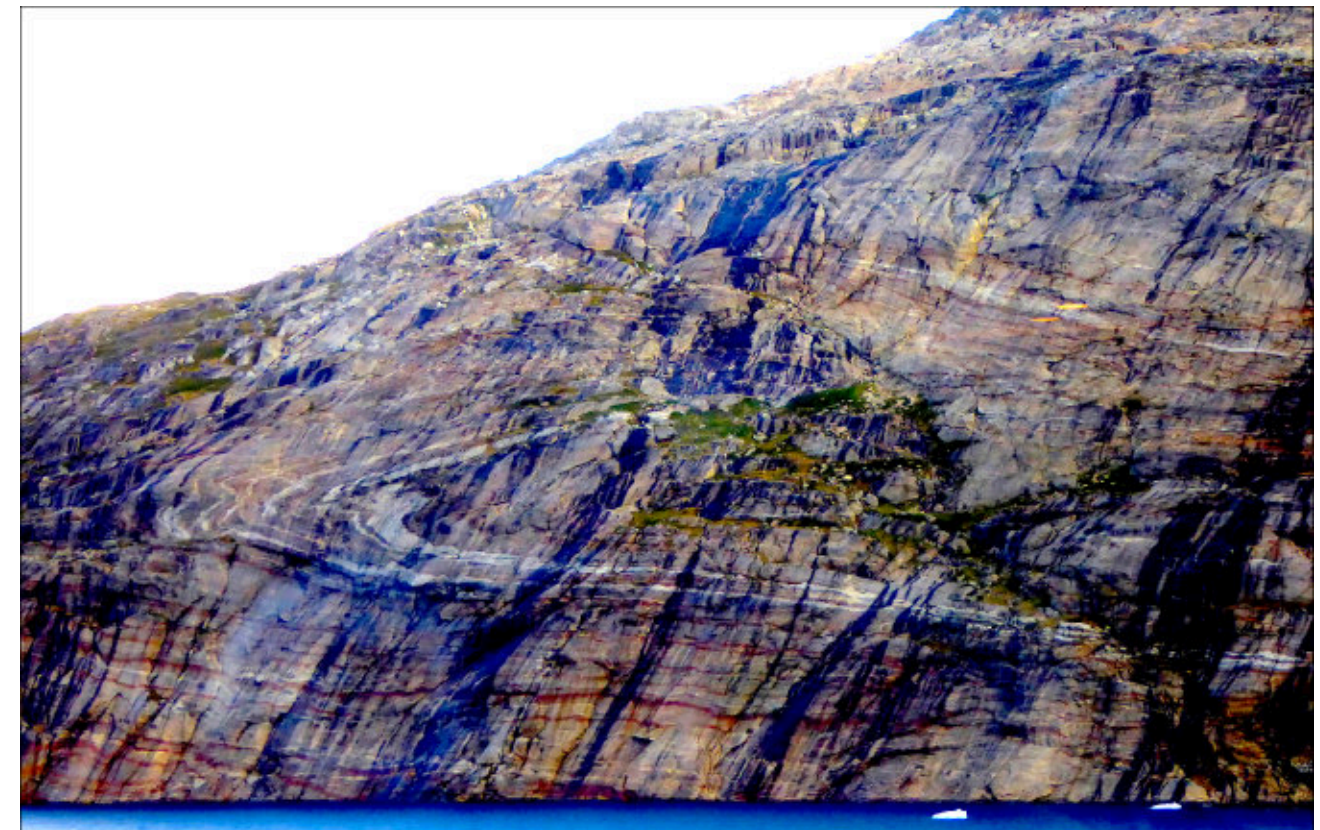
Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

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

La Sociedad Geológica Mexicana otorgó distinción José Gualadule Aguilera al **Dr. Demetrio Marcos Santamaría Orozco** durante la inauguración de la Convención Geológica Nacional, que se llevó a cabo en el Palacio de Minería en el centro histórico de la Ciudad de México el 24 de abril de 2023.

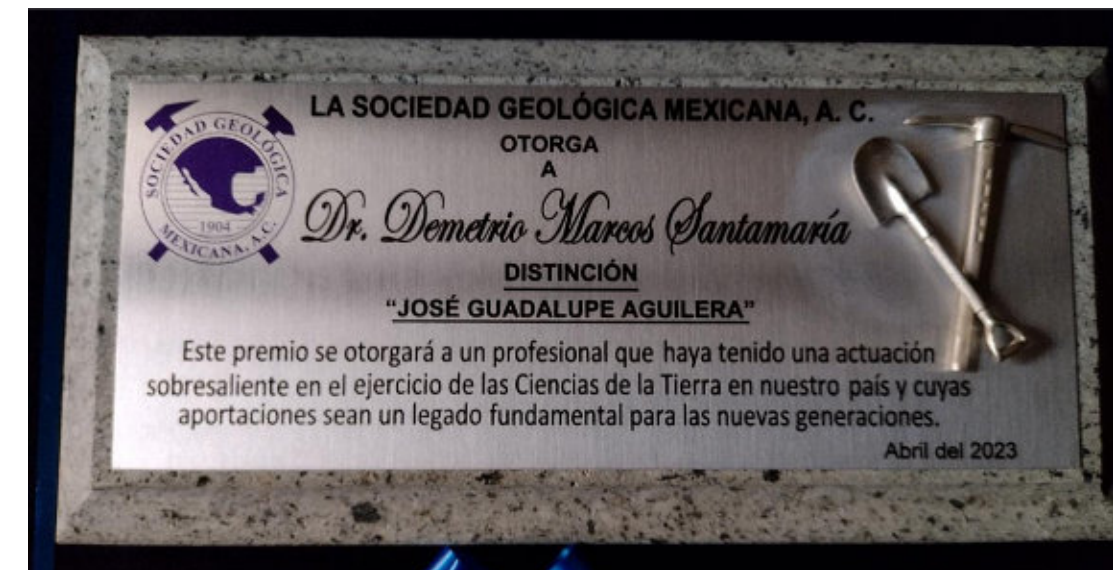
Esta distinción es para reconocer la labor profesional de quién, a juicio de un comité técnico evaluador, haya destacado por una actuación sobresaliente en el ejercicio de las Ciencias de la Tierra en México y cuyas aportaciones sean un legado fundamental para las nuevas generaciones. Cabe mencionar que, el Dr. José Guadalupe Aguilera fue el primer presidente de la Sociedad Geológica Mexicana de 1904 a 1912.



El **Dr. Demetrio Marcos Santamaría Orozco** recibiendo la distinción de manos de la • **Maestra Flor de María Harp Iturribarría**, Directora del Servicio Geológico Mexicano. Le sigue el **Dr. Ricardo Barragán Manzo**, Presidente de la Sociedad Geológica Mexicana, el **Dr. William Lee Alardín**, Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM, el **Dr. José Antonio Hernández Espriú**, Director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el **Dr. Bernardo Rosas Fernández**, Director de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación y el **M. en C. Jorge Alfonso Mendoza Amuchástegui**, Director de Servicios en Exploración y Producción del Instituto Mexicano del Petróleo.



El Dr. José Gualadule Aguilera Serrano (primer presidente de la Sociedad Geológica Mexicana de 1904 a 1912).





Durante la semana del 22 al 26 de mayo del presente año, la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán, mejor conocida como la “ESIA-CIENCIAS DE LA TIERRA” del Instituto Politécnico Nacional, llevó a cabo el súper evento llamado “5to. SIMPOSIUM EN CIENCIAS DE LA TIERRA” organizado por la OPEG (Organización Politécnica Estudiantil de Geociencias) de esta honorable casa de estudios.



Edificio de gobierno, en donde se instalaron los “stands” de los diferentes participantes en el evento.

En este magno evento, la REVISTA MAYA DE GEOCIENCIAS tuvo participación con su “stand” y con una charla de divulgación hacia toda la comunidad estudiantil y académica en el Auditorio Tiburcio Méndez.



Nuestra revista agradece enormemente el espacio brindado por la ESIA, la OPEG, los estudiantes, profesores y autoridades. Tuvimos encuentros con muchos estudiantes interesados en seguir difundiendo conocimientos que, cada día nos fortalecen más como comunidad de Ciencias de la Tierra. HUELUM GLORIA!!!!!!



CONTENIDO **JUNIO 2023**

Semblanzas.....	16
Obituario.....	19
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	20
Los libros recomendados.....	31
Temas de interés.....	33
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	58
Notas geológicas.....	62
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	94
La Casa de la energía solar.....	95
Concurso de fotografía geológica.....	96
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	98
Conferencia Internacional sobre Geología Médica.....	101
Caverna del Arte.....	102
Datos sobre los sismos recientes en el mundo.....	107
Asociaciones profesionales, datos y otros.....	108
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	109
The Uluru Rock, Australia.....	110
Asociaciones geológicas hermanas.....	111

SEMBLANZAS

Pedro J. Bermúdez Hernández: 1905-1979

Pedro Joaquín nació en Vega Alta, Villa Clara, el 24 de febrero de 1905, hijo de Celedonio Bermúdez y de Luisa Hernández. Desde temprana edad, se sintió atraído por el estudio de la naturaleza, iniciándose al lado del Dr. Salvador de la Torre y Huerta, profesor del Instituto de Segunda Enseñanza de Santa Clara. Al concluir el bachillerato en 1924, Salvador le recomendó su discípulo a su hermano, el sabio Carlos de la Torre, quien supo valorar las cualidades del joven naturalista. Sus padres conocían de su inclinación por la ciencia, pero no estaban convencidos que eso era lo mejor para él, le insistían que pusiera los pies sobre la tierra y estudiara una "carrera práctica". Para complacerlos, Bermúdez estudia Farmacia concluyendo en 1927. Luego, matricula Ciencias Naturales, graduándose en 1928. Desde 1930 en la Universidad de la Habana, fue asistente de Biología, Zoología y Zoografía y, desde 1934, en Zoología y Paleontología. Acompañó a su maestro en numerosos viajes de colecta de moluscos terrestres por toda la isla, llegando a reunir más de 10 000 lotes de especies, un gran porcentaje de los cuales, nuevas especies para la ciencia. La colección fue donada al Museo "Felipe Poey" de la Universidad de la Habana y al Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard. El doctor Bermúdez tuvo la oportunidad de acompañar a numerosos naturalistas norteamericanos que venían a hacer estudios en las diferentes ramas de las ciencias naturales.

En el año de 1929 la Atlantic Refining trae a Cuba a los geólogos Robert H. Palmer y Dorothy K. Palmer, entusiasta investigadora de los foraminíferos. Los esposos Palmer dedicaron mucho tiempo a la geología cubana, él como geólogo regional y ella como micropaleontóloga. Una profunda amistad surge entre los Palmer y Bermúdez, atraído por el estudio de los foraminíferos. Los diversos recorridos geológicos, en compañía de los esposos Palmer, le permitieron familiarizarse con la estratigrafía y la geología de Cuba. Bermúdez realizaba descripciones de los foraminíferos cubanos, especialmente bentónicos pequeños del Terciario. Pronto construyó una respetable colección de muchas localidades cubanas, que con el tiempo se convirtió en



una de las más importantes del mundo, al igual que su biblioteca sobre la geología y micropaleontología. En 1935, Bermúdez publicó su obra Foraminíferos de la Costa Norte de Cuba,¹ excelente fuente de información sobre estos organismos. Durante dos años consecutivos, 1936 y 1937, fue becado por la John Simon Guggenheim Memorial Foundation, para estudiar bajo la dirección del paleontólogo Joseph A. Cushman en Massachusetts y en Washington, D.C. En esta época, participó en la campaña oceanográfica del barco Atlantis de la Woods Hole Oceanographic Institute.²

En 1938 comienza a trabajar en la Comisión Mapa Geológico de Cuba, más tarde denominada Comisión Técnica de Geología y Minería, adscrita a la dirección de Montes, Minas y Fauna. Fueron miembros de la misma el Ingeniero Jorge Brodermann, jefe de la comisión, Jesús Francisco de Albear, geólogo auxiliar y el Ingeniero Armando Andreu, topógrafo. En 1940 empezó a trabajar como micropaleontólogo en la Standard Oil Company de Nueva Jersey, primero en la República Dominicana donde publica la excelente obra "Smaller Foraminifera of the Dominican Republic" y después en Cuba. Estos fueron unos años de prolífica obra, durante los cuales incrementó sus colecciones de Cuba, Panamá, Costa Rica y Guatemala. Llegó a Venezuela en 1947, transferido por la



Pedro Joaquín Bermúdez en sus años de estudio en los Estados Unidos.³

Standard Oil de Nueva Jersey. Este traslado, aparentemente temporal, se convirtió en definitivo. En Venezuela formó una familia, su esposa Caridad Vidaurreta le ayuda en la preparación de ilustraciones de sus trabajos científicos. Su destacada pericia y perseverancia en el dibujo de foraminíferos pueden apreciarse en las 1621 figuras de las 26 láminas que ella confeccionó para el mencionado trabajo de la República Dominicana.⁴ En 1949 terminó su obra "Contribución al Estudio del Cenozoico Cubano"⁵, publicada en 1950, donde por primera vez se hace un estudio de la estratigrafía del Terciario basada en microfósiles. Dos años después, en 1952, publicó su obra "Estudio sistemático de los Foraminíferos Rotaliformes"⁶ de enorme importancia para la taxonomía de los foraminíferos.

Invitado por los profesores de la escuela de geología de la Universidad Central de Venezuela, Dr. González de Juana y Dra. Charlton de Rivero, imparte en 1949 un curso de micropaleontología.⁷ Comienza de esta forma una labor docente de más de treinta años a favor de las ciencias geológicas de Venezuela. Bermúdez dividió sus actividades entre el Ministerio de Minas e Hidrocarburos y la universidad, donde fue Profesor de Micropaleontología. En la UCV fue el maestro de varias generaciones de

Referencias citadas

- ¹Bermúdez, P. J., 1935. Foraminíferos de la Costa norte de Cuba. Mem. Soc. Cubana Hist. Nat., 9(3): 129-224, láminas 10-17, 3 figs.
- ²Bermúdez, P. J., 1937. Foraminíferos recientes colectados por Dr. Luis Howell Rivero en Jamaica en 1937. Mem. Soc. Cubana Hist. Nat. 2(4): 249-252.
- ³Jardín Botánico de Nueva York - Gena Fernández <http://www.ehu.es/~gpplapam/galeria/Bermudez.html>
- ⁴Bermúdez, P. J., 1949. Tertiary smaller foraminifera of the Dominican Republic. Special Publ. No. 25, Cushman Lab. Forum. Res. pp. 1-18, 1-322, pls. 1-26, text. figs. 1-6 (maps), 2 charts, distribution table.
- ⁵Bermúdez, P. J., 1950. Contribución al estudio del Cenozoico cubano. Mem. Soc. Cubana Hist. Nat., 19(3): 305-375.
- ⁶Bermúdez, P. J., 1952-a. Estudio sistemático de los foraminíferos rotaliformes. Boletín de Geología, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas, pp. 1-230, láminas 1-35.

geólogos. Relacionada con su obra docente, publicó varios artículos y dos libros de texto en colaboración con Frances Charlton de Rivero. El más importante de éstos, Micropaleontología General, publicado en 1962, fue por muchos años el único texto sobre esta materia en idioma castellano.⁸

En 1959, junto a R. Hoffsteter, publica el primer "Léxico estratigráfico de Cuba"⁹. El manuscrito fue entregado a su sobrino, el también micropaleontólogo Dr. Gustavo Furrázola y Bermúdez, quien se dio a la tarea de revisarlo y publicarlo¹⁰ por el Instituto Cubano de Recursos Minerales. Publico en Cuba varios trabajos durante la década de los años sesenta.¹¹ A partir de 1965, inició una prolífica colaboración con otros investigadores, en especial G. A. Seiglie y H. M. Bolli. Con este último, en 1965, publica la Zonación del Mioceno medio al Plioceno basada en foraminíferos planctónicos de aguas cálidas.¹² En 1969 fue elegido miembro del Comité de Redacción de la Revista Española de Micropaleontología. Graves quebrantos de salud frenaron su extraordinaria producción científica y minaron seriamente su actividad física e intelectual. Siempre se sobrepuso y siguió publicando hasta 1979, el año de su fallecimiento en Caracas el día 3 de septiembre.

El doctor Bermúdez fue, sin lugar a dudas, una autoridad de talla mundial en el estudio de los foraminíferos. Unidas al talento y sabiduría de este incansable investigador, que honra a Cuba, van su modestia innata y sus excelentes dotes de caballerosidad. Un científico completamente entregado a su labor, dispuesto siempre a enseñar y ayudar a sus estudiantes y colegas, de una extraordinaria humildad.¹³ Compartió su vida entre Cuba y Venezuela donde fundó su familia en 1947. El Dr. Bermúdez siguió colaborando científicamente con la geología de su país hasta finales de su vida.

En el impresionante edificio central de Intevep, en las alturas mirandinas de Los Teques, justo frente a la biblioteca, se encuentra el museo y colección Pedro Joaquín Bermúdez.

⁷Bermúdez, Pedro J. Introducción a la Guía del Curso dictado en la Escuela de Geología, Minas y Petróleo, Universidad Central de Venezuela. Caracas, 28 de octubre de 1949.

⁸Bermúdez, P. J. y F. Charlton de Rivero, 1962. Micropaleontología general. Ediciones Gea. Gráfica Condal, Barcelona, España, 808 pp. 147 figuras.

⁹Bermúdez, P. J. y R. Hoffstetter, 1959-a. Léxico estratigráfico de Cuba. Lexique Stratigraphique Internacional, vol 5, Amérique Latine, Fasc. 2c Cuba et iles adjacents, 1 carta, 140 pp. 1 mapa.

¹⁰Bermúdez, P. J., 1961. Las formaciones geológicas de Cuba. Geol. Cubana N° I, Minist. Industrias, Inst. Cubano Recursos Minerales, La Habana, pp. 1-177 (2 ediciones, 1961, 1963).

¹¹Bermúdez, P.J., 1967. Comentarios sobre el Terciario Superior de Cuba. Revista de Biología, Universidad de La Habana, 1(5): pág. 28-32, gráfico.

¹²Bermúdez, P. J. y H. M. Bolli, 1965-c. Descripción de especies nuevas de foraminíferos planctónicos de Venezuela. Boletín Informativo. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petrol, 8(5): 137-149, lám. 1.

¹³María Lourdes Díaz de Gamero & Julio R. Farías Pedro Joaquín Bermúdez Hernández. (1905-1979) Revista Española de Micropaleontología (1979) XII (1):5-11.



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

OBITUARIO

Q.E.P.D.



La comunidad de la Revista Maya de Geociencias lamenta la pérdida del Dr. Óscar Arnoldo Escolero Fuentes, y expresamos nuestras condolencias a sus familiares, colegas y amigos. El Dr. Escolero falleció el 21 de mayo de 2023 en la Ciudad de México¹. Era un destacado especialista en hidrología e investigador del Instituto de Geología de la UNAM². Trabajó en la Comisión Nacional del Agua desde 1980 hasta 2003, tanto en temas relacionados con la administración, así como la evaluación de las aguas subterráneas en México¹. Era ingeniero civil con maestría en Ingeniería Hidráulica y doctorado en Ciencias de la Tierra¹. Publicó varios artículos científicos relacionados con la modelación matemática de acuíferos, la evaluación hidrogeológica, hidrogeoquímica, reservas hidrogeológicas y los aspectos ambientales relacionados con el agua subterránea¹. Gran parte de su trabajo como investigador está reflejado en sus publicaciones, y éste puede consultarse en su perfil ORCID (<https://orcid.org/0000-0003-3914-9091>) o de ResearchGate (<https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Escolero>).

Fuentes:

<https://www.puec.unam.mx/index.php/component/content/article/2309-fallecio-el-dr-oscar-arnoldo-escolero-fuentes.html?catid=107&Itemid=101> Con acceso el 30/mayo/2023.¹

<https://twitter.com/CICMoficial/status/1660760795599482880> Con acceso el 30/mayo/2023.²

PUBLICACIONES

**TESIS &
RESÚMENES**

Maximiliano A. Padilla Orellana

**Paleosismología de la Falla Isla Santa María
(Península de Mejillones, II Región de
Antofagasta), Chile.**

Universidad de Chile, Memoria para optar al título de Geólogo, 2023

Profesor guía: *Gabriel Easton Vargas*

Resumen

La deformación cuaternaria en la cordillera de la costa en el norte de Chile está controlada en gran parte por sistemas de fallas, entre las cuales destaca el sistema de Falla de Atacama (SFA), junto a otras que se expresan en notorios escarpes de falla. Una de estas estructuras corresponde a una falla ubicada frente a Caleta Constitución, denominada la Falla Isla Santa María, la cual se ubica al sur de la península de Mejillones.

El objetivo principal de este trabajo consistió en realizar una evaluación paleosismológica de la Falla Isla Santa María utilizando evidencia geomorfológica y estructural del conspicuo escarpe que se evidencia en superficie. Mediante trabajo de terreno y a partir de imágenes de dron se construyeron modelos de elevación digital (DEM) y fотомosaicos de precisión. Además, se estudiaron perfiles topográficos y se caracterizó paleosismológicamente una pared expuesta de manera perpendicular a la traza de falla. Para acotar edades cronoestratigráficas se utilizó el método de datación por Carbono 14. Con estas herramientas se pudo caracterizar la falla y determinar su evolución cuaternaria tardía. Los resultados obtenidos indican que la falla presenta una disposición que varía entre N11E/80 W y N15E/70 W. En el lugar donde se estudió la pared del macizo se pudo determinar una cinemática normal, con descenso del bloque occidental y una separación vertical media de 2,75 m.

El análisis morfológico del área de estudio junto con el análisis paleosismológico permitió reconocer al menos 3 paleosismos en esta falla, de los cuales el más reciente tiene una edad máxima pleistocena superior. Utilizando valores de desplazamiento máximos observados en la pared expuesta y perfiles, junto con ecuaciones que permiten vincular la magnitud de momento (M_w) con largos de ruptura se estimaron magnitudes mínimas que varían entre 6,6 y 6,7 y magnitudes máximas entre 6,9 y 7,0, con un largo de ruptura mínimo inferido aproximado de 30 km.

Utilizando los desplazamientos (offsets) inferidos para la Falla Santa María y de corroborarse las edades de radiocarbono, es posible estimar tasas de deslizamiento entre 0,04 y 0,06 mm/año para los últimos 30 mil años, lo que sugiere que esta falla es una falla intraplaca potencialmente activa.

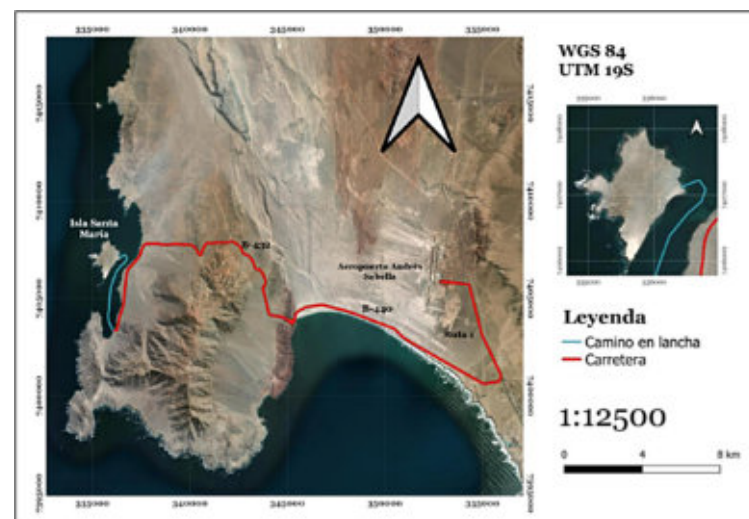


Figura 1.1. Mapa de ubicación y acceso al área de estudio.

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

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

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

Sustentante: **Pazos Marín Gabriela Alexandra**

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

Resumen

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

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

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

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

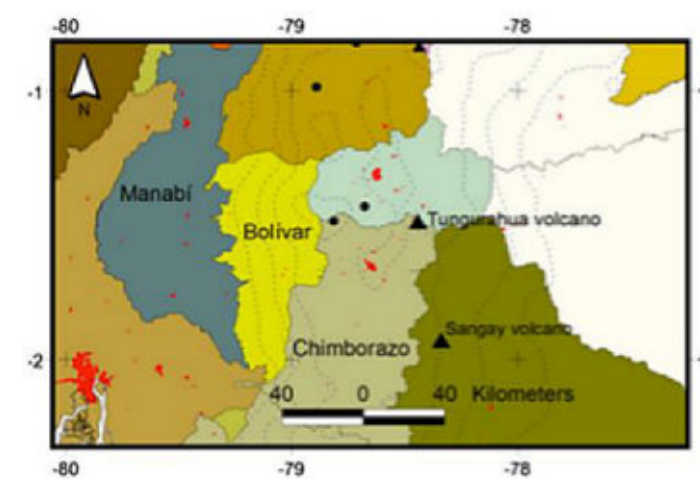


Figura 1.1. Ubicación geográfica del volcán Tungurahua entre las provincias de Tungurahua y Chimborazo. Obtenido de Parra et al. (2016).

Análisis de la evolución tectónica de los márgenes hiperextendidos mediante la integración de datos sísmicos, gravimétricos y magnéticos.

Universidad Complutense de Madrid, Memoria para optar al Grado de Doctor, 2022.

Sustentante: **Cristina Granado Pérez.**

Directores de Tesis: *Dr. Alfonso Muñoz Martín, Dr. Antonio José Olaiz Campos y Dr. Oscar Fernández Bellon.*

Resumen.

Los márgenes hiperextendidos presentan una gran heterogeneidad transversal y longitudinal, por lo que la definición de dominios tectónicos realizada casi exclusivamente a partir de secciones sísmicas 2D presenta serias limitaciones.

La estructura del Margen Occidental Ibérico (MOI) es heterogénea en toda su extensión. Esta heterogeneidad se debe a la naturaleza del basamento anterior al proceso de rift (Murillas et al., 1990), y a que su formación implica varios episodios de rifting y una inversión tectónica parcial posterior (Boillot y Malod, 1988).

La estructura clásica de primer orden de este margen (y otros) de rift hiperextendido y pobre en magma muestra secciones transversales "idealizadas" con un conjunto de dominios de rift desde el continente hasta el océano (p. ej., Tugend et al., 2015).

Los límites entre los diferentes dominios tectónicos del MOI han sido discutidos por diversos autores (p. ej., Péron-Pinvidic et al., 2013; Weldford et al., 2010; Nirrengarten et al., 2018; Druet et al., 2018), basándose en criterios geofísicos y estructurales. Entre ellos destaca el factor de estiramiento, que es una medida de estiramiento tectónico y adelgazamiento de la corteza. Estos criterios se apoyan principalmente en la interpretación de las secciones sísmicas de reflexión regionales, en unos pocos datos de pozos disponibles y, en menor medida, en los datos de campos potenciales. Sin embargo, los criterios utilizados para definir los diferentes dominios no siempre coinciden entre los distintos autores (Péron-Pinvidic et al., 2013; Mohn et al., 2015; Tugend et al., 2015; Stanton et al., 2016). Las razones para esta variabilidad son múltiples: la complejidad de la estructura extensional; los efectos de la herencia estructural y reológica en las múltiples fases de extensión; y los procesos geológicos posteriores que han modificado la estructura extensional (p. ej., la reactivación compresiva), y el hecho de que la mayoría de los estudios anteriores se han basado en datos sísmicos 2D muy limitados espacialmente.

Este enfoque bidimensional dificulta la correlación lateral entre los diferentes dominios estructurales a escala regional del margen (p. ej., Péron-Pinvidic et al., 2015) debido a dos factores principales: a) la información sísmica regional es bidimensional y discontinua, y b) las estructuras oblicuas y transversales pueden desplazar significativamente los dominios de una sección a otra. La complejidad inherente del sistema extensional, junto con la complejidad añadida causada por la herencia tectónica y los eventos tectónicos posteriores, añade un componente extra de dificultad para generar mapas fiables de dominios estructurales a partir de secciones sísmicas bidimensionales únicamente.

De este modo, en este trabajo presentamos la cartografía de los dominios tectónicos del MOI a escala cortical. Para ello se ha combinado la modelización gravimétrica 2½ D a lo largo de secciones sísmicas clave y filtros avanzados aplicados a los datos gravimétricos y magnéticos para mejorar, caracterizar los dominios tectónicos corticales y cartografiar los límites entre ellos. Los parámetros cuantificables (factor de estiramiento, anomalía de Bouguer y valores de gradiente) se utilizan posteriormente para proponer criterios que pueden aplicarse para definir los dominios a escala de la corteza del MOI y sus límites.

El resultado es un novedoso mapa del MOI en el que la interpretación estructural del margen pasivo se apoya en datos de sísmica de reflexión, perforación de pozos y datos gravimétricos (Granado et al., 2021). Seguidamente, utilizando como punto de partida los resultados del modelado gravimétrico en 2½D (Granado et al., 2021), se ha procedido al modelado en 3D de la estructura del margen a escala litosférica, a partir de las anomalías gravimétricas. Esta técnica permite abordar las limitaciones del modelado bidimensional y analizar de forma continua la señal gravimétrica, observando de forma iterativa las variaciones geométricas o de densidad de cada capa definida. El uso de modelos 3D de inversión gravimétrica, por tanto, es una potente técnica para definir el grosor de la corteza, la estructura de la transición océano-continente y la localización de dicho límite (Chapell y Kuszniir, 2008).

Como resultado de esta modelización 3D se han obtenido los mapas de profundidad del Moho y distribución de densidad continua en todo el margen; y además, se han calculado los mapas de espesor de corteza y adelgazamiento para todo el MOI. Así mismo, se ha generado un volumen de densidad que hace que se puedan establecer correlaciones con los modelos de velocidad generados a partir de los perfiles de sísmica de refracción profunda (DSS).

Los resultados de este modelado proporcionan, por primera vez, una distribución completa de la estructura del margen de manera continua. Estos resultados permiten comparar las zonas continental y offshore de manera continua, que ha sido de gran utilidad en el siguiente apartado de los trabajos realizados en esta investigación.

Por último, se realiza un análisis de las relaciones entre la geometría y propiedades de la corteza previas sobre la evolución del margen en sus etapas extensionales y de inversión. Para este fin, se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Análisis de la distribución de dominios definidos en función de parámetros gravimétricos, magnéticos y geológicos desde la zona emergida hacia la sumergida.
- A partir del análisis de la distribución de los dominios propuesta anteriormente, junto con el resto de información obtenida en esta investigación; se discute la influencia de la corteza previa sobre la evolución extensional del margen y su posterior inversión parcial compresiva.

Los resultados obtenidos en esta Tesis permiten tener calibrada la estructura cortical del margen mediante un modelo tridimensional continuo de todo el margen. El modelo 3D ha permitido discutir y definir un conjunto de criterios para establecer los límites entre dominios tectónicos. Estos criterios son la base para la cartografía continua de los dominios, y constituyen una metodología que puede ser aplicada en otros márgenes hiperextendidos, o bien en el margen conjugado de Iberia.

Una vez culminada la obtención de la estructura 3D y variación de propiedades del basamento del margen, la integración de todos los resultados obtenidos en esta investigación permite discutir la influencia de la herencia geológica y tectónica previa en el desarrollo del rifting e hiperextensión mesozoicos, y la posterior reactivación compresiva; que podría haber sido un factor determinante en la configuración final del margen.

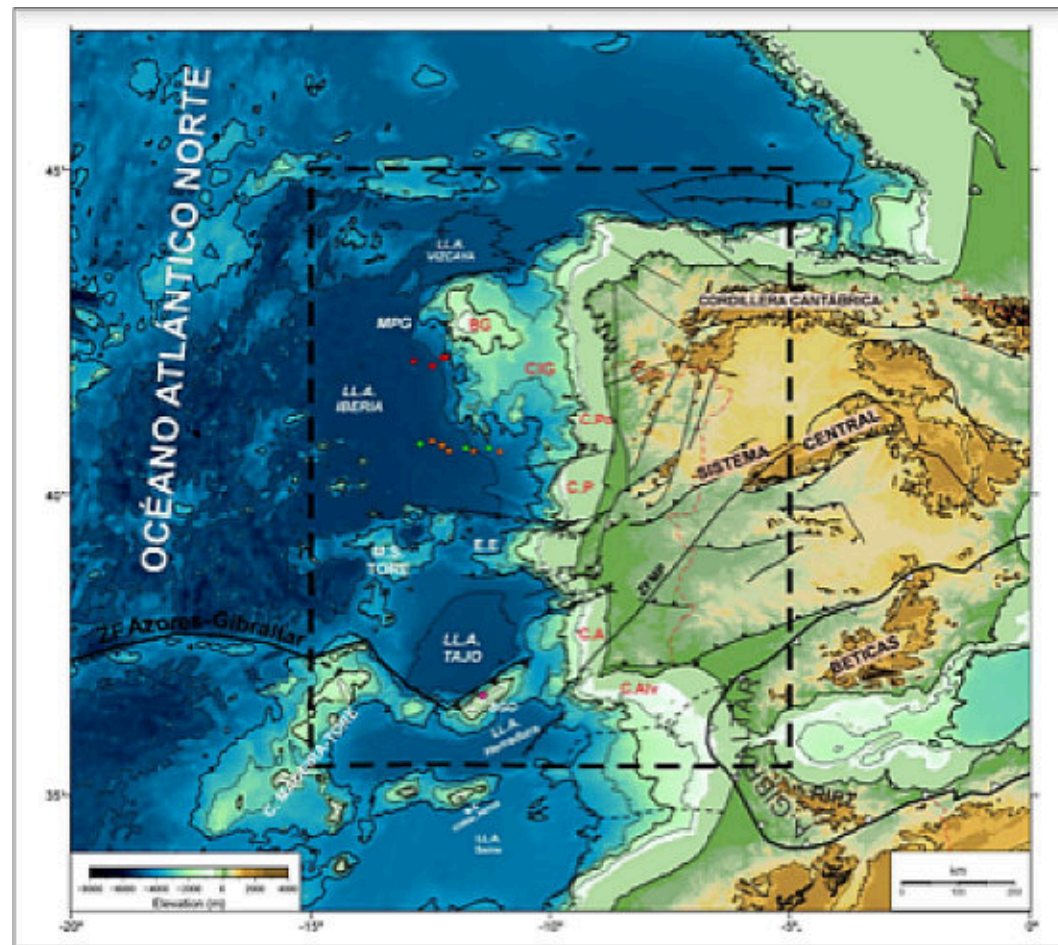


Figura 1.1. Mapa de elevación con la localización tectónica del Margen Oeste de Iberia, mostrando las cuencas sedimentarias y las principales estructuras con referencias en el texto. FA, Falla de Aveiro; FN, Falla de Nazaré; FT, Falla del Tajo; LL.A., Llanura Abisal; BGO, Banco de Goringe; MPG, Margen Profundo de Galicia; BG, Banco de Galicia; CIG, Cuenca Interior de Galicia; C.Po, Cuenca de Porto; C.P, Cuenca de Peniche; C.A, Cuenca del Alentejo; C.Alv, Cuenca del Algarve; ZFMP, Zona de Falla Messejana – Plasencia; M.S, Monte Submarino; ZF, Zona de Fractura; E.E, Espolón de Extremadura. Los círculos pequeños coloreados muestran la localización de los sondeos ODP (rojos, LEG 103; naranjas, LEG 149; verdes, LEG 173; rosa, sitio 120).

Evaluación de los principales potenciales almacenes geológicos para el secuestro de CO2 en el Perú.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Ambientales, 2023

Sustentante: **Jorge Humberto Paredes Angeles.**

Director de Tesis: Dr. Carlos Augusto Antonio Carbonel Huamán

Resumen

Objetivo general de esta investigación es evaluar los potenciales almacenes geológicos y su relación con el confinamiento y la retención permanente (secuestro) de CO2 en el Perú.

Para tal efecto se hace necesario analizar los datos de exploración geológica, de producción de hidrocarburos, de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) disponible. Información que se obtiene de la perforación de exploración de recursos hidrocarbúricos de las diferentes cuencas sedimentarias del Perú, los reportes especializados de producción petrolera y gasífera, de generación de GEI, que administran las diferentes entidades estatales relacionadas con la ella como PeruPetro, INGEMMET, MINEM, OSINERGMIN.

El análisis y tratamiento de datos se efectuó utilizando herramientas informáticas especializadas, como los paquetes logicales estadísticos, de administración de datos georreferenciados y de estimaciones de recursos de almacenamiento específicos como: Stata y SPSS - en la construcción de la base de datos y su análisis, ArcGIS en la gestión espacial de los datos y la generación de los mapas y CO2-SCREEN en la estimación de volúmenes y toneladas.

En esta investigación también se propone un conjunto de datos, luego de discutir su pertinencia; para ser usados en desarrollar una simulación de una formación acuífera salina peruana de almacenamiento geológico con algún software de modelamiento para períodos de entre 1 000 y 100 000 años.

Las estimaciones de la capacidad de almacenamiento de las diferentes formaciones geológicas se hacen de acuerdo a la metodología de USDOE/NETL, que es una metodología robusta y que se ha convertido en la metodología "oficial" por omisión para estas estimaciones en diferentes partes del mundo donde se han desarrollado estimaciones de recursos de almacenamiento de CO2 (México, Brasil, Sudáfrica, etc.), debido a que los posibles lugares de almacenamiento no están debidamente caracterizados se informa de ellos como una estimación de la capacidad y se emplean simulaciones Montecarlo para considerar las incertidumbres.

El tratamiento de los datos y la revisión de la información recopilada nos lleva a generar un conjunto de mapas que conforman el Atlas de Recursos de Almacenamiento de CO2 en el Perú y que es el producto más importante de esta investigación.

De los potenciales almacenes geológicos que existen, para los fines de la presente investigación se han evaluado solo los depósitos de petróleo, los depósitos de gas y las formaciones acuíferas salinas. Para los demás, se han esbozado recomendaciones y planteado la necesidad de su futura evaluación detallada.

Las más importantes fuentes fijas o estacionarias de CO2 del país: las centrales térmicas, refinerías de petróleo y fábricas de Cemento y cal del Perú; contribuyen con un total de emisiones de 21 201.01 Gg de CO2 cada año.

En el dimensionamiento de la capacidad de almacenamiento de las formaciones acuíferas salinas se empleó el muestreo de Montecarlo donde se simula 10,000 veces y se calculan los valores de: 22.8 MGg de CO₂ en el P₁₀, 84.5 MGg de CO₂ en el P₅₀ y 242.6 MGg de CO₂ en el P₉₀ de recursos de almacenamiento de CO₂, utilizando el software GoldSim. Estos valores estimados cuando se aplica la regla de Swanson se convierten en 114.2 millones de Gigagramos de CO₂.

La evaluación de la capacidad total de almacenamiento de los diferentes potenciales reservorios de CO₂, nos lleva estimar que los recursos de almacenamiento o secuestro de CO₂ en el Perú son del orden de 114.5 millones de Gigagramos de CO₂.

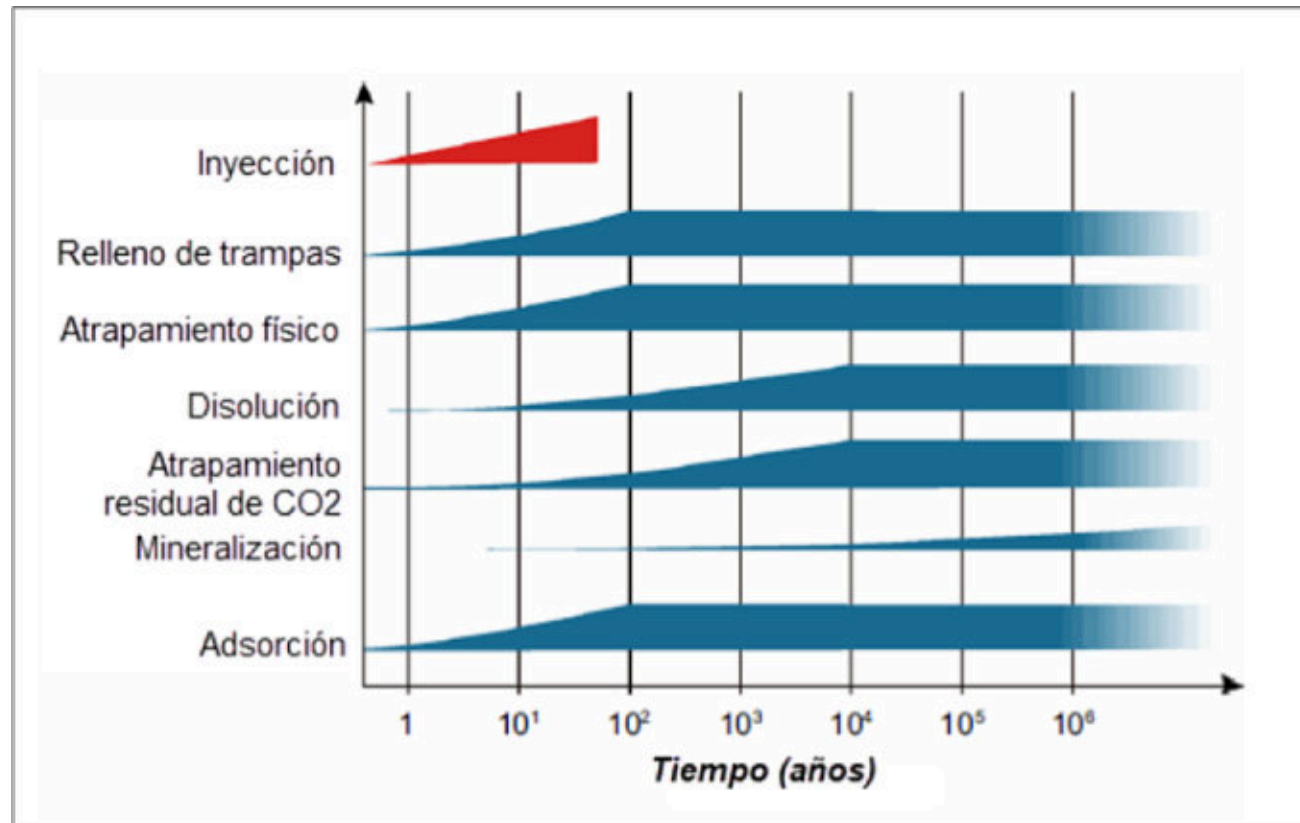


Figura 1.1. Marco temporal de los mecanismos de captura modificado de (Metz & Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

Estudio sismológico de la actividad y la estructura del Volcán Isla Decepción (Antártida), mediante el análisis de datos continuos registrados en una estación sísmica permanente (2008-2015).

Universidad de Granada, España, Tesis doctoral, 2021

Sustentante: **Vanessa Jiménez Morales.**

Director de Tesis: *Francisco Javier Almendros González.*

Resumen

La Isla Decepción es un volcán activo ubicado en las Islas Shetland del Sur, Antártida. Aunque las últimas erupciones ocurrieron en 1967-1970, el volcán ha experimentado períodos de crisis sísmicas en 1992, 1999 y 2015. La actividad sísmica del volcán Isla Decepción ha sido registrada durante tres meses al año desde 1986 hasta el presente, coincidiendo con el verano austral. En 2008 se instalaron tres estaciones sísmicas permanentes ubicadas en el volcán Isla Decepción (DCP), Isla Livingston y Caleta Cierva (CCV).

La presente tesis ha tenido como objetivo utilizar el registro continuo en el volcán de la Isla Decepción (incluidos los períodos invernales australes) desde 2008 para estudiar la actividad sísmica a largo plazo del volcán, para mejorar nuestra comprensión del comportamiento, la sismicidad y los mecanismos que generan la actividad volcánica. Asimismo, nos permite modelar la estructura de la velocidad de las ondas S de las capas más superficiales de Decepción y determinar sus características. A partir de este estudio sismológico de la actividad y estructura del volcán Isla Decepción se ha obtenido:

- (1) Un modelo 1D de la estructura poco profunda de la costa y bahía interior de la Isla Decepción. Se ha utilizado series largas de registro de ruido ambiental de diferentes estaciones terrestres y marinas desplegadas en la costa y en el interior de la bahía de Isla Decepción, con lo que se ha mejorado los estudios de ruido observando la estabilidad de los picos.
- (2) Identificación de una nueva señal sísmica llamada DLDS utilizando un enfoque basado en la evaluación de la energía sísmica promedio contenido en bandas de frecuencia seleccionadas. Se necesita una cantidad suficiente de datos sísmicos durante todo el año para el análisis de DLDS debido a su larga duración y a su modulación estacional.
- (3) Se distingue un enjambre precursor de VT distal al SE de la isla Livingston que comienza cinco meses antes de la crisis sísmica registrada en Decepción en febrero de 2015.
- (4) Reconocimiento de una modulación anual para algunas de las señales sísmicas de Decepción. Esta modulación anual está relacionada con el ciclo estacional y otras variaciones atmosféricas, influenciada por factores externos, que pueden inducir variaciones de presión en los fluidos volcánicos/hidrotermales, o ser un indicador de tendencias climáticas.
- (5) Identificación de un aumento y aceleración de la actividad sísmica a partir del 2011 hasta la crisis sísmica registrada en Decepción en 2015.
- (6) Se propone un modelo volcánico para el comportamiento del volcán Decepción durante los 7.5 años de registro continuo de DCP. El volcán empieza en un estado dormido en la fase 1 con un bajo nivel de actividad sísmica. En la fase 2 el volcán se despierta con aumento gradual de la actividad sísmica, donde se produce una intrusión magmática profunda que aumenta la cantidad de gas en el edificio volcánico. Finalmente, el volcán se inquieta en la fase 3 con una aceleración de sismicidad hasta llegar a una erupción fallida.
- (7) El registro continuo de datos sísmicos en Decepción, incluso en una sola estación (DCP), permite un salto cuantitativo y cualitativo en nuestra capacidad para caracterizar y comprender el comportamiento volcánico. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de una red sísmica permanente en el volcán Isla Decepción para la evaluación de riesgos volcánicos.

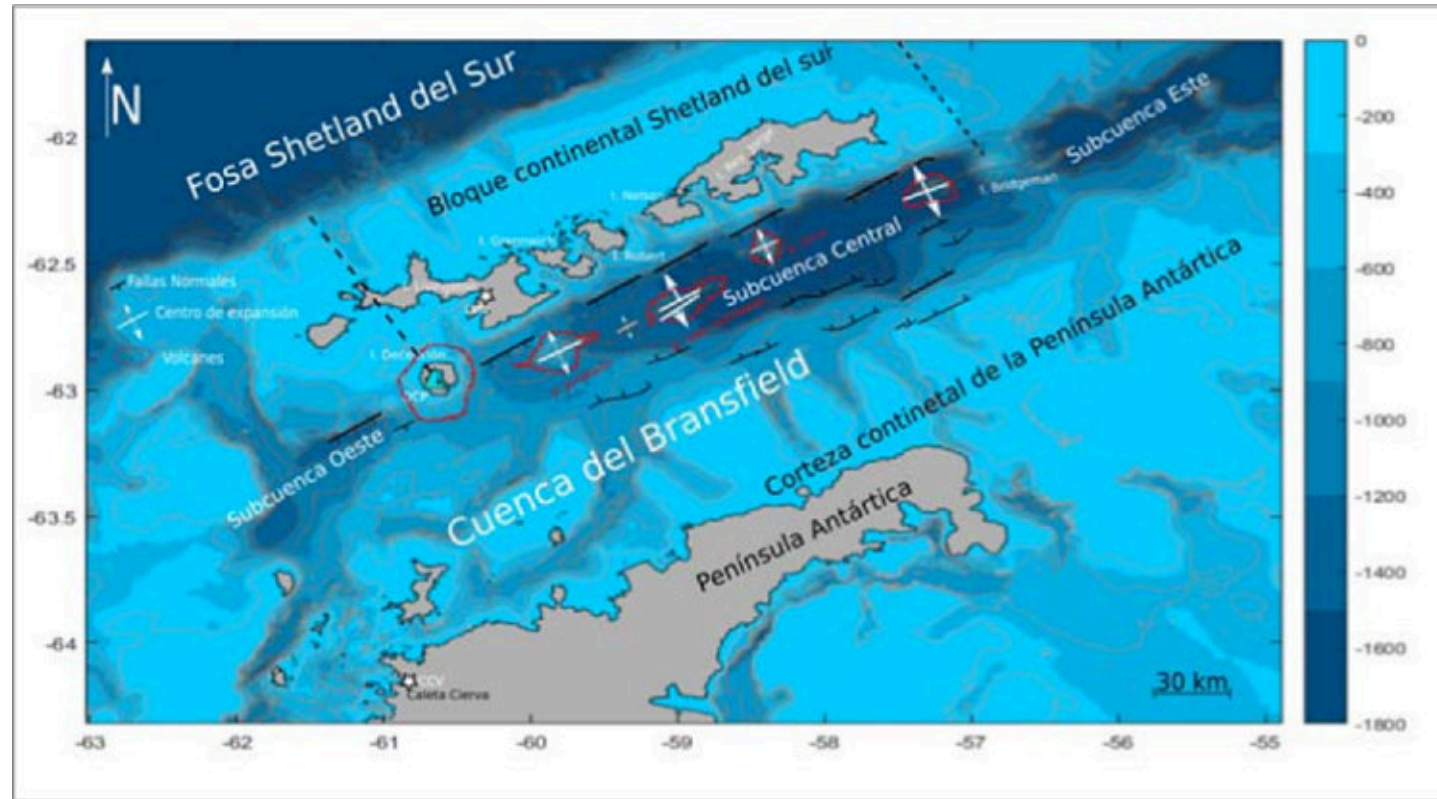


Figura 1.1. Mapa de la región de la Península Antártica y las Islas Shetland del Sur, que muestra la ubicación de la Isla Decepción en el Estrecho del Bransfield. El intervalo de contorno de batimetría (GMRT) es de 200 m. El triángulo cian representa la ubicación de la estación sísmica DCP. Las estrellas blancas representan la ubicación de las estaciones sísmicas permanentes LVN y CCV.

Análisis de la fuente sísmica de dos terremotos anómalos en el norte de Chile.

Universidad de Concepción, Chile

Tesis para optar al grado de Magister en Geofísica, 2023

Sustentante: **Carlos Andrés Tassara Gutiérrez.**

Director de Tesis: *Dr. Matthew Miller.*

Resumen.

El Norte de Chile es una región sísmicamente activa. La sismicidad ocurre segmentada en tres bandas de profundidades: terremotos superficiales, intermedios y profundos. Terremotos de gran magnitud se han observado a diferentes profundidades. Ejemplo de grandes terremotos en el Norte de Chile en las últimas décadas son el terremoto de Tocopilla en 2007 (Mw 7.7), el de Iquique en 2014 (Mw 8.1-8.2), ambos superficiales, y el terremoto de Tarapacá en 2005 (Mw 7.8), de profundidad intermedia. El segmento del margen de placa en el Norte de Chile se ha considerado como un gap sísmico desde la ocurrencia de grandes terremotos al final del siglo XIX (Comte y Pardo, 1991). En 2014, el terremoto de Iquique, con magnitud Mw 8.1-8.2, ha afectado la parte central de este gap sísmico, dejando gaps de menor tamaño hacia el norte y el sur de la región, manteniéndose latente la posibilidad que ocurra un terremoto de gran magnitud, en las cercanías a estos sectores, como se presume haya ocurrido al final del siglo XIX (Ruiz et al., 2014; Shurr et al., 2014; Cesca et al., 2016).

Los mecanismos focales típicos de la sismicidad superficial se caracterizan por terremotos de mecanismo reverso, con orientación Norte-Sur y geometría compatible con la superficie de contacto de la subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana. Por su parte, los terremotos intermedios también marcan un patrón típico, mayormente caracterizado por fallas normales y con la misma orientación Norte-Sur. Sin embargo, un análisis detallado de la sismicidad y de los mecanismos focales en el período 2004-2018 ha mostrado una posible segmentación también a lo largo del margen de placa en el Norte de Chile (Cesca, 2018), que sugiere tres regiones con mecanismos focales ligeramente diferentes desde el Norte hacia el Sur. Una variabilidad de la sismicidad regional al variar la latitud se ha evidenciado también a partir de una relocalización de la sismicidad reciente (Sippl et al., 2018), que afecta sea la sismicidad superficial que la intermedia.

En 2020 ocurrieron dos terremotos en el Norte de Chile, con mecanismos focales anómalos, según los catálogos de tensores momentos globales (p. ej. Global CMT; Geofon), que se diferencian de los patrones típicos descritos en la literatura actual (Cesca, 2018; Sippl et al., 2018). El sismo intermedio de magnitud Mw 6.8 del 3.6.2020, con mecanismo normal, es interesante por su orientación, inclinada respecto a la del margen de placa. El sismo superficial de magnitud Mw 6.2, del 11.9.2020, en cambio, tiene un mecanismo de strike-slip, en una región y a una profundidad donde típicamente se observan mecanismos reversos. El análisis de estos dos terremotos puede ayudarnos a entender las características de la sismicidad regional y confirmar la hipótesis de su segmentación, con implicaciones para la reconstrucción de la geometría de la subducción, así como para los modelos de propagación de ruptura de grandes terremotos en el Norte de Chile. Considerando la magnitud relevante de estos dos terremotos, su análisis es también relevante para la evaluación de fallas activas y la estimación del peligro sísmico. En este trabajo se pretende caracterizar la fuente sísmica de estos dos terremotos, mediante la determinación del tensor momento y, si es posible, de los parámetros de fuente finita, así como su interpretación de forma conjunta con la distribución espacial de sus réplicas, para identificar la geometría de los planos de fallas y discutir sus implicaciones en la sismicidad local.

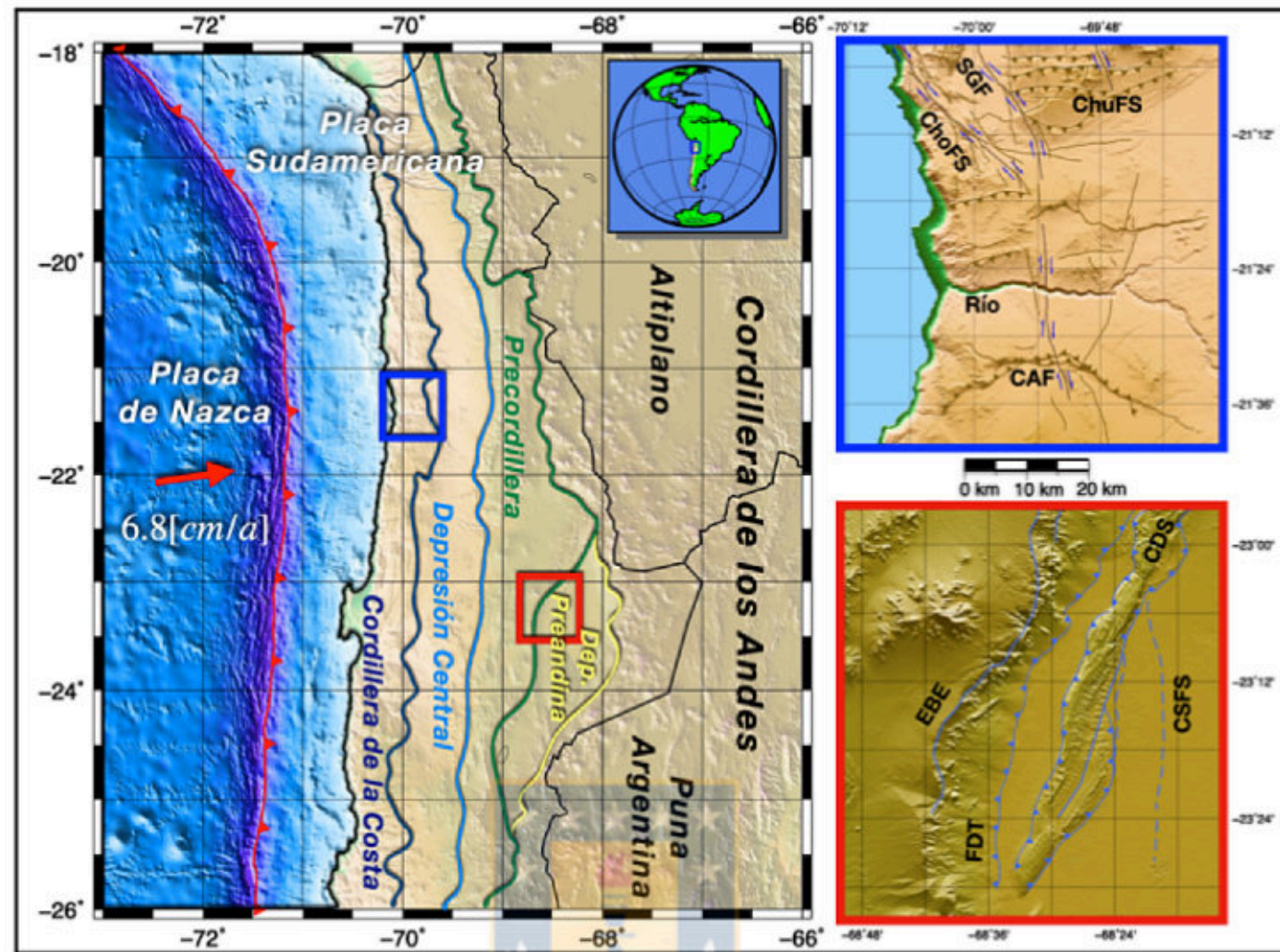
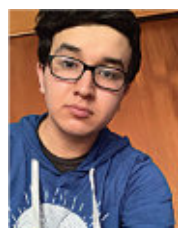


Figura 1.1. Tectónica de los Andes Centrales en el norte de Chile. Línea roja denota un segmento de la fosa de subducción chileno-peruana y la flecha roja representa la dirección de subducción (Vigny et al., 2009; Métois et al. 2012). Líneas coloridas, delimitan las principales unidades tectónicas del norte de Chile (Mpodozis et al., 2005). Los recuadros azul y rojo, definen las áreas de los terremotos estudiados de Río Loa y San Pedro respectivamente, y algunos sistemas de fallas presentes en la zona de estudio (Mittelstadt y Victor, 2020). Figura de elaboración propia.

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



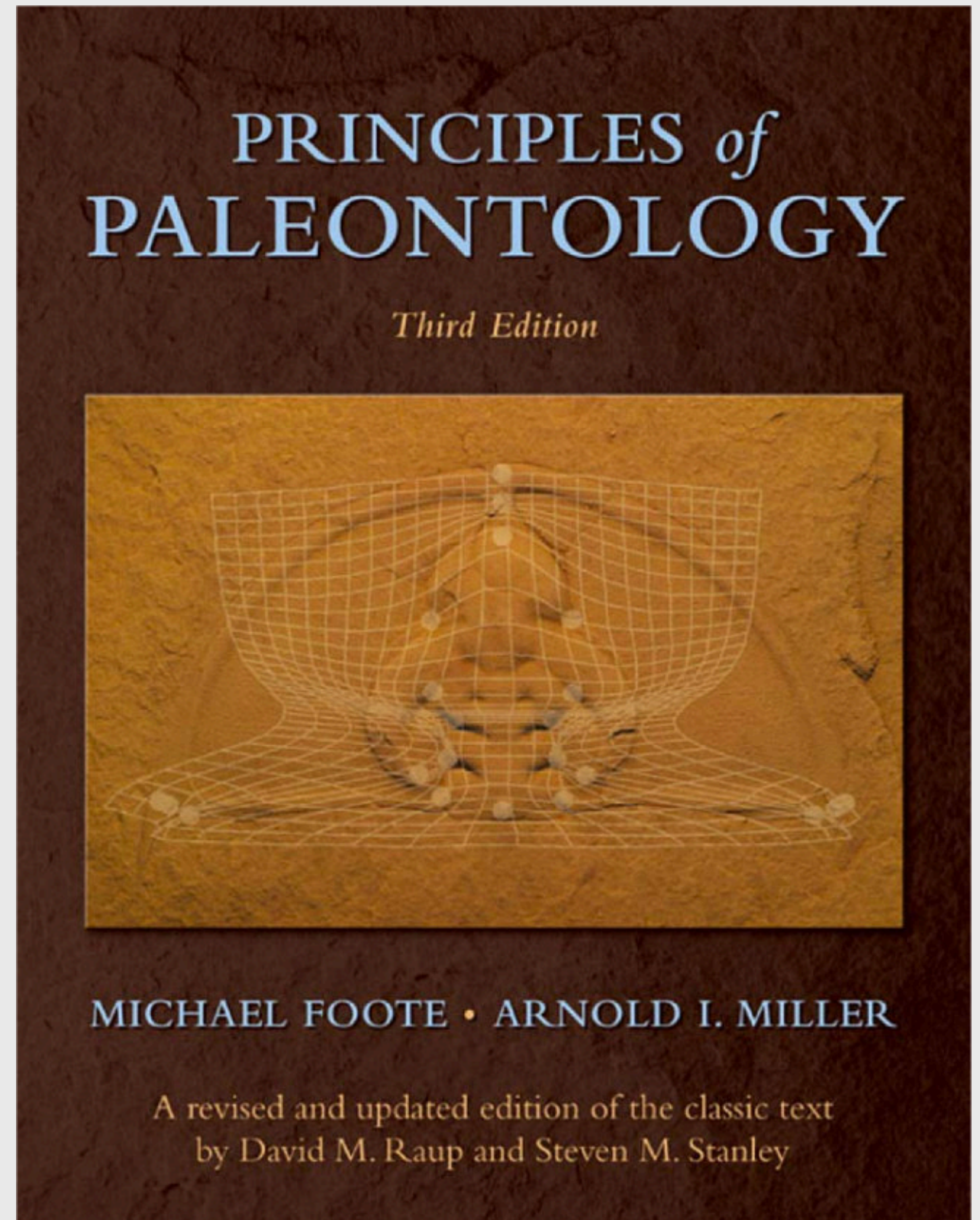
Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

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

diegogabriel807@gmail.com

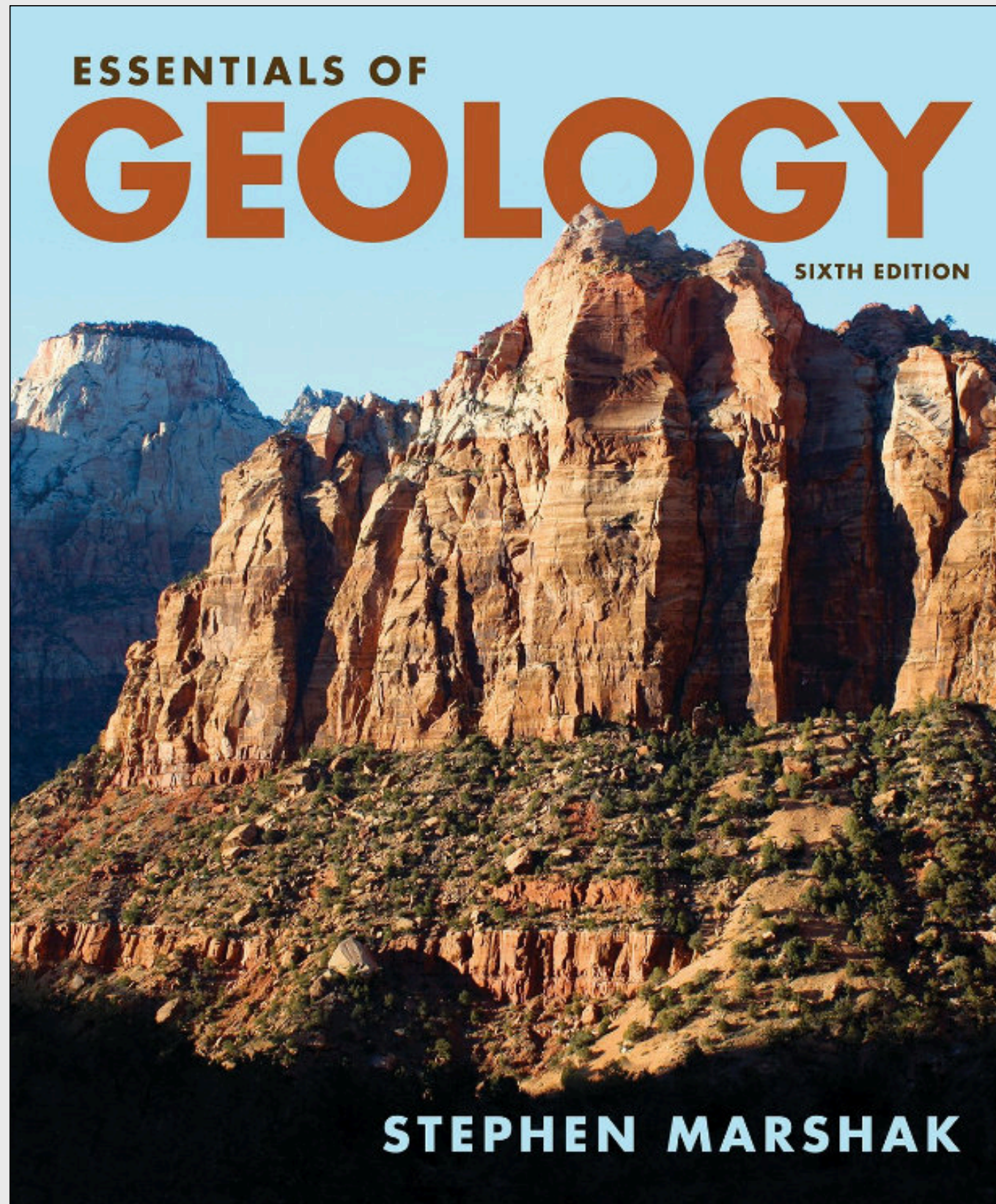
El libro recomendado

https://www.amazon.com/Principles-Paleontology-Michael-Foote/dp/071670613X/ref=asc_df_071670613X/?tag=hyprod-20&linkCode=df0&hvadid=312168166316&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=8123462371816543720&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1013509&hvtargid=pla-569254367960&psc=1



El libro recomendado

<https://www.amazon.com/Essentials-Geology-Sixth-Stephen-Marshak/dp/0393667529>



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética.
¿Qué es el *greenwashing*, cómo detectarlo a tiempo y a dónde deberíamos dedicar nuestros esfuerzos?

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

¿Han escuchado alguna vez a algún famoso decir que es amigable con el planeta porque, aunque viaja en aviones privados, planta muchísimos árboles para contrarrestar las emisiones, y que al final, el valor neto de gases de efecto invernadero liberados en sus vuelos con respecto al CO₂ absorbido por las plantas sembradas es cero? Si no sembró esos montones de árboles hace unos 20 – 40 años, está probablemente haciendo uso del *greenwashing*: que es simplemente aparentar tener una posición y mantener actuaciones limpias ambientalmente, cuando en realidad se está valiendo de su influencia, poder adquisitivo y de un maravilloso equipo de relaciones públicas para mostrarle al público una imagen irreal.

El *greenwashing* es una práctica devastadora que se está presentando en muchos ámbitos, e irónicamente, muchas políticas gubernamentales e incentivos económicos para reducir la emisión de gases de efecto invernadero conllevan a que se imponga el *greenwashing* sobre acciones que realmente tienen impacto, pero que son más complicadas y costosas. Pongamos un ejemplo: el gobierno de un país (que llamaremos país 1) les dice a sus plantas de generación eléctrica que les reducirá los impuestos si abandonan el uso del carbón, una idea que sería excelente si no fuera porque hay otro país vecino (país 2) donde no existen regulaciones y a donde se podrían trasladar las plantas termoeléctricas, de manera que el negocio ya no consistiría en generar la energía en el país 1 sino importarla del país 2. Si los costos de producir la energía afuera y transportarla, restando lo que se deja de pagar de impuestos, son menores que seguir generando en el país 1, seguramente hará que varias de dichas plantas, principalmente quienes tengan mayor capacidad de inversión, opten por importar la energía del país 2; esto tiene dos atractivos: mejoran su imagen corporativa al clamar que abandonan el uso del carbón y además reducen costos, aumentando la rentabilidad de la compañía. Al final, pierde el ambiente porque no solo se suman las emisiones de las plantas implementadas en un país donde no hay controles, sino además las de la

construcción de estas y de las redes de transporte, y pierde el pueblo porque el gobierno deja de percibir impuestos.

Nosotros los consumidores finales también somos una motivación económica para que se practique el *greenwashing* en diferentes industrias, el 75% de la población *millennial* (nacidos entre 1980 y 1995, más o menos) está dispuesta a pagar más por artículos que son ambientalmente responsables. Actualmente, encontramos lugares (más 50% de los Estados Unidos) donde el usuario puede escoger el tipo de fuente a partir de la cual desea que genere la electricidad de consume, y aunque las energías limpias tienden a ser un poco más costosas, muchos compradores prefieren dicha opción. De manera que debemos promover compañías que realicen actividades realmente limpias e identificar cuáles tratan de engañar al público sin ofrecer soluciones reales.

Para poder reconocer y atacar el *greenwashing*, es indispensable identificar cuáles sectores son los que están generando más emisiones y por lo mismo, hacia dónde se deben ejercer los mayores esfuerzos para implementar controles. El Acuerdo de París de 2016 planteó entre sus objetivos la reducción de un 40% de emisiones para 2030, ahora veamos la Figura 1, que muestra las emisiones globales de CO₂ por industria, podemos observar que los sectores con mayor impacto son la generación eléctrica, el transporte y la industria. Definitivamente la generación eléctrica y de calor es un área muy importante de mejora, y la buena noticia es que existen muchos métodos de utilización de fuentes de energía renovables, como plantas hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas y geotermales. Se han estudiado otros mecanismos menos exitosos, como la generación a partir del oleaje en el mar, inclusive se han alcanzado a implementar en algunos lugares, afortunadamente las locaciones de aprovechamiento de las olas son muy restringidas en el planeta, de manera que esta tecnología no se ha expandido a pesar de que en sus inicios se ofrecía como una solución excelente para nuestra necesidad de obtener energía limpia casi ilimitada. El potencial de cada tipo de energía varía ampliamente según cada zona, pero casi siempre podemos recurrir a alguna de las cuatro fuentes que mencionamos anteriormente: hidroeléctrica, fotovoltaica, eólica o geotermal, cualquier otro tipo de energía renovable que se nos planteé debe ser analizada exhaustivamente para asegurarnos de que sea la mejor opción y que no se nos esté ofreciendo una solución no tan limpia o eficiente

¹Business News Daily. What Is Greenwashing?, 2023. <https://www.businessnewsdaily.com/10946-greenwashing.html>.

²U.S. Department of Energy. Buying Clean Electricity: <https://www.energy.gov/energysaver/buying-clean-electricity>.

como otras. Como último recurso, también contamos con la energía nuclear, que como comentábamos en el artículo “Hablemos de la energía nuclear” de la Revista Maya, Edición febrero de 2023, si bien no es renovable, puede ser sostenible si existe un plan de tratamiento adecuado de desechos radiactivos.

Ahora hablemos del transporte, en la Figura 2 se muestran las concentraciones de emisiones según el tipo. Es evidente que el transporte de pasajeros en vehículos pequeños debe ser controlado, la implementación de un sistema de transporte público masivo limpio es una de las mejores soluciones para este problema, pero en general,

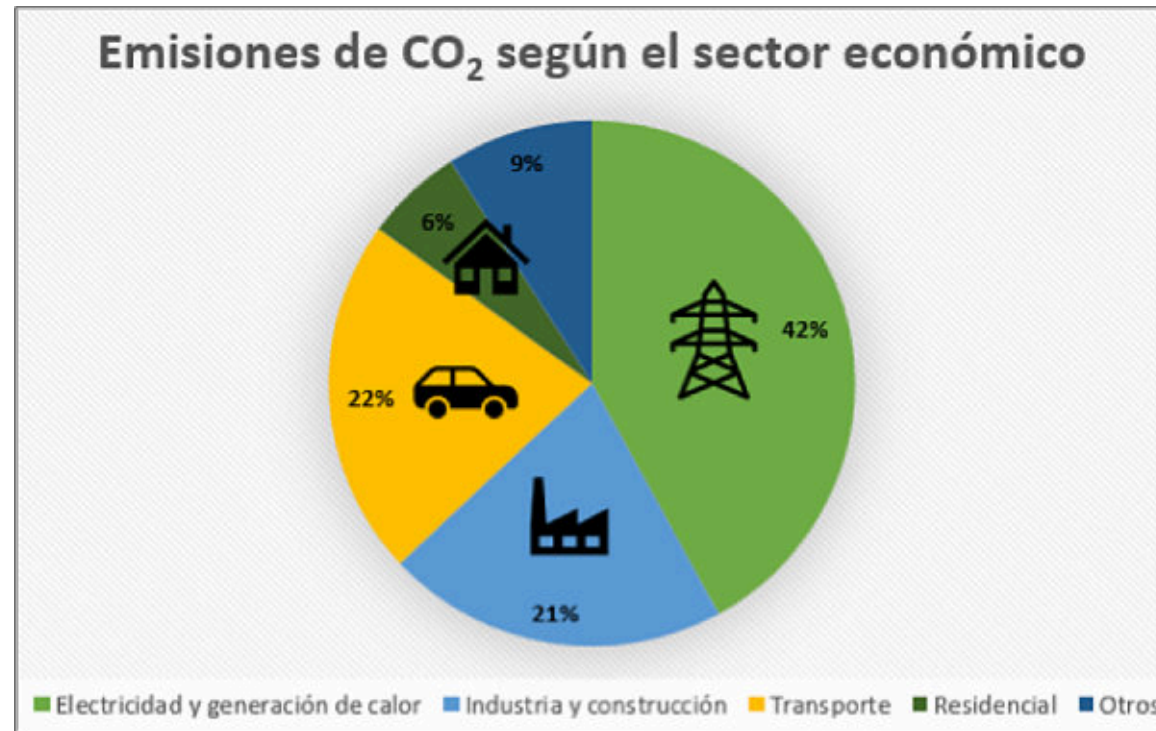


Figura 2. Emisiones de dióxido de carbono en el sector transporte. Fuente: IEA e IPCC³.

ya sea para uso masivo o individual, existen diferentes mecanismos que reducen las emisiones anuales, veamos tres principales: 1) el método más barato es utilizar vehículos alimentados por gas natural en lugar de gasolina o diésel, no es completamente limpio, pero libera menos emisiones y no es costoso porque no es necesario adquirir un nuevo vehículo sino realizar una conversión del sistema a gas; 2) uso de vehículos eléctricos, es una solución excelente siempre y cuando la fuente de generación eléctrica es más limpia que la gasolina de un vehículo tradicional, además, se debe utilizar por un período mínimo (alrededor de 5 años) que garantice que las emisiones asociadas a la construcción del nuevo vehículo contrarresten las que emitiría un vehículo a gasolina durante su vida útil; y 3) uso de vehículos de hidrógeno, igual que para el caso anterior, la generación del hidrógeno debe ser más limpia que si se utilizara un vehículo a gasolina, el escenario ideal sería que el hidrógeno fuera de tipo verde, que se genera por electrólisis a partir de fuentes renovables como la fotovoltaica o eólica, también

debe ser usado por un período mínimo en el que se alcance a equilibrar las emisiones presentadas por la construcción del vehículo nuevo frente a las del uso normal de un vehículo a gasolina durante toda su vida útil. El siguiente sector es el de transporte de carga, desafortunadamente, junto a la aviación, es un área que requiere la utilización de combustibles con altísima densidad energética que puedan liberarla rápidamente, lo más cercano que tenemos ahora es el hidrógeno puro, sin embargo, no existe un sistema listo para implementar masivamente con dichas características que cubra todas las necesidades de estas industrias. No podemos dejar de mencionar el uso de bioetanol para el transporte, que fue muy esperanzador en su momento, pero que, debido a los balances energéticos, la cantidad de área cultivada requerida, los lugares donde se puede sembrar y todos los problemas asociados al monocultivo, han hecho que entre en desuso y que otras iniciativas con más impacto en la reducción de emisiones sean favorecidas.

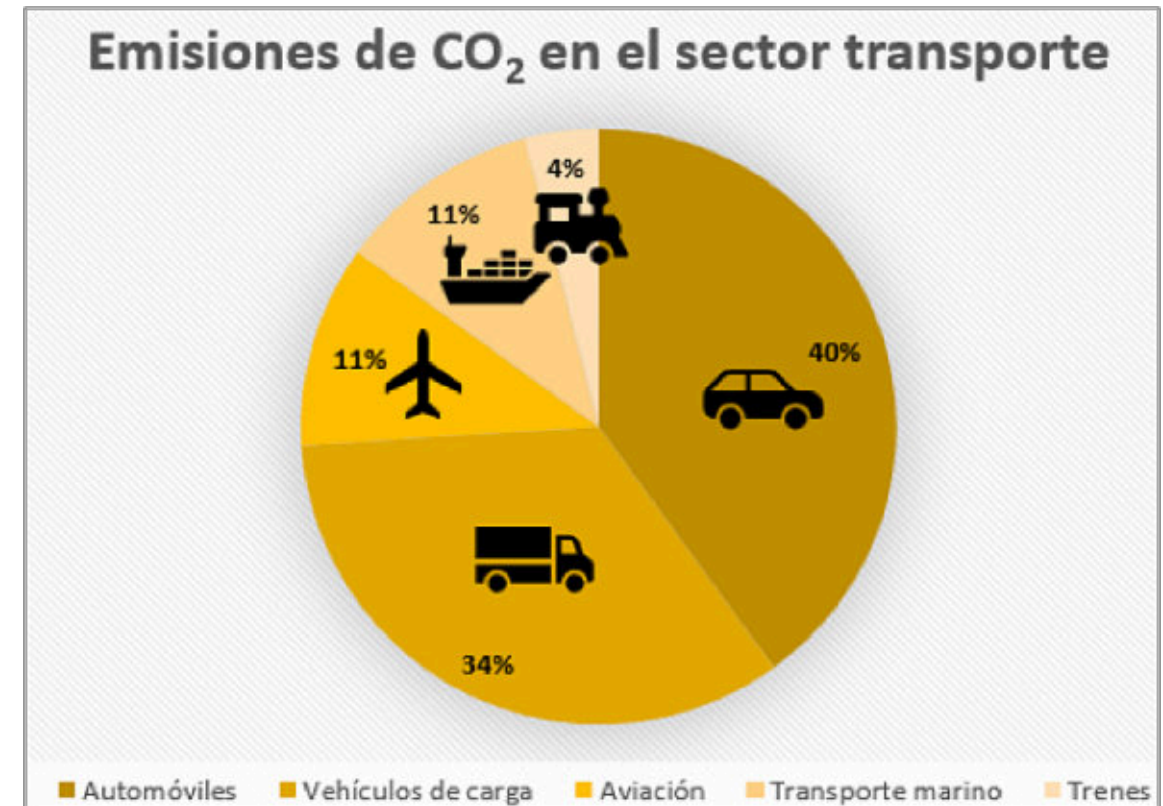


Figura 2. Emisiones de dióxido de carbono en el sector transporte. Fuente: IEA e IPCC³.

El siguiente sector es el de la industria, manufactura y construcción, responsable del 21% de emisiones. Aquí se engloban muchos procesos que deben ser evaluados caso a caso, lo primordial aquí es mejorar la eficiencia de cada actividad, recordemos que la transformación energética no nos debe impedir realizar tareas sino encaminarnos a obtener los mismos resultados utilizando menos recursos. Existe una serie de labores que se están implementando actualmente que hacen la diferencia: monitoreo de uso de energía mediante sensores inteligentes, reducción de uso energético mientras sea posible, apagado de maquinaria e iluminación que no se está utilizando, disminución del uso de agua, invertir en logística para almacenamiento y transporte, reciclaje, transformación de combustibles por energías renovables, reducción y reutilización de empaques, entre otros. Desafortunadamente, este sector es uno donde más se presenta *greenwashing*, muestran sus productos como amigables con el ambiente para aumentar sus ventas, identificarlo no es siempre fácil, pero nosotros como consumidores debemos prestar atención a ciertas señales: etiquetas que dicen “reciclable” que no indica la categoría ni específicamente a qué parte del producto es reciclable, anuncios como “más contenido reciclado que antes” no quieren decir nada si simplemente

ahora utilizan una cantidad mínima que comparada con cualquier cantidad menor es mayor, pero sigue siendo insignificante; notas que dicen “recíclame” o “reutilízame”, son muy comunes en bolsas plásticas, esto no quiere decir que se pueda poner en la cesta de reciclaje y que efectivamente podrá ser reciclada, simplemente te están pidiendo que no las botes después de usarlas una vez.

Como podemos ver, el *greenwashing* se presenta en todas las industrias, en la política existen innumerables casos, por eso debemos tener ojo crítico, no todo lo que se nos presenta como amigable con el planeta es realmente así, esta práctica nos hace mucho daño y debe tener repercusiones legales. En los Estados Unidos existe la Comisión Federal de Comercio, que está implementando leyes que hace que cada día sea más difícil realizar el *greenwashing* en la industria con el fin de proteger al consumidor. Sin embargo, todavía hay mucho por hacer en escalas mucho más grandes, como algunas de las que hemos comentado hoy, es indispensable imponer controles que garanticen buenas prácticas que de verdad estén encaminadas a mejorar el planeta donde vivimos, que es el que dejaremos a las generaciones futuras. Y cerrando con el caso de la celebridad que planta muchos

³International Energy Association and The Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. 2014.

⁴CORPCOMMS. Is planting trees the answer to offsetting the impact of plane travel? 2019. <https://www.corpcommsmagazine.co.uk/2019/10/is-planting-trees-the-answer-to-offsetting-the-impact-of-plane-travel/>

árboles: es más barato y efectivo que ayude a preservar bosques actuales, y que estos mismos crezcan naturalmente, porque es verdad que las plantas nuevas absorben más carbón que las viejas porque están creando mucha biomasa en un corto período de tiempo, pero si se

plantan nuevos árboles en lugares no tan aptos, hay que invertir muchísimo en su mantenimiento porque la tasa de mortalidad tiende a ser muy alta (como sucedió con los árboles sembrados por cierta agrupación en 2003, que murieron en menos de 5 años).



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

Carlos Varela y Antonio Mir, guías y escaladores de la Montaña El Aconcagua, Argentina.



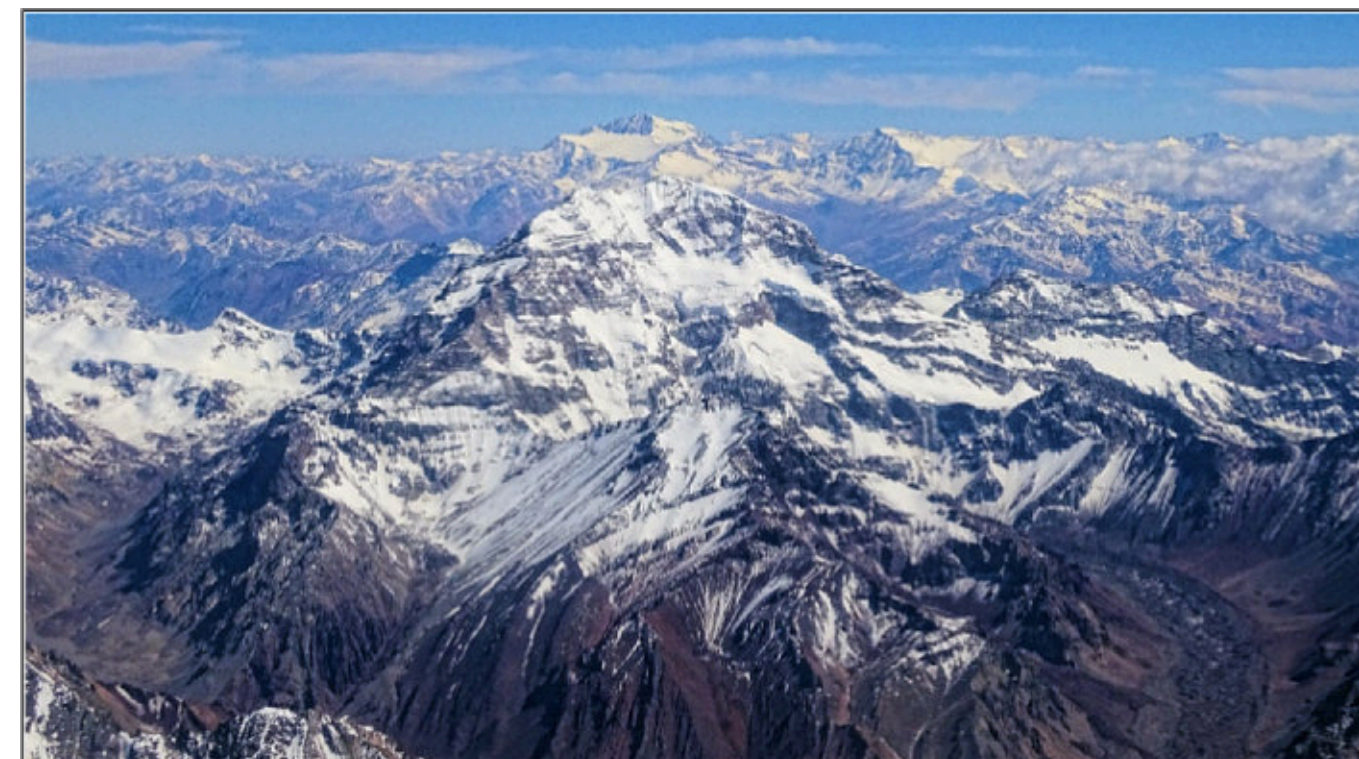
Entrando en la zona de torres a 6,000 msnm (son andesitas clásicas del Complejo Volcánico Aconcagua).



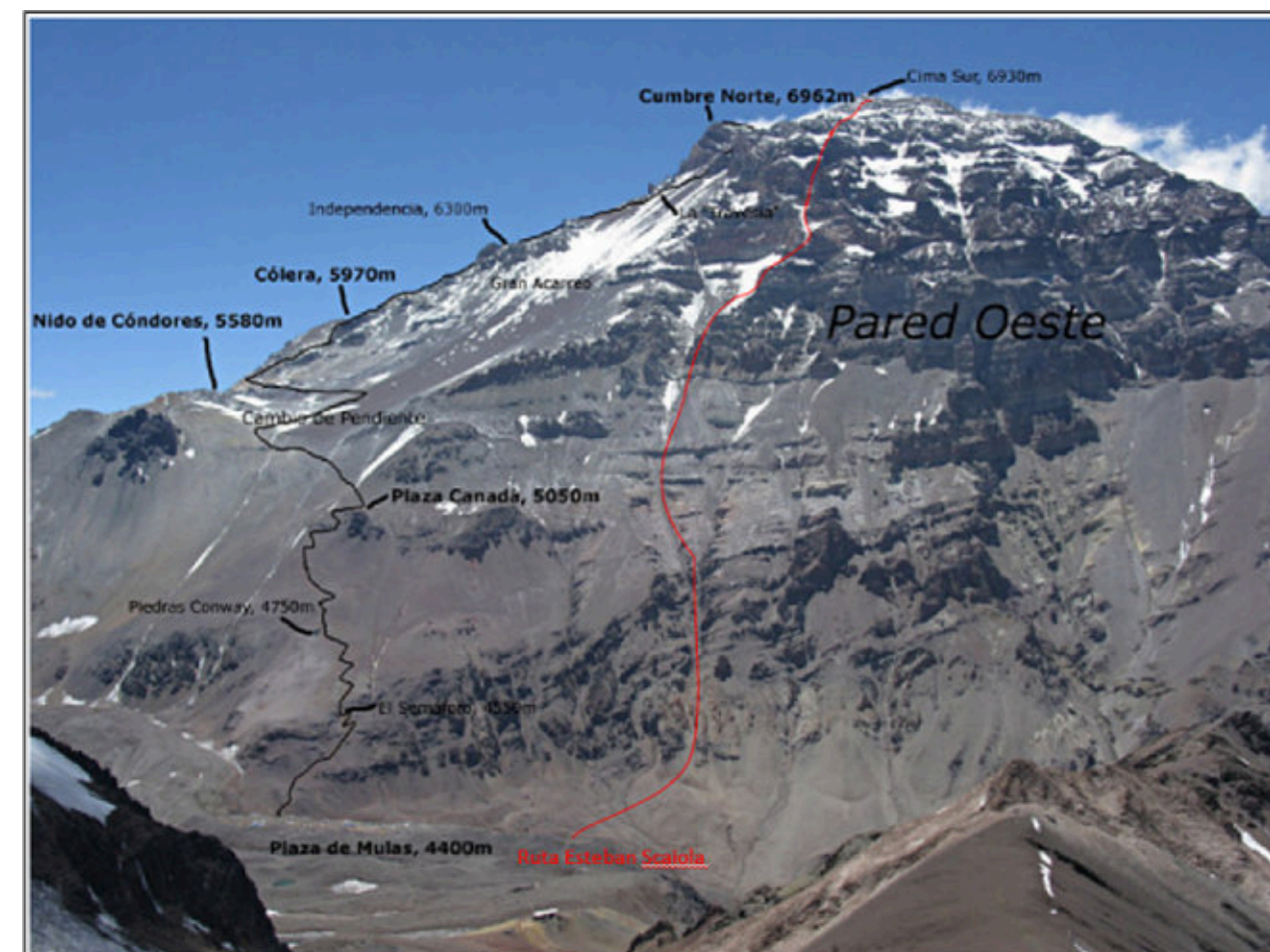
Escalando y abriendo una nueva ruta en pared Oeste de Aconcagua. Las rocas pertenecen al complejo volcánico Aconcagua. Ruta: Esteban Scaiola (en homenaje a un amigo fallecido escalando en Patagonia).



Cumbre sur del Aconcagua con Antonio Mir, mi compañero y hermano de montaña. En la ruta salimos a la cumbre sur y luego transitamos todo el filo hasta la cumbre Norte que es la más alta.



Vista aérea del Macizo del Aconcagua y su vertiente sur.



Vista de la Pared Oeste del Monte Aconcagua. Ruta Normal y Ruta Esteban Scaiola (Foto: www.animalderuta.wordpress.com).



Cumbre Norte del Aconcagua 6,962 msnm (metros sobre el nivel del mar).



Vista de la cumbre Sur y Filo del Guanaco desde la cumbre Norte del cerro Aconcagua.

Aconcagua, con sus 6,9062 m.s.n.m. es la montaña más alta de América del Sur y la cumbre más alta del mundo fuera de Asia. Representa la máxima expresión de los Andes. Su altura no se ha debido a la construcción de un edificio volcánico clásico, como sus volcanes vecinos el Tupungato y Maipo. Su origen es el levantamiento general de la cordillera de Los Andes.

El paisaje de su entorno está determinado por su estructura con un apilamiento diferente de rocas que se denomina Faja Plegada y Corrida. Este proceso es al que estuvieron expuestos los diferentes niveles, plegándose y corriéndose desde su posición original.

Las rocas presentes en la región del Monte Aconcagua se clasifican en tres grupos: uno muy deformado con una edad superior a los 300 millones de años, un grupo sedimentario de origen marino y rocas volcánicas representado por Andesitas de edad Terciaria denominado Complejo Volcánico Aconcagua. En el mismo entorno encontramos depósitos de origen glaciar de procesos de remoción en masa, lagunares y fluviales de edad Cuaternaria.



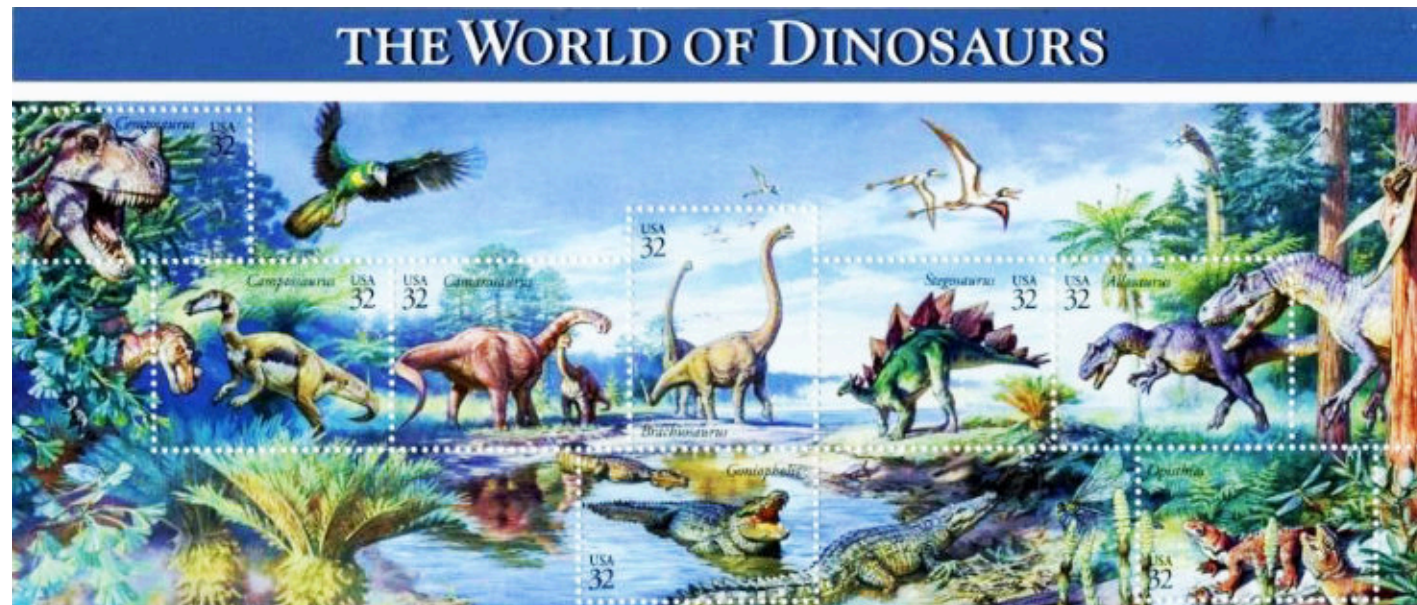
Carlos E. Varela (Lic.). Egresó de la Universidad Nacional de San Juan - Argentina en el año 1999. Profesional de exploración en minería de polimetálicos en Argentina y Chile por 5 años. Desde 2001 es parte de Repsol E&P donde se desarrolla actualmente como geoscientist advisor, en la actualidad asignado a unconventional development en Marcellus Project.

Sus comienzos en la Cuenca del Golfo de San Jorge (Patagonia) le dan la posibilidad de asignaciones internacionales trabajando en diferente países de Sur , Centro y Norte Américas, África y Europa. Desde adolescente se dedica a una de sus pasiones que es la montaña donde se desarrolló como miembro permanente de la Patrulla de Rescate del Cerro Aconcagua y luego como Guía de Alta Montaña titulado lo cual le permitió realizar nuevas rutas y ascensiones en Los Andes de Sudamérica. geoaconcagua@gmail.com

10 Dinosaurs named, honoring famous people and fictional characters

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



How Dinosaurs are named? Back in the early days of paleontology, using saurus on a Greek or Latin prefix was all that was necessary. The first dinosaur to be formally named in 1824 was Megalosaurus (the great reptile), soon followed by Iguanodon (the iguana tooth) in 1825. The bulk of 19th century names were variations using the same word: –saurus.

Today, some dinosaurs are named by the person who discovers the creature. Dinosaur names must follow the International Code of Zoological Nomenclature, a general set of rules that governs scientific names for all organisms (any animal, plant, fungi), but there are no major rules about what their names have to be. Here is my selected list of dinosaurs and the origin of their names:

Dracorex hogwartsia

This fossil is a controversial Late Cretaceous herbivore dinosaur genus of the family Pachycephalosauridae, discovered in the Hell Creek Formation in South Dakota (USA) in 2004. Formally described by B. Bakker and R. Sullivan in 2006, and donated to the Children’s Museum of Indianapolis for study. It is made up of an almost complete skull as well as some cervical vertebrae. Amateur dinosaur hunters discovered this fossil that look remarkably similar to a dragon. It was named as a tribute to J.K. Rowling's, Harry Potter series of books

and movies. The fossil was named Dracorex (meaning Dragon King) hogwartsia (after the Hogwarts School). The complete name Dracorex hogwartsia translates to the “Dragon king of Hogwarts”. Classical folklorist Adrienne Mayor has written that the shape of this dinosaur’s skull, with its long muzzle, bizarre knobs and horns, surprised the scientific world. The skull looks strangely familiar to anyone who has studied dragons. Dracorex has a remarkable resemblance to the dragons of ancient China and medieval Europe folklore, and maybe here is where mythical monsters and ancient fossils walk together.



Dracorex hogwartsia

Thanos simonattoi

This new carnivorous brachyrostran dinosaur was found in the São José do Rio Preto Formation Brazil (2014), corresponding to the end of Cretaceous Period (Maastrichtian). The genus has been published by Delcourt and Vidoi Iori in 2018, after Thanos, the Avengers villain. Thanos character was created back in 1973, when he appeared in The Invincible Iron Man #55. The character has been the main focus of recent movies including the Infinity War and End Game, where Thanos collects the Infinity Stones in order to destroy half the universe.



Thanos simonattoi

Bambiraptor feinbergi

This Cretaceous (72 Ma) bird-like dromaeosaurid theropod fossil dinosaur was named after the famous Disney movie character (1942). The near complete skeleton (95%) of Bambiraptor feinbergi was discovered in 1993 by a 14 years old boy named Wes Linster, who was looking for dinosaur bones with his parents within Two Medicine Formation (Campanian), near Glacier National Park (Montana). It was named and described by D. Burnham et al in 2000. Subsequent discoveries confirmed that small dinosaurs like Bambiraptor were fully covered in feathers. feinbergi was named after a family who acquired and donated the specimen to the Graves Museum of Natural History in Florida. It is currently housed at the American Museum of Natural History, New York.



Bambiraptor feinbergi

Gojirasaurus quayi

A coelophysoid theropod dinosaur, Gojirasaurus is one of the largest meat-eating dinosaurs known from the Triassic Period. This is a dinosaur named after the word Gojira, the Japanese name for Godzilla. It was named by an American paleontologist, K. Carpenter in 1997, who credited seeing the movie Godzilla as his inspiration for studying dinosaurs. Ironically, the fossil was found in USA, not in Japan. Godzilla is a Japanese media franchise created and owned by Toho, a Japanese Film Company. The film franchise consists of 35 films, 32 produced by Toho and three by Hollywood. The specific name quayi, is a reference to Quay County, New Mexico.



Gojirasaurus quayi

Attenborosaurus conybeari

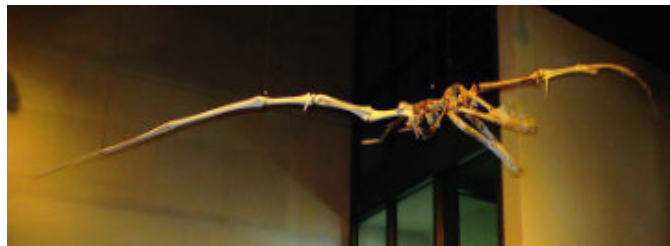
Named after the acclaimed British naturalist David Attenborough. Attenborosaurus conybeari is a plesiosaurid from the Early Jurassic of Dorset (England), named by the famous paleontologist R. Bakker. Bakker paid this tribute because it was Attenborough's childhood fascination with plesiosaurs that sparked a brilliant career in scientific journalism.



Attenborosaurus conybeari

Coloborhynchus spielbergi

A pterosaur species from the Albian-age Romualdo Member of the Lower Cretaceous Santana Formation (Brazil), described by paleontologist A. Veldmeijer in 2003. The fossilized remains (a skull, jawbone and lots of skeletal fragments), currently housed in the Nationaal Natuurhistorisch Museum in the Netherlands, suggested that this pterosaur had a wingspan of almost 6 m and a body length of around 1.5 m, half of which was skull. In the magazine Scripta Geologica, Veldmeijer wrote that he named the flying reptile, in honor of the filmmaker Steven Spielberg, the director of Jurassic Park and The Lost World: Jurassic Park.



Coloborhynchus spielbergi

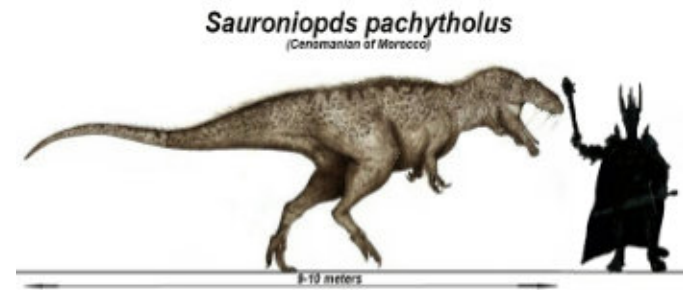
Cedrorestes crichtoni

A genus of iguanodontian dinosaur from the Early Cretaceous of Utah (USA). It is based on an incomplete skeleton which was found in the Barremian-age Yellow Cat Member of the Cedar Mountain Formation. The etymology of the generic name is, from Latin cedrus after Cedar Mountain Formation, where the fossil was found plus Greek suffix ending -etes meaning "dweller". The specific name crichtoni honors Michael Crichton (1942-2008) an American author, screenwriter, film director and producer, well known for his work in the science fiction, thriller, and medical fiction genres. Best known as the author of Jurassic Park and The Lost World.

Sauroniopds pachytholus

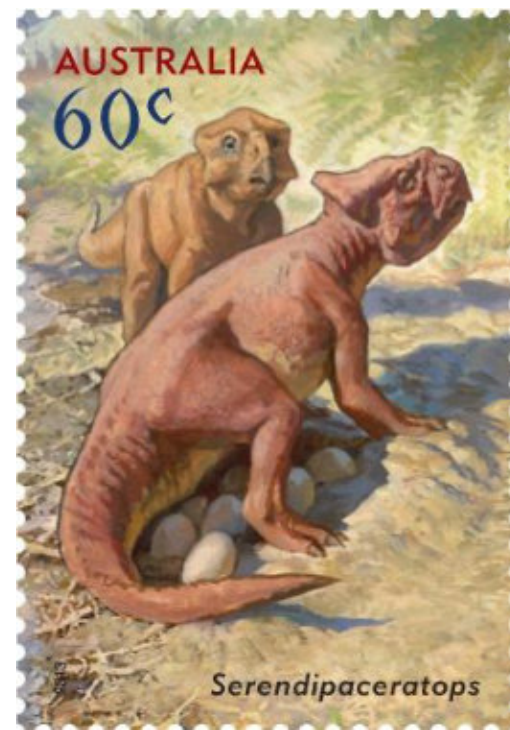
Genus of predatory carcharodontosaurid theropod dinosaur known from the Late Cretaceous (Cenomanian) of Morocco. In 2012, the specimen was formally named in a publication as the type species Sauroniopds pachytholus. The generic name has the intended meaning of "Eye of Sauron" (combining Sauron's name with a Classical Greek ὄψ, ops, "eye"), a powerful entity from the Lord of the Rings fantasy in J.R.R. Tolkien trilogy of books and Peter Jackson's film interpretations. Sauron is the forger of the One Ring and Dark Lord of Mordor. Like in the novels the corporeal presence of Sauron had largely been limited

to a single searching eye. Sauroniopds is only known from a single fossil bone above the eye socket.



Serendipaceratops arthurclarkei

An herbivorous ornithischian dinosaur from the early Cretaceous Period, found in the Wontahggi Formation (Australia), dating from the early Aptian. The specie name honors science fiction writer Sir Arthur C. Clark (1917-2008), author of books such as A Fall of Moondust and 2001: A Space Odyssey. He co-wrote the screenplay for the 1968 film (2001: A Space Odyssey), one of the most influential films of all time, directed by Stanley Kubrick. Clarke first became interested in science as a child because he became fascinated by dinosaurs. Serendip is a former name for Sri Lanka (formerly Ceylon), Clarke's adoptive country.



Serendipaceratops arthurclarkei

Online References

- <https://www.neatorama.com/2007/02/19/the-worlds-strangest-dinosaur-names/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_organisms_named_after_famous_people
- <https://www.urzeitshop.de/gb/skulls/3068-dracorex-hogwartsia-dinosaur-skull-replica-by-eofauna.html>
- <https://screenrant.com/new-dinosaur-species-named-marvel-thanos/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Bambiraptor>

- https://i.servimg.com/u/f74/17/63/16/18/usa_1910.jpg
- <https://www.thoughtco.com/real-life-celebrity-saurs-1092407>
- <https://www.popsci.com/how-are-dinosaurs-named/>
- <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=64007986>
- <https://dinosaurioss.com/cretacico/carnivoros-c/bambiraptor/>



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

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

Autor/Co-autor en 39 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Geos, Journal of Petroleum Geology, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela 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

Lo simbólico y lo religioso de algunos sismos Venezolanos.

José Antonio Rodríguez Arteaga
Colaborador de la Revista

Introducción

La sismología en su concepto más amplio, constituye un entramado de voces nuevas y antiguas. Nuevas en cuanto al estudio detallado de documentos, informes históricos y su representación en artículos geocientíficos del siglo XX que incluyen prolizas descripciones de campo, registros instrumentales y determinación de parámetros básicos con mediciones y gráficos (Ferrer y Laffaille, 1998).

Otros, por el tipo de documento empleado, esencialmente hallazgos fotográficos de finales de los años 20's (Rodríguez, J. A., 1999). E incluso cinematográficos (1929) de tiempos más actuales como una grabación magnetofónica muy poco conocida, pero que otorga constancia verificable de la época del Terremoto de Caracas de 1967 con voces infantiles de un coro navideño pregrabadas y que acompañaron el villancico en vivo interpretado por el tecladista invidente, Tulio Enrique León, grabada en los estudios de la empresa Sonomatrix, en Caracas. Del acople de ambos, música y voces, resultó un singular artificio: el ruido del terremoto en un gráfico con dos fases visibles, las ondas, P y S, respectivamente. Estudiado por el Dr. Günther Fiedler, a la sazón jefe del Servicio Sismológico y de Mareas Terrestres del Observatorio Cagigal cuyos resultados fueron publicados en un Boletín del IMME, órgano técnico científico del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela.

Representación de los terremotos venezolanos del siglo XVI al XIX

Los terremotos nacionales, han sido interpretados generalmente entre *castigos del cielo* y *voces premonitoras*. A partir de estos 5 primeros lustros del siglo XXI nos hemos propuesto un grupo de estudiosos de la sismología histórica nacional, enumerar parcialmente

unos cuantos terremotos destructores basados en la revisión de trabajos previos con el objeto de iniciar el estudio a profundidad del *estado del arte* de la sismicidad histórica venezolana bajo la premisa de revisión documental.

Al efecto atendiendo estudios en que el proceso investigativo requiere de una búsqueda y revisión crítico-documental de primer orden, unida a ejemplos sumidos en el imaginario popular y sus representaciones que incluyen un sismo destructor ocurrido en territorio colombiano con epicentro en San José de Cúcuta, frontera sur-oeste con Venezuela el cual produjo serios daños en la región andina venezolana el 18 de agosto de 1875 cuyo antecedente lo constituyó un peculiar fenómeno, cuyo simbolismo es expresado en una frase: *"Huele a Lobatera"* por el olor a pólvora que tuvo el sismo de Lobatera, ocurrido en Venezuela 26 años antes.

Es obvio que nuestro país no es el único cargado de simbolismos y religiosidad telúrica, pudiendo citar a Valparaíso y Santiago, en Chile, sacudidas por el 19 de noviembre de 1822 (Cid, 2014: 85) y en el que se construye una intelectual polémica: *castigo divino o fenómeno natural* o incluso Bogotá, cuyo antiguo sismo de Caldas de 1938, el de Pasto de 1947 parecen haber contribuido a mantener viva la desmemoria de la sismicidad bogotana (Espinosa, 2003).

"El día de San Bernabé"

Es el primer ejemplo caraqueño en que interviene como elemento histórico y simbólico la presencia citadina de un especial personaje de nombre Saturnino o Ropasanta y a la par, un niño que no le regatearon a Dios la oportunidad del castigo de un sismo. Así, *"sus paternas e insinuantes anuncios fueron dados para confundir a los sabios"* y producto de ello, ocurrió un terremoto el día de San Bernabé, 11 de junio de 1641 onomástico del santo, a las 8 horas, 15 minutos de la mañana el cual sacude a la Caracas colonial con absoluta inexperiencia en fenómenos de esta naturaleza, dejando sepultadas a la mayor parte de las casas edificadas junto a 200 personas fallecidas.

La crónica señala que días antes Saturnino recitaba: *"Qué triste está la ciudad/perdida ya de su fe/pero destruida será el día de San Bernabé/quien viviere lo verá.* Y el día antes, 10 de junio, previo al sismo advertía: *Téngalo ya de decir/yo no sé lo que será/mañana es San Bernabé/quien viviere lo verá.* (Centeno-Graü, 1969: 333). Una peculiaridad se presenta confundida con los destrozos del sismo. A tenor del mundo del teatro nacional y en la oportunidad de una Caracas que apenas se levantaba de tanta destrucción, la coyuntura del *seísmo* sería transformada en una buena oportunidad para comentar y explicar un auto sacramental dedicado a *Nuestra Señora del Rosario* -el otro aspecto religioso con connotaciones simbólicas-



San Emigdio, Santo patrón antiterremotos. En: Nieto Ardila, M. S. 2016. *Nosotros y los otros. San Emigdio, amparo de los terremotos.* Haciendo memoria, Barinas, (11): página 107.

Se trata de una obra anónima en la que queda patentado el singular ingenio criollo y su pertenencia a la cultura occidental, mezcla de sentimientos e interpretaciones. Dicho auto, recreará un mito de ascendencia griega, pero de representación vernácula caracterizada por situar de protagonistas a la propia ciudad, a la Justicia, a un difícil de conocer Santiago [presunta representación de la capital], a la Culpa, el Pueblo, a un tal Rodrigo (de significado

desconocido), a la Música y evidentemente a Ropasanta en su rol de *ave agorera* y *profeta sismológico*. De este complejo grupo actuarial resultará una obra bastante especial: *el mito transformado en novedad tanto para mujeres como deidades paganas, las cuales se comprometían a rezar cada cual a la Virgen como desagravio por sus pecados y veleidades.*

No obstante, hemos de agregar al evento telúrico, la reacción del pueblo caraqueño que canalizó su temor como respuesta a las acciones de un sacerdote, Fray Mauro de Tovar, obispo nacional de carácter irascible que mantenía conflictos con el poder civil y el eclesiástico, sin particular distingo y cargado su obispado de enfrentamientos con cualquiera (Millán, 1956).

Tras el terremoto Fray Mauro suspende sus pleitos, mas volverá con fuerza enfrentado ahora a la curia mercedaria de la Orden de La Merced quienes habían construido una iglesia "sin su consentimiento" en el lugar donde cayó destrozada la Iglesia de San Bernabé. La pretendida afrenta entre el obispo y la orden religiosa tuvo como resultado que la misma abandonara el país rumbo a Santo Domingo, pudiendo considerarse en ello la presencia de simbólico- religiosa ante la furibunda reacción de Fray Mauro que ya tenía adelantada su particular percepción del riesgo sísmico: lo que él decía y que le era acatado.

¡He aquí el año terrible! ...1812

"Domingo Monteverde y sus retaliaciones, fusilamientos masivos, "Guerra a Muerte", todos, acontecimientos atribuidos únicamente al "año terrible" de 1814, comenzarán con fuerza a partir del año 12' gracias al conflictivo ambiente existente en el país (Flores *et al.*, 2017). La información de primera mano acerca de lo ocurrido pre y post terremoto, dispersa en gran cantidad de escritos se encontrará en documentos religiosos, políticos, militares, cuentos y novelas, codificados de acuerdo a la óptica e intereses de cada uno con algún dato importante acerca de lo que realmente aconteció en aquellos días (Laffaille y Ferrer, 2005). Si bien no se cita textualmente oración alguna o por lo menos no ha sido

encontrada, corre cual pólvora encendida el palpito de Ana Campos, "Anita", joven taumaturga afecta a la causa patriota que profetiza la destrucción de Caracas, en función de una "premonición".

Ese día, 26 de marzo, Caracas será gravemente afectada y poco creíble el "palpito" de Anita, pero algunos prevenidos ciudadanos, se hincarán en plegaria para mejor honra de la Santísima Trinidad y en procura de una salvífica plegaria que los librase de los males del sismo; nadie quería creer en tales desgracias, limitándolos a una burla; otros lo tomarán muy en serio y lejos de hacer chanza de ello, rezarán 3 veces al día a la Santísima Trinidad «tan augusto y venerado misterio» incluyendo la plegaria popular del *Trisagio* de la que no había caraqueño que no la supiera de memoria para recitarla en tiempos peligrosos (Beltrán Reyes, 1985).

Además de ello, ese día era de un calor agobiante, jueves de Semana Santa y con las iglesias a reventar, ocupada la población en participar de ritos y liturgias y montando guardia los soldados del Cuartel San Carlos quienes acompañarían y resaltarían las procesiones y de repente por segundos se escuchó un profundo ruido subterráneo y de seguidas el suelo comenzó a ondularse y tras él hizo su aparición un enemigo terrible el *fanatismo religioso y la superstición* con la aquiescencia de sacerdotes realistas y la participación de personas de influencia, dándose a la tarea de hacer creer a la población atemorizada que Dios no apoyaba la revolución y que el sismo era un castigo del cielo, ensañándose en la causa patriota en las ciudades dominadas por estas. Junto a estos hechos Caracas quedará convertida en ruinas humeantes persistiendo en forma reiterada por falsos profetas, *el castigo del cielo y la premonición de la joven vendedora de flores*, Ana Campos.

Lobatera en dos tiempos: 1849 y 1875

En palabras pronunciadas por Monseñor José Edmundo Vivas, el 26 de febrero de 1849 a las 5 horas de la mañana éste dirá "Con la brevedad del relámpago la ciudad de Lobatera quedó reducida a escombros". Es así que un terremoto de gran intensidad y con epicentro en la misma

población, destruye el centro urbano y sus alrededores, muriendo 32 personas bajo los escombros, pero ello no quedó allí, hasta el 2 de marzo, ocurrieron réplicas que mantuvieron aterrorizados a los sobrevivientes de la catástrofe.

No obstante es necesario señalar también, que el 18 de mayo de 1875, a las 11 horas de la mañana, día de San Juan I, sacerdote y Papa, un terremoto de gran intensidad destruye de nuevo a la población de Lobatera, sus alrededores y gran parte de los pueblos del Táchira. Este segundo sismo fue precedido por dos fuertes temblores de tierra a las 4 de la tarde del día 16 y las 5 y 30 de la mañana del día 17 con réplicas hasta el día 19. Contándose que en el camino que une a la Villa del Rosario de Cúcuta con San Antonio del Táchira, vivía un individuo que respondía al nombre de Dositeo López, quien algunos días antes del sismo de 1875 decía a su familia: "Me huele a Lobatera; si quieren salvarse duerman en el coque" y en esa siembra se refugió junto a la familia, salvando la vida. Por singular que parezca, Dositeo había sido una de las víctimas del evento que destruyó a Lobatera en el año 49 y su huida, lo salvará en San José de Cúcuta, no pudiendo contemplar la destrucción, era ciego.

Profetizando el Terremoto Cuatricentenario

Para concluir mencionemos un hecho de más de medio siglo, la leyenda de Marina Marotti, profetiza italiana que alienta 6 meses antes del sismo y a la fuerza del "temor al terremoto" una Caracas próxima a conmemorar 400 años de su fundación. En este caso la "sufriría" por sus impresionantes videncias, alimentadas por la portada de un magazine caraqueño ya desaparecido hace muchos años. Con estas muestras bien puede fijarse la visión apocalíptica del fenómeno sísmico y cómo, en diferentes épocas y entornos, ha influenciado a la población probablemente por "presión" del grupo circundante.

Bibliografía

Anzizar, M. s/f. *Peregrinación de Alpha*, tomo II, capítulo XL, Bib. Virtual, Banco de la República, Colombia. <<http://lobateracuatricentenario.blogspot.com/>

2014_02_23_archive.html?m=1>. [Documentación en línea]. (mayo 16, 2023).

Beltrán Reyes, L. 1985. Anita Ramos, la joven hechicera que predijo el Terremoto de 1812. En: Opinión. Leyendas históricas, Diario E Mundo.

Centeno Graü, Melchor. 1969. *Estudios Sismológicos*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, volumen VIII, 365 pp. Caracas, Venezuela.

Cid, G. 2014. *¿Castigo divino o fenómeno natural? Mentalidad religiosa y mentalidad científica en Chile en torno al terremoto de 1822*, Revista de Historia y Geografía (30): 85-109.

Espinosa Baquero, A. 2003. *Historia sísmica de Bogotá*. [Documento en línea]. (mayo 17, 2023). https://sogeocol.edu.co/hist...PDF/HISTORIA_SISMICA_DE_BOGOTA-Sociedad_Geografica_de_Colombia.

Ferrer Oropeza, C. y Laffaille, J. 1998. *El alud sísmico de La Playa: causas y efectos. El Terremoto de Bailadores, (1610)*. Revista Geográfica Venezolana, 39 (1 y 2): 23-86, Mérida-Venezuela.

Fiedler, G. *Áreas afectadas por terremotos en Venezuela*. III Congreso Geológico Venezolano, 1791-1810 pp. Editorial Sucre, Caracas-Venezuela.

Flores González, J., Ochoa, N., Burgos, A. E., Marín-Alexander Z., C. A. y Pérez Sepúlveda, A. 2017 ¡He aquí el



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

año terrible! 1814: Mitos, hitos y redefiniciones. Centro de Estudios Históricos, Colección Seminarios, Centro Nacional de Estudios Históricos, 364 pp.

Grases, José. 1990. Terremotos destructores del Caribe. UNESCO-Relacis, Montevideo, 132 pp.

Laffaille, J. y Ferrer Oropeza, C. 2005. *El terremoto de Mérida de 1812: escudriñando entre las páginas de una novela inconclusa en busca de información acerca de una historia real*. Revista Geográfica Venezolana, Número especial 2005, 217-232.

Millán, B. 1956. *El agresivo obispado caraqueño de Don Fray Mauro de Tovar*. Biblioteca Rocinante, Caracas, Venezuela.

Rodríguez J. A. 1999. ... *Y volvió a temblar en Cumaná. El primer registro fílmico de un sismo en Venezuela*. Revista Tierra Firme 17(17):311-321. Caracas, abril-junio, 1999. Reimpreso en Bol. Soc. Venezolana de Historia de las Geociencias. diciembre 1999, 68:17-33.

Rojas Arístides. 2008. *Orígenes del teatro en Caracas*. 201-212. En: Rojas Arístides. 2008. Orígenes venezolanos (historia, tradiciones, crónicas y leyendas).

Rojas U. José. 1988. *Una historia desconocida*. Latin American theatre review, 8-15 pp.

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

Evaluación teórica de las emisiones de CO2 equivalente de la industria minera en Hidalgo. Theoretical evaluation of CO2 equivalent emissions from the mining industry in Hidalgo.

García Soto D. y Navarrete Aguilar M. A.

Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México. Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

La minería es una actividad industrial que tiene una importante huella de carbono debido a la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO2). El proceso de extracción de minerales y metales requiere de grandes cantidades de energía para la perforación, transporte, trituración y procesamiento de los materiales, lo que genera una importante cantidad de emisiones de CO2. Además, la minería también puede liberar otros gases de efecto invernadero como metano (CH4) y óxido nitroso (N2O), especialmente en las etapas de extracción y procesamiento de carbón y otros combustibles fósiles. Debido a su impacto en el medio ambiente y el cambio climático, se están desarrollando nuevas tecnologías y prácticas para reducir la huella de carbono de la minería, incluyendo el uso de energías renovables, mejoras en la eficiencia energética y el uso de tecnologías más limpias y sostenibles.

Palabras Clave: Dióxido de carbono, Minería, Ambiente, Cambio climático, Industria.

Abstract

Mining is an industrial activity that has a significant carbon footprint due to the emission of greenhouse gases, mainly carbon dioxide (CO2). The mineral and metal extraction process requires large amounts of energy for drilling, transporting, crushing and processing the materials, which generates a significant amount of CO2 emissions. In addition, mining can also release other greenhouse gases, such as methane (CH4) and nitrous oxide (N2O), especially in the extraction and processing stages of coal and other fossil fuels. Due to their impact on the environment and climate change, new technologies and practices are being developed to reduce the carbon footprint of mining, including the use of renewable energy, improvements in energy efficiency and the use of cleaner and more sustainable technologies.

Keywords: Carbon dioxide, Mining, Environment, Climate change, Industry.

1. Introducción

El dióxido de carbono, también conocido como anhídrido carbónico, se encuentra en la atmósfera en una proporción media de 380 partes por millón. Esa presencia es una de las estaciones del ciclo planetario del carbono. El ciclo circula entre las cuatro esferas planetarias que incluyen los llamados reservorios activos: la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera (océanos) y la litosfera (capa superficial sólida de la Tierra). Las emisiones de Dióxido de carbono (CO2) constituyen una de las principales problemáticas medioambientales más importantes hoy en día. Hablando de México, se sabe que tan sólo en 2019 se registró una emisión de CO2 per cápita de 3.59 toneladas métricas (Data Commons, 2019).

En 2021, las emisiones de CO2 en México han crecido 17,222 megatoneladas, un 4,29%

respecto a 2020. Las emisiones de CO2 en 2021 han sido de 418,348 megatoneladas, con lo que México está entre los países que más contaminan del ranking de países por emisiones de CO2, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes (Expansión, 2021).

Dentro del país se encuentran algunas entidades federativas con mayor aporte de CO2 como lo es Hidalgo. De acuerdo con el Panorama Minero del Estado de Hidalgo, elaborado por el Servicio Geológico Mexicano (SGM), el estado tiene una superficie de 20 mil 836 kilómetros cuadrados de los cuales el cinco por ciento está concesionado a las empresas mineras.

Estas se encuentran divididas en regiones metálicas y no metálicas; 4 y 10 respectivamente.

Existen diversas estrategias para disminuir las emisiones de CO2 y con ello mitigar el cambio

climático no habiendo ninguna que por sí sola permita solucionar el problema, teniendo en cuenta la información anterior las mineras involucradas de la zona están considerando implementar la reforestación y la captura del CO2 generado, para después almacenarlo en formaciones geológicas de carbonatos minerales, con el propósito de aislarlo de la atmósfera.

1.1 Un acercamiento al Estado de Hidalgo.

El estado de Hidalgo se encuentra en la parte central de México y forma parte de la región conocida como el Altiplano Mexicano. Limita al norte con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al este con Veracruz, al sur con Puebla, al suroeste con Tlaxcala, al oeste con el Estado de México y al noroeste con Querétaro.

Dentro de su territorio, Hidalgo cuenta con una variedad de paisajes y características geográficas. En la parte norte se encuentra la Sierra de Pachuca y la Sierra de Zimapán, que forman parte de la Sierra Madre Oriental. En el centro del estado se extiende el Valle del Mezquital, una amplia planicie semidesértica donde se concentra la actividad agrícola. Al sur se localiza la Sierra de Tenango y la Sierra de Huasca, con relieves montañosos y zonas boscosas.

Además, el estado de Hidalgo cuenta con importantes recursos naturales, como depósitos de minerales, entre los que destaca la producción de plata, plomo, zinc y oro. También posee una rica biodiversidad, especialmente en las zonas boscosas y en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, que alberga especies endémicas y en peligro de extinción.

La capital del estado de Hidalgo es la ciudad de Pachuca de Soto, ubicada en el centro del estado.

1.2 La Geología en el Estado de Hidalgo

El estado de Hidalgo se encuentra en una zona geológicamente compleja, con la presencia de

diferentes unidades y formaciones geológicas. A continuación, se mencionan algunas de las características geológicas más destacadas del estado:

Sistema Volcánico Transversal: En la parte norte del estado, se encuentra el Sistema Volcánico Transversal, que abarca la Sierra de Pachuca y la Sierra de Zimapán. Estas sierras están compuestas principalmente por rocas volcánicas, como tobas, brechas y lavas, resultado de la actividad volcánica pasada. Destacan los cerros El Xihuingo y El Xicuco, que son vestigios de antiguos volcanes.

Cinturón de Pliegues y Fallas: El estado de Hidalgo forma parte del Cinturón de Pliegues y Fallas, una zona tectónicamente activa. Esta estructura geológica es responsable de la presencia de numerosas fallas y pliegues en la región. Algunas de las fallas más importantes incluyen la Falla de Tula, la Falla de Tulancingo y la Falla de Zimapán.

Depósitos Minerales: Hidalgo es conocido por su riqueza en minerales. En la región se encuentran yacimientos de plata, plomo, zinc, oro, cobre y otros minerales. Estos depósitos minerales se asocian principalmente con vetas hidrotermales formadas en la actividad volcánica pasada.

Sedimentos Cenozoicos: En el Valle del Mezquital, en el centro del estado, predominan los sedimentos cenozoicos. Esta amplia planicie está compuesta por depósitos aluviales, arcillas, limos y arenas. En esta zona se desarrolla una intensa actividad agrícola debido a la fertilidad de los suelos.

Es importante tener en cuenta que esta descripción geológica es general y que el estado de Hidalgo presenta una diversidad geológica más detallada en diferentes zonas y localidades.

2. La minería.

La minería es una actividad que puede generar emisiones significativas de dióxido de carbono (CO2) a la atmósfera. Esto se debe a que la

extracción, procesamiento y transporte de minerales a menudo requiere de grandes cantidades de energía, que en su mayoría proviene de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural. Estos combustibles liberan grandes cantidades de CO₂ cuando se queman para generar energía. Además, la minería a cielo abierto y la explotación de minerales de alta ley pueden requerir la remoción de grandes cantidades de tierra y roca, lo que también genera emisiones de CO₂. La construcción y operación de equipos de minería, como camiones, excavadoras y trituradoras, también pueden generar emisiones de CO₂.

En general, la cantidad de emisiones de CO₂ generadas por la minería depende de una variedad de factores, incluyendo el tipo de mineral, la ubicación de la mina, la tecnología utilizada para la extracción y procesamiento, y la eficiencia energética de los equipos. Sin embargo, la industria minera ha tomado medidas para reducir sus emisiones de CO₂ a través de prácticas de eficiencia energética y la adopción de tecnologías más limpias y renovables.

2.1 Tipos de minería.

El estado de Hidalgo, en México, cuenta con una rica historia minera que data desde la época prehispánica. Actualmente, se llevan a cabo principalmente tres tipos de minería en la región:

Minería de metales preciosos: En Hidalgo, se explotan principalmente minas de oro y plata, localizadas en la región de Zimapán y en el municipio de Epazoyucan.

Minería de materiales para construcción: El estado cuenta con canteras de piedra, caliza, tezontle y basalto, utilizados en la construcción de edificios y carreteras.

Minería de minerales no metálicos: También se extraen minerales no metálicos, como el yeso, la sal y la barita.

Es importante destacar que la minería en Hidalgo ha sido objeto de controversia debido a sus impactos ambientales

y sociales. Por ello, se han implementado diversas regulaciones para minimizar su

impacto y garantizar una explotación responsable de los recursos minerales.

2.1.1 Minería de metales preciosos

La minería de metales preciosos en el estado de Hidalgo se enfoca principalmente en la explotación de minas de oro y plata, ubicadas en la región de Zimapán y en el municipio de Epazoyucan.

La extracción de estos metales se realiza mediante la perforación de pozos y galerías subterráneas, seguida de la extracción y procesamiento del mineral. Los procesos utilizados incluyen la lixiviación con cianuro y la flotación, entre otros.

A pesar de la importancia económica de esta actividad, la minería de metales preciosos en Hidalgo ha sido objeto de controversia debido a los impactos ambientales y sociales que genera.

2.1.2 Minería de materiales para la construcción.

En el estado de Hidalgo, se extraen diversos materiales para la construcción, tales como piedra, caliza, tezontle y basalto. Estos materiales son utilizados para la construcción de edificios, carreteras y otras infraestructuras. La extracción de estos materiales se realiza principalmente en canteras, donde se perfora y se extrae la roca. Posteriormente, se procesa y se clasifica para su uso en la construcción.

La explotación de canteras ha sido objeto de regulaciones para minimizar su impacto ambiental y garantizar una explotación responsable de los recursos. También se han implementado medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y prevenir accidentes.

2.1.3 Minería para no metálicos

En el estado de Hidalgo, se lleva a cabo la minería de minerales no metálicos, que incluye la extracción de yeso, sal y barita, entre otros.

La explotación de estos minerales se realiza principalmente mediante la extracción en minas subterráneas o a cielo abierto. El

proceso de extracción y procesamiento depende del mineral en cuestión, pero puede incluir trituración, molienda y separación por flotación, entre otros procesos.

La minería de minerales no metálicos ha sido objeto de regulaciones para minimizar su impacto ambiental y garantizar una explotación responsable de los recursos (Twenergy, 2019).

3. Liberación de CO₂ al ambiente.

La liberación de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera tiene diversos impactos negativos en el medio ambiente. Estos impactos incluyen:

Cambio climático: El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero responsable del calentamiento global. La acumulación de CO₂ en la atmósfera contribuye al aumento de la temperatura promedio de la Tierra, lo que provoca cambios climáticos significativos, como el aumento de las temperaturas, cambios en los patrones de lluvia, el derretimiento de los glaciares y el aumento del nivel del mar.

Acidificación de los océanos: Una parte del CO₂ liberado en la atmósfera es absorbida por los océanos. Esto provoca un aumento en la acidez del agua, lo que afecta negativamente a los organismos marinos, en particular a aquellos con conchas o esqueletos de carbonato de calcio, como los corales y los moluscos. La acidificación oceánica puede tener impactos graves en los ecosistemas marinos y en la cadena alimentaria.

Degradación del hábitat: El cambio climático causado por la liberación de CO₂ puede provocar alteraciones en los ecosistemas naturales. El aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de lluvia pueden afectar los hábitats de plantas y animales, provocando la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas.

Contaminación del aire: La quema de combustibles fósiles, que libera CO₂, también puede generar otros contaminantes

atmosféricos, como partículas de hollín, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. Estos contaminantes tienen efectos negativos en la calidad del aire y en la salud humana, contribuyendo a problemas respiratorios y cardiovasculares.

Cambios en los patrones de vegetación: El cambio climático debido al CO₂ puede alterar los patrones de vegetación y distribución de las especies. Algunas áreas pueden experimentar cambios en la vegetación y la productividad agrícola, lo que puede afectar la disponibilidad de alimentos y el equilibrio de los ecosistemas.

Para mitigar estos impactos, es crucial reducir las emisiones de CO₂ y transitar hacia fuentes de energía más limpias y renovables, así como promover prácticas sostenibles en la agricultura, el transporte y la industria. También es importante conservar y restaurar los ecosistemas naturales, que pueden actuar como sumideros de carbono y contribuir a la absorción de CO₂ de la atmósfera.

La liberación de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera tiene diversos impactos negativos en el medio ambiente. Estos impactos incluyen:

Cambio climático: El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero responsable del calentamiento global. La acumulación de CO₂ en la atmósfera contribuye al aumento de la temperatura promedio de la Tierra, lo que provoca cambios climáticos significativos, como el aumento de las temperaturas, cambios en los patrones de lluvia, el derretimiento de los glaciares y el aumento del nivel del mar.

Acidificación de los océanos: Una parte del CO₂ liberado en la atmósfera es absorbida por los océanos. Esto provoca un aumento en la acidez del agua, lo que afecta negativamente a los organismos marinos, en particular a aquellos con conchas o esqueletos de carbonato de calcio, como los corales y los moluscos. La acidificación oceánica puede

tener impactos graves en los ecosistemas marinos y en la cadena alimentaria.

Degradación del hábitat: El cambio climático causado por la liberación de CO₂ puede provocar alteraciones en los ecosistemas naturales. El aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de lluvia pueden afectar los hábitats de plantas y animales, provocando la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas.

Contaminación del aire: La quema de combustibles fósiles, que libera CO₂, también puede generar otros contaminantes atmosféricos, como partículas de hollín, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. Estos contaminantes tienen efectos negativos en la calidad del aire y en la salud humana, contribuyendo a problemas respiratorios y cardiovasculares.

Cambios en los patrones de vegetación: El cambio climático debido al CO₂ puede alterar los patrones de vegetación y distribución de las especies. Algunas áreas pueden experimentar cambios en la vegetación y la productividad agrícola, lo que puede afectar la disponibilidad de alimentos y el equilibrio de los ecosistemas.

Para mitigar estos impactos, es crucial reducir las emisiones de CO₂ y transitar hacia fuentes de energía más limpias y renovables, así como promover prácticas sostenibles en la agricultura, el transporte y la industria. También es importante conservar y restaurar los ecosistemas naturales, que pueden actuar como sumideros de carbono y contribuir a la absorción de CO₂ de la atmósfera.

4. Captura del CO₂

La captura de dióxido de carbono (CO₂) es un conjunto de técnicas y procesos diseñados para eliminar el CO₂ de la atmósfera o de las corrientes de gases de fuentes industriales antes de que se libere al medio ambiente. La captura de CO₂ tiene como objetivo principal reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. A continuación, se presentan algunas de las

técnicas más comunes utilizadas para la captura de CO₂:

Captura de CO₂ en centrales térmicas: Las centrales eléctricas y las instalaciones industriales que queman combustibles fósiles, como carbón, gas natural o petróleo, pueden implementar tecnologías de captura de CO₂. Estas tecnologías implican la separación y captura del CO₂ antes de su liberación a la atmósfera. El CO₂ capturado puede ser almacenado en sitios geológicos (almacenamiento geológico) o utilizado en aplicaciones industriales.

Captura de CO₂ en procesos industriales: Algunos sectores industriales, como la producción de acero, cemento, productos químicos y refinación de petróleo, también emiten grandes cantidades de CO₂. En estos casos, se pueden aplicar técnicas de captura de CO₂ específicas para los procesos industriales. Estas técnicas pueden incluir el uso de solventes, adsorbentes o membranas para capturar el CO₂.

Captura directa de aire: La captura directa de aire, también conocida como captura de CO₂ de la atmósfera, es una técnica que implica extraer el CO₂ directamente del aire circundante. Esta técnica está en etapas tempranas de desarrollo y aún enfrenta desafíos técnicos y económicos significativos. El CO₂ capturado de esta manera puede ser utilizado en aplicaciones industriales o almacenado bajo tierra.

Almacenamiento de CO₂: Una vez que se ha capturado el CO₂, se necesita un lugar adecuado para su almacenamiento a largo plazo. El almacenamiento geológico es una opción común, que implica inyectar el CO₂ capturado en formaciones geológicas profundas, como yacimientos de petróleo o gas agotados, acuíferos salinos profundos o capas de roca porosa adecuadas.

Es importante destacar que la captura de CO₂ es una medida complementaria en la lucha contra el cambio climático y no debe considerarse como la única solución. La

reducción de las emisiones de CO₂ en la fuente, la transición hacia fuentes de energía renovable y la adopción de prácticas sostenibles son fundamentales para abordar el problema de manera integral.

4.1 Almacén del CO₂ bajo tierra.

Las formaciones geológicas aptas para el almacenamiento de CO₂ son las reservas agotadas de gas y de petróleo, los acuíferos salinos profundos y los lechos de carbón inexplorables. Los lugares de almacenamiento deben estar generalmente localizados a profundidades iguales o superiores a los 800 m, donde la presión predominante mantiene el CO₂ en un estado tanto líquido como supercrítico. Bajo estas condiciones, el CO₂ tiene una densidad inferior a la del agua y debe ser bloqueado desde arriba para evitar su resurgimiento en la superficie. El almacenamiento en formaciones geológicas es la opción de almacenamiento de CO₂ menos costosa y más aceptable desde el punto de vista medioambiental.

4.2 Industria minera administrando emisiones de CO₂.

La industria minera es altamente susceptible a los diversos riesgos climáticos esto produce una causa significativa de los impactos relacionados con el clima, esto es derivado a la emisión de CO₂ a través de su importante cadena de valor, así como el consumir grandes cantidades de agua para la producción y procesamiento de metales y minerales. Las compañías mineras representan un papel muy importante el cual se desempeña en la reducción de emisiones. Estas compañías también tienen planeado hacer un aumento en la producción a medida que buscan aprovechar la demanda de productos básicos del nuevo mundo, así como lo es el litio, el cobalto y el níquel.

Una parte que cabe destacar es que las empresas con enfoque minero aún no son conscientes que el ecosistema es uno de sus principales panoramas para la determinación de una mejor ruta hacia adelante y es que necesitan abandonar o cambiar esa adicción a

la propiedad intelectual e invertir realmente en colaboración mediante el intercambio de datos, además estas empresas necesitan pensar de manera un poco más amplia sobre cómo maximizar sus retornos y hacerse de nuevos enfoques que puedan ser de una manera mejorada diferentes de los del pasado.

4.2.1 Captura de CO₂ en los residuos mineros

Existe una presión para que la industria minera haga una considerable reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) pues estas emisiones no dejan de aumentar. Claramente la industria minera podría convertirse en el autor principal en la obtención del secuestro del CO₂ de la atmósfera en los residuos mineros. Las actividades en estas industrias como lo son la planificación, trituración y almacenamiento de residuos generan ventajas ya sea corporativas, económicas y sociales, así como la estabilización de residuos o la inmovilización de metales pesados.

5. Impactos ambientales.

La producción de dióxido de carbono (CO₂) por la minería puede tener varios impactos ambientales negativos. Algunos de estos impactos incluyen:

- **Emisiones de gases de efecto invernadero:** La producción de CO₂ a partir de la minería contribuye significativamente al cambio climático al aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas emisiones pueden ser causadas por la quema de combustibles fósiles para generar energía para la minería, así como por la liberación de CO₂ durante la extracción y procesamiento de minerales.
- **Acidificación de suelos y cuerpos de agua:** La minería puede liberar ácido sulfúrico y otros ácidos en el medio ambiente, lo que puede acidificar los suelos y cuerpos de agua cercanos. Esto puede afectar la calidad del agua y la capacidad de los suelos para soportar la vida vegetal.
- **Contaminación del aire y del agua:** La minería también puede liberar una variedad de sustancias tóxicas en el aire y el agua, como

metales pesados y sustancias químicas utilizadas en el procesamiento de minerales. Estos contaminantes pueden tener efectos negativos en la salud humana y la biodiversidad.

- **Alteración del paisaje:** La minería puede causar cambios significativos en el paisaje natural, incluida la deforestación y la eliminación de hábitats naturales de la fauna y flora silvestres (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2022).

6. Minería para un futuro bajo en carbono.

Una correcta gobernanza de la minería podría hacer una contribución a la generación de políticas, que favorezcan una mayor y mejor estabilidad económica, la cual favorece una estructura económica más compleja, la cual está basada en el impulso ambiental. Para lograr esto, se es necesario el cambiar ciertas regulaciones, en donde la política pública tenga un importante peso como lo vemos en el caso de ecosistemas nacionales de inversión pública, esto para generar para generar reglas las cuales permitan llevar a cabo inversiones con bajo carbono.

La minería hoy en día representa una gran e importante fuente de altos ingresos para muchos países, pues esta es la principal generadora de nuevas oportunidades de encadenamientos con múltiples sectores nacionales, con mayor y mejor calidad de contenido tecnológico, así como también un adecuado uso del espacio ambiental, mejores espacios ambientales relacionados a la energía renovable y esto implica un menor costo. Un aspecto de suma importancia y que es hablado frecuentemente en diversos países es lograr enfocarse en un mejoramiento en la coordinación entre las diversas instituciones, para que esto permita asentar a una minería que sea mucho más responsable, y a su vez, adecuarse correctamente a los marcos legales y regulatorios que se rigen en la minería con el fin de que todo sea un poco más coherente.

6.1 Un camino para alcanzar el balance neto 0.

La carbonatación mineral nos permite extraer el CO₂ del aire para así poder almacenarlo durante las escalas de tiempo geológicas esto a través de los minerales carbonatados que son estables y que también pueden capturar los metales pesados existentes en residuos; los minerales carbonatados se forman a partir del CO₂ de la atmósfera cuando estos reaccionan con silicatos e hidróxidos de magnesio y calcio, este proceso es producido de forma natural en la superficie de la tierra transcurridos varios millones de años y cuando la rx es sometida a una meteorización química. Las minas de níquel, cromita, cobre, aluminio y talco tienen un potencial mayor al almacenamiento de carbono y existe una posible disminución de gastos de mina al explotar el almacenamiento de CO₂ pues significa que las operaciones en las minas aumenten su viabilidad económica.

6. Conclusiones.

La captura y almacenamiento de dióxido de carbono se presenta como una opción más en la lista de acciones para reducir o estabilizar el aumento de las concentraciones atmosféricas de GEI. Hay muchas maneras de reducir las emisiones de CO₂ y, por lo tanto, frenar el cambio climático. Todos los gobiernos deberían participar en iniciativas globales para reducir el uso de combustibles fósiles, el fomento del uso de energías limpias y la prohibición del uso de materiales nocivos para el medio ambiente, entre otras medidas, la exigencia de técnicas seguras de tratamiento de residuos. El nombre del plan más reciente es CCS significa captura y almacenamiento de carbono.

Convertir el dióxido de carbono en roca, permitiendo que el gas de efecto invernadero se almacene para siempre en lugar que cuente con las condiciones para su nula liberación a la atmósfera y atrapar el calor, es abordar una pieza crucial del rompecabezas del cambio climático. Además, es una tecnología escalable y de fácil acceso; también es económico y respetuoso con el medio ambiente. Básicamente estamos ayudando a la naturaleza a ayudarse a sí misma. **El futuro está en una roca.**

Referencias

- 6103-(8) Carrasco. (s. f.). <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/139-sitio/articulos/cuarta-epoca/6103/570-6103-8-carrasco>
 Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2022). Emisiones de dióxido de carbono. EPA.
 Baker, R. C., (1963a). Título del artículo. Nombre de la revista 34, 184–186.
 Baker, R. C., (1963b). Título del libro. Nombre de la editorial, Lugar de publicación.
 Bolin, B., B.R. Döös, J. Jäger y R.A. Warrick, The greenhouse effect, climatic change and ecosystems, International Council of Scientific Unions, Paris (Francia), Scientific Committee on Problems of the Environment, 541 (1986)
 De Medios SA De CV Demos, D. (2015, 20 julio). La Jornada: Acumulación de jales en Zimapán ya afecta salud y ambiente: vecinos. La Jornada. <https://www.jornada.com.mx/2015/07/20/estados/027n1est>
 Dog, P. R., (1958). Título del capítulo. In: Editor (Ed.), Título del libro. Vol. II. Nombre de la editorial, Lugar de publicación, Ch. 7, pp. 56–98.
 DOI: 10.3923/ijbc.2010.190.202
 DOI: 10.3923/ijbc.2010.190.202
 García, F. J., 2007. Título del libro. Nombre de la editorial, Lugar de publicación.
 García, F. J., Martínez, R., (2008). Título del artículo. Nombre de la revista número volumen, números de página.
 García, F. J., Martínez, R., (2008). Título del artículo. Nombre de la revista número volumen, números de página.
 Huijgen, W.J.J. y R.N.J. Comans, Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation: Literature Review, Energy research Centre of the Netherlands ECN (2003)
 Keohane, R., (1958). Título del libro. Nombre de la editorial, Lugar de publicación.
 R. Villafuerte-Segura et al. /Publicación Semestral Padi Vol. X No. 00(2021) 1-3 6
 Rackley, S., Carbon capture and storage, Butterworth-Heinemann Pub., Holland, ISBN: 9781856176361 (2010)
 Sanchis, A. (2021). Transformar el CO₂ del aire en piedras: así quiere una empresa solucionar el cambio climático. Xataka. <https://www.xataka.com/magnet/transformar-co2-aire-piedras-asi-quiere-empresa-solucionar-cambio-climatico>
 Twenergy. (2019). Emisiones de CO₂. Twenergy, 4-6
 Valderrama, J. O., Campusano, R. A., & Espíndola, C. (2019). Minería Chilena: Captura, Transporte, y Almacenamiento de Dióxido de Carbono en Relaves mediante Líquidos Iónicos y Carbonatación Mineral. Información tecnológica, 30(5), 357-372. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500357>
 Valderrama, J. O., Campusano, R. A., & Espíndola, C. (2019). Minería Chilena: Captura, Transporte, y Almacenamiento de Dióxido de Carbono en Relaves mediante Líquidos Iónicos y Carbonatación Mineral. Información tecnológica, 30(5), 357-372. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500357>



Mi nombre es **Denisse García Soto**, originaria del municipio de Tulancingo, en el estado de Hidalgo. Actualmente estudio la carrera de Ing. en Geología Ambiental en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH, estoy próxima a realizar mi servicio social. Durante mi formación he desarrollado intereses por diversos temas, desde medioambientales, riesgos geológicos, prospección y geofísica, entre otros, es así como surgió mi interés por la investigación. Gracias al profesorado de la universidad he tenido la oportunidad de visitar varios sitios dentro del país que han ayudado a mi entendimiento de la inmensa geología que tenemos.

También me he involucrado en otras áreas, como la sociedad de astronomía de la UAEH, equipos deportivos (fútbol soccer y fútbol rápido) obteniendo reconocimientos satisfactorios. Como objetivo próximo deseo realizar una tesis enfocada en riesgos a la salud causados por jales mineros en el área de Pachuca, Hgo. ga348190@uaeh.edu.mx



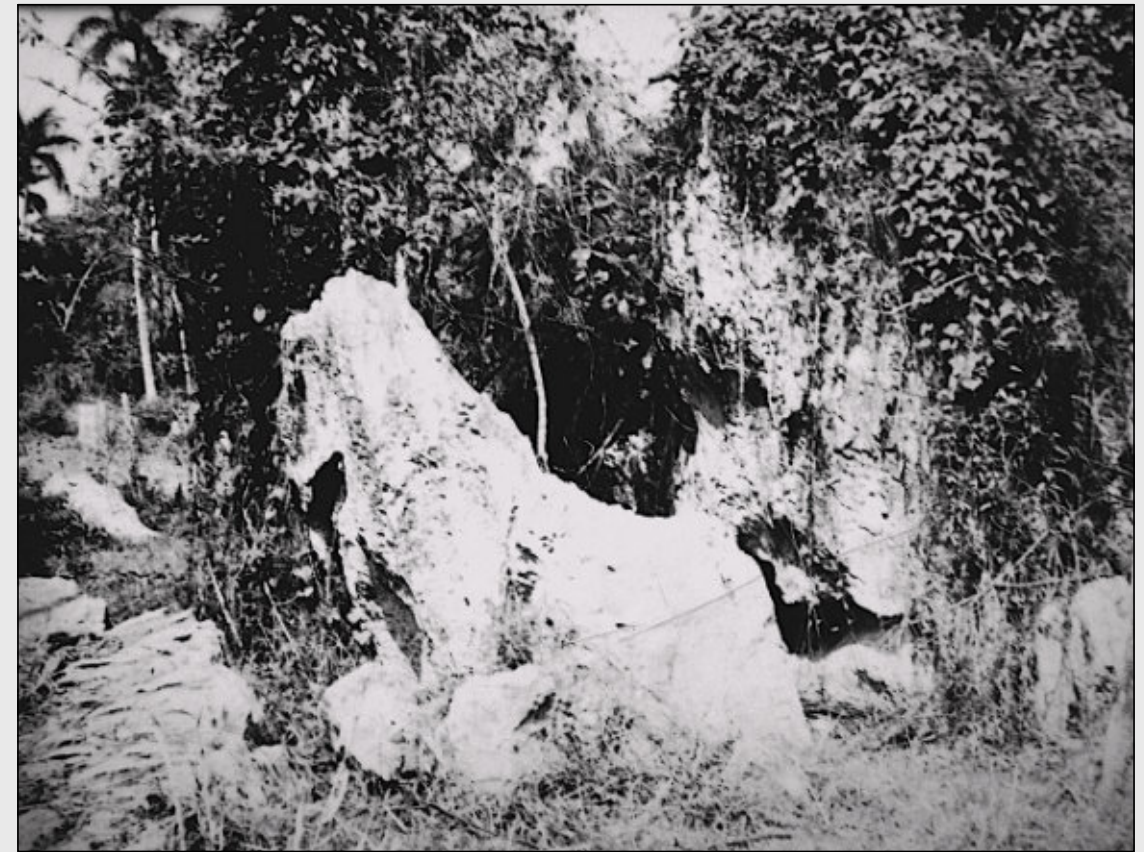
Mi nombre es **María Azucena Navarrete Aguilar**, soy originaria de Zacatlán de las Manzanas en Puebla, me encuentro estudiando la carrera de Ing. en Geología Ambiental en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAEH, estoy próxima a realizar mi servicio social.



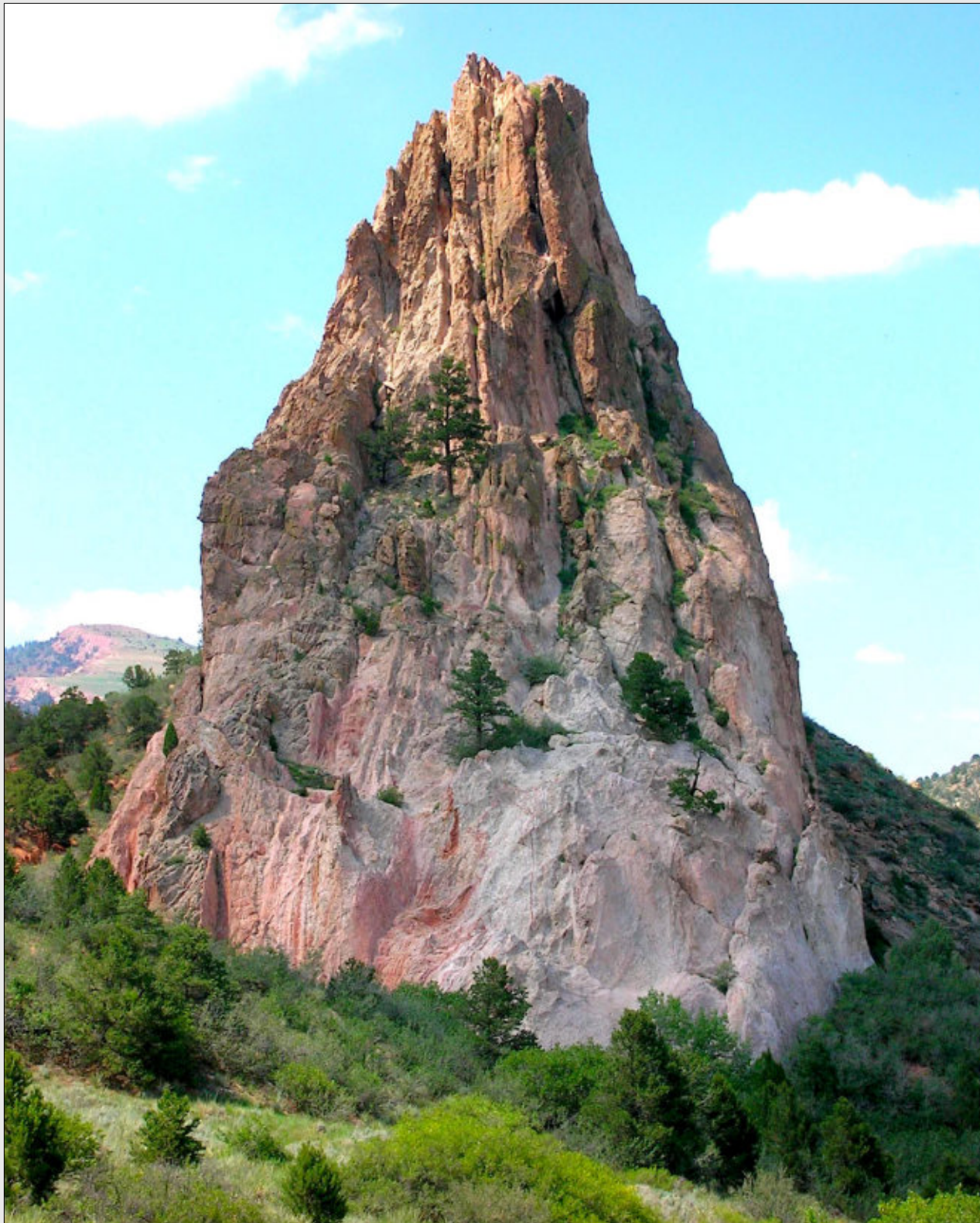
La Fotografía (Sierra de Viñales, la pared oriental, en la Sierra de los Organos, Cuba) fue tomada en 1970; se ven las calizas masivas del Kimmeridgiano (Mbro San Vicente de la Fm. Guasasa). **Fotografía del Dr. Andrzej Pszczółkowski.**



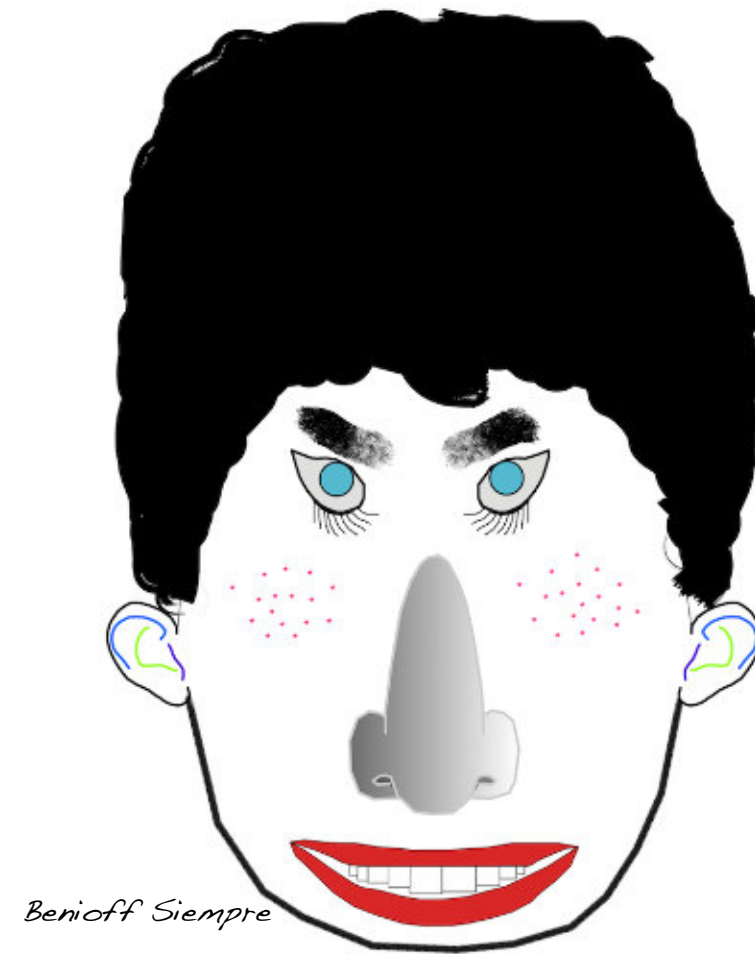
Concreción calcárea en Soroa (provincia de Pinar del Río, Cuba), erosionada de la Formación Santa Teresa (Aptiano-Cenomaniano). **Fotografía del Dr. Andrzej Pszczółkowski.**



Calizas parecidas a las de la Fm. San Juan y Martinez, las cuales he encontrado dentro de los depósitos de la Fm. Via Blanca (Campaniano-Maastrichtiano), posiblemente bloques hasta olistolitos (la localidad La Unión en la zona - o subterreno - de Bahía Honda, provincia de Pinar del Río, Cuba. Por su forma, un bloque parece a un animal (león?). **Fotografías del Dr. Andrzej Pszczółkowski.**



The outstanding geologic features of the Garden of the Gods (Colorado Springs, Colorado), included many rock shapes and colors. Most of the rocks exposed are part of the Fountain Formation (Carboniferous), which was deposited as an alluvial fan. Sedimentary beds of deep-red, pink and white sandstones, conglomerates and limestone were deposited horizontally, but have now been tilted vertically, caused by the uplift of the Rocky Mountains. The Pleistocene Ice Age resulted in erosion and glaciation of these rocks, creating different shapes. The erosive processes removed the softer layers (shales), eventually leaving the strange looking formations seen today. **Fotografía de Jhonny E. Casas.**



A nosotras las maestras 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

Belize tektites and the tektite strewn field of western Belize

David T. King, Jr.

Geosciences, Auburn University

Abstract

Impact-produced glassy objects (tektites) in northwestern Belize presently occur in a limited area of about 950 km². Compared to other known tektite strewn fields on Earth, this one is relatively small. Belize tektites were formed about 800,000 years ago owing to the thermal energy of a cosmic impact event (crater-producing or air-burst) that melted soil of the target area and ejected those melted materials from an area somewhere in – or adjacent to – Central America where target rocks are mainly andesitic in composition. These tektites appear to occur within some of the Quaternary sediments that lie upon the erosional surface atop the Red Bank group, an informal, clay-rich stratigraphic unit of shallow marine origin that is known to be upper Paleocene and lower Eocene.

Introduction

A tektite strewn field is an area of the Earth's surface where naturally occurring glassy objects known as tektites, having been produced by a large cosmic impact event and its attendant soil-melting processes, fell to ground and thus naturally occur in sediments, soil, residuum, or alluvium. There are four main tektite strewn fields on Earth, each of which is associated with a specific source crater (Koeberl, 1994; 2014) or – in the instance of the Australasian tektite strewn field – a cosmic air-burst event (Hildebrand, 2019). There are some other, smaller locales bearing tektites or tektite-like glassy objects of distinctive composition and age, for example the area near Zhamanshin impact structure in Kazakhstan (Koeberl et al., 2021) and a newly discovered tektite strewn field in Uruguay (Ferrière et al., 2017), but these places are few in

number. As for Belize, the strewn field there is not among the ones on Earth that are commonly discussed, and is relatively new to geological science, having been written about only since 1994.

Regarding tektites, generally speaking, a tektite is a small, aerodynamically shaped glassy object that has been produced and ejected during the early contact stage of cosmic impact on Earth. Tektites are usually one to a few centimeters in diameter; microtektites, in contrast, are typically spherical or nearly so and a few millimeters in size. Not all impact glasses are tektites, for example, Libyan desert glasses from northwestern Egypt are not aerodynamically shaped like tektites and have chemical compositions that are different from tektites (Koeberl et al., 2021).

Belize tektite history

During the 1990s, three tektites were found among archaeological objects at Tikal, Guatemala, and these indigenous Central American tektites were subsequently studied by Hildebrand et al. (1994). They concluded that the tektites represent a previously unknown group of tektites, which were derived from a coeval cosmic impact event within upper crustal rocks of 'intermediate' igneous composition. They were unaware of the northwestern Belize strewn field, and thought that the target area was somewhere within the Central American region, and that the impact event happened 800 kyr +/- 100 kyr ago (based on argon-argon radiometric age-dating).

Shortly thereafter, Izett and Meeker (1995) studied two similar tektites from northwestern Belize, one found by geologist Jean Cornec near San Ignacio and one found by archaeologist Anabel Ford in a former Mayan settlement site a few km away. Izett and Meeker (1995) reported that these tektites have a mean argon-argon radiometric age value of 810 kyr +/- 10 kyr, and that both tektites have

'andesitic' compositions. This second age determination for Belize tektites confirmed that they were not of the same age, and therefore somehow related to the abundant and widely distributed Australasian tektites, which were then thought to be about 790 kyr old (and are presently known to be on average 788.1 kyr +/- 2 kyr old; Jourdan et al., 2019).

The mean age date of Izett and Meeker (1995) has significantly more narrow error bars than Hildebrand et al. (1994), and thus was the most widely cited age for Belize tektites until recently. Koeberl et al. (2021) recalculated the age determination of Izett and Meeker (1995) and expressed it as a 2σ, and thus their argon-argon age is actually 810 kyr +/- 40 kyr. There have been two other age dating studies on Belize tektites recently. Schwarz et al. (2016) conducted one argon-argon step-heating age analysis, which yielded a result of 769 kyr +/- 16 kyr. Rochette et al. (2019), who encountered problems due to excess argon from bubbles, was able to complete two

argon-argon plateau age determinations on one sample, which yielded a weighted-average result of 815 kyr +/- 11 kyr (reported by Koeberl et al. (2021) to be 804 kyr +/- 9 kyr). As Schwarz et al. (2016) pointed out, their analysis of the ages of both Australasian (including indochinite) tektites and Belize tektites demonstrates that there is a clear separation in age of the Australasian event and the Central American event related to Belize tektites. It is interesting to note that both events, however, occur within the range of the mid-Pleistocene global climatic transition (spanning 1250 to 700 kyr ago).

Jean Cornec's discovery showed the potential existence of a strewn field for the first time, and since 1994, Jean Cornec and other individuals looking for Belize tektites have recovered hundreds of them, mainly in the 1-3 cm size range, within a small area of western Belize. This limited geographic area of about 950 km², which is shown in Figure 1, has been referred to as a 'potential strewn field' by Koeberl and Glass (2014), but subsequently

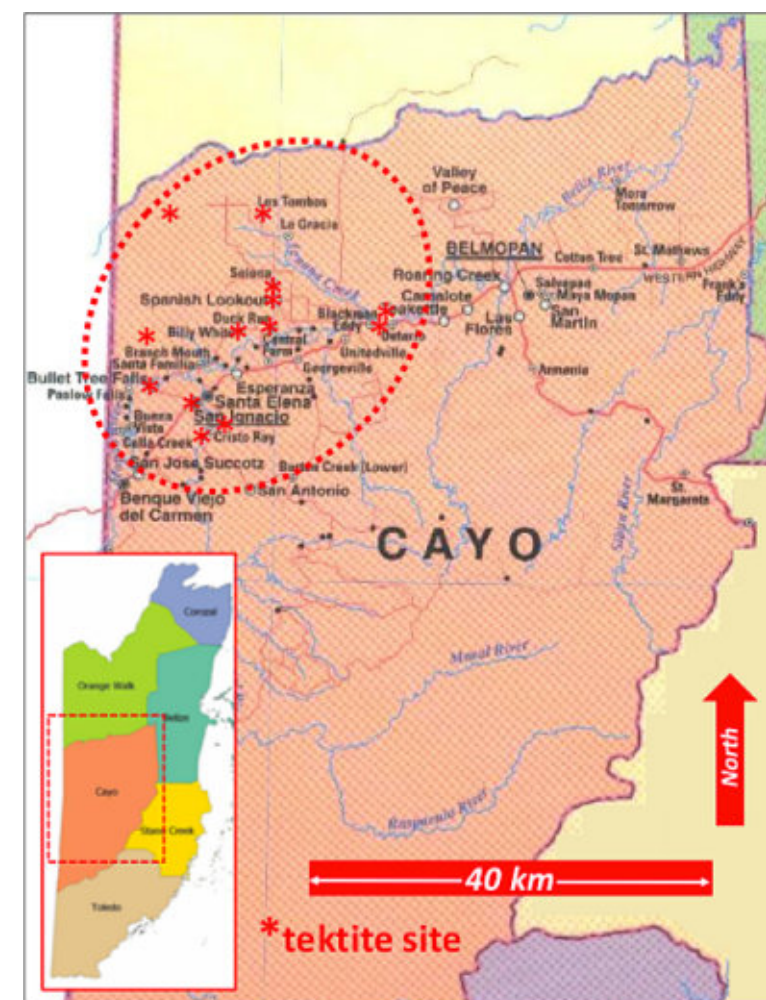


Figure 1. Map of the Cayo District in western Belize with inset map showing the districts of Belize (small dashed box shows area of main map). Many of the main villages and all towns in the Cayo District are shown as dots on the map and their names are labeled. Red asterisks (*) mark towns and other sites known to have tektites found there (per Jean Cornec and other sources). The dashed ellipse encompasses all the sites marked; the elliptical shape does not infer that the author thinks the strewn field is a true ellipse. Maps are from open sources on the internet.

Koeberl et al. (2021) described it as a valid strewn field. Koeberl and Glass (2014) noted that the actual limits of this strewn field may extend much farther than its presently known limits, but in the years since no one has found Belize tektites outside the area shown in Figure 1, except in some Mayan ruins in the Yucatán area. There have been anecdotal reports of some tektites from closely adjacent parts of Guatemala, which is not too surprising.

Belize tektite characteristics

More recent work on Belize tektites by Koeberl and Glass (2014) and Koeberl et al. (2015; 2021) indicates that the composition of western Belize tektites is, on average, significantly different from Australasian tektites (including their Na and K content). These authors discuss the age of Belize tektites, and they note that Australasian tektites have approximately, but not exactly, the same age as those from western Belize. Further, their work on tektite petrography suggests that none of the western Belize tektites are far-traveled from their source crater.

Petrographic features of note in their reports are optical inhomogeneities (schlieren), vesicles of various sizes (some attending grains and others in the glass alone), rare opaque grains (hematite?), grains of a high-temperature silica mineraloid (lechatelierite), toasted silicate grains (i.e., impact-affected silicate particles that have darkened patches due to post-shock exsolution of water), and largely unaffected sedimentary quartz grains, some of which are embayed due to partial melting into the surrounding glass. Some of the included grains of quartz contain phase-transformation and recrystallization effects known as ballen structures (Koeberl et al., 2021).

The three most common silicate phases in Belize tektites, as with most tektites in general, are lechatelierite, the tektite’s silica glass groundmass, and quartz. These are easily distinguished by their optical relief in thin sections. According to various database sources on the internet, lechatelierite has an index of refraction of 1.52 to 1.55. The comparable indices of refraction for quartz and tektite glass are 1.45 to 1.47 and 1.48 to 1.51, respectively. Thus, lechatelierite appears in high relief relative to the

surrounding tektite glass, and quartz appears low in Belizean and other tektites.

Geochemical analyses have been informative about Belize tektite origins. Analysis of Rb-Sr and Sm-Nd isotopic compositions of several Belize tektites indicates a chemical composition which is unique among similar-appearing and similarly sized tektites from other strewn fields around the world (Koeberl et al., 2015). More recent geochemical analyses specifically suggests that Belize tektites originated from a target with the composition of mainly andesite and perhaps some dacite (Koeberl et al., 2021). Koeberl et al. (2021) show that Belize tektite compositions fall within a graphic compositional field that is consistent with samples of similar SiO₂ content taken from the Central American arc. This was also a finding of geochemical work on Belize tektites performed by Rochette et al. (2019; 2021).

Stratigraphic relations

In western Belize, the informal Red Bank group (upper Paleocene to lower Eocene shallow marine deposits; King et al., 2018; Ricketts et al., 2021; King and Petruny, 2022) is a very thick, gray-brown clay unit, which crops out over a wide area, including the western Belize tektite strewn field (Figs. 2-4). The age of the Red Bank was determined recently by nanofossils, as reported by Ricketts et al. (2021). Atop the Red Bank group is an erosional surface that is the base for discontinuous residual sedimentary deposits (King et al., 2018). Near the village of Billy White, these sedimentary deposits include a chert pebble-rich conglomerate, an overlying red sandy stream-bar deposits (locally approximately 1.5 m thick), and an overlying grey clay layer (Figs. 5 and 6).

Based on limited field observations during 2015, it is suggested here that some western Belize tektites may come from within the weathered upper surface residuum of the Red Bank group, including the red sandy deposits. Supporting evidence is adhered to some pitted surfaces of individual tektites (Figs. 5 and 6). Possible percussion marks (Fig. 6) would support the interpretation that some Belize tektite were transported a short distance from



Figure 2. Outcrop photos of an area near the village of Billy White (see Fig. 1) where tektites have been found. A) Vertical view of the chert-pebble conglomerate that lies upon the disconformity atop the Red Bank group. Arrow points at car keys (for scale). B) Exposure showing the stratigraphic relationship of the chert-pebble conglomerate, the overlying red sand layer, and a grey clay layer on top. Arrow points at the contact between the chert-pebble conglomerate and the red sand layer. Vertical cut face (above the water level) is about 1.5 m high. Photos by author.

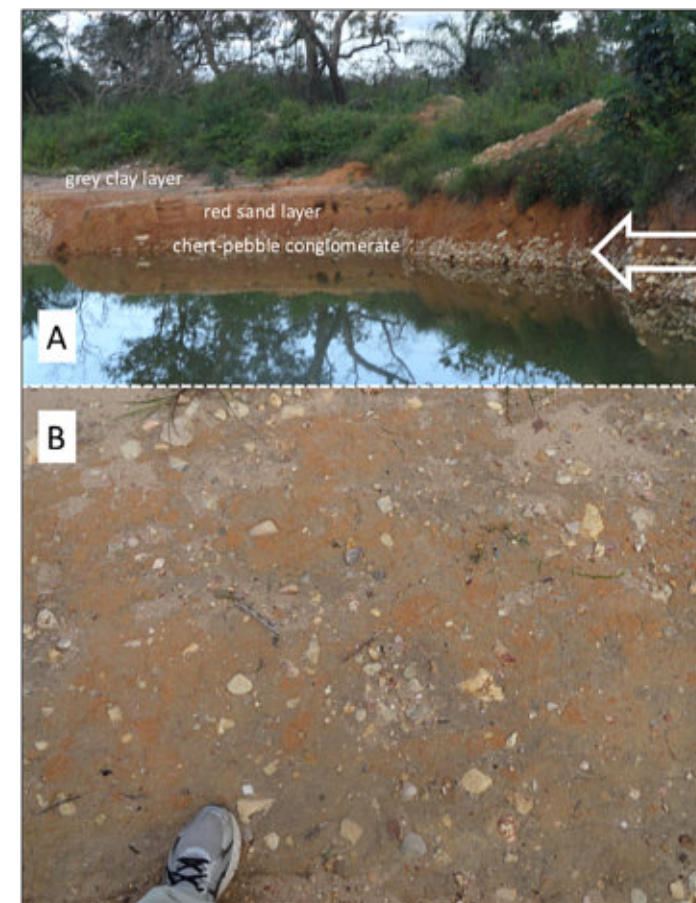


Figure 3. Outcrop photos in the same area as Figure 2. A) Close-up view of the contact between the chert-pebble conglomerate and the overlying red sand layer (arrow). Vertical cut face is about 1 m high. B) Vertical view an exposure of the lower part of the red sand layer where pebbles from the underlying chert-pebble conglomerate are also exposed. This is interpreted to be the source level for at least some tektites in the area, based on sediment adhered to the tektite surfaces. Person’s foot for scale. Photos by author.

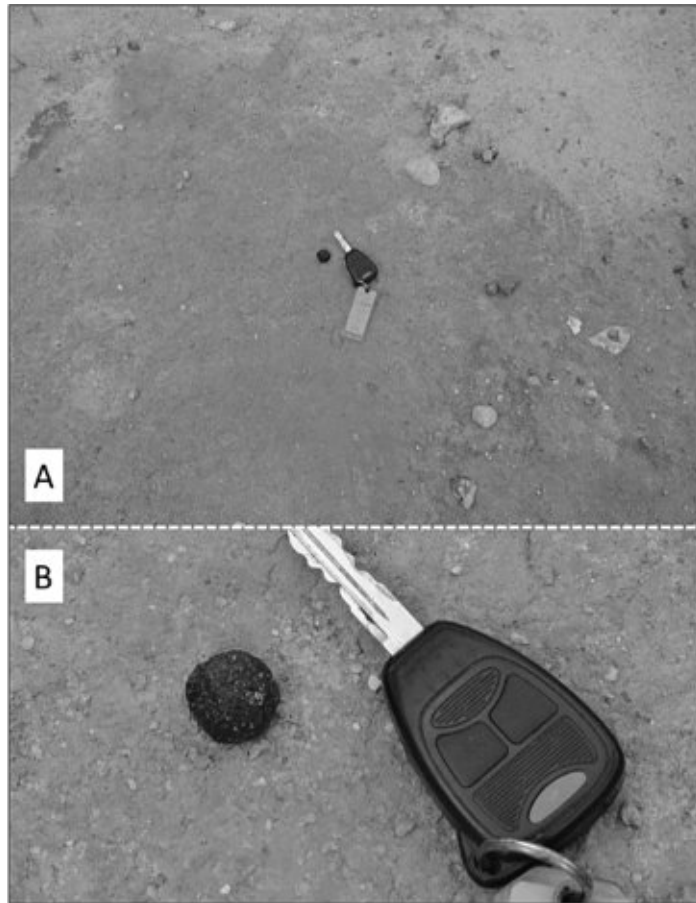


Figure 4. Outcrop photos in the same area as Figures 2 and 3. A) Vertical view an exposure of the lower part of the red sand layer where pebbles from the underlying chert-pebble conglomerate are also exposed. A loose tektite (2 cm in diameter) is lying on the surface where the author found it. Car keys for scale. B) Close-up of the tektite lying on the ground surface next to car keys. Photos by author.

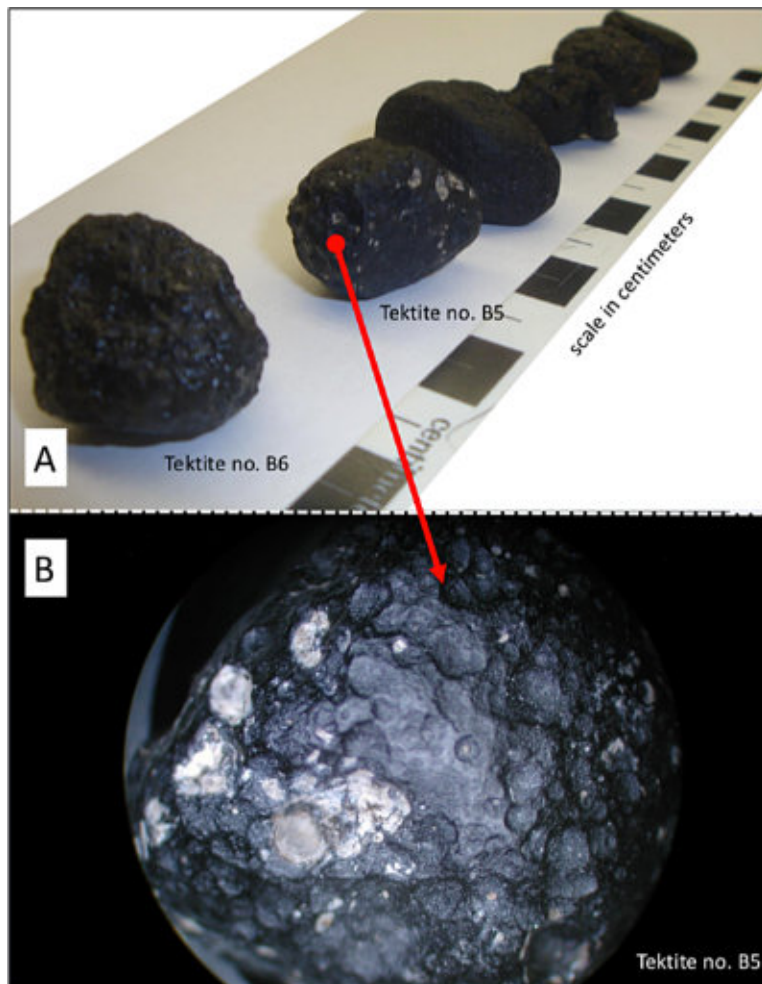


Figure 5. Belize tektites from Jean Cornec. A) Tektites used in this report (numbered B1-B6). B) Close-up of the surface of tektite B5 (1.3 cm in diameter), which has tan-grey silty clay adhering to its surface, mainly in the deeper pits on its exterior. Photos by author.

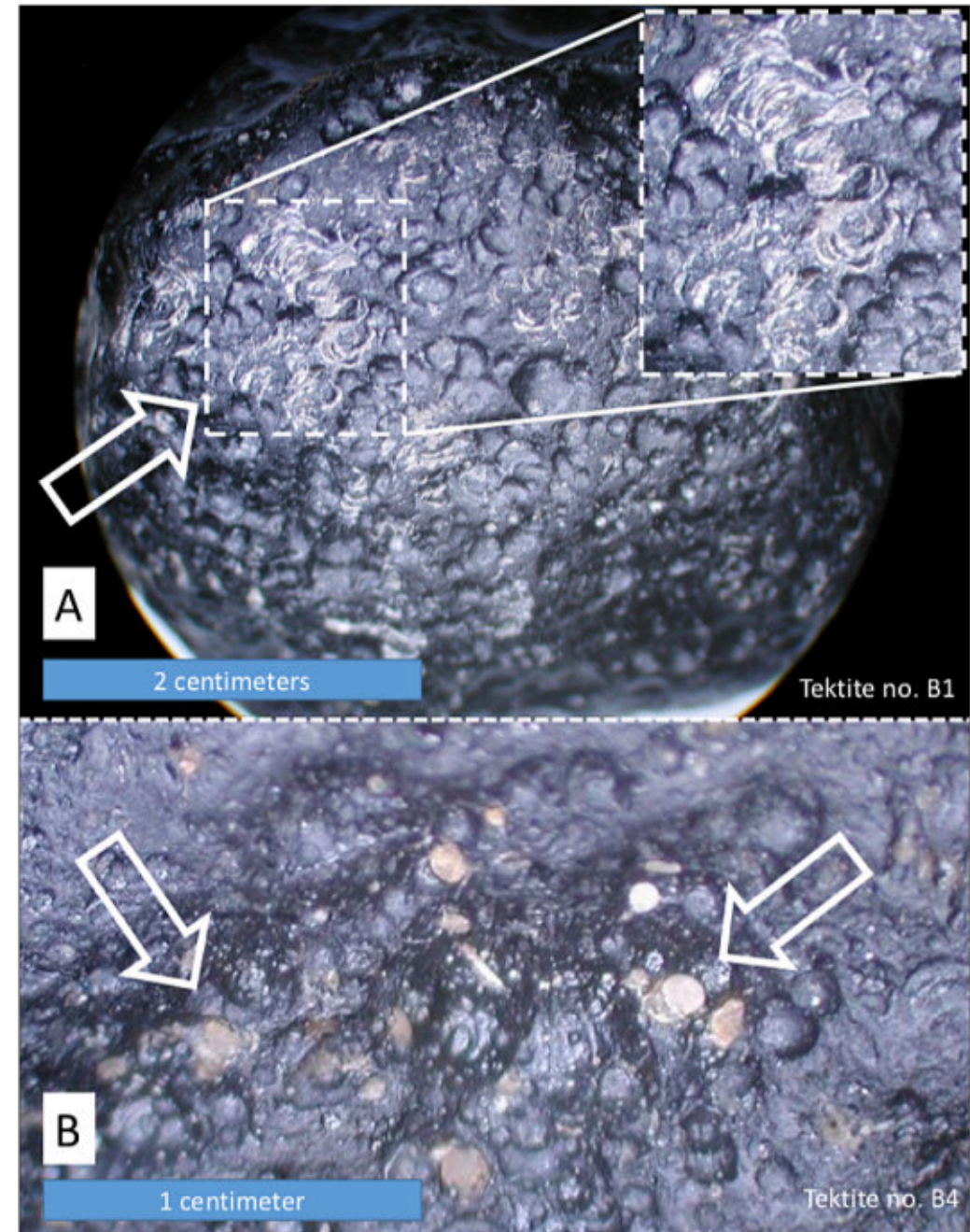


Figure 6. Close-up views of two different Belize tektite surfaces. A) Most of the exterior of one-half of Belize tektite number B1 showing numerous vesicular pits on the surface. There are more pits on the surface of tektites like B1 than there are vesicles inside, which suggests that the outer zone of the tektite experienced more gas release prior to solidification than did the interior reaches. Also, the tektite shows possible surficial percussion marks (arrow; and inset view), suggesting possible interaction with bedload particles during aqueous transport prior to deposition. B) Part of the exterior of Belize tektite number B6, which has quartz sand grains and red silty clay adhered to its pitted surface. Respective scales are indicated. Photos by author.

where they fell (but not from outside the presently understood limits of the strewn field; King et al., 2016).

Because western Belize tektites' relatively fresh surfaces are characterized by numerous, relatively deep surface pits, and considering that sediment is trapped in those surface pits, this observation supports an interpreted connection to what appear to be likely source beds. For example, Figure 6B shows the surface of tektite B4, which displays sand grains of the size and shape typical of sand grains in the red sandy deposits sitting in its surface pits. Other tektites have grey clay in surface pits (Fig. 5B), which is more like the matrix of the chert-pebble conglomerate. However, some Belize tektites are abraded and their surface pits strongly degraded, so this method does not apply in all instances.

Source-crater investigation

Povenmire et al. (2011) and Cornec et al. (2015) have discussed a possible source crater, which is a 12-km diameter structure in the Jinotega District of northern Nicaragua. Named for a nearby town, Pantasma is a circular feature developed in a Cenozoic volcanic terrain. This annular feature, which is located approximately 500 km south from center of the tektite strewn field of northwestern Belize, is the nearest candidate impact site so far suggested. However, there is no known petrographic and/or geochemical proof of impact at Pantasma, and this structure could be a caldera, a more likely interpretation given the volcanic nature of the region. Rochette et al. (2019; 2021) regard the geochemical similarity of rocks from Pantasma and Belize tektites as good proof of a genetic connection, however Koeberl et al. (2021), in contrast, point out that the geochemistry is not identical, so they do not support this contention.

Petrography and geochemistry

During 2015, Jean Cornec returned bedrock samples taken from within the circular structure at Pantasma, and those were studied petrographically for a short report published

by King et al. (2016). As reported by King et al. (2016), among the samples analyzed for this short report, PAN-1 is a rhyolitic welded tuff with breccia vein and PAN-2 is a fine, high-alkali andesitic breccia. Petrography of both samples are dominated by fine plagioclase feldspars, and these feldspars do not display obvious shock features or effects, such as planar deformation microstructures, glassy zones, or impact-affected feldspar (maskelynite).

Geochemical analysis by inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS), which was conducted by ALS USA, Inc., and reported by King et al. (2016), showed that several main oxides are present in the sample (as an average of both samples; and normalized wt. %) including: Al_2O_3 (14.83); CaO (2.25); Fe_2O_3 (7.41); K_2O (2.31); MgO (1.08); MnO (1.06); Na_2O (4.79); P_2O_5 (0.29); SiO_2 (64.92); SrO (0.04); and TiO_2 (0.95). The most abundant trace elements (as average ppm) are: As (16.7); Ba (696); Ce (33.5); Cr (15); Ga (13.95); La (15.9); Li (25); Nd (21.6); Rb (46.2); Sc (17.5); Sr (275); V (58.5); Y (32); Zn (93.5); and Zr (147).

King et al. (2016) reported the geochemical analysis of three Belize tektites (samples BZTK-1, 2, and 3). Geochemical analysis (by ICP-MS, which was conducted also by ALS USA, Inc., and reported by King et al., 2016) showed that main oxides (as an average of BZTK1-3; normalized wt. %) are: Al_2O_3 (16.91); CaO (4.79); Fe_2O_3 (7.76); K_2O (1.91); MgO (1.84); MnO (0.17); Na_2O (3.75); P_2O_5 (0.16); SiO_2 (61.66); SrO (0.04); and TiO_2 (0.91). The most abundant trace elements (as average ppm) are: Ba (698); Ce (42.33); Co (13); Cr (30); Ga (15.97); La (20.7); Li (23.3); Ni (76.7); Nd (25.8); Rb (40.6); Sc (17); Sr (378); V (84); Y (35.2); Zn (28.3); and Zr (170).

As reported by King et al. (2016), there is a strong positive correlation between main-oxide abundances and trace-element values of PAN versus BZTK samples ($r^2 > 0.96$) suggestive of a possible relationship. In this regard, it is noteworthy that there are consistently elevated values of some oxides (Na, K, and Ba), and the fact that some trace

elements including REEs are remarkably consistent in both bedrock and tektite samples. However, BZTK tektites are depleted relative to bedrock samples in As, Cs, and Zn (as in Chesapeake Bay tektites; King et al., 2016); and there is elevated Cr, Co, and Ni in the tektites that may be meteoritic in origin, as in Ivory Coast tektites (King et al., 2016). Even though the data suggest a local volcanic terrain as the target material, the data do not come close to proving that Pantasma is the source crater. It may be that a "source crater" is never found (i.e., the situation may be like the Australasian tektite-producing event, which apparently was an air-burst event; Hildebrand, 2014).

As reported by King et al. (2016), petrographic analysis of doubly polished thin sections made from tektite samples B1, 2, and 3 shows relatively low content of small vesicles (average = 0.6 mm), rare schlieren, rare grains of lechatelierite and quartz, and very rare opaque grains thought to be an iron-oxide such as hematite. Both lechatelierite and quartz are embayed, but toasting and ballen are restricted to lechatelierite grains. Bubbles attend some impact-affected lechatelierite grains, suggesting that some gas was exsolved from that mineraloid after the grain was trapped in the glass but

before the glass actually solidified. Radiating cracks attending many of the larger lechatelierite grains, or connecting two adjacent lechatelierite grains suggest a physical expansion of the grains after solidification of the glass groundmass. This suggesting is supported by the observation that similar cracks do not attend bubbles, quartz grains, opaque grains, or any other inclusions besides the lechatelierite. No feldspar or other silicate (besides quartz) or non-silicate grains (besides possible zircon; Fig. 10C) were observed in the three tektites reported by King et al. (2016) and re-examined for this report. Dark bubbles usually do not intersect with either surface of the tektite slice mounted on the thin-section glass plate, and likely appear dark for that reason. Whereas, clear bubbles or bubbles with blue epoxy in them are cut through at the top and/or bottom of the tektite slice, and thus look differently in the thin section. Bubbles with blue epoxy tend to be much larger than those without epoxy, but there are a few very tiny, epoxy-filled bubbles. The term bubbles is used in this report to refer to spherical voids, whereas vesicles is used here to refer to irregular open areas within lechatelierite and quartz grains. Embayment is a term used herein to mean the void in a grain is open to the exterior of the grain, in contrast to vesicles, which are not so open. Figures 7-11

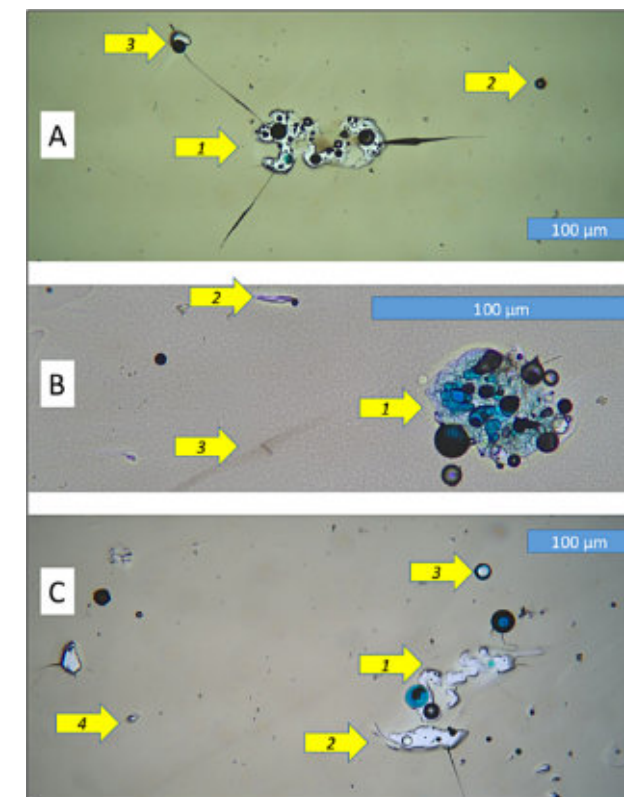


Figure 7. Three thin-section views of Belize tektites; scale is indicated for each. Blue is epoxy. Plane light, unless otherwise indicated. A) Arrow 1 - Embayed lechatelierite grain (cf. Koeberl et al., 2021) laden with numerous bubbles (dark circular features). Lines emanating from the grain are fractures in the tektite glass. Arrow 2 - Dark bubble in glass. Ref. 022/B3a/5x. Arrow 3 - Relatively very small lechatelierite grain attended by a relatively large bubble. Ref. 001/B1a/2x. B) Arrow 1 - Lechatelierite grain with ballen structures (cf. Koeberl et al., 2021), internal brecciation (that allowed blue epoxy to enter the grain during thin-section making), and attendant bubbles (mainly dark). Ref. 022/B3a/5x. Arrow 2 - Needle-like lechatelierite grain (cf. prismatic grains of Kinnunen, 1990). Arrow 3 - Dark schlieren band within the glass. Ref. 022/B3a/5x. C) Arrow 1 - Lechatelierite grain that was being pulled apart or disassociated within the glass during solidification. Arrow 2 - Non-embayed, relatively clear lechatelierite grain with a small "tail" feature. Arrow 3 - Clear-centered bubble that intersects the top of bottom of the tektite slice as mounted on the thin section's glass slide. Arrow 4 - Minute lechatelierite grain showing typical optical relief in contrast to the enclosing tektite glass. Ref. 023/B3a/2x.

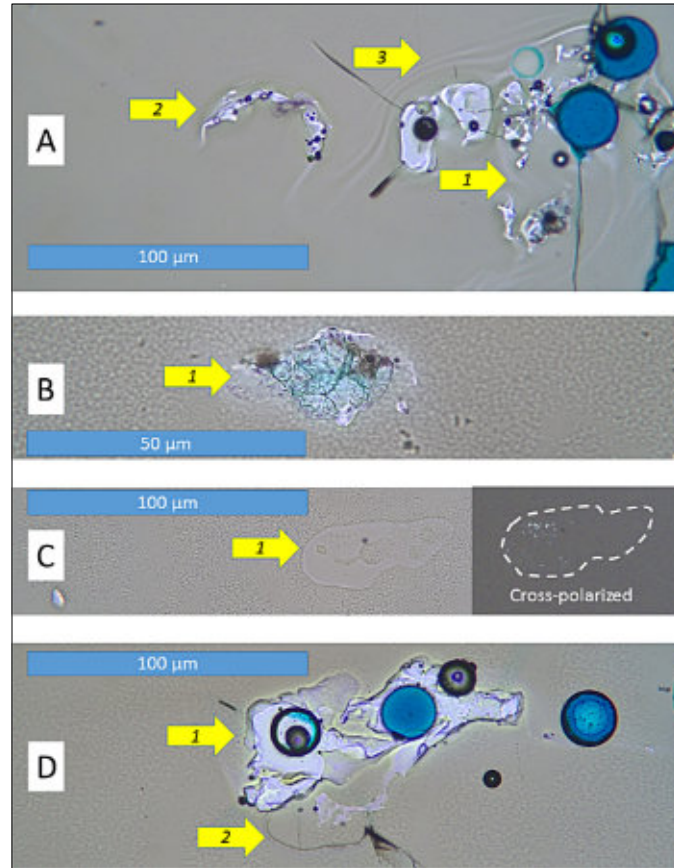


Figure 8. Four thin-section views of Belize tektites; scale is indicated for each. Blue is epoxy. Plane light, unless otherwise indicated. A) *Arrow 1* – A cluster of lechatelierite grains that are in different states of disassociation and in the midst of two large epoxy-filled bubbles; note that schlieren within the glass wrap around the cluster of grains. *Arrow 2* – Arcuate, embayed lechatelierite grain with small bubbles attending it and a patch of dark toasted silica in the center; note schlieren wrapping around this grain. *Arrow 3* – Schlieren associated with and wrapping around this cluster of grains and associated bubbles. Ref. 024/B3a/5x. B) *Arrow 1* – Angular lechatelierite grain that is internally brecciated (blue-tinted epoxy has thus entered the grain), and that harbors two patches of toasting and has relatively few bubbles associated with it. The low-relief area on the right end of the grain may be quartz. Ref. 026/B3a/10x. C) *Arrow 1* – Low-relief grain embayed grain, which may be quartz. At right is a cross-polarized view of the same grain (outlined for clarity), which shows that some relic crystallinity still exists in the grain as evidenced by tiny areas of birefringence. Ref. 031/B2b/5x and 032/B2b/5x. D) *Arrow 1* – Embayed or vesicular lechatelierite grain with large attendant bubbles. *Arrow 2* – Associated, low-relief domain of same grain; however, this low-relief area may be quartz. Ref. 033/B2b/5x.

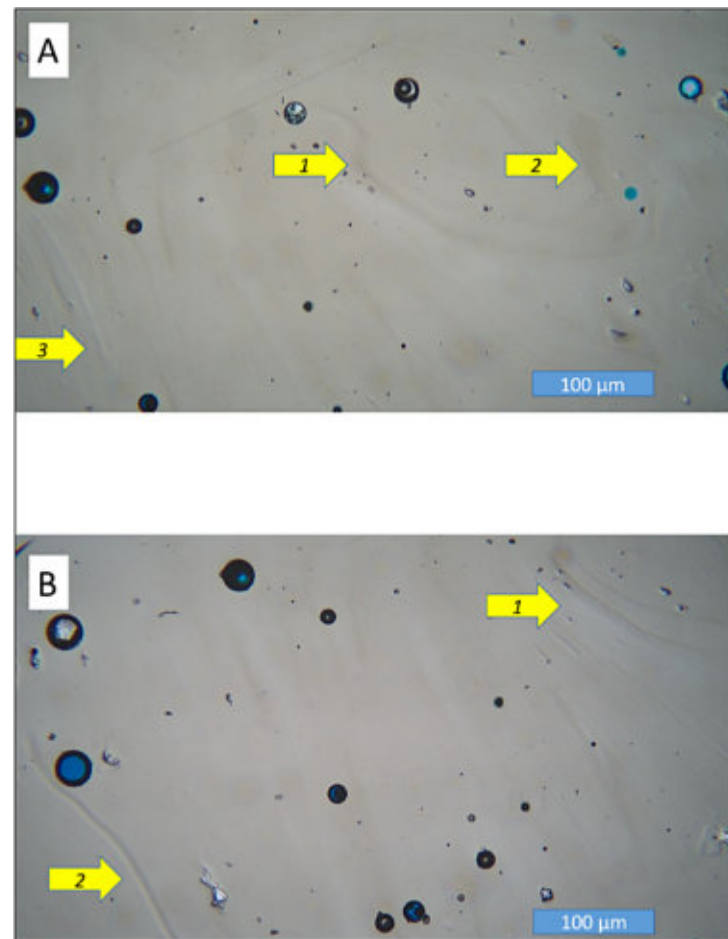


Figure 9. Two thin-section views of Belize tektites; scale is indicated for each. Blue is epoxy. Plane light, unless otherwise indicated. A) *Arrows 1, 2, and 3* – Schlieren that is both discolored and shows optical relief (owing to slight compositional differences within the glass, and thus slightly different indices of refraction within the glass as well). Ref. 035/B2b/2x. B) *Arrows 1 and 2* – High-relief and low-relief schlieren, respectively. Ref. 036/B2b/2x.

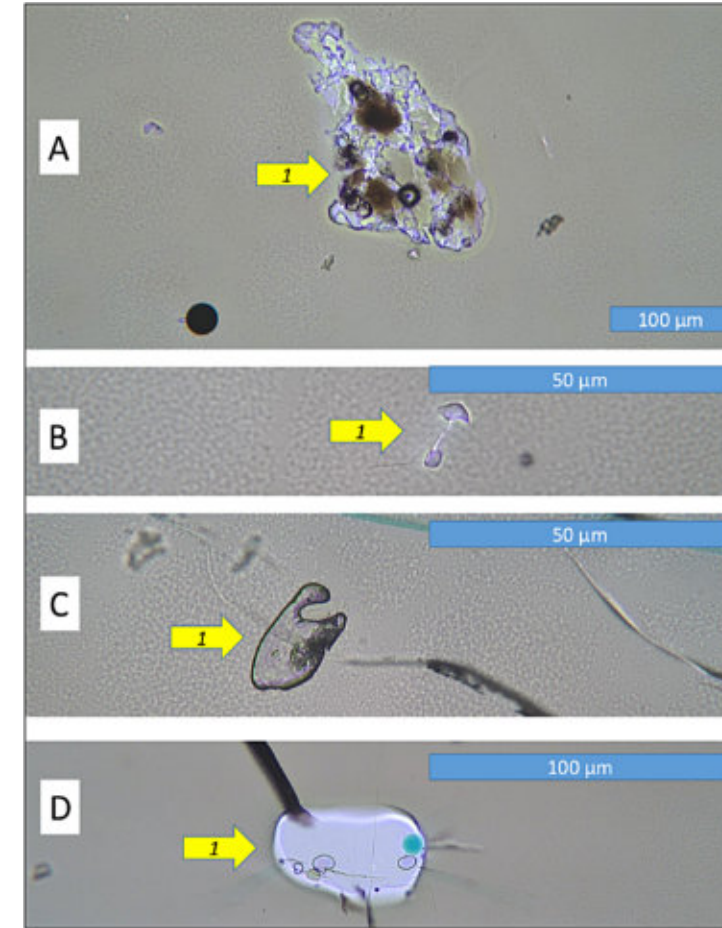
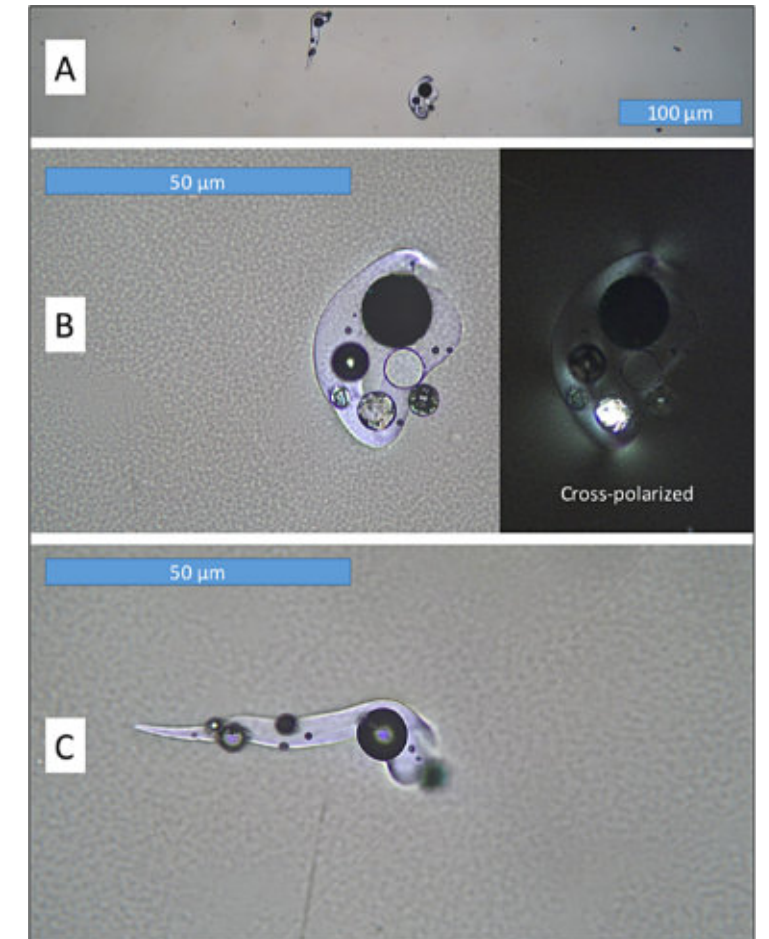


Figure 10. Four thin-section views of Belize tektites; scale is indicated for each. Blue is epoxy. Plane light, unless otherwise indicated. A) *Arrow 1* – Intricately embayed lechatelierite grain, which also displays several patches of toasting (cf. vesicular grains of Kinnunen, 1990; Koeberl et al., 2021). Ref. 037/B2b/2x. B) *Arrow 1* – Tiny lechatelierite grain that has been split apart when the glass was still molten; the two halves are only connected now by a thin thread of silicate material. Ref. 037/B2b/2x. C) *Arrow 1* – Grain with high-relief but a different appearance optically versus lechatelierite (compare with images in this figure and others regarding the typical appearance of lechatelierite; note that the grain appears to have a recrystallized zone on the right side with numerous crystallites included in the affected zone; may be a zircon (?) with a polymorph mineral included. Curved lines are fractures in the tektite glass. Ref. 042/B2b/10x. D) *Arrow 1* – Relatively well-rounded and relatively clear lechatelierite grain with incipient small vesicles within it. Lines emanating from the grain are fractures in the tektite glass. Ref. 004/B1a/5x.

Figure 11. Three thin-section views of Belize tektites; scale is indicated for each. Blue is epoxy. Plane light, unless otherwise indicated. A) Two, small lechatelierite grains in the tektite glass, both attended by several relatively large bubbles. Ref. 008/B1b/2x. B) Same grain as on the right in A) above; entirely smooth lechatelierite grain with associated bubbles, three of which appear to have fluid inclusions within them; at right, a cross-polarized view of the same grain. Refs. 011/B1b/10x and 012/B1b/10x. C) Same grain as on the left in A) above; an oddly shaped lechatelierite grain with attendant bubbles, none of which appear to have fluid inclusions in them; at right, a cross-polarized view of the same grain. Ref. 013/B1b/10x.



show several typical examples of the petrographic nature of the Belize tektites and their constituent grains.

Age-dating problems

During 2016, argon-based radiometric age dating of some ~ 1-cm Belize tektites provided by Jean Cornec was attempted in the laboratory for mass spectrometry within the Department of Geosciences at Auburn University. However, valid results were not obtainable because of the high level of argon that was trapped within minute bubbles seated in the tektite glass. In preparation for age-

dating, the tektites were crushed and individual glass fragments that seemed to be free of bubbles were hand-picked under a binocular microscope in order to avoid the excess-argon problem (Fig. 12). However, the number of minute bubbles apparently was too high judging from the amount of argon still in the glass at the time of analysis. This finding raises concerns about previous age-dating results on Belize tektites, unless those samples were not affected so much by excess argon as were the ones reported here.

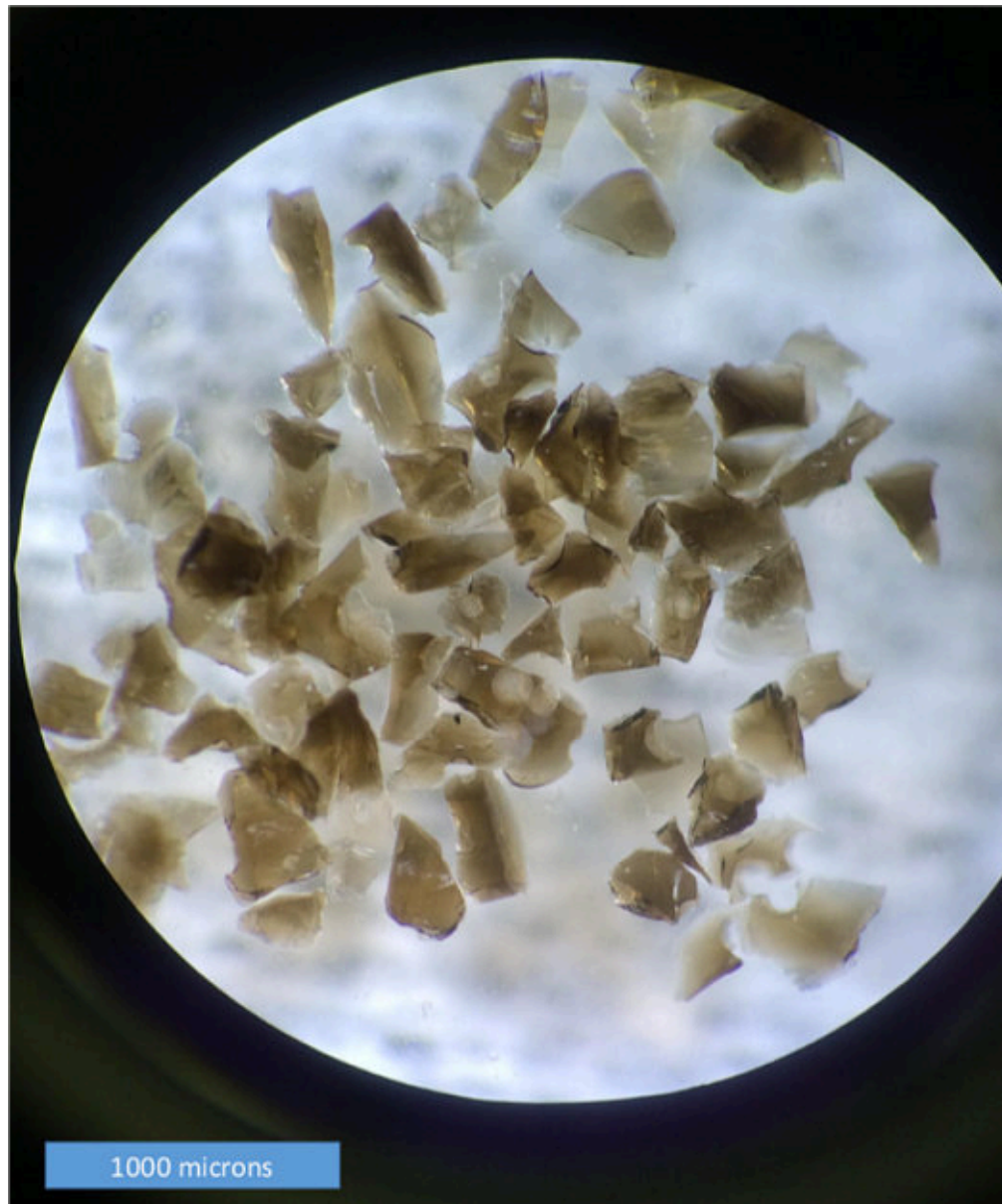


Figure 12. Shards of crushed tektite that were picked for the purpose of eliminating as much tektite glass as possible that contained bubbles with argon gas inside.

Conclusions

The discovery of hundreds of tektites in a limited area of northwestern Belize clearly fits the accepted definition of a tektite strewn field, so we should regard it as such. Studies of Belize tektite glasses show that they are about 800 kyr old and that they share geochemical evidence of impact into a target that was andesitic in nature and also contained sedimentary target materials where the rare constituent quartz grains and the more common lechatelierite (i.e., impact-affected quartz) grains were derived.

As noted above, geochemical analysis the western Belize tektites is consistent with an andesitic volcanic terrain, which is much like the area at Pantasma. But, the same could be said of many areas in the Central American region (and even in parts of adjacent North and South America). So, at present, we can say for sure only that we do not really know exactly where the tektite-producing impact may have occurred.

Field observations in the tektite-producing areas and laboratory observations of sedimentary grains and clay particles embedded in tektite surface pits suggests the stratigraphic source of at least some western Belize tektites is likely the residual sediments situated upon the disconformity atop the Red Bank group. This erosion surface spans the time interval from about middle Eocene to Quaternary, which is consistent with reported age-dating of Belize tektite glass.

In the future, it may be found that the northwestern Belize strewn field has a wider distribution than presently known, and a source crater or air-burst target zone may be found, probably in the Central American volcanic arc region. For now, we know that the Belize tektite-forming impact event is not coeval with other, known late Pleistocene impact events, including the Australasian impact event, but it is easy to imagine that this impact was a significant cosmic event affecting the Americas almost at the end of early Quaternary.

Acknowledgments

The author sincerely thanks the Big Creek Group, Independence, Belize, for their support of much of research work on this project. The author also sincerely thanks Jean Cornec for helpful discussions and for providing samples from the Pantasma area, arranging for sample analyses (including the BZTK specimens), and for donating the six tektites from western Belize used in the work described above (as published by King et al., 2016). Bill Hames (Geosciences, Auburn University) attempted the unsuccessful radiometric age-dating noted in the text; Jason Fisher picked crushed tektite glass for that project. Doug Milham and Hal Povenmire provided helpful comments previously about our work in this area of Belize.

References cited

- Cornec, J., L. Cornec, and H. Povenmire, 2015, A layered tektite from the Central American strewn field: Lunar and Planetary Science Conference, 44th meeting, abstract no. 1123.
- Ferrière, L., J.-A. Barrat, G. Giuli, C. Koeberl, T. Schulz, D. Topa, and W. Wegner, 2017, A new tektite strewn field discovered in Uruguay: Meteoritical Society, 80th meeting abstracts, Meteoritics and Planetary Science, v. 52, p. A89.
- Hildebrand, A. R., 2019, The Australasian tektite strewn field (highly oblique) source impact is in Champasak province, Laos: Meteoritical Society, 82nd meeting abstracts, Meteoritics and Planetary Science, v. 54, abstract no. 8469.
- Hildebrand, A. R., H. Moholy-Nagy, C. Koeberl, F. Senftle, A. N. Thorpe, P. E. Smith, and D. York, 1994, Tektites found in the ruins of the Maya city of Tikal, Guatemala: Lunar and Planetary Science Conference, 25th meeting, p. 549-550.
- Izett, G. and G. Meeker, 1995, ⁴⁰Ar/³⁹Ar age and composition of tektites from Belize: Geological Society of America, Abstracts with Programs, v. 6, p. A-207.
- Jourdan, F., S. Nomade, M. T. D. Wingate, E. Eroglu, and A. Deino, 2019, Ultra-precise age and formation temperature of the Australasian tektites constrained by ⁴⁰Ar/³⁹Ar analyses: Meteoritics and Planetary Science, v. 54, p. 2573-2591.

Kinnenun, K. A., 1990, Lechatelierite inclusions in indochinites and the origin of tektites: *Meteoritics*, v. 25, p. 181-184.

King Jr., D. T., J. H. Cornec, L. W. Petruny, and H. Zou, 2016, Tektites of western Belize – Characteristics and possible origin: Lunar and Planetary Science Conference, 47th meeting, abstract no. 2910.

King, Jr., D.T., Cornec, J., Petruny, L. W., Milham, D., Holland, B., Ricketts, S., Myers, N. R., Weber, R. D., and George, R., 2018, Sedimentary characteristics and geological history of the Cenozoic Red Bank group, northern Belize: *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, v. 68, p. 269-284.

King Jr., D. T., and L. W. Petruny, 2022, Progress on revision of Belize's Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy: *Revista Maya de Geociencias* (March), p. 46-57.

Koeberl, C. and B. P. Glass, 2014, Possible Tektites from Belize, Central America: *Petrography and Geochemistry: Meteoritical Society, 77th meeting abstracts, Meteoritics and Planetary Science*, v. 49, p. 925.

Koeberl, C., W. Wegner, and B. P. Glass, 2015, Isotopic compositions of tektites from Belize: *Meteoritical Society, 78th meeting abstracts, Meteoritics and Planetary Science*, v. 50, abstract no. 5320.

Koeberl, C., B. P. Glass, T. Schulz, W. Wegner, G. Giuli, M. R. Cicconi, A. Trapananti, P. Stabile, M. Cestelli-Guidi, J. Park, G. F. Herzog, M. W. Caffee, 2021, Tektite glasses from Belize, Central America: Petrography, geochemistry, and search for a possible meteoritic component: *Geochemica et Cosmochemica Acta*, v. 235, p. 232-257.

Koeberl, C., 1994, Tektite origin by hypervelocity asteroidal or cometary impact: Target rocks, source craters, and mechanisms, *In Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution*, B. O. Dressler, R. A. F. Grieve, and V. L. Sharpton (eds.), Boulder, Colorado: Geological Society of America Special Paper no. 293, p. 133-151.

Koeberl, C., 2014, The geochemistry and cosmochemistry of impacts, *In Treatise on Geochemistry*, 2nd ed., v. 2, H. D. Holland and K. K. Turekian (eds.), Planets, Asteroids, Comets and the Solar System: Oxford, U.K., Elsevier, p. 73-118.

Povenmire, H., R. S. Harris, and J. H. Cornec, 2011, New Central American tektite strewn field: Lunar and Planetary Science Conference, 42nd meeting, abstract no. 1224.

Ricketts, S., D. T. King, Jr., N. R. Meyers, Sr., and D. Larsen, 2021, Upper Paleocene to lower Eocene clay deposits of the Red Bank group, northern Belize, Central America: *GeoGulf Transactions*, v. 71, p. 225-239.

Rochette, P., P. Beck, M. Bizzarro, R. Braucher, J. Cornec, V. Debaille, B. Devouard, J. F. Gattacceca, F. Moustard, and F. Moynier, 2021, Impact glasses from Belize represent tektites from the Pleistocene Pantasma impact crater in Nicaragua: *Communications Earth and Environment*, v. 2, p.1-8.

Rochette, P., R. Alaç, P. Beck, G. Brocard, A. J. Cavosie, V. Debaille, B. Devouard, F. Jourdan, B. Mougél, F. Moustard, F. Moynier, S. Nomade, G. R. Osinski, B. Reynard, J. Cornec, 2019, Pantasma: Evidence for a Pleistocene circa 14 km diameter impact crater in Nicaragua: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 54, p. 880-901.

Rochette, P., R. Alaç, P. Beck, G. Brocard, A. J. Cavosie, V. Debaille, B. Devouard, F. Jourdan, B. Mougél, F. Moustard, F. Moynier, S. Nomade, G. R. Osinski, B. Reynard, and J. Cornec, 2019, Pantasma: Evidence for a Pleistocene circa 14 km diameter impact crater in Nicaragua: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 54, p. 880-901.

Schwarz W. H., M. Trierloff, K. Bollinger, N. Gantert, V. Fernandes, H. P. Meyer, H. Povenmire, E. K. Jessberger, M. Guglielmino, and C. Koeberl, 2016, Coeval ages of Australasian, Central American and Western Canadian tektites reveal multiple impacts 790 ka ago: *Geochemica et Cosmochemica Acta*, v. 178, P. 307-319.



David T. King, Jr. Dr. King's academic research interests are related to stratigraphy and Earth history. In particular, he studies the effects of asteroid and comet impact upon Earth history and the stratigraphic record. In the area of applied research interests, his interests are petroleum exploration and deep subsurface waste disposal. He is an author of many scientific papers, including "Shallow marine-impact origin for the Wetumpka structure (Alabama, USA)", which was published in *Earth and Planetary Science Letters* (2002). With Hal Levin, he is co-author of an historical geology textbook, *The Earth through Time*, 11th ed. (2017). From 1997-2000, Dr. King served on the North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. He currently serves on the Alabama Board of Licensure for Professional Geologists as the representative of his state's academic community, and he is a licensed PG in the states of Alabama, Louisiana, and Texas.

Researchgate: <https://www.researchgate.net/profile/David-King-Jr>

La geología de Cuba según Alexander Von Humboldt

Rafael Tenreyro Pérez
Melbana Energy, La Habana, Cuba

Introducción.

Algunos autores¹ han afirmado que Alexander Humboldt (1769-1859) prestó muy poca atención a la geología cubana porque no mencionó la minería en su Ensayo Político, en el que, la naturaleza no pasa de ser un bello encuadre. Humboldt opinaba que: “en un país cuya verdadera riqueza consiste en la agricultura... el trabajo en las minas sólo convidaría a la holgazanería en menoscabo de aquélla”.² Pero en realidad Humboldt, si investigó la naturaleza geológica de la isla, proponiendo un esquema geológico que estuvo vigente por más de cien años.

El sabio alemán fue alumno aventajado de Abraham G. Werner (1750-1817) y defensor de la teoría neptuniana. Esta doctrina le ayuda a demostrar la unidad geológica de los dos continentes, con presencia en ambos lados del Atlántico de las mismas unidades geológicas depositadas en el mismo orden cósmico. Pero a medida que avanzan sus estudios, comienza a poner en duda los rígidos postulados neptunianos. Sus concepciones finales expresadas en Cosmos trascienden tanto el neptunismo, como el plutonismo y asimila algunos de los postulados de Charles Lyell (1797-1875) en una extensa teoría que relaciona el magnetismo, el volcanismo, el calor interior de

la Tierra, la sismicidad, la sedimentología y la tectónica. Durante sus visitas a Cuba, Humboldt era un geólogo básicamente werneriano y con esta visión trata de comprender su compleja geología.

Observaciones de campo y contactos en Cuba.

Humboldt visita Cuba en dos ocasiones, en 1800 y en 1804, para una estancia total de cuatro meses y medio. Pero sus recorridos por la isla son reducidos, en su diario reconoce que: “No he recorrido juntamente con Bonpland³, sino las cercanías de la Habana, el hermoso valle de Güines, y la costa entre el Batabanó y el puerto de la Trinidad.”⁴ Llevo a cabo una sola excursión dedicada a la geología en las colinas al Este de La Habana, pero de sus escritos se deduce que llamaron su atención las rocas que afloran en la Habana, con las que se construyen las casas, murallas y los castillos, las que observa durante sus estancias en las plantaciones del interior y en las costas. A lo largo de los caminos y en los puntos visitados en sus dos viajes a Cuba, Humboldt pudo observar las secuencias plegadas pre-eocénicas que afloran en las colinas de alturas Habana – Matanzas y Bejucal – Madruga, así como las rocas de la cobertura Terciaria que afloran en el valle del río Almendares y en las llanuras precosteras al Sur y al Norte de la isla. La sección plegada incluye volcánicos y ofiolitas junto con secuencias sinorogénicas representadas por las Formaciones Vía Blanca, Peñalver y Capdevila. La cobertura poco plegada del Terciario incluye típicamente secuencias del Grupo Universidad, y las Formaciones Consuelo, Tinguaro, Cojímar, Güines y Jaimanitas.



Fragmento del mapa geológico 1:250 000 de las cercanías de la Habana.

Humboldt tiene amplios intercambios con Francisco Remírez de Estenoz (1763-1805?), de hecho, su segunda visita a Cuba en 1804 era: “principalmente para recoger los materiales que él y su compañero de viaje Bonpland, habían dejado años antes al cuidado de Francisco Remírez”.⁵ Remírez de Estenoz había sido el responsable de los trabajos de mineralogía y geología en una expedición científico-militar conocida como Comisión de Guantánamo (1796-1802). Al concluir esta, Remírez estudia las minas de El Cobre, las minas de oro y chapapote en Holguín y continúa un reconocimiento geológico hasta el extremo más occidental de la isla. La gran colección de minerales formada por Remírez de Estenoz y el reporte nunca llegaron a España, porque el buque correo fue apresado por los ingleses en la travesía trasatlántica.⁶ Humboldt tiene una magnífica opinión de Remírez: “El viajero Don Francisco Ramírez, discípulo de Proust, y muy versado en las ciencias químicas y mineralógicas, me dijo que la parte del oeste de la isla es granítica, y que había encontrado en ella el gneis y la pizarra (Thonschiefer) primitiva.”⁷ La comunicación con Remírez de Estenoz debió ser fluida, no solo por ser discípulo de Louis Proust (1754-1824), sino porque, Andres Manuel del Río (1764-1849) compañero de estudios de Humboldt, había sido su profesor de Orictognosia.

La constitución geológica de Cuba

Según el concepto de Humboldt, Cuba es una isla básicamente llana constituida por rocas secundarias, principalmente Jurásicas (Flotzgebirge), y subordinadamente, rocas de acarreo (Aufgeschwemmte gebirge). En esta llanura sobresalen colinas donde afloran las rocas primarias (Urgebirge) y de transición (Übergangsgebirge). Para Humboldt la bahía de la Habana es el mejor ejemplo de su modelo: las calizas que afloran cerca de la costa, debajo de los castillos del Morro y la Cabaña, las correlaciona con las de Güines, y por lo tanto considera jurásicas, las mismas yacen sobre una sienita de transición y esta a su vez sobre las serpentinitas primarias

con abundante diálaga metaloide y fracturas rellenas con calcedonias, amatistas y minerales de cobre. Solo le confunden dos aspectos de las serpentinitas: su aparente estratificación y la presencia en ellas de petróleo y aguas sulfurosas.⁸

El concepto fue promovido de forma sintética en la “Noticia mineralógica sobre el cerro de Guanabacoa”, y desarrollada con posterioridad, con algunas dudas razonables, en otras publicaciones: “En más de 4/5 de su extensión, el terreno de la isla de Cuba es muy bajo y su suelo está cubierto de formaciones secundarias y terciarias, por medio de las cuales han salido algunas rocas de granito-gneis, de sienita y de eufótida.”⁹ Esta concepción va a chocar constantemente con la observación, a lo que se suman las dudas de lo que no ha podido observar en las partes orientales y occidentales de Cuba, que o no han sido objeto de estudio o no se han publicado desde el siglo XVI. “Hasta nuestros días no tenemos nociones más exactas sobre la configuración geognóstica del país, como tampoco sobre la edad relativa y la naturaleza de los terrenos que le componen.”¹⁰ Va a identificar como terrenos primarios o de transición todas las montañas del Turquino y del Cobre, así como la cadena de colinas que se extiende desde Holguín hasta Villa Clara, Matanzas, La Habana y las colinas noroccidentales de Pinar del Río. Con relación a estas últimas, las identifica como rocas graníticas, gneis y la pizarra (Thonschiefer). Las montañas de Trinidad las identifica con dudas como “un grupo calcáreo que se presenta imponente” desde el mar y son más jóvenes que el calizo Güines.

Humboldt identifica las calizas compactas que observa en la mayor parte de Cuba, como secundarias (Jurásicas), no por su superposición o por su edad relativa, sino por su semejanza con la formación del Jura. Confiesa que no ha visto los *ammonites* típicos de las calizas jurásicas, pero tampoco ha visto numulites del Terciario, y ante la duda, opta por una edad mesozoica porque se les parece a las calizas cerca de Dondorf, Pegnitz y Tumbach. Humboldt

¹Calvache, Antonio. “Historia y desarrollo de la minería en Cuba”. Ed. Minerva. La Habana, 1944; Moyano Bazzani Eduardo L., Fernández Alonso Serena. “La minería cubana en las últimas décadas del siglo XIX.” Anuario de Estudios Americanos. Tomo LV, 1, 1998 <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es>; Soto González, Luis D. “Apuntes sobre la historia de la minería cubana.” Santiago de Cuba, 1981, pág. 32.

²“Noticia mineralógica del Cerro de Guanabacoa, comunicada al Excelentísimo señor Marqués de Someruelos, capitán general de la isla de Cuba.” El Patriota Americano 2 (1812): Pag. 29-32..

³Aime Bonpland (1773-1858)

⁴Humboldt, A. von, “Ensayo político sobre la isla de Cuba”. 1828 Aranjuez, Ediciones Doce Calles, Junta de Castilla-León. THEATRUM NATURAE. Colección de Historia Natural, Textos Clásicos), p. 214.

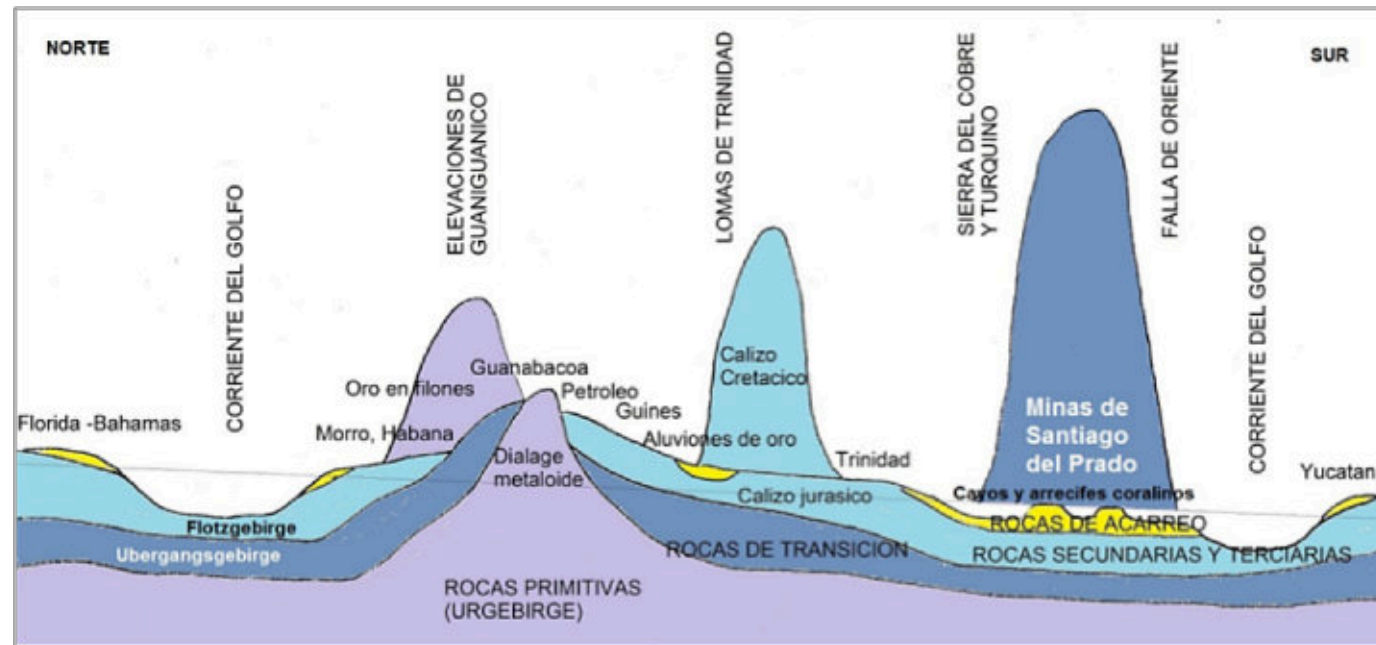
⁵Rebok, Sandra Lo público y lo privado en los escritos de Alexander von Humboldt sobre Cuba. Asclepio-Vol. LVI-2-2004.

⁶Rimoy y Medina, María de los Ángeles y María Jacinta Peramos Mendoza La expedición del Conde de Mompox y de Jaruco y su arribada forzosa en Tenerife.

⁷Morales Morales, Vidal. “El Barón de Humboldt en la Isla de Cuba [Baron Humboldt in the island of Cuba]”, in: El Fígaro, La Habana, junio 6, núm 9 (1897), p. 258; junio 13, núm 22, p. 286; núm. 24, p. 300, reproduced in: Serie Histórica, núm. 9, La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, 1969, pp. 27-32.

promueve la idea que Cuba formaba parte de una sola unidad geológica con Yucatán y Florida, separadas ahora por un brazo de mar resultado de la erosión de la corriente del Golfo “Este nivel de formaciones calizas de la isla de Cuba que va hundiendo hacia el norte y el oeste, indica una conexión submarina de las mismas rocas, con los terrenos igualmente bajos de las islas de Bahamas, de la Florida y de Yucatán”. Las formaciones calcáreas entre la Habana y Batabanó o en la costa de Trinidad, o debajo de

las fortalezas habaneras, descritas como “calcáreos blanquecinos parcialmente litográficos que parte uniforme y mate o concoide con cavidad aplanada”, son correlacionadas con las calizas del sudeste de Cumana y Barcelona, el “diente de perro” de las islas Caimán, las montañas centrales de México y otras europeas como las llanuras de Salamanca o el desfiladero Bâtas. Estas calizas son una variable del calcáreo alpino, muy parecido al que se encuentra en Arau y en Pappenheim.¹¹



Sección geológica de Cuba reconstruida según las ideas de Humboldt.

Humboldt confiesa que, apenas puede creer la existencia de unas calizas, a veces porosas a veces compactas de edad moderna, la cual literalmente “crece en nuestros días”. Aquí se sorprende de la fuerza de la vida para generar estas rocas calcáreas. Esto es algo que contradice profundamente su sistema werneriano. Son conglomerados calizos que ha visto en los cayos e islotes que rodean las costas entre Batabanó y la Bahía de Jagua. Dice: “Por la sonda se ve que son rocas que se levantan precipitadamente sobre un fondo de 20 a 30 brazas. Las unas se hallan a flor de aguas, y otras exceden la superficie 1/4 o 1/5 de toesa. Fragmentos angulosos de madreporas y de celularias de dos o tres pulgadas cúbicas se encuentran allí, cimentados por granos de arenas cuarzosas. Todas las desigualdades de aquellas rocas están cubiertas de un terreno de transporte o de acarreo, en el cual con el lente no pudimos distinguir sino el detritus de conchas y de corales.” ...y que está presente en otras zonas como en “las costas de Cumaná, de Cartagena de Indias y de la Gran Tierra de la Guadalupe”.¹² Estas secuencias recientes considera que yacen sobre la continuación al sur de las calizas Güines.

Las observaciones de Cuba resquebrajan su sistema geológico, para comenzar a aceptar incluso antes de Lyell elementos del actualismo, algo totalmente en contra del sistema werneriano: “hay motivo para admitir que toda esta roca caliza de que se compone la mayor parte de la isla de Cuba es efecto de una operación no interrumpida de la naturaleza, de la acción de fuerzas orgánicas y de destrucciones parciales, y la cual prosigue en nuestro tiempo en el seno del océano”. La duda sobre la uniformidad de las calizas la reafirma en la frase siguiente: “pero esta apariencia de modernidad de las formaciones calizas se desvanece a medida que se aleja el litoral, o se recuerdan los corales, que encierran las formaciones de diferentes épocas, el muschelkalk (series de transición), el calizo del Jura (Flotzgebirge) y el basto (calizas terciarias)”. La posición relativa entre las calizas actuales y los calizos de Güines y de las fortalezas de la Habana es un elemento adicional para adjudicarle a estos dos últimos una y misma edad jurásica. Mientras que los terrenos jurásicos presentan en toda Cuba grandes cavernas, el espesor de las calizas actuales crece cada día sobre diferentes terrenos: calizas Güines en los cayos del sur o sobre

terrenos primarios en Cabo Cruz o incluso sobre volcanes como en las Antillas menores. Humboldt hace un estudio comparativo de las serpentinitas cubanas que identifica con las de Joria en el Piamonte.

Señala que no se han descubierto hasta el momento volcánicos recientes, como en el resto de las Antillas Mayores, a diferencia de las Antillas Menores donde sí hay una serie de volcanes activos. Finalmente, explica los terremotos en la parte sudoriental de Cuba por la presencia de una falla que continua debajo del mar hacia Haití. Es muy interesante la observación de Humboldt referida al origen de las islas no volcánicas del mar de las Antillas. Supone que las corrientes marinas dirigidas de Este a Oeste excavaron el Mar de las Antillas y el Golfo de México. Esta es la base de su suposición de la continuación de las estructuras geológicas de Cuba hacia Yucatán, la Florida y Bahamas. Humboldt ubica a las diversas islas que

forman el arco volcánico del Caribe dentro del sistema andino sudamericano, considera que todas las tierras emergidas del mar Caribe forman parte de los Andes peruanos, a los cuales se hallan ligadas a través de la cadena costera del norte de Venezuela.¹³

Los geólogos cubanos se han sentido siempre honrados y halagados de asignarle la autoría de la Formación Güines¹⁴ a Humboldt, a pesar de que el sabio nunca hizo una descripción formal, ni estableció la localidad tipo o el holoestratotipo. El Dr. Robert H. Palmer, en 1934 le dio la prioridad “Being well exposed north of Güines, Humboldt named it the Güines limestone (Calizo de Güines)”.¹⁵ Palmer corrige la edad jurásica asignada por Humboldt, expresando que contiene los foraminíferos *Miogypsina* y *Lepidocyclina* en sus capas inferiores, y considera que el área más apropiada para designar una localidad tipo corresponde a las colinas al norte de Güines.

⁸Humboldt, Alexandre. Essai geognostique sur le gisement des roches dans les deux hemispheres PARIS, Chez F. G. Levrault, rue des Fossés M. le Prince• N.º 31 , et rue des Juifs, N.º 33, à Strasbourg. 1833. Pag 201

⁹Humboldt, A. 1812 op cit.

¹⁰Humboldt, A. 1812 op cit.

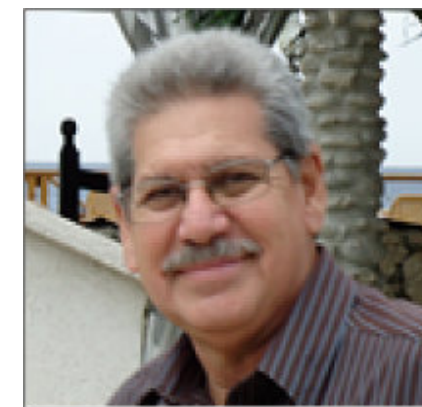
¹¹Humboldt, Alexandre. Essai geognostique sur le gisement des roches dans les deux hemispheres PARIS, Chez F. G. Levrault, rue des Fossés M. le Prince• N.º 31 , et rue des Juifs, N.º 33, à Strasbourg. 1833. Pag 291-282.

¹²Humboldt, A. von, 1991. Ensayo político sobre el Reino de Nueva España, Mexico, Ed. Porrúa, p. 79.

¹³Tableaux de la Nature. Estepas y Desiertos, cap II, pag. 58-59.

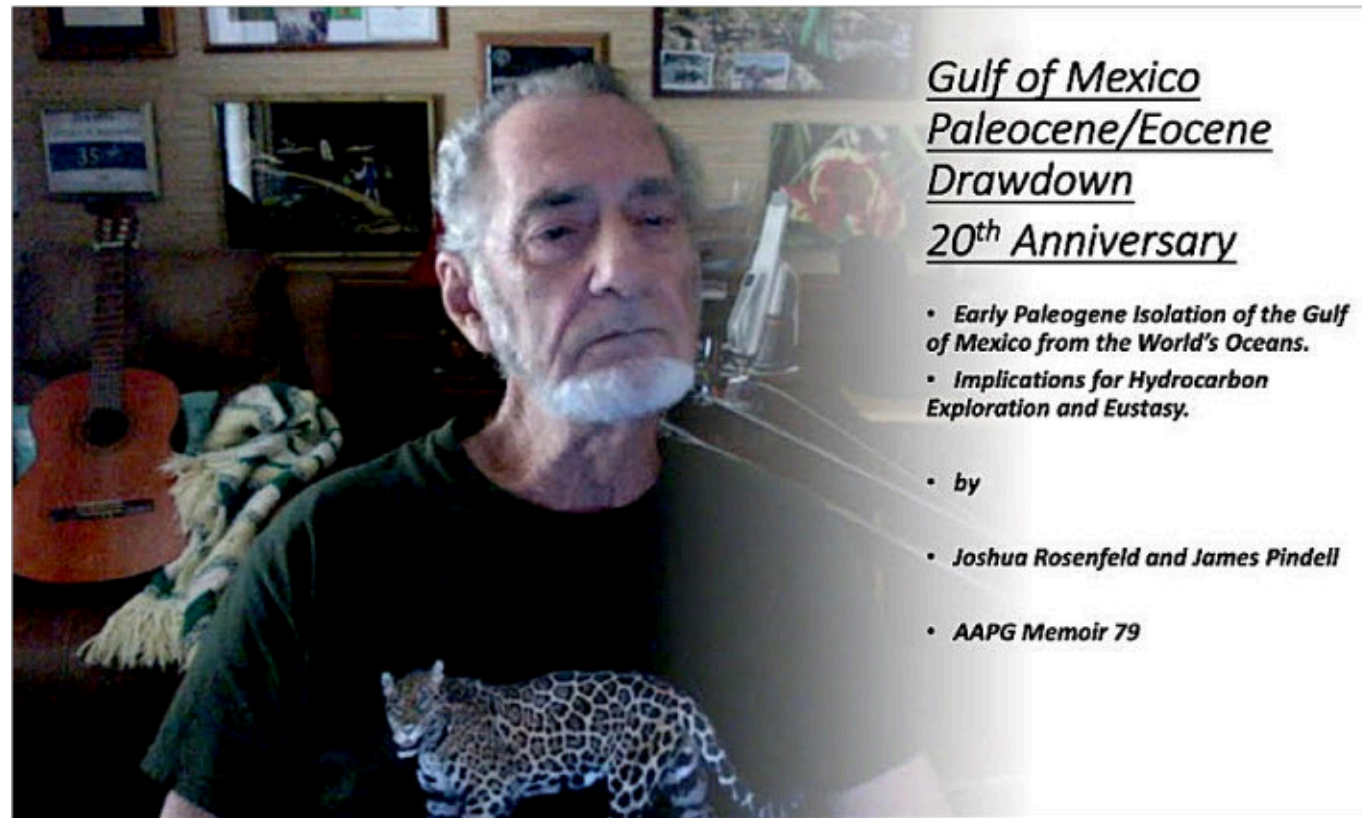
¹⁴Léxico Estratigráfico, 1992-2013. Instituto de Geología y Paleontología, Minem.

¹⁵Palmer, R. H. 1934. The Geology of Havana, Cuba, and vicinity. Jour. Geol. 42 (2):123-145, 6 figs., 1 map.



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



Gulf of Mexico Paleocene/Eocene Drawdown 20th Anniversary.
By Joshua Rosenfeld

ABSTRACT

High resolution multibeam bathymetry along the carbonate-dominated passive margins of the Florida and Yucatan platforms in the eastern Gulf of Mexico (the Gulf) reveals steep-walled canyons, sinkholes, and wave cut benches in present day water depths of more than 500 m. Subaqueous marine processes are inadequate to explain these features that are typical of subaerial erosion. Subaerial erosion as the cause for these features became a possibility with the idea that the Gulf was isolated from the Atlantic Ocean by collision of the Cuban Arc with the Florida-Bahamas block near the Paleocene-Eocene boundary. The isolation may have lasted on the order of one million years. Evaporation caused the level of the Gulf to fall. Isolation was enhanced by isostatic rebound of the basin and its margins as the water level descended. At its climax, the Gulf reached about 2000 m of drawdown to become a landlocked basin containing a residual body of water.

The subaerially exposed carbonate platforms of Yucatan and Florida developed extensive karst surfaces with wave cut benches on their outer fringes as the water level dropped. Surface and subsurface meteoric water migrating from across the platforms excavated steep canyons through the escarpments, and wave action in the remnant water body caused erosional retreat of the escarpments. The low stand ended when the barrier separating the Gulf from the Atlantic Ocean was breached and water from the Atlantic poured through the Florida Straits, cutting a deep canyon through the suture zone between Cuba and the Florida/Bahamas block, and into the deepwater Paleocene and Cretaceous carbonates west of the suture zone.

Studies of the eastern Gulf prior to proposal of the Paleocene-Eocene drawdown did not consider the possible subaerial origin for erosional features observed on the Florida and Yucatan carbonate ramps and escarpments. Evidence presented herein supports the interpretation of subaerial erosion and advocates the re-examination of conclusions from earlier studies.

English version: <https://youtu.be/z9q8ooAHwgQ>

RESUMEN

Batimetría de alta resolución a lo largo de los márgenes pasivos de carbonato de las plataformas de Florida y Yucatán del oriente del Golfo de México (el Golfo) revela la presencia de cañones con paredes empinadas, cenotes y terrazas cortadas por oleaje en profundidades de agua actuales de más de 500 m. Procesos subáqueos marinos son inadecuados para explicar estos rasgos, que son típicos de la erosión subaéreo. Erosión subaérea para explicar estos rasgos se volvió una posibilidad con la idea que el Golfo fue aislado del Océano Atlántico por colisión del Arco Cubano con el Bloque Florida-Bahamas cerca del límite Paleoceno-Eoceno. Este aislamiento pudiera haber durado por ~1 millón de años. Evaporación causó la bajada del nivel del Golfo y el aislamiento se aumentó por el rebote isostático de la cuenca y sus márgenes mientras bajaba el nivel de agua. En su máximo, el Golfo de México alcanzó alrededor de 2,000 m de descenso, volviéndose una cuenca aislada con un cuerpo residual de agua.

Las plataformas carbonatadas de Florida y Yucatán subárealmente expuestas desarrollaron superficies kársticas extensivas, y la acción del oleaje causó el retroceso erosional de las escarpas. La bajada terminó cuando la barrera entre el Golfo y el Océano Atlántico fracasó y el agua del Atlántico rompió por el Estrecho de Florida cortando un cañón profundo por la zona de sutura entre Cuba y el Bloque Florida/Bahamas, llegando hasta cortar carbonatos de agua profunda del Paleoceno y Cretácico más al oeste de la zona de sutura.

Los estudios del Golfo oriental hechos antes de la propuesta de la bajada de nivel no consideraron el posible origen subaéreos de los rasgos erosionales observados en las rampas y escarpas de Florida y Yucatán. La evidencia presentada aquí apoya la interpretación de erosión subaérea, y abogando por la re-examinación de las conclusiones de estudios anteriores.

Versión en Español: <https://youtu.be/soofuOpFKSY>



Conflicto de prioridad en la nomenclatura estratigráfica de la Formación San Juan de la Cuenca de San Diego, Cuba occidental.

Humberto Álvarez-Sánchez (1)
Colaborador de la Revista

(1) Miembro de las Subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno. Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba.

Resumen

El respeto de la prioridad en la designación de nuevas formaciones, es de particular importancia en Cuba por tratarse de un país con un léxico estratigráfico con muchos nombres validados a partir de informes inéditos. El presente artículo describe un ejemplo de la suplantación de una formación de la Cuenca de San Diego, del sur de la Cordillera de Guaniguanico en el occidente de Cuba, Tal es el caso de la Formación San Juan, de Nicolás M. Herrera en 1961; redefinida por el autor en 1975, respetando la prioridad y nombre dados por Herrera. El texto de la redefinición de 1975 fue publicada bajo el nombre de "Formación Los Negros" por otros; pero titulándose como sus autores, y sirviéndose para ello de la totalidad de los datos, los holoestratotipos, los textos originales de la redefinición, incluso las interpretaciones personales del autor de la redefinición. Al describir las circunstancias estratigráficas que hicieron necesarias la redefinición del concepto de Formación San Juan de Herrera, se hace evidente que la Formación Los Negros, no es otra entidad que la redefinición de la Formación San Juan de Herrera, realizada por el autor en 1975.

Abstract

The respect of the priority in the designation of new formations is of particular importance in Cuba because it is a country with a stratigraphic lexicon with many names validated from unpublished reports. This article describes an example of the supplantation of a formation in the San Diego Basin, south of the Guaniguanico Mountain Range in western Cuba. Such is the case of the San Juan Formation, by Nicolás M. Herrera in 1961; redefined by the author in 1975, respecting the priority and name given by Herrera. The text of the 1975 redefinition was published under the name "Los Negros Formation" by others; but naming themselves as their authors, and making use of all the data, the holostratotypes, the original texts of the redefinition, including the personal interpretations of the author of the redefinition. When describing the stratigraphic circumstances that made it necessary to redefine the concept of the San Juan de Herrera Formation, it becomes evident that the Los Negros Formation is no other entity than the redefinition of the

San Juan de Herrera Formation, carried out by the author in 1975.

Introducción.

En contribuciones sobre la estratigrafía de Cuba, en ocasiones ocurre la omisión de características importantes en la designación de nuevas formaciones. Casos mucho más raros son la violación de la precedencia; una condición importante en la estratigrafía de Cuba, ya que el léxico estratigráfico cubano se formó a partir de contribuciones tanto publicadas, como inéditas (Álvarez-Sánchez *et al.* 2015). Como un ejemplo notable e ilustrativo de un caso, discutiré en este artículo sobre la Formación San Juan, del Cretácico de la Depresión de San Diego definida por Nicolás M. Herrera (1961). A pesar de los defectos del concepto original de Herrera, una redefinición en sus límites precisos y contenido práctico, fue suficiente para conservar su nombre original, su autor legítimo y su significado para la historia geológica.

La Formación San Juan de N. M. Herrera (1961).

En un trabajo muy conocido sobre la estratigrafía de Cuba occidental el ingeniero Nicolás M. Herrera (*ibid.*) describió la nueva Formación San Juan, de la localidad San Juan y Martínez (Figura 1), al WSW de la ciudad de Pinar del Río; describiéndola como formada por calizas de rudistas, equinodermos y otros organismos y otra parte terrígena, indistintamente yacente y suprayacente a las calizas. Herrera consideraba que la Formación pertenecía al Maastrichtiano y su parte superior al Paleoceno, edad inferida por Herrera, aunque sin fundamento y contradicha por hechos geológicos significativos.

De la Figura 2 se aprecia que Herrera colocó sobre la Formación San Juan, a la Formación Madruga¹ del Paleoceno Superior (Lewis, 1932, redescrita por Bermúdez, 1961); de nombre y localidad originarios de la provincia de La Habana, que según el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez *et al.*, 1992, inéd.) es sinónima, total o en parte, de ocho unidades litoestratigráficas distribuidas, prácticamente, en la mitad del territorio de Cuba.

La posición de las Formaciones Capdevila y Universidad en la columna de Herrera de la Figura 2 coincidía con descripciones de la región en aquel entonces, pero más típica del Este del Río Guamá (Butticaz, 1946a). También de la Figura 2 se aprecia que Herrera hace descansar a San Juan sobre "serpentinitas y otros igneos", en el respaldo meridional de la Sierra de Los Órganos. Hecho que demuestra su conocimiento de la existencia de otro complejo bajo su Fm. San Juan, aunque Herrera no se extendió en descripciones sobre tales observaciones.

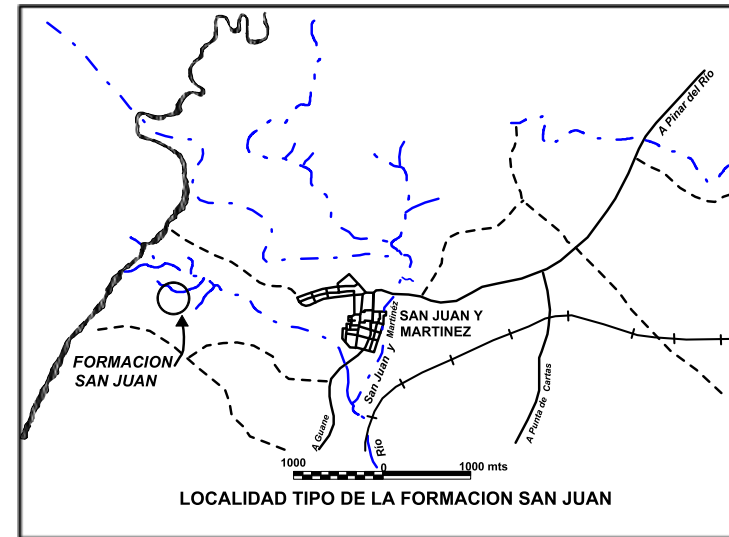


Figura. 1. Localidad Tipo de la Formación San Juan, según Herrera (reproducido fielmente de la Figura 6 de Herrera 1961).

Durante 1974 a 1975, Álvarez-Sánchez (1975) levantó el mapa 1: 50,000 de la premontaña al sur de la Sierra de Los Órganos (Depresión de San Diego) entre los meridianos de Boca de Galafre (al oeste) y Consolación del Sur (al este). Realizado por cuenta de una institución estatal sus resultados se entregaron a la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba en 1975 como miembro de la misma; con el fin de validar la estratigrafía realizada e integrar al Léxico Estratigráfico de Cuba varias unidades nuevas. Otras versiones se encuentran en Álvarez-Sánchez, 1984a,b. Es en este trabajo cuando se realizó la redefinición y redescipción de la Formación San Juan de Herrera (1961); sobre la base de una cartografía detallada, multitud de nuevos datos litológicos y paleontológicos; pero con respeto del nombre de la unidad y la precedencia de su autor (Herrera, 1961); cambios que se justificaron

por defectos en el concepto de Herrera que mezclaba depósitos de facies contrastantes como calizas biohermicas *in situ*, depósitos de flysch y otros problemas sustanciales.

Por esa fecha, Piotrowski (en Pszczółkowski, *et al.*, 1975, inéd.), independientemente, describe la Formación San Juan de Herrera, pero sin cambio alguno en el contenido material ni en el nombre de la unidad. Más tarde, Piotrowski (en Pszczółkowski, *et al.*, 1987), de nuevo la describe con el nombre cambiado a Formación San Juan y Martínez² (Véase Figura 3), en ambos casos citando a Herrera como su autor original y manteniendo la definición original de Herrera, aunque con la restricción de su edad al Maastrichtiano.

Fm. Loma Candela	[Símbolo estratigráfico]	Margas amarillentas muy calcáreas, que pasan a calizas margosas. Conglomerados costeros amarillentos con matriz de marga. Arenas y gravas calcáreas.
Fm. Universidad	[Símbolo estratigráfico]	Margas blanco amarillentas en estratos gruesos. Marga endurecida que pasa a una caliza margoza aporcelanada.
Fm. Capdevila	[Símbolo estratigráfico]	Lutitas calcáreas. Areniscas arcillosas. Conglomerados costeros y areniscas friables.
Fm. Madruga	[Símbolo estratigráfico]	Lutitas carnemita claro con arena calcárea
?	[Símbolo estratigráfico]	
Fm. San Juan	[Símbolo estratigráfico]	Margas negras a azul grisáceas arcillosas con lamelibranchios. Tobas amarillo verdosas arenosas con secciones calcáreas que pasan a brechas y aglomerados igneos con fragmentos de calizas con rudistas. Areniscas verdes a negras en capas finas micáceas. Conglomerados claros a oscuros, calcáreos y gradacionales a calizas conglomeráticas. Calizas blancas a grises, compactas con abundantes rudistas y algas.
?	[Símbolo estratigráfico]	
Serpentinita y otros igneos	X sp X X ? ?	Serpentinitas y otros igneos cerca de la Falla Pinar

Figura. 2. Fragmento de la columna estratigráfica de Herrera "Llanura al Sur de la Falla Pinar" que muestra la posición estratigráfica supuesta por Herrera para la Formación San Juan (simplificada de Herrera, 1961).

Si la Formación San Juan y Martínez, nombre utilizado por Piotrowski (1987, *op cit.*) continuaba en completa correspondencia con la Formación San Juan de Herrera ¿cuál fue la razón para el cambio de nombre de la unidad³, mediante el agregado “y Martínez”? Piotrowski no lo explicó. Sin embargo, las consecuencias no dejaron de aparecer. La Fm. San Juan y Martínez en equivalencia con el concepto original de Herrera (1961), se difunde a un público mucho más amplio (Iturralde-Vinent, 2012), pero también las inconsistencias en su contenido material que la hacen impracticable como elemento de la cartografía de la región; si bien es correcto sugerir a la escala de 1: 250,000, como la realizada por Piotrowski (*ibid.*), como más probable causa de que dicho autor se abstuviera de realizar una redescipción que eliminara los problemas derivados.

¿Qué ocurrió con la redefinición y redescipción de la Formación San Juan en Álvarez-Sánchez (1975)? En el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco Álvarez, *et al.*, 1992, primera edición) (página 316); en lugar de figurar la redefinición original de Álvarez-Sánchez (1975), junto con

la definición de varias otras formaciones, que sí aparecen en dicho léxico, reportadas en el mismo trabajo; se muestra una unidad llamada Formación Los Negros. El texto comienza, en su primer punto del esquema descriptivo (Autores), por señalar que sus autores son Gil González y R. González (en Linares *et al.*, 1985). Y el tercer punto del esquema (Redescipción) se registra que la formación es “redescrita por H. Álvarez en el presente trabajo”. El autor “H. Álvarez”, ni definió ni redescipió ninguna Formación Los Negros, sino que “redefinió” la Formación San Juan (de Herrera, 1961) en su trabajo (Álvarez Sánchez, 1975); omitida en las dos ediciones del Léxico Estratigráfico citado (1992, 1994), y sustituida bajo el nombre “Los Negros”.

El párrafo cuarto del citado léxico (ambas versiones) (página 316 de 1992) explica que la llamada formación Los Negros es sinónima (en parte) de la Formación Habana (referida en ese párrafo a Vermunt, 1937b); a la misma Formación Habana (referida a Klecker, 1942) y a la Formación San Juan (parte) (Herrera, 1961).

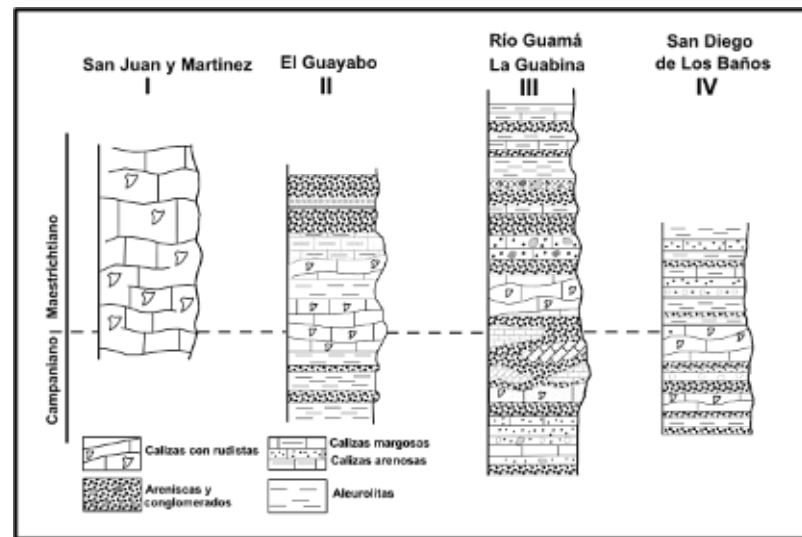


Figura. 3. Composición de la Formación San Juan y Martínez, descrita por Piotrowski (1987), bajo el nombre de Formación San Juan y Martínez.

¹En la llanura Sur de Pinar del Río cerca de San Juan y Martínez (Fig. 6), el autor describió una unidad litológica debajo de la formación Madruga que colocó como la base del grupo Habana. A esta unidad se le dio el nombre de formación San Juan y se le consideró contemporánea en edad con la formación Vía Blanca en la parte occidental. Esta formación se compone litológicamente de margas negras a azul grisáceas, arcillosas, en capas finas a medias, las cuales contienen localmente lamelibranchios; tobas amarillo verdosas a oscuras, arenosas con algunas secciones calcáreas, pasando a veces a brechas y aglomerados ígneos, los que contienen fragmentos de calizas con rudistas; areniscas verdes a negras con secciones amarillentas y carmelitosas, micáceas, porosas en capas finas; conglomerados de colores claros a oscuros de matriz fina, calcáreos y gradacionales a calizas conglomeráticas encontrándose generalmente asociadas con calizas; calizas blancas a grises claras, compactas, en capas medias de forma irregular, las cuales forman pequeños mogotes que contienen abundantes rudistas y algas. A esta formación se le ha asignado una edad Maestrichtense Paleoceno. (Herrera, 1961; Pág. 20).

²En el texto de la memoria del levantamiento geológico a escala 1: 250 000 de la provincia de Pinar del Río (1975) hay una descripción amplia de la Formación San Juan de Herrera, 1961 (por R. Myczyński y J. Piotrowski). Ellos no utilizan el nombre San Juan y Martínez (A. Pszczółkowski; comunicación escrita al autor, 2013).

³Evidentemente, la decisión sobre el cambio del nombre para San Juan y Martínez fue posterior al año 1975. Quizás, la Comisión de Unificación y Redacción del Mapa fue involucrada en esta cuestión (?). (A. Pszczółkowski; comunicación escrita al autor, 2013).

En realidad la totalidad de estas sinonimias parecen poco justificadas. La Formación Habana, propuesta por Palmer (1934) (y no por Vermunt, 1937b) es solo una referencia histórica, que por más de 50 años no posee ningún significado material. Ya Herrera, desde 1961, había explicado que la generalización del término se aplicó a tan variadas rocas por muchos autores, desde su publicación, que perdió “su valor al tomar un significado demasiado amplio para ser utilizable (Herrera, *op cit.*, página 19). El párrafo 24 denominado “Observaciones”, nos informa que: “estos depósitos fueron nombrados por N. M. Herrera (1961) como Fm. San Juan; pero por ser el “Grupo San Juan” (de C. W. Hatten, *et al.*, 1958) más conocido, fueron renombrados por E. Linares *et al.*, 1985)” (sic., página 317).

Es decir; ¿Linares? (o Gil González y R. González, en Linares *et al.*, 1985) red denominó la Formación San Juan de Herrera, redescrita por Álvarez-Sánchez (1975) mediante su suplantación como “Formación Los Negros y también de paso, sustituyó el nombre Formación San Juan y Martínez renombrada por Piotrowski (1987) bajo el argumento de ser el nombre “Grupo San Juan” (de Hatten *et al.*, 1958) ¿un nombre más conocido?

He aquí el inepto uso de los términos históricos. Hatten empleó el término “San Juan Marbles” para referirse en general a los mármoles del Escambray. El nombre “Grupo San Juan”, jamás fue utilizado por Hatten. Por primera vez Grupo San Juan fue definido por Millán y Somin (1981) y dividido en formaciones, aceptadas y en uso. De modo que “San Juan Marbles” (de Hatten, *et al.*, 1958) era desde 1981 un concepto desaparecido de la literatura geológica cubana al uso. Así, ni la Formación San Juan (de Herrera, 1961) ni la Formación San Juan (redefinida en Álvarez-Sánchez, 1975), ni la Formación San Juan y Martínez (renombrada por Piotrowski, 1987), que es la misma Formación de Herrera con el nombre modificado, expresaban alguna clase de comparación posible con la extinguida “San Juan Marbles” de Hatten *et al.*, 1958 y mucho menos con el “Grupo San Juan” (de Millán y Somin, 1981), ninguna de cuyas formaciones es homónima ni sinónima de Herrera, ni de Álvarez-Sánchez ni de Piotrowski. Una formación con el nombre “San Juan” no existe en el Macizo Metamórfico Escambray.

Además que Formación San Juan, de la Depresión de San Diego o Grupo San Juan (de Millán y Somin, *op cit.*), en el Macizo Metamórfico Escambray, son de tal dispar contenido, edad y litología, distan más de 500 km entre sí y pertenecen a complejos estructurales geológicos completa y esencialmente diferentes; que sería algo sorprendente y muy poco razonable pensar que alguien pudiera padecer una confusión de nombres o de rocas. Es

conveniente recordar que significa la palabra “sinónimo” en estratigrafía.

En los párrafos 6, 7, 8 (página 316; Área Tipo; Holoestratotipo y Coordenadas) se pueden apreciar los datos idénticos de la Localidad Tipo y Sección Tipo, tomados de Herrera para su Formación Los Negros. En el párrafo 10; un llamado Hipoestratotipo 1, pertenece al texto de la redefinición original de Álvarez-Sánchez (1975), presentado para la Formación Los Negros. Incluso en este párrafo se contiene la siguiente frase. *¡Propuesto por H. Álvarez-Sánchez en el presente trabajo!* Igual puede constatarse en el párrafo 13 de la página 317 (Hipoestratotipo 2) igualmente contenido en Álvarez-Sánchez (1975), como Sección de Referencia de la Formación San Juan en la región de El Guayabo, al Norte de la ciudad de Pinar del Río y no como algo relacionado con alguna Formación Los Negros (nuevamente al final de párrafo: *¡Propuesto por H. Álvarez-Sánchez en el presente trabajo sic.!*).

Para concluir la exposición sobre este entuerto estratigráfico, la Formación San Juan; según la redefinición realizada por el autor de este artículo en 1975, describía dicha unidad del siguiente modo:

“Calizas biohémicas masivas o groseramente estratificadas. El componente biógeno principal son los grandes fragmentos hasta individuos completos de paquiodontos. Abundan mucho los restos de equinodermos, moluscos varios y algas. Las capas libres de macrofósiles se componen de intrasparitas, biolititas-bioesparitas, intraparruditas de moluscos y otras variedades. El color es gris claro, carmelita claro, raramente blanco crema. En algunos cortes aparecen lechos terrígenos de lutitas arenosas y grauvacas carbonatadas entre los bancos calcáreos, supeditados enteramente a la Formación”. (Álvarez-Sánchez, 1975) Y Gil González y R. González García (en Franco Álvarez, *et al.*, 1992; página 317) y en González García, *et al.*, 1994; página 260) y Gil González (en Gil González *et al.*, 2007; página 3):

“calizas biohémicas masivas o groseramente estratificadas. El componente biógeno principal son los grandes fragmentos hasta individuos completos de paquiodontos. Abundan mucho los restos de equinodermos, moluscos varios y algas. Las capas libres de macrofósiles se componen de intrasparitas, biolititas-bioesparitas, intraparruditas de moluscos y otras variedades. El color es gris claro, carmelita claro, raramente blanco crema. En algunos cortes aparecen lechos terrígenos de lutitas arenosas y grauvacas

carbonatadas entre los bancos calcáreos, supeditados enteramente a la formación (sic).

Conclusión.

La sustitución de la Formación San Juan (de Herrera) redefinida por Álvarez-Sánchez (1975), por la formación Los Negros, en tanto este último nombre suplanta dicha redefinición con el mismo contenido esencial, texto original y restantes elementos de la descripción hasta los detalles textuales; no se puede considerar que satisface reglas bien conocidas de la prioridad, precedencia y correcto empleo de la literatura científica existente. La formación Los Negros no es otra entidad que la Formación San Juan de Herrera, en el concepto y contenido redefinido por Álvarez-Sánchez en 1975. El nombre "Formación Los Negros" no cumple los requerimientos necesarios para ser incluido en el léxico de las unidades estratigráficas cubanas, ni desde el punto formal ni ético. De acuerdo a mi análisis de la situación, visto los antecedentes históricos y la composición del corte estratigráfico más detallado de la posición de la unidad; no veo necesidad alguna de cambiar ni el nombre ni el contenido material de la Formación San Juan de Herrera (1961); según fue redefinida por Álvarez-Sánchez (1975), ni tampoco su autor original. Por otra parte, el nombre "Formación San Juan y Martínez", lo estimo como superfluo ya que, como se ha explicado, no existe necesidad alguna de distinguir el nombre "Formación San Juan" del "Grupo San Juan" (de Millán y Somin, 1981); propio del Macizo Metamórfico Escambray, a causa de que una posible confusión entre estos nombres va más allá de lo que puede suponerse posible para cualquier geólogo competente. No obstante el arreglo del nombre propuesto por Piotrowski (1987), no tengo objeción alguna para seguirlo utilizando y así evitar una continuación de la discusión de este problema.

Referencias.

Álvarez Sánchez, H., 1975, Estratigrafía de la parte Occidental de la llanura costera y piedemonte de la Provincia de Pinar del Río. Cuba (ined.) *Arch. Inst. de Hidroec. P. del Río*, 49 págs. 11 figs. 1map.
Álvarez Sánchez, H., 1984 a, Estratigrafía y formación de olistostromas en la Depresión de San Diego. Implicaciones paleogeográficas y tectónicas. *Resúmenes del XXVII Congreso Geológico Intern. Moscú*.
Álvarez Sánchez, H., 1984b, Secuencia estratigráfica, olistostromas y estructuras de la Depresión de San Diego. Implicaciones en la Tectónica de la Sierra de los Órganos. *1er Congreso Geol. de Cuba*.
Álvarez Sánchez, H. F., De Huelbes, J., Bernal Rodríguez L. R., 2015, Formaciones y Litodemas en la nomenclatura estratigráfica cubana. *Memorias de Geociencia. VI Convención de Ciencias de la Tierra. La Habana, Cuba*. 31 págs. 15 figs.
Bermúdez, P. J., 1950, Contribución al estudio del Cenozoico cubano. *Mem. Soc. Cub. de Historia Natural. Felipe Poey. Vol. XIX. No. 3*.

Bermúdez, P. J., 1961, Las formaciones geológicas de Cuba. *Inst. Cubano Rec. Miner., Minist. Indust., La Habana*: 1-177.
Butticaz P., 1946 a, Cuban Geological Report No.10 of Standard Oil Co. *C.N.F.G, 30 Pags., 1 mapa (ind.)*.
Franco-Álvarez, G. L., González García R. A., Recio Herrera, A. M., Furrázola-Bermúdez, G., Delgado Damas, R., Triff Oquendo, J. (Redactores), 1992, Léxico Estratigráfico de Cuba. *Centro de Nacional de Información Geológica, La Habana, 658 p., Primera versión) (Inédito)*.
Gil González, S., Díaz Otero, C., y García Delgado, D., 2007, Consideraciones bioestratigráficas de los depósitos siliciclásticos en Cuba en cuenca piggy back del Campaniano Maastrichtiano. *GEOCIENCIAS 2007 (CD-ROM). Comisión Estratigrafía y Paleontología. GEO2-P18*.
González García, R. A., Recio Herrera, A. M., Furrázola Bermúdez, G., Delgado Damas, R., Triff Oquendo, J. (Redactores), 1994, Léxico Estratigráfico de Cuba. *Inst. de Geol. y Paleot. La Habana. (Inédito). Segunda Edición*.
Hatten, Ch., W.; Schooler, O. E.; Giedt, N. R. and Meyerhoff, A. A., 1958, Geology of central Cuba, Eastern Las Villas and Western Camaguey provinces, Cuba. *Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito)*.
Herrera N. M. 1961, Contribución a la estratigrafía de la Provincia de Pinar del Río. *Rev. Soc. Cubana de Ingenieros. No. 1,2. págs. 2-24*.
Iturralde-Vinent, M. A. (Editor), 2012. Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. *Segunda Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba*.
Klecker, J. B., 1942, Progress report of the geological survey of Pinar del Rio mountains front area in the vicinity of San Diego de los Baños, Pinar del Rio province. *ONRM. La Habana (inédito)*.
Lewis, J. W., 1932, Geology of Cuba (with discussion by R. J. Metcalf). *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 16:533-555.
Linares, E.; Osadchy, P.; Dovbnia, A.; Gil, S.; García, D.; García, L.; Zuazo, A.; González, R.; Bella, V.; Brito, A.; Bush, W.; Cabrera, M.; Capote, C.; Cobiella, J. L.; Díaz de Villalvilla, L.; Eguipko, O.; Evdokimov, Y.; Fonseca, E.; Furrázola-Bermúdez, G.; Hernández, J.; Judoley, C. M.; Kondakov, L.; Markovskiy, A.; Norman, A.; Pérez, M.; Peñalver, L.; Tijomirov, I.; Trofimov, V.; Vtulochkin, A.; Vergara, F.; Zagoskin, A. y Zelepuguin, V., 1985, Mapa geológico de la República de Cuba, escala 1:500 000. *Centro de Investigaciones Geológicas, Minist. Indust. Bas., La Habana*.
Millán, G., Somin, M. L.; 1981, Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo del Escambray. *Editorial Academia, La Habana*.
Palmer, R. H., 1934, The geology of Habana, Cuba and vicinity. *Journ. Geol.*, 24(2):123-145.
Piotrowski, J., 1987, Nuevos datos sobre los sedimentos del Cretácico Superior tardío y el Paleógeno en la Zona Estructuro-Facial de San Diego. *En Puszczólkowski, A. et al. Contribución a la geología de la provincia de Pinar del Río. Editorial Científico Técnica, pp. 185-196. La Habana*.
Puszczólkowski, A.; Piotrowska, K.; Mycznski, R.; Piotrowski, J.; Skupinski, A.; Grodzicki, J.; Danilewski, D. y Haczewski, G., 1975, Texto explicativo al mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar del Río. *Brigada Cubano- Polaca, Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito)*.
Vermunt, L. W. J., 1937 b, Geology of the province of Pinar del Río, Cuba. *Geog. Geol. Mededdel., Utrecht, Phys. Geol. Reeks*, 13:1-60.

Isótopos Cosmogénicos: Aplicaciones en Geociencias (Breve Nota Geológica)

Alejandro Carrillo-Chávez*, Daniela Kristel Calvo-Ramos

Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla. Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla, Querétaro, 76230 México

*Correo electrónico: ambiente@geociencias.unam.mx

Introducción

A principios del siglo XX (1900), algunos físicos estaban desconcertados por los niveles de radiación ionizante medidos en la atmósfera terrestre. En ese tiempo se suponía que la radiación debería disminuir conforme se aumentaba la altura, puesto que la fuente de radiación eran minerales en la corteza de la tierra. En esos albores de la física nuclear se utilizaban los electros copios para medir de manera aproximada la radiación. Desde 1910 Victor Hess, recién graduado de doctorado en física de la Universidad de Graz, Austria, incursionó en el campo de la radioactividad. Entre 1911 y 1913, Victor Hess trabajó directamente sobre el aumento de la intensidad de radiación en la atmósfera en vuelos en globos a alturas de hasta 5.3 km. Los resultados de este trabajo se publicaron en las Actas de la Academia de Ciencias de Viena. El resultado principal fue que el nivel de radiación disminuye hasta una altitud de 1 kilómetro, pero a partir de esa altura los niveles de radiación aumentaban considerablemente, y a 5 kilómetros la radiación es el doble que a nivel del mar. Su conclusión fue que la fuente de radiación estaba en el espacio exterior. Su descubrimiento fue confirmado por Robert Andrews Millikan en 1925, y se acuñó el término de "rayos cósmicos" para esa radiación procedente del espacio. Ahora se sabe que los rayos cósmicos son partículas subatómicas de muy alta energía (87-89% protones, 10-12% partículas alfa, 1-2% electrones y >1% otras partículas) y que su origen está fuera del sistema solar y provienen de potentes explosiones cósmicas como las supernovas.

Ahora bien, los isótopos cosmogénicos son isótopos creados en nuestro planeta por la interacción de los rayos cósmicos (impactos) sobre núcleos de elementos en la atmósfera terrestre (isótopos cosmogénicos atmosféricos) y/o sobre núcleos de elementos en minerales rocas y/o suelo en la superficie de la tierra (isótopos cosmogénicos terrestres). De aquí en adelante con el término "rayos cósmicos" nos referimos a los rayos cósmicos y sus procesos de espalación. La Figura 1 muestra, de manera simplificada, la entrada de un rayo cósmico (un protón, +p) en la parte superior de la atmósfera, seguido de un impacto sobre un núcleo de oxígeno (¹⁶O) y el proceso de espalación (liberación de partículas subatómicas variadas, formación de isótopos cosmogénicos como el ¹⁰Be, y el impacto de neutrones, n, en otros núcleos atmosféricos para la formación de otros isótopos cosmogénicos, como el ¹⁴C). Finalmente, un rayo cósmico o una partícula resultado de la espalación impacta un átomo de oxígeno (¹⁶O) en un mineral de una roca y/o suelo en la superficie de la tierra formando otros isótopos cosmogénicos (³He y/o ¹⁰Be).

Sin entrar en detalles de física nuclear y los procesos que crean estos isótopos cosmogénicos en la atmósfera y en la corteza de la Tierra, mencionaremos algunos de estos isótopos, el métodos de medición actual y sus aplicaciones en las Geociencias.

Algunos Isótopos Cosmogénicos y sus aplicaciones en Geociencias

Carbono 14 (¹⁴C). El ¹⁴C es un isótopo cosmogénico atmosférico inestable y el más conocido de los isótopos cosmogénicos. Se produce en la atmósfera cuando un electrón, subproducto de un impacto de un rayo cósmico (producto del proceso de espalación) impacta a un núcleo de Nitrógeno 14 (¹⁴N). El ¹⁴C fue descubierto en 1940 por Martin Kamen y Sam Ruben. El ¹⁴C también puede ser producido por descargas eléctricas durante las tormentas, pero en cantidades despreciables, así como también en las explosiones nucleares y en emisiones de plantas electronucleares. Siendo un elemento biofilico, el ¹⁴C se

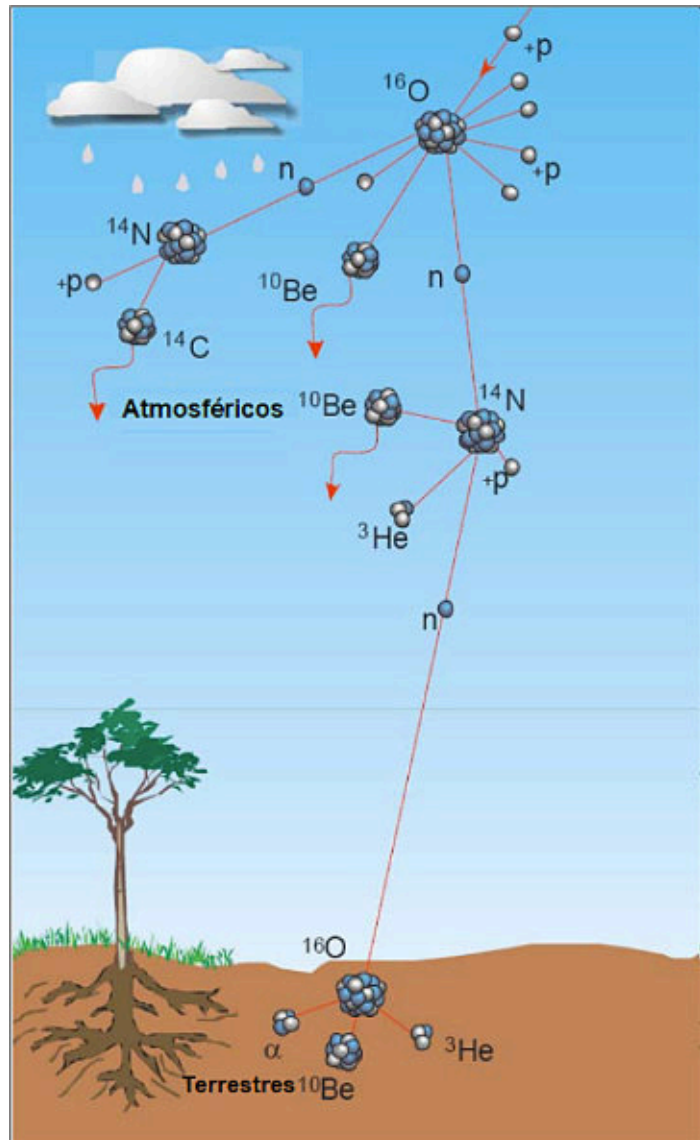


Figura 1. Diagrama simplificado de un impacto de un rayo cósmico (+p) sobre un átomo atmosférico de oxígeno (^{16}O) y los procesos de espalación. Ver texto para detalles. Modificado de Friedhelm von Blanckenburg and Jane K. Willenbring. 2014.

incorpora a materia orgánica, y con una vida media de 5,730 años se ha convertido en la técnica más fiable para datar materia orgánica de menos de 50,000 años.

Helio 3 (^3He) y Neón 21 (^{21}Ne). El ^3He y el ^{21}Ne son isótopos cosmogénicos terrestres estables que se usan de manera conjunta para datar diferentes litologías (datación por exposición de superficie), cuantificar velocidades de erosión, determinar edades de antiguas superficies y sedimentos y evaluar complejas historias de enterramiento. Ambos se forman cuando rayos cósmicos impactan minerales tales como hornblenda y biotita (impactando elementos como el Si y el Al) y acumulándose en la estructura cristalina de la hornblenda y biotita. Este tipo de datación de eventos se conoce como datación por

exposición de superficies y se da cuando una roca estuvo fuera del alcance del impacto de rayos cósmicos (algunos metros a lo mucho), y por algún proceso tectónico y/o erosivo esa roca queda expuesta a la radiación cósmica. La acumulación del isótopo cosmogénico nos permite determinar el tiempo de exposición (evento superficial).

Berilo 10 (^{10}Be). El ^{10}Be es un isótopo cosmogénico inestable (vida media 1.5 millones de años) tanto atmosférico como terrestre. En la atmósfera se forma cuando un rayo cósmico impacta un átomo de oxígeno en la atmósfera. Este ^{10}Be atmosférico se incorpora a moléculas de vapor de agua y puede precipitar como lluvia y/o nieve. En precipitación de lluvia, el registro de ^{10}Be se pierde por dilución en suelo, ríos, lagos o mar. Pero

precipitación como nieve, el ^{10}Be puede quedar registrado en nieve temporal y/o nieve y hielo glaciar. En nieve reciente se puede determinar la velocidad de formación al momento, la cual es afectada básicamente por la actividad solar - a mayor actividad solar, mayor protección en la ionósfera terrestre de rayos cósmicos, y a menor actividad solar, menor protección en la ionósfera. En núcleos de hielo es posible determinar variaciones en la relación producción ^{10}Be y actividad solar en tiempo (cronoestratigrafía de glaciares activos). El ^{10}Be cosmogénico terrestre se forma cuando un rayo cósmico impacta a un átomo de oxígeno, silicio, aluminio y/o carbono. Este ^{10}Be queda atrapado en la estructura cristalina de cuarzo y otros minerales. Cuantificando el ^{10}Be acumulado se puede determinar la edad del evento por exposición superficial (pulsos de retroceso glaciar, fallamiento, etc.)

Aluminio 26 (^{26}Al). El ^{26}Al es un isótopo cosmogénico terrestre inestable (vida media de 0.71 millones de años) formado en paralelo con el ^{10}Be terrestre cuando un rayo cósmico impacta a un átomo de Si o Al. Este ^{26}Al queda atrapado en la estructura de cuarzo o aluminosilicatos. Midiendo su concentración es posible datar el evento de exposición. Como se mencionó anteriormente, el ^{26}Al y el ^{10}Be se forman y analizan en tándem.

Cloro 36 (^{36}Cl). El ^{36}Cl es un isótopo cosmogénico tanto atmosférico como terrestre. Es inestable (vida media de 0.30 millones de años) y producido por la interacción de rayos cósmicos con átomos de Cl, S y K. En la atmósfera es

incorporado al ciclo del agua y se usa para datar aguas antiguas (de hasta 1 millón de años). En rocas se usa para datar eventos de exposición básicamente en rocas volcánicas.

Iodo 129 (^{129}I). El ^{129}I es un isótopo inestable con una vida media de 15.7 millones de años. Se forma naturalmente por procesos de fisión de uranio y plutonio (radiogénico), también se forma en reactores nucleares (antropogénico) y por rayos cósmicos (cosmogénico atmosférico) cuando se impacta un átomo de xenón en la atmósfera. En ciencias de la tierra se utiliza para datar agua subterránea muy antigua y estudios de evolución hidrogeoquímica de salmueras petroleras y aguas de formación de más de 100 millones de años. Recientemente se ha utilizado también en estudios tectónicos de reciclado de sedimentos subducidos, metamorfoseados y exhumados.

Métodos de Medición

Las concentraciones de estos isótopos cosmogénicos atmosféricos y terrestres en materia orgánica, agua, sedimentos y rocas están en niveles de 10^{-12} a 10^{-15} , lo cual hace extremadamente difícil cuantificarlos. Durante los últimos 20 años se han desarrollado técnicas analíticas muy específicas que permiten cuantificar en estos niveles de concentración. La técnica actual usada es la Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS por sus siglas en inglés). El AMS es un instrumento con una espectrómetro de masas que acelera los iones a energía cinética extraordinariamente alta (Figura 2). De esta

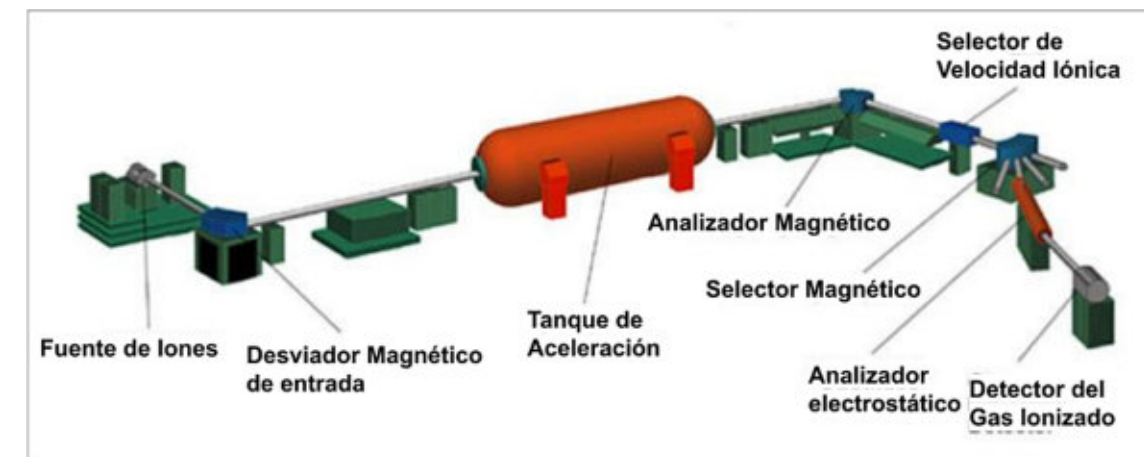


Figura 2. Diagrama simplificado de una espectrómetro de masas con acelerador (AMS) y sus diferentes partes. Modificado del Laboratorio PRIME-Universidad de Purdue <https://www.physics.purdue.edu/primelab/>.

manera se separan los isótopos ordinarios de los isótopos secundarios (por ejemplo, ^{14}C de ^{12}C). Este método es capaz de separar isótopos y también isóbaros (átomos de elementos diferentes pero de la misma masa atómica, por ejemplo: ^{14}C de ^{14}N). El Instituto de Física de la UNAM cuenta con un equipo de estos en su Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA, <https://lema.fisica.unam.mx/>) en el cual es posible hacer análisis de ^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al y ^{129}I para diferentes aplicaciones. Por supuesto, varias universidades en otros países también

cuentan con este equipo, una de ellas que ofrece análisis es la Universidad de Purdue, EUA (Purdue Rare Isotopes Measurement Laboratory, PRIME Lab por sus siglas en inglés; <https://www.physics.purdue.edu/primelab/>). La Tabla 1 resume los principales isótopos cosmogénicos y sus aplicaciones en Geociencias. No cabe duda de que este tema apenas inicia y con el paso del tiempo, y mejoras en la técnica de AMS, u otras técnicas, será posible aumentar el número de isótopos cosmogénicos y sus aplicaciones en Geociencias.

Isótopo	Tasa de producción (átomos/ g /año)	Vida media (años)	Mineral (o agua) a analizar
^3He	75 – 100	Estable	<u>Biotita, hornblenda</u>
^{10}Be	5 – 7	1.5×10^6	Cuarzo
^{14}C	18 – 20	5730	Materia orgánica, agua
^{21}Ne	18 – 21	Estable	<u>Biotita, hornblenda</u>
^{26}Al	30 – 36	0.71×10^6	Cuarzo
^{36}Cl	8 – 10	0.30×10^6	Agua, Roca Volcánica
$^{129}\text{Iodo}$?	15.7×10^6	Agua, Micas

Tabla 1. Resumen de algunos isótopos cosmogénicos, tasa de producción en átomos/gramo/año, vida media (o estable), y materiales terrestres (materia orgánica, agua o minerales en los que pueden ser analizados). Modificada de Cerling and Craig (1994).

Conclusiones

Hace poco más de 100 años se descubrieron los rayos cósmicos. En 1940 con el descubrimiento del ^{14}C se inició la medición de isótopos cosmogénicos. Pero, solamente hace unos 20 años, con la ayuda del AMS recién desarrollado, se da inicio a la medición de los isótopos cosmogénicos con fines de aplicaciones en ciencias de la tierra. Actualmente es posible establecer colaboraciones con diferentes universidades que cuenten con un AMS para cuantificar diferentes isótopos cosmogénicos y usarlos en estudios de arqueología, antropología,

hidrogeología, geoquímica ambiental, cronoestratigrafía glacial, geología estructural, geomorfología, petrología sedimentaria, ígnea y metamórfica, geología del petróleo, y tectónica, entre otras aplicaciones. Por supuesto, y como con cualquier otra técnica moderna, es fundamental el uso de evaluaciones estadísticas, hacer correcciones, usar observaciones y datos de campo, y uso de otras técnicas de las geociencias para una correcta interpretación de la información. Sin duda, el uso de los isótopos cosmogénicos abre una nueva ventana para la exploración en investigación de nuestro Planeta Tierra y sus recursos naturales.

Agradecimientos

Se agradece a PAPIIT UNAM Proyecto IN110421 por financiamiento de investigación sobre “Geoquímica de Isótopos”. También agradecemos al Dr. Luis Acosta del Laboratorio LEMA del Inst. de Física y a los editores de la Revista Maya de Geociencias por su revisión, comentarios y sugerencias al manuscrito.

Recursos Bibliográficos y de Internet

Amidon, W.H. and Farley, K.A. 2012. Cosmogenic ^3He and ^{21}Ne dating of biotite and hornblende. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 313-314, p. 86 - 94.

Cerling, T.E. and Craig, H. 1994. Geomorphology and in-situ Cosmic Isotopes. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, Vol. 22, p. 273-317.

Dunai, T.J. 2010. *Cosmic Nuclides: Principles, Concepts and Applications in the Earth Surface Sciences*. Cambridge University Press.



Dr. Alejandro Carrillo-Chávez. Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inicio su trabajo en el Instituto Mexicano del Petróleo y después inicio vida académica en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En 1998 ingreso a la Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra (UNICIT) UNAM, Campus Juriquilla (actual Centro de Geociencias). Su trabajo inicial fue sobre petrografía ígnea y metamórfica. En academia inicio dando clases de petrología ígnea y metamórfica. Actualmente es Tutor del Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM. Su maestría fue sobre yacimientos minerales metálicos y su doctorado sobre geoquímica ambiental. Actualmente sus líneas de investigación son: Metales Pesados en Medio Ambiente, Hidrogeoquímica, Geoquímica Isotópica de Metales Pesados e Hidrogeoquímica de Salmueras Petroleras. A la fecha es responsable de un Proyecto UNAM sobre Concentraciones de metales e isotopía estable de Zn y Hg en agua de lluvia, nieve y núcleos de hielo en glaciares mexicanos. ambiente@geociencias.unam.mx



Daniela Kristell Calvo-Ramos es Ing. Ambiental de la Univ. Politécnica de Chiapas, Maestría y Doctorado en Ciencias de la Energía en la Univ. Autónoma de Querétaro. Actualmente en estancia Posdoctoral en Centro de Geociencias UNAM-Juriquilla. Sus líneas prioritarias de investigación son: (1) síntesis de materiales fotocatalíticos, (2) síntesis de materiales grafénicos, (3) fotodegradación de colorantes en aguas, (4) foto oxidorreducción de metales en agua y (5) contaminación de metales en agua. En su programa posdoctoral está trabajando en preparación de muestras (separación en columnas de intercambio iónico) y análisis (Espectrometría de Masas Multicolector con Plasma Acoplado Inductivamente ICP-MMS) para medición de isótopos estables de zinc, cobre y hierro en diferentes materiales naturales (agua-roca). También es docente en la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-UNAM Juriquilla).

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.

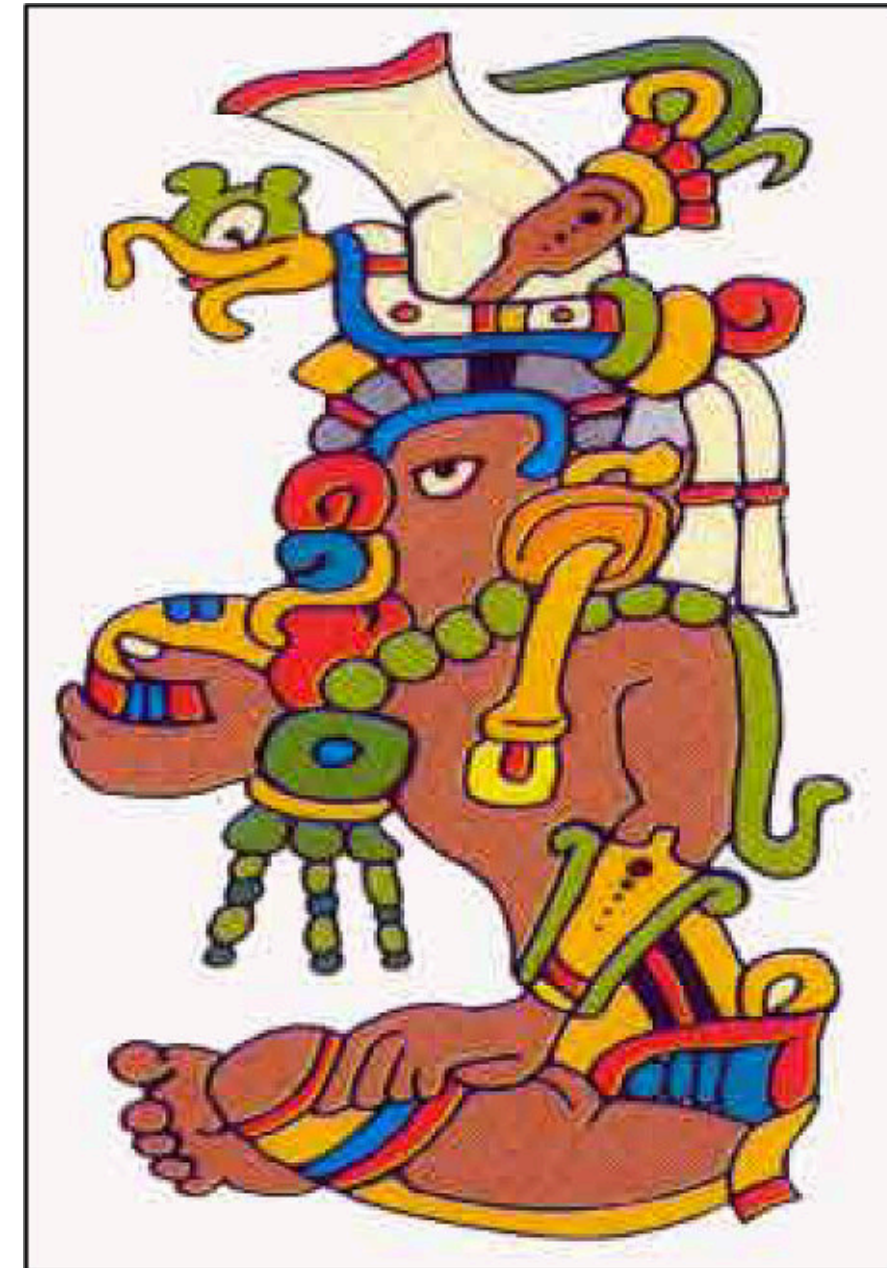
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

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.

The Natural History Museum, London.

Haz click en la imagen



La casa de la energía solar

<https://www.britannica.com/science/solar-energy>

<https://science.nasa.gov/solar-energy-tracker-powers-down-after-17-years>

<https://climate.nasa.gov/explore/ask-nasa-climate/2910/what-is-the-suns-role-in-climate-change/>

<https://climate.nasa.gov/news/2198/satellites-shed-light-on-solar-systemthe-one-on-your-rooftop/>

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

<https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>

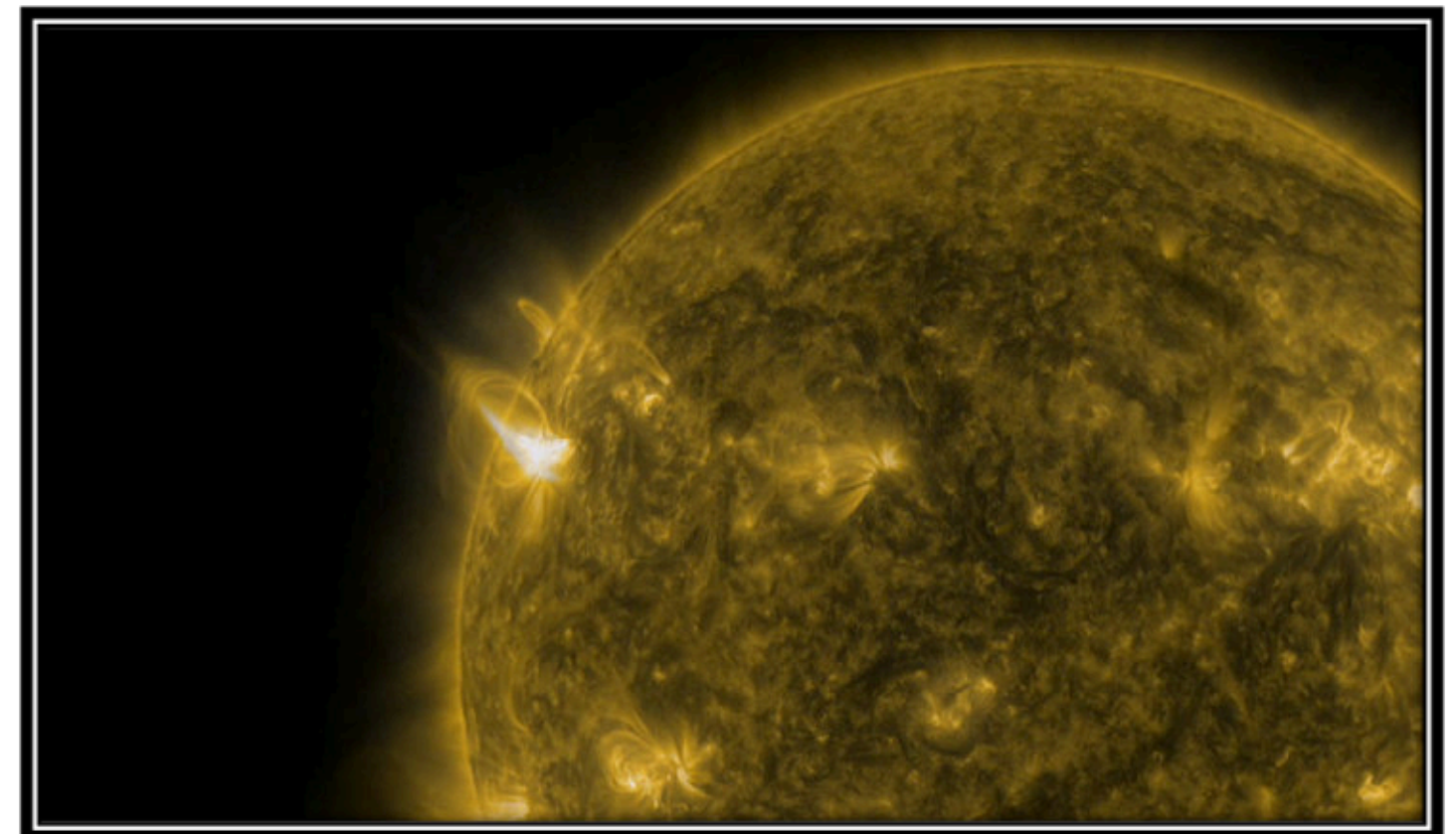
<https://education.nationalgeographic.org/resource/solar-energy/>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/solar-power>

<https://www.youtube.com/watch?v=NLO9w963Aj0>

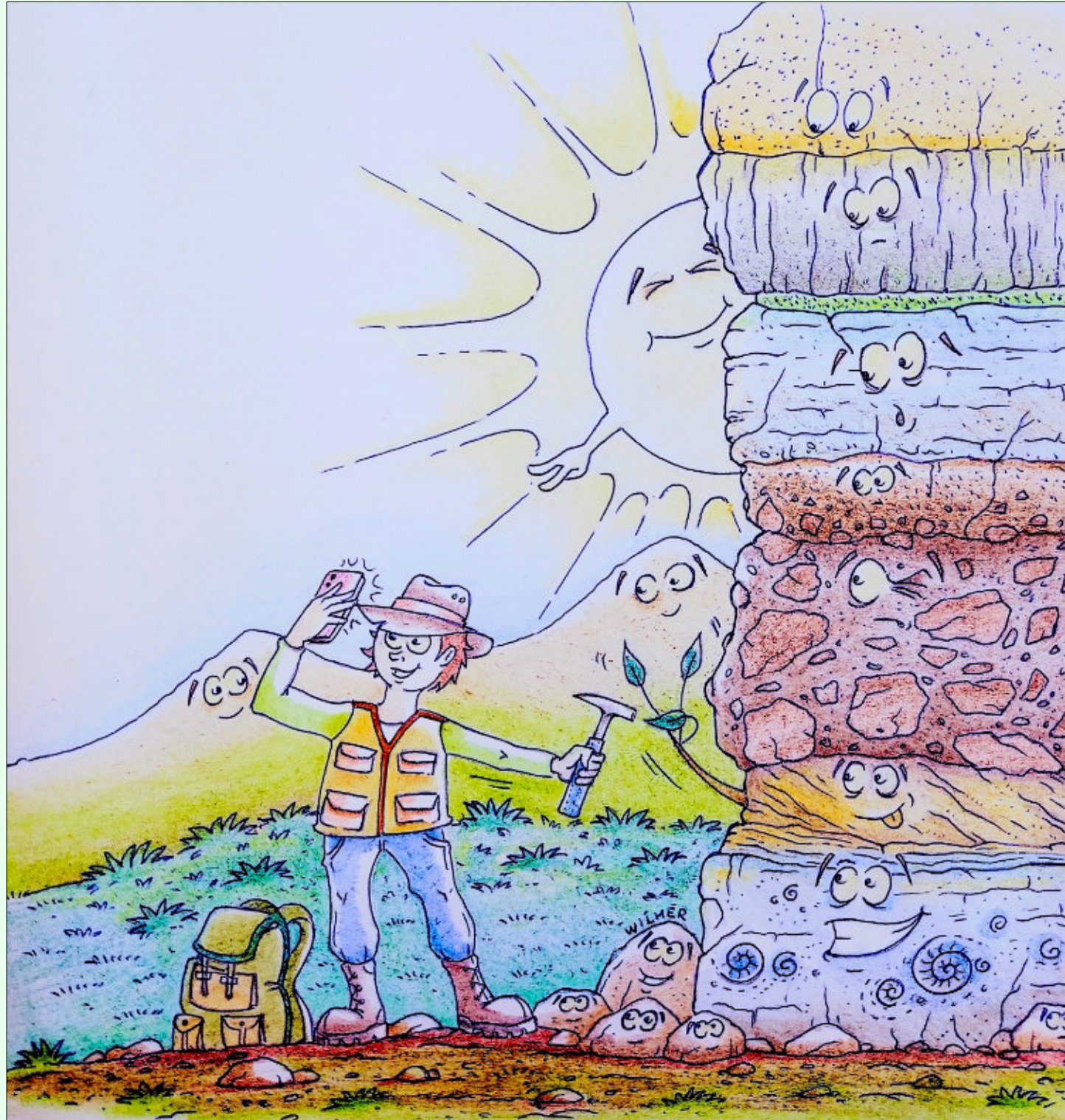
<https://www.youtube.com/watch?v=inPtRWtvDaM>

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



https://climate.nasa.gov/rails/active_storage/blobs/redirect/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBbEVyIiwiaXhwIjpudWxsLCJwdXliOiJibG9iX2Ikn19-8c4fb01d30c33652d10197b492cc04fa5d9556c5/jhelioviewer_march_5_flare_still_2.png?disposition=inline

CONCURSO DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA 2023



Por Wilmer Pérez Gil (wilmerperezgil5@gmail.com)

CONCURSO DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA 2023

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

BASES:

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

PREMIOS:

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

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

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

GEOLOGICAL PHOTOGRAPHY CONTEST 2023

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

RULES:

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

PRIZES:

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

First place: 25,000 Mexican pesos (approximately \$US 1,250).

Second place: 15,000 Mexican pesos (approximately \$US 750).

Third place: 10,000 Mexican pesos (approximately \$US 500).

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

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

geolatinasinsta
GeoLatinas_por_mexico
@GeoLatinas







El Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas presenta:

GeoSeminarios

Mayo-Junio 2023

Dr. Daniel Mata Flores
Egresado de la Université Côte d'Azur, Francia

26 de Mayo

GeoSeminario-tesis:
Detección Acústica Distribuida (DAS) submarina enfocada al monitoreo oceánico y la detección de cables de fibra óptica oscilantes



07 de Junio

Dulce Yaahid
Investigadora del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Saltillo

GeoSeminario:
El tesoro bajo nuestros pies: Ecología microbiana del suelo



Genaro de la Rosa
Docente Investigador del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Coahuila

21 de Junio

GeoSeminario:
Petrografía aplicada al carbón y rocas generadoras de hidrocarburos











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










2023 MED - GEO MÉXICO

10th International Conference on Medical Geology

MONTERREY, NL. MEXICO

August 6-9 th

Visit us at:
medgeomx.com






Caverna del arte

¿QUÉ SUCEDE CON ESTE SILENCIO DE MUROS?

¿Qué sucede con este silencio de muros?
mientras me arropo en el calor de la aurora,
y quizá estés desnuda bajo las sábanas
aletargada en mis suspiros de otoño,
próximo otoño.

Espero, como estacionaria nube
reencontrarme a tu corazón cantante
a tus labios danzantes
a tu cabello de sonoridad nocturna
de lunas crecientes.

Comienzo a entonarme en tu mirar
a través de sueños meándricos
saboreos del imposible mar
y la resbaladiza caricia de instantes lúdicos.

Me encontraste al otro lado
quieto, ligero, andante
próximo a resguardar tus pies
a deslizarme, paseando a lo largo de tu hechizo.

Quizá no encuentro siquiera el momento
de estrechar tus raíces en este
Universo-jardín.

Pablo Anatexis

Zarabes, pueblo abandonado, Soria, España, 2014.

Fotografía de Claudio Bartolini



Zarabes, pueblo abandonado, Soria, España, 2014.

Fotografía de Claudio Bartolini



Zarabes, pueblo abandonado, Soria, España, 2014.

Fotografía de Claudio Bartolini



Zarabes, pueblo abandonado, Soria, España, 2014.

Fotografía de Claudio Bartolini



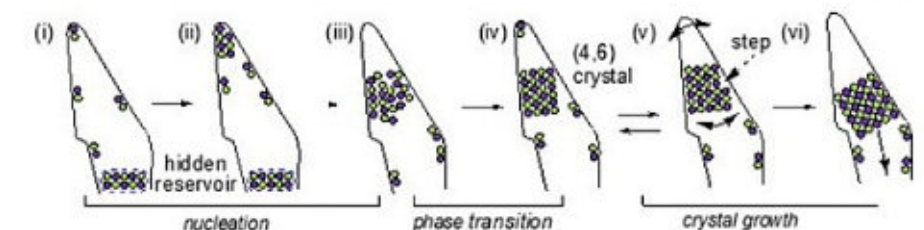
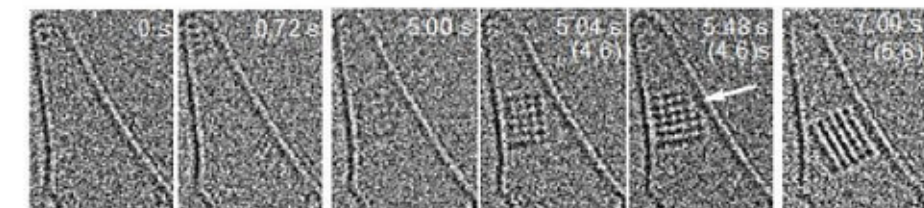
Datos sobre los sismos recientes en el mundo

<http://ds.iris.edu/seismon/index.phtml>



Video: First-ever look at crystals forming in real-time at atomic resolution

<https://www.dpreview.com/news/3769330136/video-first-ever-look-at-crystals-forming-in-real-time-at-atomic-resolution>





Aspice in mundi circa te

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

Por Humberto Álvarez-Sánchez y Luis Bernal Rodríguez

TOMO TRES

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

Necesitas la Tabla del tiempo geológico?

https://www.geosociety.org/GSA/Education_Careers/Geologic_Time_Scale/GSA/timescale/home.aspx

Asociaciones de Geología y Geofísica

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

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

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

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

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

Gaceta Geológica de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros

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

Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature

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

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

Visítanos en Facebook y hazte miembro: Mexico Petroleum Geology

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

Aquí puedes bajar la Tabla Cronoestratigráfica Internacional:

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

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

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

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

Glosario de Geología (Español)

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales
https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm

English-Spanish and Spanish-English Glossary of Geoscience Terms

Gary L. Prost

<https://garyprostgeology.com/publications>



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 Uluru Rock, Australia.

The Uluru, also known as Ayers Rock, is a large sandstone rock formation located in the southern part of the Northern Territory in Australia. It is a sacred site for the Aboriginal people and is known for its unique red color and striking rock formations. The Uluru is a monolith, which means it is a single, massive rock that has been exposed above the surface of the earth. It is over 1,100 feet high and covers an area of around 4.2 square miles. The Uluru is made up of sandstone that was formed over 550 million years ago, and it has been shaped by weathering and erosion over time.

<https://lens.monash.edu/@science/2022/01/28/1384285/the-epic-550-million-year-story-of-uluru-and-the-spectacular-forces-that-led-to-its-formation-melanie-finch-lecturer-in-structural-geology-and-metamorphism-monash-university>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Uluru>

<https://parksaustralia.gov.au/uluru/discover/highlights/uluru/>

<https://whc.unesco.org/en/list/447/>

<https://www.britannica.com/place/Uluru-Ayers-Rock>

<https://uluru-australia.com/about-uluru/uluru-facts/>

<https://www.ayersrockresort.com.au/experiences>

<https://www.nationalgeographic.com/travel/article/uluru-closing-why-it-matters>

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

<https://www.youtube.com/watch?v=6gnGWyEFN9w>

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/>



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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

Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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





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