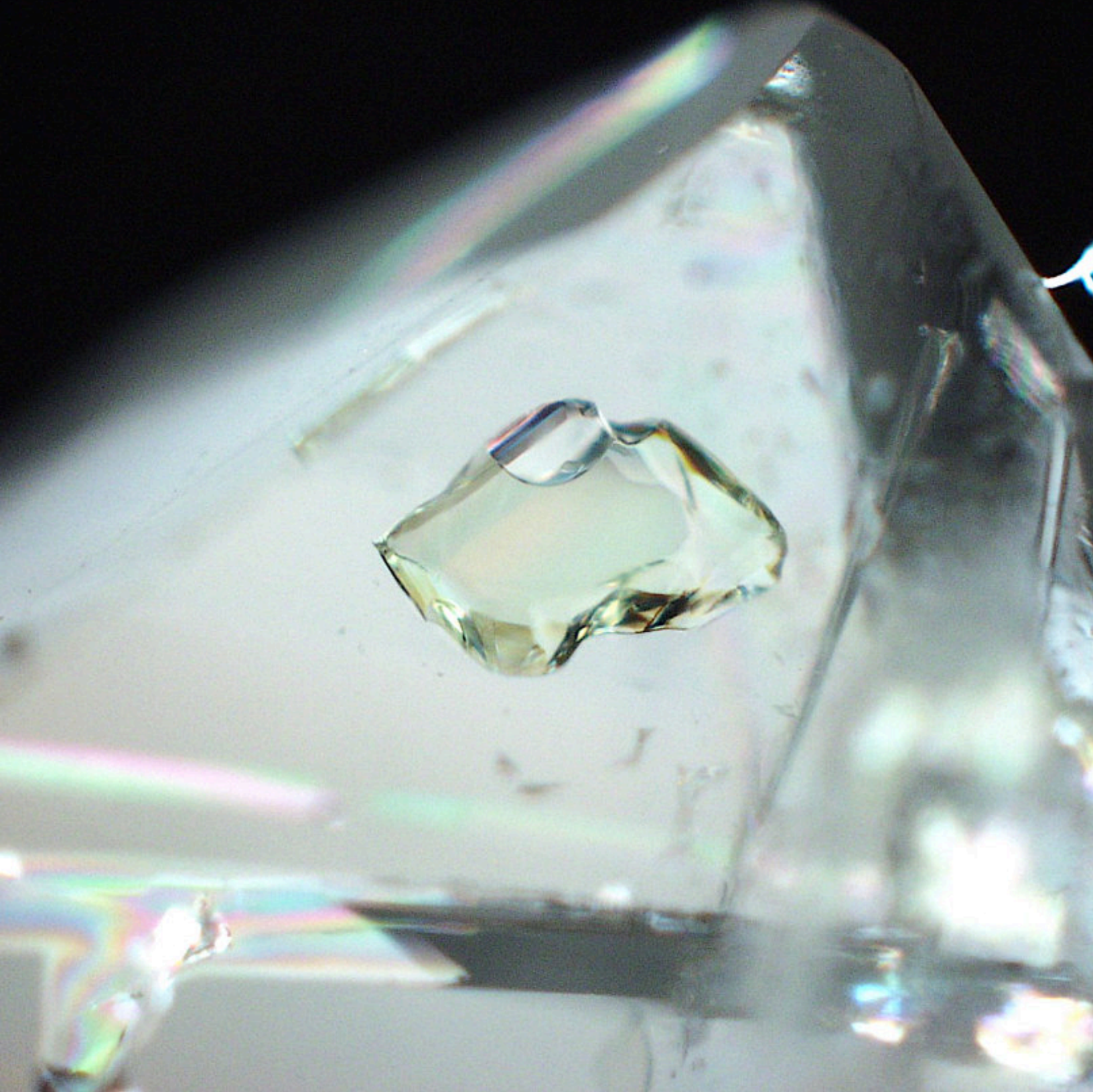


**NOVIEMBRE
2023**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



NOVIEMBRE
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 cual será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si desean participar o contribuir con algún manuscrito, por favor 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: Cristal de cuarzo con una inclusión sólida-gas de azufre nativo. El azufre fue atrapado como líquido durante un proceso de reducción termoquímica de sulfato (inclusión fluida, originalmente). Al enfriarse se nucleó la burbuja de gas; dentro de ésta es posible distinguir un pequeño cristal idiomórfico de azufre, precipitado a partir del enfriamiento de los vapores de azufre contenidos en la burbuja. Imagen tomada por el Dr. Jordi Tritlla i Cambra, mediante microscopía de transmisión polarizada y nícoles cruzados. Para más información: Tritlla, J., Alonso-Azcárate, J., & Bottrell, S. H. (2000). Molten sulphur-dominated fluids in the origin of a native sulphur mineralization in lacustrine evaporites from Cervera del Rio Alhama (Camereros Basin, NE Spain). *Journal of Geochemical Exploration*, 69, 183-187.

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

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

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

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

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

Revista de difusión y
divulgación geocientífica.

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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

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

jhrosenfeld@gmail.com



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

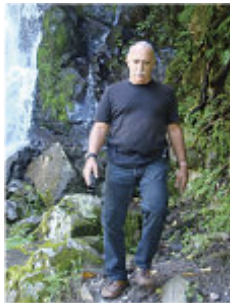
COLABORADORES



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

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

soaortuno@gmail.com



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

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

geodoxo@gmail.com

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



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



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

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

poletpinzon@gmail.com



José Antonio Rodríguez Arteaga es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela.

Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

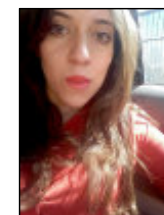
lup@comunidad.unam.mx



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

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

jonblickwede@gmail.com



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

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

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



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

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

naticasilvacruz@gmail.com



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

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

roberto.vidal@unison.mx



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

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

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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

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

diegogabriel807@gmail.com

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

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

Estimados colegas,

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

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



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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





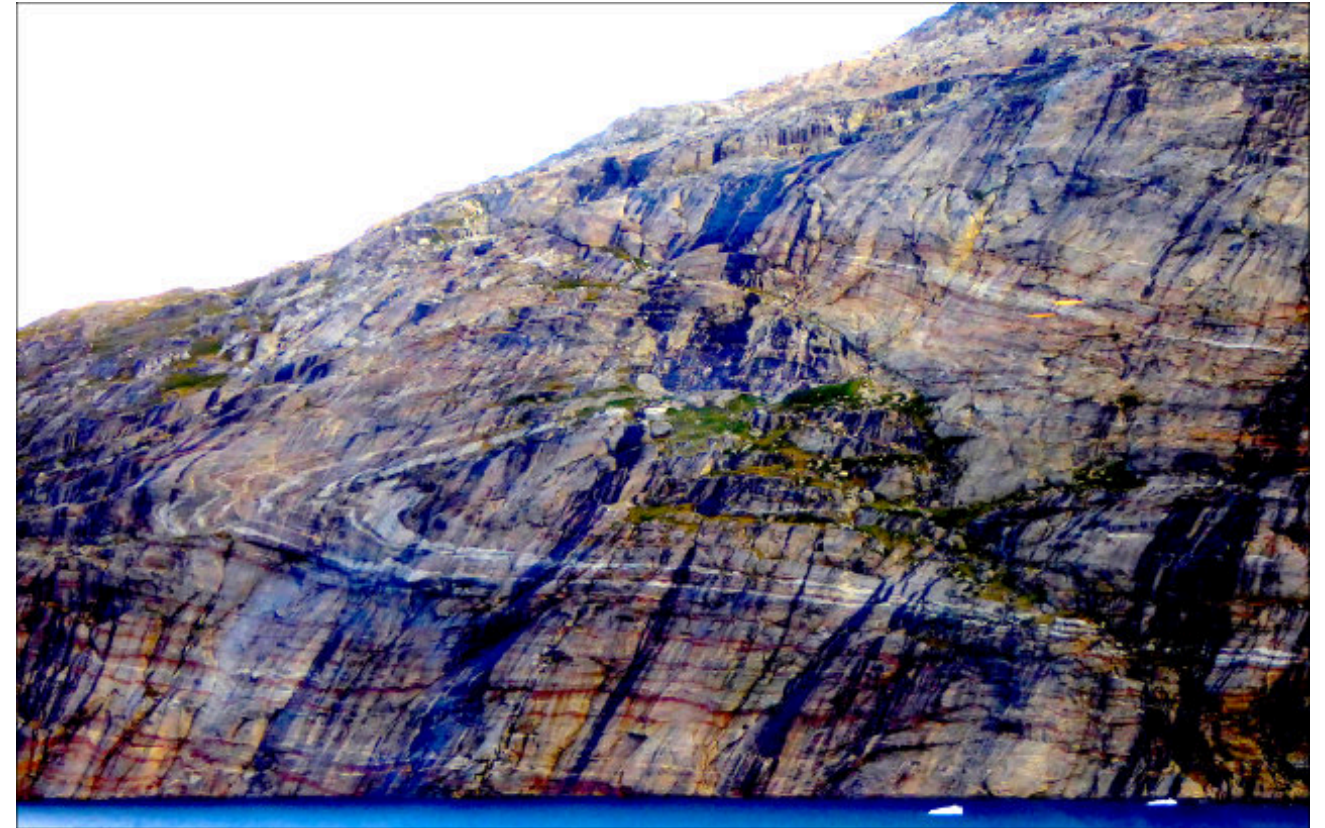
Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

Estimados Colegas

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

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

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



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

Esteemed colleagues

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

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

Basic Instructions for Authors

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

(biographical sketches): a maximum of 3 pages

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

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

Geological notes: a maximum of 10 pages

Lazos de colaboración y amistad con la AAPG



La semana del 23 al 27 de octubre se celebró en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, la "5ta Edición de la Semana de las Geociencias". En ésta participan numerosos capítulos estudiantiles de dicha institución, en conjunto con importantes empresas la industria. Este año también participó el capítulo estudiantil de la AAPG IPN Student Chapter y la Revista Maya de Geociencias.

En conjunto, la Revista Maya y el capítulo de la AAPG realizaron 4 concursos de conocimientos en donde participaron entusiastas alumnos y alumnas de la Unidad. De igual manera, en sus respectivos stands promovieron la difusión de las ciencias de la Tierra y temas de divulgación científica.





Figura 1. Alumnos observando diferentes muestras de crudo.

Figura 2. La Revista Maya de Geociencias presente en la 5ta edición de la Semana de las Geociencias.



Figura 3. Stand del Capítulo Estudiantil AAPG presente en la 5ta edición de la Semana de las Geociencias.

CONTENIDO

**NOVIEMBRE
2023**

Semblanzas.....	14
Miscelánea de imágenes.....	43
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	45
Los libros recomendados.....	54
Temas de interés.....	56
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	83
Notas geológicas.....	89
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	109
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	110
La casa de los glaciares.....	113
AAPG International Congress & Exhibition, Madrid.....	114
Reunión Annual, Unión Geofísica Mexicana.....	115
Congreso Geológico de América Central.....	117
Algunos vínculos de utilidad.....	120
Caverna del Arte.....	121
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	124
Tipos de pliegues.....	125
Asociaciones geológicas hermanas.....	126

SEMBLANZAS

Es un gran orgullo y privilegio para la Revista Maya, presentar las historias de “las primeras mujeres geólogas” de varios países del mundo. Gracias a las contribuciones de María Guadalupe Cordero Palacios, Mélida Schliz-Antequera, Victor Ramos, Nimio Tristán, Ramón López Jiménez, José Antonio Rodríguez Arteaga, Marianto Castro, Rafael Tenreyro Pérez, y Gerardo J. Soto, les presentamos ésta importante sección sobre la historia de éxito de varias de nuestras colegas geocientíficas.

América Ana Cuervo Barrena - Cuba

América Ana Cuervo Barrena nació en la ciudad de Remedios, provincia Villa Clara. Era hija del doctor Ricardo Cuervo Cuevas farmacéutico y patriota cubano. Era una gran familia pinareña, relacionada con la medicina, su abuelo fue médico personal de Maximiliano I de México. Siendo ella una niña, se traslada con sus padres a la ciudad de Pinar del Río, donde se graduó de Bachiller en Ciencias y Letras en el Instituto Provincial de Segunda Enseñanza. Alumna preferida del Profesor Carlos de la Torre, se gradúa de doctora en Ciencias Naturales, Farmacia y Ciencias Físico Químicas en la Universidad de la Habana en 1918.¹ Ese mismo año, realizó pruebas de oposición y obtiene la cátedra de Ciencias en la Escuela Normal de Maestros de Pinar del Río. Anteriormente, obtuvo la cátedra titular de Ciencias de la Escuela Normal de Maestros Oriente, pero renunció a la misma, pues solamente realizó dichos ejercicios, para unirlos a su expediente.

En 1940 fue nombrada instructora de la cátedra "N" (Geología y Paleontología) por haber realizado y aprobado los ejercicios de Adscripción. Siete años más tarde, fue nombrada por oposición Profesora Agregada de la Cátedra de Geología y Paleontología de la Universidad de la Habana.² En los años cincuenta, mientras Rene San Martín impartía las asignaturas de Mineralogía y Cristalografía, la Dra. Cuervo fue la profesora de Petrografía y Geología en la Universidad. Siendo presidente de la Directiva, electa el 17 de junio de 1950, de la Sociedad Cubana de Historia Natural “Felipe Poey” el Dr. Carlos G. Aguayo, la Dra. Cuervo fue directora de la Sección de Mineralogía y Geología.³



Además de la labor docente, Dra. Cuervo realizó múltiples investigaciones dentro del campo de la geología, la petrografía y la paleontología. Entre sus publicaciones pueden citarse: "Agricultura"⁴ y "Enseñanza de la Química" para uso de los alumnos secundarios; "Petrografía Cubana, estudios preliminares", " Dos nuevas especies de Ichthyosauria del Jurásico de Viñales"⁵ de 1939, "Estudios de Erizos fósiles de Pinar del Río" y "Repertorio de Rocas ígneas de Cuba"⁶ de 1951. Con posterioridad al mencionado artículo sobre los *Ictosaurios* de 1939, Ricardo de la Torre y L. Rojas realizan investigaciones adicionales sobre los fósiles de saurios marinos del Oxfordiano de Viñales, estudiando un mayor número de restos fósiles.⁷

Los autores, compañero y discípulo respectivamente de la Dra. Cuervo, le dedican la especie *Cryptocleidus? cuervoii* nov. sp., donación de la América Cuervo al museo de Geología y Paleontología de la Universidad de la Habana. Las demás sub especies descritas en el mencionado artículo se denominan respectivamente: *Cryptocleidus? cuervoii quesadai* nov. subsp. y *Cryptocleidus? cuervoii carolai* nov. subsp. Este último debiera haber sido el primero en describirse pues se trata del cráneo. Pero los ejemplares se refieren en el orden cronológico de su recolección, por lo que se da prioridad a la especie de la Dra. Cuervo.



Dos vértebras casi completas del *Cryptocleidus? cuervoii*.

La Dra. Cuervo fue el centro de una misteriosa trama, digna de una novela policiaca: “el hueso de dinosaurio cubano perdido”.⁸ El hueso de casi 45 centímetros fue identificado por el sabio cubano Alfredo de la Torre como un húmero o fémur de un *Diplodocus* o *Brontosaurus* en su tesis doctoral de 1942 y en un corto artículo en 1949⁹, acompañado de una fotografía. En la publicación, de la Torre acreditó el descubrimiento del fósil a América Ana Cuervo. Todo parece indicar que la doctora Cuervo donó el



Cráneo del *Cryptocleidus? cuervoii carolai* nov. subsp. (*Vinalesaurus caroli*).¹⁴

¹Alvarez-Conde, J., 1957. “Historia de la Geología, Mineralogía y Paleontología en Cuba.” Publicaciones Junta Nacional de Arqueología y Etnología. La Habana, 248 pág.

²Hernández Pérez, Pedro Luis. “Cronología anual de las cuevas de Cuba” en: <http://www.sociedadspaleologica.cu/index.php/sample-sites-2/estatutos/9-uncategorised/75-cronologia-anual-de-las-cuevas-de-cuba>

³Jaume, M. L. (Editor) “Circulares del Museo y Biblioteca de Malacología de La Habana” Editor, 13 No 351 Vedado Habana Cuba Pag. 347

⁴Cuervo Barrena, América Ana, 1942. “Agricultura.” La Habana. Imp. P. Fernandez y Cia. 1942. 622 p.

⁵De la Torre y Madrazo, R., y Cuervo, A.A., 1939. “Dos nuevas especies de *Ichthyosauria* del Jurásico de Viñales”. Universidad de La Habana, Departamento de Geología y Paleontología, 9 pág.

⁶San Martín, R. y Cuervo, América Ana. 1951. “Repertorio de Rocas ígneas de Cuba. Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural.” Universidad de la Habana. Vol. XX junio 1951. No2. Página 105 – 108.

⁷De la Torre y Madrazo, R., y Rojas, L.E., 1949. “Una nueva especie y dos subespecies de *Ichthyosauria* del Jurásico de Viñales, Cuba.” Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural “Felipe Poey”, 19 (2): 197-202.

⁸Ceballos Izquierdo, Yasmani, Creisler Benjamin, Sidder Aaron. “¿Un hueso perdido de dinosaurio cubano?” Juventud Rebelde Viernes 17 de marzo de 2017. Pag 4.

⁹De la Torre y Callejas, A., 1949. “Hallazgo de un hueso de dinosaurio terrestre en el Jurásico de Viñales, Pinar del Río.” Universidad de La Habana, Departamento de Geología y Paleontología, 19 pág.

¹⁰Apesteeguía, S., Ceballos Izquierdo, Y., Iturralde-Vinent, M.A., 2019. New taxonomic assignment for a dinosaur sauropod bone from Cuba. Historical Biology, Sept 2, 6 p.

¹¹San Martín, Rene y Cuervo, América Ana. “Repertorio de Rocas ígneas de Cuba”. Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural. Universidad de la Habana. Vol. XX Junio 1951. No2. Página 105 – 108.

¹²Johannsen, Albert. “The Intermediate Rocks.” Tomo III. Pag 141 – 161. Descriptive Petrography of the Igneous Rocks Chicago, 1937.

¹³Vaughan, T. W., Hayes, C. W. and Spencer, A. C., 1901. “Report on a geological reconnaissance of Cuba, made under the direction of General Leonard Wood, military governor”, USGS. Washington, 1901.

¹⁴Gasparini, Z., Bardet., N., e Iturralde-Vinent, M., 2002. A new cryptocleidid plesiosaur from the upper Jurassic of Cuba. Geobios, 35 (201): 211-217.

Rosalvina Rivera Castillo - Perú

Rosalvina Rivera Castillo (1914–2011) was a Peruvian palaeontologist who dedicated her entire life to studying geology in Peru. She was the first woman in Peru to receive the title of doctor in geology.

Rivera graduated with a bachelor's degree in Geological Sciences from the National University of San Marcos (UNMSM) and, in 1951, presented her doctoral thesis on fossils from the town of Puente Inga in Lima, located near the outflow of the Chillón River. She studied Cretaceous ammonites, Tertiary molluscs and charophytes between 1947 and 1961.[1] It was an outstanding achievement for Peruvian women, who were forbidden to study at the university and even a more scientific discipline at that time. She won two post-doctoral study grants in Palaeontology and Stratigraphy from the U.S. Geological Survey and Stanford University, California, US. After working for twelve years for the Geological Institute of Peru[1] and its successor National Institute for Mining Research and Development, Rivera worked for the company Cerro de Pasco Petroleum Corporation doing palaeontology and stratigraphy work for six years.[2]

ETERNO LEGADO. ROSALVINA RIVERA CASTILLO, PRIMERA DOCTORA EN GEOLOGÍA Y EN PRESIDIR LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL PERÚ

Este 23 de noviembre se cumplirá el primer mes del sensible fallecimiento de la Dra. Rosalvina Rivera Castillo, primera doctora peruana en geología y también la primera mujer en presidir la Sociedad Geológica del Perú. Rivera ejerció una vasta labor académica y profesional en el Instituto Geológico del Perú, el Instituto Nacional de Investigación y Fomento Minero y la Compañía Cerro de Pasco Petroleum Corporation.

Obtuvo un doctorado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y becas post doctorales en la Universidad de Stanford en los Estados Unidos. Se jubiló como docente de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en 1974 habiéndose convertido en la guía de sucesivas generaciones de ingenieros geólogos.

Fue nombrada Profesora Emérita por nuestra casa de estudios el martes 20 de enero de 2009 en la Sala de Sesiones del Consejo Universitario, por su destacada



Rivera's career included consulting for mining exploration companies and becoming a professor, first at the UNMSM and then at the National University of Engineering (UNI) until her retirement in 1974.

Among Rivera's achievements are the organization of the UNI Museum of Palaeontology (with fossils from Peru and abroad), the creation of the Stratigraphic Lexicon of Peru[3][4][5] (including a collection of geological maps) and her performance as the first president of the Geological Society of Peru.[6]

trayectoria profesional y honorable contribución a la evolución de la ciencia geológica.

Rosalvina Rivera falleció a los noventa y siete años dejando como fruto de su amor por la Geología y la UNI una biblioteca y una mapoteca con trabajos relacionados al Perú; y junto al Dr. George Petersen, el Museo de Paleontología de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica (FIGMM) de esta casa de estudios. "La geología ha sido parte de mi vida, tiene su emotividad, utilidad y un recuerdo muy personal que llevaré en lo más profundo", fueron sus últimas palabras que resonaron llenos de alegría en el púlpito de la Sala de Sesiones.



Edelmira Mórtola - Argentina

La doctora **Edelmira Mórtola** es la primera que se recibió en nuestro país de doctora en Ciencias Naturales, con orientación geológica, por la que se la considera como la primera geóloga argentina.

Poco es lo que se sabe de sus estudios previos a su ingreso en la facultad. Había nacido en 1894 en Berazategui, provincia de Buenos Aires y entre 1908 y 1912 estudió en el Liceo Nacional de Señoritas de la Capital Federal, donde después de sus estudios universitarios ejerció el profesorado. En 1913 no habrá sido fácil ingresar a la Universidad a estudiar geología, donde previo a ella habían egresado sólo dos geólogos, por lo que es el tercer geólogo recibido en el país. Ha sido una muy buena estudiante con un promedio de 9,35, que le valió recibir el premio Strobel, que en ese año se disputó entre dos mujeres, una botánica y ella, ganando Mórtola por unas pocas décimas el Strobel en 1918, nuevamente la primera mujer en recibirlo desde 1881 cuando fue instaurado el premio.

Toda su carrera tanto académica como profesional fue marcando hitos por ser pionera en muchas cosas. Apenas terminado los estudios ingresó en 1918 como ayudante geóloga, en la Dirección General de Minas y Geología, nuevamente la primera mujer profesional de esta institución. Se recibió de doctora con una tesis sobre rocas alcalinas de la provincia del Chubut en 1921 y a partir de 1923 empezó su carrera académica en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Fue jefa de trabajos prácticos de tres cursos de Petrografía y Mineralogía, uno para ingenieros, otro para el doctorado en Química y un tercero para Ciencias Naturales. Como ella misma describe "Esta tarea junto con la ímproba labor docente, dentro y fuera de la Facultad insumió muchísimos meses y años de dedicación ya que la preparación de material significa: búsqueda, selección, análisis cristalográfico, óptico, químico y petrográfico para su determinación y clasificación". Esto la llevó a escribir un libro sobre "Nociones de Mineralogía" en la imprenta de la Universidad en 1930, pero pocos años más tarde en 1938 fue editado por la editorial Ateneo, y con ediciones en 1951 y 1958, dado el éxito que había tenido como libro de texto tanto para los estudios universitarios como secundarios. En ello también fue pionera.



Fue profesora también en el Liceo Nacional de Señoritas N° 1 y en el Instituto Nacional del Profesorado Joaquín V. González, dando en ambos sólidos conocimientos teóricos con prácticas de laboratorio que ella misma organizaba. Esta enseñanza le permitió forjar numerosas vocaciones entre sus estudiantes, varias de ellas después ingresaron a la carrera universitaria y han sido notables científicas.

Es nombrada profesora adjunta en 1934, y se desempeña como tal durante 20 años hasta su nombramiento en 1954 como Profesora Titular, que asume en 1956, hasta su jubilación en 1960. La Doctora Mórtola ha sido la primera Profesora Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, pudiendo ver en ello otra conquista obtenida con mucho tesón y constancia. Es necesario destacar que con menos antecedentes que ella eran contratados profesores, que a los pocos años se desempeñaban como titulares, siendo relegadas las docentes en esos cargos de mayor jerarquía.

La Doctora Mórtola se considera como el(la) primer Profesor(a) argentino(a) de Mineralogía de todas nuestras universidades, marcando una senda que seguirían otras notables científicas años más tarde. Entre 1937 y 1943 los alumnos del Doctorado en Geología de las Universidades de La Plata y Córdoba concurrían a los laboratorios a cargo de Mórtola a realizar en Buenos Aires, bajo su supervisión, los trabajos prácticos de Óptica Mineral y las descripciones petrográficas de sus tesis doctorales.

Su gran obra es el Museo de Mineralogía que hoy lleva su nombre, único de su tipo en la Universidad. A ella se debe el mérito de organizarlo, buscar especies minerales de excepcionales características, clasificarlas y brindarlas en exhibición de manera notable. Pasado más de 80 años se sigue manteniendo las colecciones. Esta tarea realizada la hizo a la par de sus pioneras publicaciones de la Patagonia, que siguen siendo hoy día de consulta obligada.

Entre 1934 y 1943 Bernardo Houssay, nuestro primer premio Nobel en ciencias, estableció un estrecho contacto profesional con la Dra. Mórtola como Presidente de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, consultándola como referente en numerosos temas científicos y en la evaluación de futuros becarios. Houssay a lo largo de los años le brindó todo su apoyo para conseguir un mayor progreso de la Mineralogía en el país.

Se podría decir que la Dra. Mórtola por casi 40 años formó a las primeras generaciones de geólogos en nuestro país, y no sólo eso, sino que brindó un constante apoyo a las jóvenes colegas que a través de los años le han brindado un reconocimiento y un profundo cariño.

Dedicó su vida a la docencia y a sus alumnos, no constituyendo una familia, pero como se reconociera en el acto de su despedida ante la jubilación: *“La función docente no siempre es fácil y a veces resulta ingrata para el que la ejerce. Sin embargo, después de cumplirla, debe ser muy agradable, como lo sentirá seguramente la Dra. Mórtola en estos instantes, el asistir a la culminación de su obra: la de haber contribuido a la formación de profesionales de las Ciencias de la Tierra y ver que los que fueron sus alumnos hoy ocupan los cargos rectores de la Geología Argentina”*.



Edelmira Mórtola en su juventud y campamento en la zona de tesis en Chubut, Patagonia.

La doctora Mórtola falleció a los 79 años en 1973 y todavía resuenan sus palabras de agradecimiento: *“Al término de la larga jornada en el desempeño del deber de transmitir a las jóvenes inteligencias el saber que pudimos adquirir, he comprendido que a la par de esa entrega nuestra – cumplida con honradez intelectual y de conciencia- en esa continua comunicación de los espíritus se fueron forjando vínculos afectivos, que constituirán para el resto de mi vida la mejor de las recompensas”*.

Bibliografía

Montenegro, T. y Concheyro, C. 2013. Edelmira Mórtola y el advenimiento de la mineralogía en la Universidad de Buenos Aires. III Congreso Argentino de Historia de la Geología, Alonso, R.N. (ed.), 105-117, Salta.

Ramos, V.A., 2016. La primera clase de Exactas y el inicio de la enseñanza de la Geología. En Ramos, V.A. (ed. y coord..) 150 Años de Exactas, Eudeba, 2-49 p., Buenos Aires.

Ramos, V.A. 2018. El desarrollo de la Geología en la Universidad de Buenos Aires. Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Nueva Serie 5(Suplem. 1): 23-32.

<https://www.uba.ar/noticia/19814> Dra. Edelmira Inés Mórtola, primera geóloga del país (1894-1873)

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/mensula/mensula_n037.pdf La Ménsula 16, N°37, julio

2022: Edelmira Mórtola, la primera geóloga argentina: Haciendo caminos.

Alice Evelyn Wilson - Canada

Alice Evelyn Wilson, MBE, geologist, paleontologist (born 26 August 1881 in Cobourg, Ontario; died 15 April 1964 in Ottawa, Ontario). Educated at the Universities of Toronto and Chicago, Wilson spent her entire professional career, from 1909 to 1946, with the Geological Survey of Canada. She was Canada's first female geologist and the recognized authority on the fossils and rock of the Ottawa-St. Lawrence Valley. While she repeatedly faced barriers as a woman in a profession dominated by men, Wilson was gradually recognized for her work through various honours, including becoming the first female Fellow of the Royal Society of Canada in 1938.

Education

In 1901, Wilson began an Honours Bachelor of Arts in languages and history at Victoria College. Due to illness, the degree wasn't completed until 1911. During a break from her studies, Wilson began work as an assistant at the University of Toronto's Museum of Mineralogy in 1907. In 1909, she qualified to work for the Geological Survey of Canada (GSC) as a clerk in the invertebrate paleontology section at the Victoria Memorial Museum in Ottawa. She catalogued and labelled collections under the mentorship of Percy Raymond, an American who was the GSC's chief paleontologist at the time. It was Raymond who encouraged her to take a leave of absence in order to finish her degree. Upon her return in 1911, she was granted a permanent position with the survey.

Early Life

Wilson's family was highly academic, including her father, John Wilson, a professor of classics at Victoria College at the University of Toronto, and two brothers, one a geologist and the other a mathematician. It's suggested that Wilson's love of geology came from summers spent outdoors canoeing, camping and collecting fossils with her family.

Education

In 1901, Wilson began an Honours Bachelor of Arts in languages and history at Victoria College. Due to illness, the degree wasn't completed until 1911. During a break from her studies, Wilson began work as an assistant at the



University of Toronto's Museum of Mineralogy in 1907. In 1909, she qualified to work for the Geological Survey of Canada (GSC) as a clerk in the invertebrate paleontology section at the Victoria Memorial Museum in Ottawa. She catalogued and labelled collections under the mentorship of Percy Raymond, an American who was the GSC's chief paleontologist at the time. It was Raymond who encouraged her to take a leave of absence in order to finish her degree. Upon her return in 1911, she was granted a permanent position with the survey.

In 1915, Wilson applied for another leave of absence to pursue doctoral studies. At the time, the survey was granting paid leaves for academic work. She was denied. She continued to lobby her employer and it continued to refuse. In 1926, she won a scholarship from the Canadian Federation of University Women (CFUW); however, the GSC again denied her permission to study. The CFUW campaigned on her behalf, eventually succeeding. In 1929, at the age of 49, Wilson was awarded a PhD from the University of Chicago.

Career

Wilson worked with the Geological Survey of Canada from 1909 to her retirement in 1946. While she did rise through the ranks of the GSC, her ascent was more gradual than that of her male colleagues. In 1920, she was promoted from clerk to assistant paleontologist, and in 1926 to

assistant geologist (“geologist” was considered a higher designation). In 1940, six years before her retirement, she was promoted to associate geologist.

Wilson’s work focussed on invertebrate fossils found throughout Canada from the Paleozoic era (252–541 million years ago) and in Ontario from the Ordovician period (444–485 million years ago). She also studied the stratigraphy (i.e., rock layers) of Ontario and Québec, and initiated studies of Ordovician fauna in the Rocky Mountains and the Arctic.

Ironically, Wilson’s important contribution to knowledge of the geology of Ontario and Québec was spurred in part by sexist policies at the GSC. While she wanted to conduct field work, the survey would not allow her to travel to remote locations with male colleagues (the survey barred all women from conducting field work until 1970). Instead, she convinced them to let her make short, solo trips into

the relatively unstudied Ottawa-St. Lawrence Valley. She studied the area on foot and by bicycle. When the survey refused to buy her a car (something they provided to men in the field), she bought her own. Following compulsory retirement at the age of 65, Wilson kept an office at the GSC until she was 82. She also taught paleontology at Carleton College (later Carleton University) from 1948 to 1958. In 1947, she published *The Earth Beneath Our Feet*, a children’s book about geology.

Honours

Wilson was elected a Member of the Order of the British Empire in 1935. She was the first Canadian female Fellow of the Geological Society of America (1936) and the first female Fellow of the Royal Society of Canada (1938). In 1960, she became the first woman to receive an honorary doctor of laws from Carleton University.



Josefa Cuevas Aguilar - México

La sociedad mexicana cambia paulatinamente gracias a que poco a poco las mujeres han conquistado diversos espacios profesionales que siglos atrás eran calificados exclusivos para el sexo masculino, impensables para el género femenino. Esta apertura se la debemos a una de las primeras geólogas, **Josefa Cuevas de Sansores**, que nació el 24 de marzo de 1920 en Mérida, México, siendo la menor de cuatro hermanas su madre fue la profesora Andrea Aguilar Argüello (graduada en 1929 en la especialidad de Instrucción Primaria Inferior y Superior), fundadora de varios jardines de niños en Yucatán, uno de los cuales lleva actualmente su nombre. La profesión de su madre como magisterio confería, de cierto prestigio, y en el caso de las mujeres, se añadía al aura de intelectualidad, la percepción de una voluntad personal para formar ciudadanos valiosos. Dos de las hijas de la profesora Aguilar fueron maestras normalistas, seguramente el ambiente familiar inspiró a la más pequeña, desde siempre muy inquieta, adelantada a su época y el gusto por el estudio.

La joven Josefa Cuevas estudio la primaria, secundaria y preparatoria en su ciudad natal, en esa época la preparatoria tenía un tercer año de especialidad y ella lo hizo en derecho. Sin embargo, decía doña Josefa, *“quiso la vida que me enamorara de un ingeniero y me casara con él, de modo que volví a la preparatoria e hice la Especial de Ingeniería”*. Todos aquellos que odiaron matemáticas y física en la preparatoria coincidirán en que no son disciplinas cuyo estudio se facilite por un estado de enamoramiento, ¡antes al contrario! Y por más que la pareja sea un ingeniero, resulta notable el cambio de disciplina, del derecho a la ingeniería, como si fuera lo más sencillo del mundo. Evidentemente, ella tenía todas las posibilidades intelectuales para lograrlo.

Al concluir la preparatoria, el joven matrimonio decidió trasladarse a la Ciudad de México para estudiar ingeniería. Su esposo Enrique Sansores Manzanilla logro validar algunas materias como ingeniero civil, sin embarco Josefa empezó desde cero, siendo verdaderamente excepcional el ingreso de una mujer a ingeniería, uno de los ambientes más masculinos. En su generación ingresaron tres mujeres, pero sólo ella concluyó sus estudios universitarios.



La destacada geocientífica presento el día 7 de octubre de 1950 la tesis titulada “Análisis paleomicroontológico de las Formaciones encontradas en los pozos del campo de Moloacán y correlaciones estratigráficas entre dichos pozos”, otorgando la Escuela Nacional de Ingenieros, el grado como ingeniera geóloga, profesión que atendió durante toda su vida.

Josefa Cuevas fue una excelente estudiante de su generación y obtuvo la primera Medalla al Mérito Universitario, por distinción escolar, Primer Premio 1947. Por sus méritos académicos y disciplina, uno de sus maestros, el Ing. Teodoro Flores, la recomendó para obtener una plaza de laboratorista en Mineralogía y Petrografía para clases de geología, donde su principal labor era el cuidado, arreglo y clasificación de las colecciones de rocas y minerales que entonces tenía la Escuela Nacional de Ingenieros, iniciando así, uno los pilares de la colección mineralógica más grandes a nivel Latinoamérica.

Recordemos que la situación de la geología mexicana en ese entonces era más compleja, el estudio de tan extenso país era una labor titánica pero no imposible. Durante mucho tiempo la geología se apoyó en el área de la minería, sin embargo, a principios del siglo XX surge la fiebre del “oro negro”, el petróleo, iniciando así otra área de la geología, la geología del petróleo, donde comienza el crecimiento masivo de esta industria petrolera por

compañías extranjeras e impulsando con gran fuerza la exploración aplicada a la geología del petróleo. Así mismo empiezan a evolucionar las ciencias de la Tierra: la geología, paleontología y geofísica, pero es hasta la expropiación petrolera, en 1938, cuando el estudio de los recursos petroleros tiene un notable avance en casi todo el país. Cuenta E. López-Ramos (destacado presidente de la Sociedad Geológica Mexicana, años 1970-1975) “Centenares de brigadas geológicas superficiales recorrieron primero las áreas conocidas con hidrocarburos, como la planicie costera; posteriormente, con la ayuda de la geofísica, se programaron áreas submarinas y después se cubrió casi todo el territorio

nacional. Conjuntamente, con el avance de los estudios estratigráficos se incrementaron los estudios paleontológicos (micro y macrofósiles), así como la paleobotánica.” Asimismo, a principios de los años cuarenta la visión nacionalista posrevolucionaria de la ingeniería civil dirige sus esfuerzos a la construcción de grandes presas y carreteras. En esta actividad la geología aplicada a la ingeniería civil fue fundamental para construir grandes logros.

“Todo esto fue posible”, continúa E. López-Ramos, “por la fortuna de contar con grandes recursos económicos, la labor de centenares de geólogos, paleontólogos y

conocimientos” hasta llegar la posición de Paleontólogo Auxiliar A.

En el año 1949 fue trasladada a la Zona Sur, que comprendía todo el sureste de México, para hacerse cargo del laboratorio de Paleontología. Las formaciones geológicas que le tocó estudiar la ayudaron a convertirse en una experta de la zona de estudio, apoyando al país por ser una experta en la fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, especialmente del Terciario (i.e., Paleógeno y Neógeno). Su labor principal fue estudiar muestras de geología superficial y subsuelo, sus resultados fueron muy

apreciados por todo el gremio. En su carrera como geocientífica tuvo varios ascensos, hasta que alcanzó la Jefatura de Paleontología de la zona sur, que desempeñó de 1953 a 1966.

En 1966 la transfirieron a Tampico, zona norte, con el mismo cargo de jefe de Paleontólogos. En esa nueva región sus conocimientos se ampliaron con la microfauna de muestras de los estados de Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Baja California, principalmente del Terciario y el Cretácico.



Josefa Cuevas a un lado de su madre Andrea Aguilar Argüello.

geofísicos egresados de las escuelas de geología del país”, los cuales, una vez que cumplieron su tarea y se retiraron de la actividad profesional, dejando un testimonio palpable de su actividad profesional a su paso por la dependencia de exploración de Petróleos Mexicanos, donde en ese momento se realizan los estudios geológicos más serios y completos.

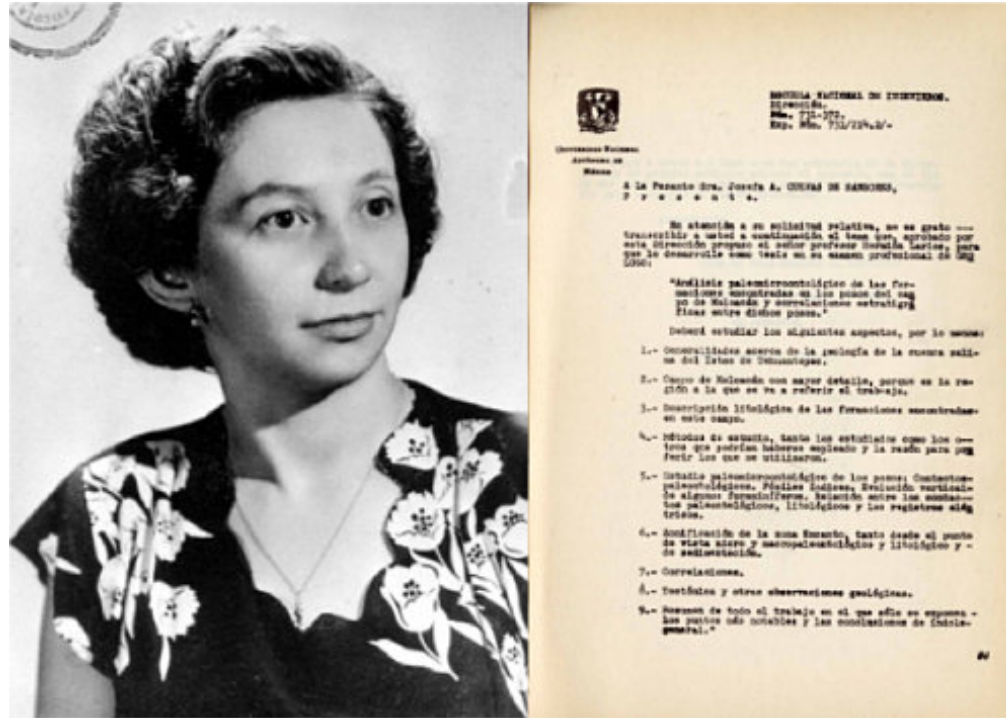
Debido a esta gran demanda de conocimiento geocientífico, la joven y brillante ingeniera geóloga Josefa Cuevas trabajaba en 1946 en el Departamento de Paleontología de la gerencia de exploración de Petróleos Mexicanos, donde comenzó ejerciendo como ayudante de paleontólogo y fue ascendiendo en categoría a medida que, como ella dice, “ *fueron mejorando mis*



Josefa and her husband, Enrique Sansores Manzanilla (Image credit: Sánchez & Tagüña 2011).

En diciembre de 1969 fue promovida a la Ciudad de México, comisionada en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) como jefe del Departamento de Micropaleontología del Terciario. En el IMP analizó todas las muestras sedimentarias del país, lo que completó aún más su conocimiento de la microfauna y la estratigrafía de México. En el IMP se hacían estudios de micropaleontología de las muestras y enviaban los resultados a las zonas respectivas. En su departamento preparaban catálogos de foraminíferos planctónicos,

bentónicos determinaban sus edades y su ambiente de depósito. Esto permitió establecer unidades estratigráficas que ayudaban a la interpretación de los estudios paleogeográficos y su relación con la presencia de hidrocarburos. Estuvo en el IMP hasta 1978, año en que se jubiló. Hasta 1998 trabajó junto con su esposo como geólogo independiente para Petróleos Mexicanos, en la capacitación del personal técnico de su Gerencia de Exploración. En esta gerencia organizaban y planeaban estudios, apoyando las iniciativas del personal. Josefa



Fotografía y carta de presentación de defensa de tesis por su autora: Josefa Cuevas.

Cuevas dedicó su vida a su profesión sin ser conocida fuera de su ámbito. En 1990 la Sociedad Geológica Mexicana, A.C. le otorgó un diploma en reconocimiento a su labor en beneficio de las Ciencias de la Tierra.

La destacada geocientífica a su partida en el año 2010 en Cuernavaca, México ha dejado una extensa carrera e invaluable escritos que estimulan la evolución de nuevas hipótesis geológicas de nuestro país México.

Webgrafía o fuentes bibliográficas

<https://mujeresenlaciencia.amc.mx/2020/03/08/josefa-cuevas/>

<https://www.revista.unam.mx/vol.12/num10/art91/art91.pdf>

https://es.wikipedia.org/wiki/Josefa_Cuevas

<https://www.searchanddiscovery.com/abstracts/html/2016/90260ice/abstracts/2474746.html>

<http://132.248.9.195/pmig2020/0118812/index.html>

<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/278-sitio/articulos/tercera-epoca/3702/1270-3702-4-lopez-ramos>

Las académicas ingenieras y su papel en el impulso a la investigación entre sus estudiantes por Rosa María Mendoza Rosas, revista unam (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefndmkaj/https://ru.ceiich.unam.mx/bitstream/123456789/3257/1/Academicas_que_inspiran_WEB_Cap7_Las_academicas_ingenieras.pdf)

Asunción Linares - España

La primera geóloga y académica en España, **Asunción Linares** como ejemplo de la inclusión de la mujer en una ciencia dominada por el hombre.

A lo largo de la historia, la contribución de las mujeres a la geología y, en general, a la ciencia, ha sido a menudo subestimada y pasada por alto. Sin embargo, cuando exploramos las páginas de esta rama de la ciencia de la Tierra, descubrimos que un número significativo de mujeres geólogas han dejado una huella perdurable, a pesar de las barreras sociales y de género que enfrentaron. En este texto nos centramos en una pionera de la geología en España, Asunción Linares, pero también exploraremos las historias de otras mujeres que aportaron una valiosa contribución a la geología en sus inicios, y que han sido en gran medida olvidadas por la historia.

Asunción Linares: Pionera en la Geología Española

En el mundo de la geología, la figura de Asunción Linares Rodríguez es prominente. Se le considera la primera geóloga en España, destacando en la especialidad de paleontología. Abrió el Departamento de Paleontología en la Universidad de Granada y se convirtió en la primera catedrática de una facultad de ciencias en España. Su contribución fue pionera y allanó el camino para otras mujeres en la geología española. Nacida el 12 de febrero de 1921 en Pulianas, Granada, Asunción Linares desafió las expectativas de su época al convertirse en una destacada paleontóloga y docente. Su legado perdura como un faro de inspiración para futuras generaciones de científicas.

Asunción Linares emprendió su viaje en la geología en un momento en que las mujeres tenían un acceso limitado a la educación superior. Graduada en Ciencias Naturales en la Universidad Complutense de Madrid, su dedicación y pasión la llevaron a obtener su doctorado en 1952 bajo la dirección de Bermudo Meléndez Meléndez. Este logro marcó un hito importante, ya que la convirtió en la primera mujer en obtener una cátedra en una facultad de ciencias en España, y la segunda en hacerlo después de la Guerra Civil.

Su carrera académica la llevó a la Universidad de Granada, donde se convirtió en Catedrática de Paleontología en



1961, un logro destacado en una época en la que la ciencia estaba dominada por hombres. Asunción Linares no solo fue una pionera en términos de género, sino que también dejó su huella a través de la dirección de numerosos trabajos doctorales y la introducción de la especialidad de Micropaleontología en la Universidad de Granada.

El impacto de Asunción Linares en la geología española no se limita a su labor docente e investigadora. Su legado también se refleja en la Plaza de la Catedrática Asunción Linares en Granada y en el nombre de una escuela infantil municipal en su honor. Además, fue reconocida como Socia de Honor de la Sociedad Española de Paleontología, un testimonio del respeto y admiración que sus colegas le tenían.

Rescatando las Voces Silenciadas: GEAS y su Misión

Sin embargo, el caso de Asunción Linares es solo uno de muchos ejemplos de mujeres geólogas que han sido ignoradas o pasadas por alto a lo largo de la historia. La percepción de que la geología era una disciplina exclusiva para hombres contribuyó a que muchas mujeres enfrentaran obstáculos significativos para ingresar y prosperar en esta ciencia.

Un proyecto editorial llamado "GEAS" ha surgido como un esfuerzo para cambiar esta narrativa. Creado por las geólogas granadinas Rosa María Mateos y Ana Ruiz Constán. "GEAS" busca dar voz a científicas, especialmente geólogas, que han vivido y contribuido a una profesión históricamente dominada por hombres. Su

objetivo es presentar a un público no experto en geología el amplio abanico de disciplinas a las que se pueden dedicar los geólogos y geólogas, así como dar a conocer a referentes femeninas poco conocidas en la geología.

El libro producto de este proyecto tiene el título "GEAS" y se estructura cronológicamente, lo que permite observar la evolución del papel de la mujer en la ciencia, especialmente en la geología. Las historias de estas mujeres no solo son ejemplos de superación de obstáculos, sino que también demuestran su capacidad para liderar y contribuir de manera significativa a la ciencia.

Este proyecto destaca la importancia de rescatar del olvido las historias de mujeres geólogas cuyos logros han sido oscurecidos por la historia. En una entrevista con EFE, las autoras de "GEAS" explican que, aunque se mencionan a menudo algunos nombres prominentes en geología, como Mary Anning, Marie Tharp e Inge Lehmann, hay muchas más mujeres cuyas contribuciones han sido subestimadas. Este esfuerzo editorial no solo arroja luz sobre estas figuras, sino que también resalta el hecho de que la historia ha dejado olvidadas a muchas mujeres geólogas.

Mujeres en la Geología: Barreras Sociales y Físicas

La historia de Asunción es el reflejo de la historia de las mujeres en la geología, la cual nos enfrenta a una dualidad de barreras: las sociales y las físicas. En el siglo XVIII y XIX, las mujeres tenían dificultades para acceder a la educación superior y enfrentaban presiones para asumir roles tradicionales de género, como cuidar a los hijos y mantenerse en casa. Esto limitaba en gran medida su capacidad para ingresar en campos científicos como la geología.

Además, la geología presenta desafíos físicos únicos. A menudo requiere trabajo de campo, que puede ser agotador y peligroso. Las mujeres que se aventuraban en el campo enfrentaban prejuicios de género y, a menudo, no eran bien vistas si viajaban solas. Esto hacía que la geología fuera una disciplina particularmente difícil para las mujeres en comparación con otras ramas de la ciencia.

El testimonio de la ilustradora Nívola Uyá, quien ha trabajado en "GEAS", revela detalles reveladores sobre el papel de las mujeres en la geología. A menudo, las esposas de geólogos se dedicaban a ilustrar libros y documentos científicos, pero rara vez se les atribuía adecuadamente su contribución. Algunos geólogos incluso minimizaban el

trabajo de sus esposas, como lo demuestran sus comentarios en los agradecimientos.

El Denominador Común: Mujeres Excepcionales en la Ciencia

A pesar de estas barreras, las mujeres geólogas compartían un denominador común: su excepcionalidad en una época en la que las mujeres enfrentaban obstáculos significativos en la ciencia. Muchas de ellas renunciaron a la maternidad, y aquellas que estaban casadas a menudo tenían parejas que compartían su interés por la geología. A lo largo de la historia, estas mujeres no solo realizaron contribuciones significativas en su campo, sino que también abrieron camino para las generaciones futuras de geólogas.

Al igual que Asunción, Marie Tharp, Mary Leakey y Mary Anning son ejemplos destacados de mujeres geólogas que desafiaron las expectativas de su tiempo en otros países. Marie Tharp ayudó a elaborar la teoría de la tectónica de placas mediante sus descubrimientos en las dorsales oceánicas. Mary Leakey, aunque inicialmente no tenía formación científica, contribuyó significativamente a la paleoantropología y la arqueología. Mary Anning, a pesar de no tener educación formal, hizo contribuciones cruciales a la paleontología y a la comprensión de la historia de la Tierra.

Reflexión Final: Mujeres en la Geología y la Ciencia

La historia de las mujeres en la geología es un testimonio de determinación, pasión y resiliencia. A pesar de las barreras sociales y físicas que enfrentaron, estas mujeres dejaron un legado valioso en la geología y en la ciencia en general. Sus historias resaltan la importancia de reconocer y celebrar las contribuciones de las mujeres en campos dominados por hombres.

Este reconocimiento no solo es un acto de justicia histórica, sino que también es esencial para inspirar a futuras generaciones de científicas a seguir sus pasos. Las mujeres en la geología y en la ciencia en general han demostrado repetidamente que son capaces de sobresalir en sus campos y contribuir al avance del conocimiento.

Es fundamental que continuemos rescatando y compartiendo las historias de mujeres en la geología y en todas las disciplinas científicas. Al hacerlo, no solo honramos su legado, sino que también construimos un

futuro en el que todas las mentes científicas, independientemente de su género, tengan la oportunidad de brillar y enriquecer nuestro entendimiento del mundo que nos rodea. El camino hacia la igualdad de género en la ciencia es un viaje que todavía está en marcha, pero estas

mujeres pioneras nos han demostrado que el potencial humano trasciende las barreras de género y que el conocimiento no tiene límites.

II CICLO DE CONFERENCIAS SOBRE
**MUJERES QUE DEJARON
HUELLA EN GRANADA**

HOMENAJE A ASUNCIÓN LINARES
Una pionera en el conocimiento y desarrollo de la Geología en Granada

Ponentes
Dr. Agustín Martín Algarra
Catedrático de Estratigrafía.
Departamento de Estratigrafía y Paleontología, UGR
Dr. José Sandoval Gabarrón
Catedrático de Paleontología
Dr. Federico Olóriz Sáez
Catedrático de Paleontología

Presenta
Dr. Antonio Castillo Martín
Hidrogeólogo del CSIC y de la UGR

Interpretación musical
Sofía Algarra
Piezas para Violoncello solo

Miércoles, 12 de abril de 2023
A las 19:00h
Salón de Grados de la
Facultad de Ciencias
Avda. Fuente Nueva s/n, 18071 Granada

Rodríguez del Castillo

Florence Bascom - U.S.A.

One such trailblazer is **Florence Bascom**, the innovative 'first lady' of the U.S. Geological Survey. Bascom has a long list of noteworthy firsts, including being the first woman hired by the USGS. Like all trailblazers, she was a pioneer who took risks in her career and paved a new path for future generations of women to follow.

Before leaving her mark on the scientific community and helping build the foundation for today's USGS, she started out as a girl in love with learning. The youngest of five children, Bascom was born to John, a professor and Emma, a suffragist and educator. By all accounts both were ahead of their time and avid supporters of women's rights who strongly encouraged their daughter to pursue an education. When Florence was just 12, her father assumed a role as the president of the University of Wisconsin. While there, one of his many reforms was to establish the University as coeducational, allowing the first female student to enroll in 1875.

Bascom was a brilliant student, and at just 15 began studying at the University of Wisconsin. Close to her father, her scientific interest had been encouraged by the many times he took her exploring the natural wonders surrounding their home, where he also maintained an observatory and laboratory.

Despite the progressive nature of the University, gender roles of the time still prevailed and female students were only granted limited access to classes, events, and use of both the library and gymnasium. It was also common practice for female students to be seated in the back of the classrooms.

Nonetheless, Bascom earned two bachelor's degrees, one in arts and in 1882 and one in science in 1884. Post bachelor's degrees Bascom initially followed a more



traditional path for women and began teaching at the Hampton Institute (now Hampton University), founded by her father's friend post-Civil War, aimed at educating freed people and American Indians. After just one year, a lingering homesickness had her returning to Madison.

Once home, on a drive with her father and family friend Dr. Edward Orton, a geologist, prompted a conversation on the creation of the landscapes around them. She found herself wanting to know more about these natural wonders and reenrolled at the University of Wisconsin, earning her a master's degree in geology in 1887. She undertook field projects with the help of Professors Charles Van Hise and Roland Irving, both of whom worked for the USGS.

After briefly teaching high school and two years as an instructor at the Rockford Seminary for Women (later Rockford college) in Illinois, Bascom yearned for more challenging work. Soon, her University of Wisconsin professors encouraged her to apply to Johns Hopkins University, then the premier graduate school. Despite the University presidents' vehement stance against the

coeducation of women, he finally conceded under pressure from colleagues and Bascom's former professors, Van Hise and Irving, and granted her "secret" admission.

Once at Johns Hopkins University, she was met with more adversity, being made to work in isolation behind screens in the corners of classrooms as to not distract male students. Not only a humiliating and infuriating experience for Bascom, but these obstacles also made it hard to hear or see her professors' lectures. Fieldwork was also prohibited, however her advisor, professor George Williams, who worked also for the USGS would often take her to the field with him.

Her doctoral dissertation explored the geologic origins of the Appalachian Mountains, where she showed that local rocks previously believed to be sediments were in fact lava flows that had undergone metamorphosis. With the assistance of Dr. Williams, her dissertation was published as a USGS bulletin.

Bascom's willingness to accept challenges in order to create a life she sought, allowed her to become the first woman to earn a Ph.D. from the Johns Hopkins University in 1893 and the second woman in the United States to earn a Ph.D. in geology, behind Mary Holmes in 1888 from the University of Michigan.

By 1895, Bryn Mawr College President James Rhoads had recruited Bascom to join his faculty, after recognizing her talent as a research scientist. Following his death, the incoming president Martha Carey Thomas, didn't think geology would appeal to women and sought to create obstacles to discourage it. Despite these trials, Bascom founded the first Geology department at an all-women's college with international distinction.

While at Bryn Mawr College she became the first woman geologist to be hired by the USGS in 1896. This gave her access to laboratory equipment, books and colleagues, which had all been unavailable to her at Bryn Mawr College. She successfully intertwined her work with USGS and Bryn Mawr over the course of her career, spending

summers doing fieldwork and the rest of the year analyzing samples, preparing maps, and writing reports in addition to educating the next generation of scientists. Bascom published over forty articles on genetic petrography, geomorphology and gravels, many of which are still relevant today and pioneered the use of microscopes in the study of minerals and rocks.

Since its early days, the USGS, has recognized the integral roles women play in the innovation and advancement of the scientific world. Bascom was just the first of many women working at every level who helped build one of the largest natural science organizations in the world.

She served as associate editor of the journal *The American Geologist* from 1896-1905 and was the first woman to present a paper before the Geological Society of Washington. She was the only woman voted as one of the top 100 geologists in the country in the first edition of *American Men of Science* and was the first female officer of the Council of the Geological Society of America.

Bascom continued working for the USGS until retirement in 1936 at 74 years old, parts of her research are still referenced today.

Her legacy is felt today in the generations of women who have followed in her footsteps, both in science and beyond, benefiting from her bravery and the world she helped create for those who came after her, in spite all of the hardships. Throughout her career, she single-handedly opened the field of geology to women and trained most of the female geologists in the United States during the early 20th century, pouring her knowledge and passion into each of them.

The USGS Florence Bascom Geoscience Center is named to honor her legacy and achievements, as are several natural features, including a glacial lake, a Venusian crater and an asteroid.

Source: <https://www.usgs.gov/news/featured-story/florence-bascom-trailblazer-us-geological-survey>

Ana Teresita Aguilar Álvarez - Costa Rica

La profesora **Teresita Aguilar**, conocida en el mundo geológico costarricense con la apócope respetuosa y a la vez apreciativa de "Tere", es una geóloga y paleontóloga pionera, sobresaliente y distinguida en el ámbito costarricense e internacional.

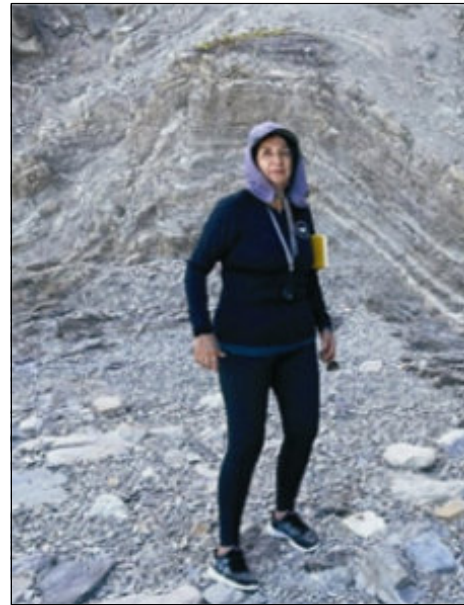
La profesora Aguilar ingresó como estudiante en 1973 a la Escuela Centroamericana de Geología (ECG) y se graduó de bachiller en Geología muy joven, en 1977, siendo la segunda geóloga graduada en la carrera geológica de la Universidad de Costa Rica (UCR), y la primera costarricense, de modo que pronto se convirtió también en la primera colegiada mujer, integrada al Colegio de Geólogos de Costa Rica en 1977.

Inició en ese mismo año 1977 su carrera docente en la Escuela Centroamericana de Geología (primera mujer costarricense docente en la ECG), y luego en la Maestría de Gestión Integrada de Áreas Costeras. La investigación la ha realizado en el Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), y en el Centro de Investigación en Ciencias Geológicas (CICG), ambos de la Universidad de Costa Rica, institución madre de donde se jubiló en el 2009, luego de una fructífera carrera que la llevó hasta el grado máximo de catedrática, y en donde fue subdirectora de la Escuela Centroamericana de Geología de 1994 a 1999, y luego directora en dos períodos consecutivos de 1999 a 2007. La docencia la llevó asimismo a dirigir o participar como lectora en numerosas tesis de estudiantes en diversos campos geológicos.

Paralelamente a su carrera docente e investigadora, obtuvo la licenciatura en geología y una maestría en biología en la Universidad de Costa Rica, e hizo estudios especializados en moluscos fósiles del Paleógeno-Neógeno en la Universidad de Hannover, en Alemania.

Su profusa labor docente y en investigación la ha desarrollado (pues aún sigue investigando ad honórem en el CICG de la UCR) principalmente en paleontología, estratigrafía, micropaleontología, geología histórica, y como docente de posgrado en oceanografía y procesos costeros.

Sus aportes científicos se han visto plasmados (hasta el momento, pues insisto: continúa investigando) en 64 publicaciones científicas como autora o coautora, en 31



mapas geológicos, en 4 libros como coautora, que incluso la llevaron a obtener el Premio Aquileo J. Echeverría (del Ministerio de Cultura de Costa Rica) en "Libro no ubicable" por *Cartografía geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica* (en coautoría con P. Denyer y W. Montero) en el 2014. Destaca también su libro de 1993 titulado "Invertebrados fósiles" en coautoría con R. Fischer. Además ha sido autora de varios documentos inéditos que han sido usados como base didáctica en varios cursos de la Escuela Centroamericana de Geología, aparte de haber participado en múltiples congresos nacionales e internacionales y servir como puente docente y administrativo entre la UCR y muchas otras instituciones nacionales y extranjeras, a lo largo de su carrera.

Sus contribuciones científicas más trascendentales se ubican, sin duda, en un mejor y más amplio conocimiento de los invertebrados fósiles de Costa Rica, la riqueza en la biodiversidad y paleoambientes antiguos del territorio nacional y periférico, en donde ha definido nuevas especies o bien descubierto especies que aún no se conocían en este territorio; en un reordenamiento y reclasificación de las unidades estratigráficas sedimentarias del país; en defender la necesidad de conservar y conocer mejor el geopatrimonio y la geodiversidad del país; en mapeos geológicos a partir de conceptos lito y bioestratigráficos, e incluso en aguas

subterráneas. Su más reciente publicación, en asocio con otros siete colegas y publicada en el *Journal of South American Earth Sciences* (2023), trata sobre un modelo tectonostratigráfico del sur de Costa Rica, con el uso de datos bioestratigráficos, para resolver problemas de índole tectónica que han sido una incógnita geológica desde hace décadas.

Pero además, en aspectos institucionales dentro de la Universidad de Costa Rica, fue instrumental en la creación del Centro de Investigación en Ciencias Geológicas, en la construcción del auditorio César Dóndoli de la ECG, como coorganizadora de varios congresos y reuniones

geológicas nacionales e internacionales, y como miembro fundador de la Alianza Latinoamericana de Universidades por el Desarrollo Sostenible (2002).

Como se ve, una prolífica, distinguida y pionera labor en varios rubros geológicos. Resulta imposible hablar de la paleontología costarricense sin mencionar el nombre de Teresita Aguilar. Por eso, paralela a su aún activa carrera como investigadora, sigue siendo la enciclopedia viviente de consulta para estudiantes e investigadores en ese campo en Costa Rica, que no cesan de consultarla, siempre con éxito debido a su afabilidad, amabilidad y humildad.

Las múltiples y diferentes facetas de investigación de campo de la Profesora Teresita Aguilar.



Cecilia Martín Franchi - Venezuela

Cecilia Martín Franchi nació en Caracas el 4 de abril de 1921, se educó en Caracas y estudió en colegio privado católico de señoritas. Siempre fue una dama de avanzada, gran carácter y en tiempos de dictadura en Venezuela se caracterizó por protestar el régimen político imperante

Cecilia Martín Franchi fue la primera mujer graduada de geólogo en la ilustre Universidad Central de Venezuela, V Promoción de Geólogos, año 1947, con la distinción de Cum Laude. Durante su época de estudiante se unió en matrimonio con su compañero de estudio Alirio Bellizzia y supo manejar su exitosa carrera profesional con su vida familiar, siendo madre de cuatro hijos.

Cecilia Martín Franchi y su esposo realizaron Maestría en Estados Unidos en la Universidad de Oklahoma, becados por la Humble Oil Company, una subsidiaria de la Standard Oil Company of New Jersey, al igual que la Creole Petroleum Corporation. Su Tesis de Grado se tituló "Sedimentary study of the sandstones of the Simpson Group in the Anderson-Prichard no. 1 Chipman, Murray County, Oklahoma" y fue presentada en el año 1950. Obtuvo asignaciones especiales en China y Rusia.

La MSc. Martín fue una pionera de la geología venezolana. Desde el Ministerio de Minas e Hidrocarburos realizó y actualizó los mapas geológicos y mineralógicos de Venezuela, trabajos de geología de campo, exploración, recursos minerales y petróleo. Es de hacer notar, que en la bibliografía geológica aparece bajo su apellido de casada y posterior a su divorcio retomó su apellido de soltera.

Fue precursora junto con el Dr. Alirio Bellizzia en el estudio de la Cuenca Carbonífera de Naricual al este de Venezuela. En el año 1954 presentó el mapa geológico-minero de la Cuenca Carbonífera de Naricual en el Estado Anzoátegui y en 1955 el mapa geológico de Barcelona-Puerto La Cruz. Fue alma y motor en la creación del Boletín de Geología



del Ministerio de Minas e Hidrocarburos cuya primera publicación data de 1951. Fue pionera en la datación isotópica de rocas venezolanas en la región de Guayana, Sistema Montañoso del Caribe, Cordillera de los Andes y Sierra de Perijá. Estudió en detalle el Macizo de El Baúl y liderizó equipos de trabajo para el estudio de la paleotectónica y tectónica en Venezuela.

A través de la Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo y de la Sociedad Venezolana de Geólogos organizó numerosas excursiones geológicas entre las que caben destacar las realizadas en Guayana, Península de Paraguaná y Puerto Ordaz-La Vergarena.

Presentó en la V Conferencia Geológica de Guayana 1959, la Columna Estratigráfica de la Guayana que posteriormente fue publicada en 1961. Internacionalmente realizó trabajos geológicos en Suramérica y Centroamérica, especialmente en Perú, Chile, Argentina y El Salvador.

A partir de 1970, las geólogas Cecilia Martín Franchi y Juana María Iturralde inician un detallado estudio de campo y petrográfico de las rocas máficas de las elevaciones de Santa Ana y adyacencias, Estado Falcón, cartografiando las siguientes unidades mayores: Complejo Ultramáfico Zonado de Tausabana - El Rodeo; Gabro

zonado olivinífero – anortosítico de Siraba – Capuana; Complejo subvolcánico tholeítico bandeado de Santa Ana. Pero en el mapa en detalle, se separan las siguientes subunidades: Productos de alteración supergénica silico-ferruginosa-magnesiana; Gabro pegmatítico; Anortosita - gabro anortosítico de Capuana; Gabro olivinífero de Siraba; Basalto afanítico dominante, basalto porfídico y capas gabroides; Basalto porfídico dominante, basalto afanítico y capas gabroides; Gabro sausuritizado; Basalto gabroide de Santa Ana, con capas de flujos gradados basálticos, piroxeno y hornbléndicos; Gabro pegmatítico de El Rodeo, gneisoide y gradado; Piroxenita olivinífera, troctolita, piroxenita en capas de flujo gradadas; Dunita y Harzburgita. A su vez para la mesa de Cocodite utiliza las unidades de: Pérmico, Meta-granodiorita de El Amparo y Jurásico-Cretácico, Formación Pueblo Nuevo. Con esto se convierte en el primer trabajo donde se utiliza el nombre actual de "Metagranodiorita de El Amparo", tal como ya aparecía en DICKEY (1932, inédito).

Creó el Instituto de Geocronología y Geología isotópica de Venezuela; posteriormente fue Directora de Investigaciones Geoanalíticas, en los laboratorios del Ministerio de Minas e Hidrocarburos de Venezuela con sede en La Urbina, Caracas. En el año 1978 presentó el mapa tectónico del Norte de Sur América y en el año 1983 el Ministerio de Energía y Minas de Venezuela con cooperación de la UNESCO presentó el Mapa Metalogénico de Suramérica, con un total de 2.323 depósitos metálicos y no metálicos donde Cecilia Martín Franchi fue la Coordinadora Continental.

En el área académica fue profesora de la cátedra de sedimentología en la Escuela de Geología de la ilustre Universidad Central de Venezuela. Los últimos años de su brillante carrera ejerció el cargo de investigadora en INTEVEP, Instituto de Investigación y Desarrollo de Petróleos de Venezuela.

En reconocimiento a su extensa labor, ella recibió las condecoraciones Orden Andrés Bello y Orden Simón Bolívar, además de un máximo galardón por su trabajo docente y de exploradora del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas y Petróleos

de Venezuela. Falleció en Caracas en el año 2005 a los 84 años de edad.

REFERENCIAS

Bellizzia, A.; Martín de Bellizzia, C. 1953 **Prospección geológica – económica de la Cuenca Carbonífera de Naricual**. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Boletín Volúmen III, Número 7, Enero – Julio

Bellizzia, A.; Martín de Bellizzia, C. 1953 **Estudio Geológico - Minero de las cuencas carboníferas de los Estados Anzoátegui, Guárico, Aragua, Zulia y Lara**. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Boletín Volúmen III, Número 7, Enero – Julio

Bellizzia, A.; Martín de Bellizzia, C. 1981 **Mapa Geológico de la región de Mérida, Estado Mérida** Escuela de Geología. 1981.

Castro Mora, M. (en impresión) **Cecilia Martín Franchi. Mujeres en Ciencia: Venezuela**. Sus historias inspiradoras

Cecilia Martín (1921 – 2005) Venezuela's First Woman in Petroleum. María Antonieta Lorente 2017. In: Anomalies: Pioneering Women in Petroleum Geology 1917-2017 by Robbie Rice Gries. Publisher: Jewel Publishing LLC, March 01, 2017, ISBN Number: 978-1-936499-09-0, 1st Edition, 405 p.

Feo Codecido, G.; Martín de Bellizzia, C.; Bartok, P. 1974 **Excursión Geológica a la Península de Paraguaná**. Asociación Venezolana de Minería, Geología y Petróleo. Guía de la Excursión, 30 p.

Martín de Bellizzia, C. 1950 **Sedimentary study of the sandstones of the Simpson Group in the Anderson-Prichard no. 1 Chipman, Murray County, Oklahoma**. Tesis de grado presentada ante la Universidad de Oklahoma para obtener Magister Scientiarum en el año 1950, 54 p., 2 figuras, 2 tablas

Martín de Bellizzia, C.; Bellizzia, A. 1953 **Materias primas en relación con la industria del hierro en Venezuela**.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Boletín Volúmen III, Número 7, Enero – Julio

Martín de Bellizzia, C. 1960 **Estudio petrográfico de rocas procedentes del cerro El Rodeo, Tausabana y Santa Ana, Paraguaná, estado Falcón.** Memorias III Congreso Geol. Venezolano, Caracas, 1960. Bol. Geol. (Caracas) Publicación Especial Número 3, 4: pp. 729-743. 1960.

Martín de Bellizzia, C. 1961, **Geología del macizo de el Baúl, Estado Cojedes.** Memoria Tercer Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Boletín de Geología Publicación Especial Número. 3, Editorial Sucre, Caracas, Venezuela, pp. 1454- 1530.

Martín de Bellizzia, C. 1968 **Edades isotópicas de las rocas venezolanas.** República de Venezuela, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Boletín de Geología, Caracas Volúmen 10, Número 19, pp. 356-380. diciembre 1968



Cecilia Martín Franchi realizando levantamientos geológicos de campo en Argentina en el año 1982. Foto cortesía del geólogo Juan Rios, Caracas, Venezuela.

Martín de Bellizzia, C. 1972: **Tectonic interpretation of the northern part of South America.** Boletín de Geología Publicación Especial Número 5, pp. 2477-2482

Martín de Bellizzia, C.; Iturralde, J. M. 1972 **Complejo ultramáfico zonado de Tausabana-El Rodeo, gabro zonado de Siraba-Capuana y complejo subvolcánico estratificado de Santa Ana.** Memorias VI Conferencia Geológica Caribe, Porlamar, Isla de Margarita, pp. 337-355

Rubio, E.; Martín de Bellizzia, C.; Bellizzia, A.; Laforest, R. 1953 **Geología, Paragénesis y reservas de los yacimientos de hierro de Imataca.** Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Boletín Volúmen III, Número 7, pp. 5 – 43, 20 Figuras. Enero – Julio

Socorro, M. 2003 **Una venezolana de raíces profundas Cecilia Martín Franchi. Emprendedora de Cruzadas Telúricas.** Memoria de Fundación Empresas Polar



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



Marianto Castro es graduada en la Universidad Central de Venezuela en el año 1980; Master en Geología Sedimentaria en la misma universidad en 1983; Especialización en nannoplancton calcáreo en el programa Lagoven – Total CFP Burdeos, Francia - Centro Nacional de Investigación Científica, Orleans, Francia en 1989; Especialización en Proyectos de Gerencia de Ingeniería en el año 1997 en la Universidad Católica Andrés Bello.

Veintidós años de experiencia en la industria petrolera venezolana trabajando para Lagoven S.A. en el laboratorio de geología; Intevep S.A. como estratígrafo y encargada del Código Geológico de Venezuela; y Petróleos de Venezuela S. A. formando parte del equipo de trabajo de la Gerencia del Conocimiento.

Profesora en la Facultad de Ciencias, Escuela de Geoquímica de la Universidad Central de Venezuela

Diecinueve años de experiencia en Canadá en empresas mineras de exploración y en el sector financiero trabajando para Crystallex International Corporation, geólogo asistente del vicepresidente de exploración; U308Corp, gerente técnico de la base de datos y encargada de control de calidad de las muestras y Marrelli Support Services Inc., como oficial para el cumplimiento de pago o devolución de impuestos; revisión de documentación por parte del Gobierno de Canadá y revisión de reportes financieros a ser presentados por pequeñas empresas mineras (exploración) ante las autoridades competentes en Canadá.

Actualmente, consultor independiente; representante por Venezuela ante la Comisión Norteamericana de Estratigrafía y miembro de la Sociedad de Historia de las Geociencias en Venezuela.

notasgeologiavenezuela@gmail.com

LA PRIMERA GENERACIÓN DE GEÓLOGAS NICARAGÜENSES

Las Ciencias de la Tierra en Nicaragua han tenido un lento desarrollo, a pesar de ser un país de tradición minera y afectado frecuentemente por eventos naturales (erupciones volcánicas, terremotos, deslizamientos, etc). El brusco cambio de gobierno, a raíz del triunfo de la Revolución Sandinista en 1979, impulsó una serie de procesos que involucraron masivamente a la población joven, especialmente la Cruzada Nacional de Alfabetización (1980), la creación del programa de Alumnos Ayudantes y el programa de formación técnica y profesional con becas para estudiar en el extranjero, otorgadas principalmente por países socialistas. A esto debe sumarse la nacionalización de la industria minera, lo que creó la necesidad de profesionales nacionales capacitados para trabajar en las minas que había adquirido el estado.

Es en este contexto, de cambios profundos en la sociedad nicaragüense, se generaron oportunidades para que mujeres pudieran acceder a capacitación profesional en el área de la geología, hasta ese momento ejercido principalmente por hombres. Por lo tanto, surgió una generación de mujeres geólogas pioneras en el país, que incursionaron en un ambiente totalmente nuevo para ellas y debieron superar los retos que esta situación planteaba.

Algunas de las geólogas que integran esta generación pionera son Angélica Calderón, Zeneyda Rizo, Magdalena Pérez y Miriam Downs, seguidas de cerca por Angélica Muñoz, Juanita Ruiz, Marissa Espinoza, Lucrecia Cruz, Maritza Bustillo y Yelba Flores. Cuatro de estas mujeres han compartido su experiencia al incursionar en campo de la geología, así como los retos que encontraron, y su visión de la percepción de la mujer en las Ciencias de Tierra, y los desafíos actuales de la geología en Nicaragua.



Angélica Calderón

Originaria de Estelí, área rural de Nicaragua. Inicialmente le atrajo la Arqueología por el hallazgo de restos de Mamuts encontrados cerca de donde vivía. Recibió una beca para estudiar en Cuba el Técnico Superior en Geología, entre las distintas carreras disponibles. Realizó sus estudios de 1980 a 1984, en el Politécnico Vitalio Acuña Núñez en la Habana.

A su regreso a Nicaragua, el recién creado Instituto Nicaragüense de Minería (INMINE) en 1982 la asignó a la Mina El Limón, siendo la primera geóloga en entrar a esta mina. Como parte de su incursión en el tosco ambiente laboral minero, se encontró con mitos directamente relacionados a su género. Los mineros solían creer que, si una mujer entraba a la mina, el mineral desaparecería. Además de esto, inicialmente se dudaba de su capacidad y permanencia en la industria minera, por ser joven y ser mujer. Sin embargo, Angélica trabajó durante 8 años en el área de exploración y producción en varios proyectos de El Limón, tanto en subterráneo, como tajo abierto. En la década del 1990, tras otro cambio de gobierno, la minería fue privatizada. En este nuevo contexto, Angélica trabajó durante 3 años (1994-1997) para Western Mining, en campañas de muestreo de suelos, sedimentos y rocas en casi toda Nicaragua. También estuvo en la exploración de níquel en La Mina Holguín de Pinares (Cuba) durante un corto tiempo.

En 2002, su enfoque laboral dio un giro al comenzar a trabajar en capacitaciones para análisis de riesgos con la Agencia Suiza de Cooperación Internacional (COSUDE), junto con Miriam Downs. Posteriormente trabajó en el Proyecto de Reducción de Desastres con SINAPRED. Esto la llevó a elaborar planes de prevención de desastres directamente con varios municipios del país, lo que le dio una amplia experiencia con enfoque social.

Con esta nueva experiencia regresó a trabajar en el sector minero en 2005, esta vez como enlace entre la comunidad y la empresa, y en las áreas de medio ambiente, higiene y seguridad. En esta nueva fase de su carrera formó parte del equipo de varias compañías mineras, entre ellas, Yamana Gold Inc. y Meridian Gold Inc. En 2019 pasó a ser Gerente de Relaciones Comunitarias para Calibre Mining Corp, cargo que ejerce en la actualidad.

En los casi 40 años de trayectoria profesional, Angélica tomó algunas pausas por motivos familiares, entre estos el nacimiento de sus hijos.



Zeneyda Rizo Osorio

Es originaria de Siuna, en una región conocida como el Triángulo Minero de Nicaragua, en la Costa Caribe. Hija de padre minero, desde los 11 años le llamó la geología por las rocas que observaba en el área donde vivía, y por el

temprano contacto que tuvo con mineros y geólogos. En 1981 recibió una beca para terminar sus estudios de bachillerato en la Isla de la Juventud (Cuba). Al terminar el bachillerato expresó su deseo de estudiar Geología, lo cual le fue negado en un primer momento por considerarse una carrera para hombres. Sin embargo, las excelentes calificaciones de Zeneyda le ganaron el apoyo del director de la escuela, quién gestionó su aceptación en el Instituto Politécnico Vitalio Acuña para estudiar el Técnico Superior en Geología, el cual cursó de 1982 a 1985.

Tras su graduación, regresó en Nicaragua y se incorporó a INMINE desde dónde fue asignada al área de producción de la mina subterránea en la Libertad (Chontales). Al iniciar sus labores se sintió acogida y protegida por la comunidad de pequeños mineros, quienes la consideraban en una situación de vulnerabilidad por su juventud y por ser mujer en un ambiente rudo.

Posteriormente, participó en la campaña de muestreo geoquímico a nivel nacional para cálculo de reservas minerales, con finamiento de COSUDE. Al terminar este proyecto en 1988, COSUDE le otorgó una beca para cursar la carrera de Ingeniería en Geología en México de cual se graduó en 1993. Su trabajo de tesis se enfocó en el "Cálculo de reservas de Cerro Mojón" en La Libertad, con financiamiento de la empresa Greenstone Resources Ltd. que en ese momento administraba la Mina La Libertad. En 1993 regresó a la Mina La Libertad, en el área de exploración. En 1997 puso su renuncia al considerar que el salario que recibía no reconocía su experiencia y responsabilidades en comparación al pago que recibían técnicos extranjeros.

Entre 1998 y 2000 la principal línea de trabajo de Zeneyda continuó en la exploración y producción en varias minas de Nicaragua, El Salvador y Honduras. También participó en el proyecto "Investigación geológica de los riesgos naturales en Nicaragua y en otros países en América Central, 1997-2006" con el Servicio Geológico Checo (CGS, 2005), junto a Maritza Bustillo.

De 2000 al 2002 se dedicó a otras actividades distintas a la minería. Fue docente en la carrera de Ingeniería en Geología en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), impartiendo las asignaturas de Yacimientos Minerales y Geología de Campo. En este mismo periodo se graduó, junto a Yelba Flores, de la Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua (2001-2002) en el Centro de Investigación del Recurso Agua (CIRA-UNAN). En sus últimos años laborales ocupó el cargo de Gerente de Relaciones Comunitarias y Medio Ambiente para B2GOLD, hasta su retiro en 2019, a los 55 años.



Magdalena Pérez

Originaria de Managua, Magdalena estaba en su segundo año de Ingeniería Civil en la UNAN-Managua en 1979. Sus primeras nociones sobre geología fueron adquiridas en estos años. En 1980 aplicó, y fue seleccionada, para recibir una beca para estudiar Ingeniería Geológica de Minas en la Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos Patrice Lumumba (RUND) en Moscú (Rusia). Regresó a Nicaragua en 1986 como "Master en Ciencias Geológicas e Ingeniero Geólogo Especializado en Yacimientos Minerales Útiles". Además, llegó con ella su primer hijo, de 3 meses de nacido.

Se incorporó a INMINE y trabajó 2 años en el área de exploración del proyecto minero Limón-La India, entre 1987 y 1989. Como parte de sus funciones trabajó en trincheras, muestreo geoquímico detallado y mapeo geológico. Al quedar embarazada de su segunda hija se trasladó al Laboratorio de INMINE, en el área de petrografía y mineralogía.

Casi a finales de 1990 entró en la Dirección de Recursos Geotérmicos, dentro del Departamento de Geología del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). A partir de este momento Magdalena enfocó su trayectoria principalmente en la geotermia, tanto en el área de exploración como en la producción. En Nicaragua trabajó en los campos geotérmicos San Jacinto-Tizate y Momotombo, en distintas etapas de desarrollo de las plantas geotérmicas a lo largo de su trayectoria. Además, trabajó 2 años en El Salvador (1997-1998) en la Central Geotérmica Ahuachapán. Entre sus principales logros está la creación de la Gerencia de Reservorio en esta planta San Jacinto-Tizate, con Polaris Energy Nicaragua SA (2010-2014). De esta manera pasó a ser la primera mujer Gerente de Reservorio en Nicaragua.

En 2007 se creó el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en donde participó de la creación de la Dirección de Geotermia, la cual asumió un año después. Como parte de esta dirección trabajó activamente en la firma de un

Acuerdo de Apoyo entre la Agencia Islandesa de Geotermia y el MEM. Con este apoyo se creó el Laboratorio de Fluidos Geotérmicos.

También trabajó en otras áreas de la geología. En el periodo de 1999 a 2000, se incorporó al Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales (INETER) en la Dirección de Hidrogeología y posteriormente en la Dirección de Geofísica. Además, su vocación docente la atrajo a dar clases de Mineralogía en la UNAN-Managua, a nivel de licenciatura. A nivel de posgrado, diseñó e impartió el módulo de Geotermia para el segundo año de la Maestría en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Sin embargo, la geotermia siempre fue su principal área de actividad. Los últimos dos años, antes de su retiro en 2022, trabajó como asesora geóloga de la Gerencia de Reservorio, nuevamente para la Planta Geotérmica Momotombo.



Angélica Muñoz

Originaria de Catarina (Masaya). A final de los años 70 estaba estudiando 3er año de Psicología. Durante su participación como líder de brigada en la Campaña de Alfabetización en el Triángulo Minero pudo entrar a una mina, lo que despertó su interés en la geología. En 1981 recibió una beca para estudiar en el RUND en Moscú. Tuvo una experiencia similar a la de Zeneyda Rizo. Se le impidió aplicar a Ingeniería de Minas por ser una carrera era para hombres, pero le permitieron estudiar Ingeniería Geológica. En el transcurso de la carrera fue conociendo otras ramas de la Geología, y en el tercer año de la optó por especializarse en Ingeniería Petrolera en donde se concentraría gran parte de su trayectoria. Durante sus estudios tuvo a su primer hijo, el cuál debió enviar a Nicaragua con su familia. Se graduó en 1987 e inmediatamente regresó a su país.

A su regreso se incorporó a la Empresa Nicaragüense de Petróleo (PETRONIC), adscrita al INE. Trabajó durante 12 años en la exploración de hidrocarburos. Participó en la recopilación de información petrolera dispersa, lo que pasó a conformar el Banco de Datos Petroleros. En este periodo llegó a ser Directora del Área de Geología, y posteriormente dirigió la Dirección de Exploración de Petróleo de INE. También hizo una Maestría en Exploración y Producción de Petróleo (1990-1993) en Trondheim (Noruega).

Los efectos del Huracán Mitch, entre ellos el deslizamiento del Volcán Casitas, marcó un cambio en su carrera. Estos eventos generaron la necesidad de estudios de Inestabilidad de Laderas lo que la llevó a trabajar en el Centro de Investigaciones Geocientíficas (CIGEO) de la UNAN-Managua, hoy Instituto de Geología y Geofísica (IGG-CIGEO). Con el apoyo de COSUDE, participó durante dos años en la coordinación de capacitaciones de especialistas en la evaluación de Inestabilidad de Laderas. A partir de esto, estuvo involucrada en la coordinación de la preparación del anteproyecto del programa de la “Maestría Centroamericana en Evaluación de Riesgos y Reducción de Desastres”.

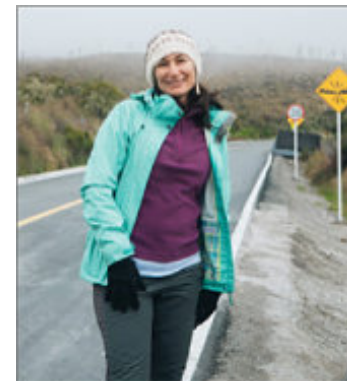
Siguiendo la línea de reducción de riesgos, realizó la “Certificación en la Evaluación y Gestión de Riesgos relacionados a la Geología y el Clima” (CERG-C) en la Universidad de Ginebra (Suiza) en 2002. Posteriormente, trabajó en INETER en el área de Evaluación y Monitoreo de Riesgos Geológicos durante aproximadamente 14 años (2002-2016). En este periodo llegó a liderar la Dirección General de Geología y Geofísica, entre otras obligaciones. También realizó estudios de Doctorado, en la Universidad de Barcelona, que no logró culminar al traslaparse con sus actividades laborales.

El terremoto de abril de 2014 generó una situación de alerta nacional que ubicó a Angélica como enlace técnico con la presidencia de Nicaragua, durante la gestión de la emergencia. Esta oportunidad le permitió fortalecer la red sísmica nacional. Un año después se realizó el XII Congreso Geológico de América Central de cuyo comité organizador fue presidenta. Angélica sigue activa laboralmente como consultora independiente en riesgos geológicos.

A pesar de diferir en las fechas de sus estudios, las geólogas pioneras han interactuado y compartido etapas en su trayectoria, que en ocasiones involucró apoyo mutuo en momentos de gran necesidad. Su carrera y los retos que enfrentaron cada una, como mujeres pioneras en la geología es un lazo en común. Todas ellas formaron parte de la junta directiva de la Asociación Nacional de Geólogos y Profesionales Afines (ANGPA), incluyendo la presidencia de la asociación, durante varios años. Se sienten orgullosas de haber sido las responsables de una de las etapas de mayor dinamismo de la esta extinta asociación. Entre las actividades que impulsaron fueron la “Jornada Geocientífica Enrique Cambell” y capacitaciones en temas ambientales a otros profesionales del gremio.

Consideran que hay aspectos de las Ciencias de la Tierra que requieren mayor atención en el país. Apoyan el aprovechamiento de los recursos naturales (minas, hidrocarburos y geotermia), pero reconocen que esto debe estar acompañado de prácticas sostenibles con el medio ambiente y la comunidad, actualización de los métodos productivos y capacitación continua de los profesionales. Uno de los aspectos de mayor importancia es la inversión en investigación científica de fenómenos geológicos (vulcanismo, sismicidad, inestabilidad de laderas, etc.), tanto en las instituciones de monitoreo como universidades. Expresan la importancia fomentar el compartir y divulgar la información geológica de las empresas, para ampliar y actualizar el conocimiento de la geología de Nicaragua. Esta base científica e insumo de datos ayudaría para fortalecer la toma de decisiones en el área de la reducción de desastre y la gestión de la emergencia, así como la capacitación de futuras generaciones.

Al igual que muchos otros jóvenes que estudiaron en el extranjero, estas geólogas nicaragüenses debieron enfrentar los desafíos de aprender un nuevo idioma,



MSc. Mélida Schliz-Antequera estudió Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), posteriormente obtuvo su grado de maestría en la Universidad de Shimane, Japón. Donde trabajó con Modelos Análogos de la Depresión Nicaragüense: Extensión Intra-Arco y actividad volcánica relacionada.

Actualmente, es candidata a doctorada en el Posgrado de Ciencias de la Tierra en la UNAM, enfocando su tesis en las condiciones que favorecen la formación de volcanes freatomagmáticos en la faja volcánica Transmexicana.

Ha realizado investigaciones y participado en proyectos de evaluación de amenazas relacionados a procesos volcánicos y de remoción en masa en áreas volcánicas en Nicaragua, mientras se desempeñaba como investigadora en el Instituto de Geología y Geofísica de la UNAN-Managua y como consultora independiente.

adaptarse a otra cultura y a un sistema educativo muy distinto al de Nicaragua. Sin embargo, por ser mujeres que incursionaban en el campo de la geología se sumaron retos correspondientes al proceso de adaptación tanto de ellas al ambiente laboral como del ambiente de geólogos masculinos a tener entre sus colegas mujeres. Se encontraron con mitos y dudas sobre sus capacidades, por ser jóvenes y ser mujeres. Magdalena Pérez y Angélica Muñoz reflexionan que hay sacrificios muy grandes que las geólogas tuvieron que hacer. Estos sacrificios suelen estar relacionados con la familia, especialmente los hijos.

Ciertamente, a lo largo de estos más de 40 años, ellas aprecian que ha habido avances significativos en cuanto a la aceptación de las mujeres en el campo de la geología y reconocimiento a sus capacidades, y prueba de eso es que actualmente se observa un incremento de mujeres en este ámbito. Sin embargo, todavía existe un sesgo con el que las nuevas generaciones les toca lidiar ahora.

Investigación elaborada por Mélida Schliz Antequera.

Beatriz Levi Dresner (1930-2022), figura señera de la geología en Chile

Edmundo Polanco¹, Luis Aguirre², Fernando Henríquez³, Alejandra Skewes⁴

¹ Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Av. Santa María 0104, Santiago, Chile.
edmundo.polanco@sernageomin.cl

² Profesor Emérito, Universidad de Chile, Ortúzar 140, Dpto.53, Ñuñoa, Santiago, Chile.
luaguirr@cec.uchile.cl

³ Profesor Titular, Departamento de Ingeniería en Minas, Universidad de Santiago de Chile, Av. Libertador Bernardo O'Higgins 3363, Santiago, Chile.
fernando.henriquez@usach.cl

⁴ Department of Geological Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309, USA.
skewes@colorado.edu

Beatriz Levi Dresner, la Bice para las y los cercanos, falleció a la edad de 91 años en Estocolmo, Suecia, el 22 de enero de 2022.

Beatriz nació en Milán (Italia) en 1930 desde donde emigró a Chile junto con sus padres cuando tenía 9 años escapando del fascismo de Mussolini, dado que su familia era de ascendencia judía. En 1939 llegaron en barco a Valparaíso donde la familia se asentó por algunos años. Allí retomó Beatriz la enseñanza básica en el colegio Monjas Francesas y, posteriormente, cursó su educación media en el Liceo de Niñas de Viña del Mar y en el Liceo 3 de Santiago, cuando su familia se trasladó a la capital.

En 1947 ingresó a la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile. Su amor por las matemáticas fue uno de los motivos principales de esta atrevida decisión tomando en cuenta la muy escasa presencia de estudiantes mujeres en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en aquellos años. Al comenzar el segundo año de su carrera Beatriz decidió estudiar Ingeniería de Minas y posteriormente, comenzando el cuarto año, escogió especializarse en Geología. Allí, bajo la sabia dirección del profesor Jorge Muñoz Cristi, encontró la pasión por el conocimiento de las Ciencias de la Tierra que la acompañaría durante toda su existencia. Obtuvo su título en 1958 y, junto con



la ingeniera Carmen Schwarze fueron las primeras ingenieras de minas del país.

Casada con su compañero de universidad, José Valenzuela, fue madre de dos hijos, Silvana y José Joaquín.

Al egresar de la universidad fue contratada por el Departamento de Minería y Combustibles de la Corporación de Fomento (CORFO), institución que por entonces estaba empeñada en crear un grupo

de geología que se dedicara al estudio del territorio nacional. Se constituyó así un selecto grupo de jóvenes ingenieros-geólogos, geólogos y biólogos especializados en paleontología provenientes del Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile donde habían sido alumnos del gran naturalista Humberto Fuenzalida Villegas. A estos jóvenes se sumaba la experiencia de dos geólogos alemanes, los doctores Herbert Thomas y Carlos Klohn. El ingeniero Carlos Ruiz Fuller dirigió este grupo pionero que en 1957 se convertiría en el Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) iniciando una nueva etapa en el conocimiento de la geología chilena. Beatriz fue un puntal de este grupo donde ejerció como jefa del Laboratorio de Petrografía, además de participar en levantamientos geológicos en distintas áreas del país, los que dieron lugar a la publicación de dos boletines y una carta geológica.

A comienzos de los años sesenta Beatriz fue enviada por el IIG para realizar estudios de posgrado en la prestigiosa Universidad de California en Berkeley (1961-1963), fue la primera geocientista chilena en emprender (y completar) estudios de doctorado en el extranjero. Francis Turner, por entonces el maestro internacionalmente indiscutido de los fenómenos del metamorfismo, fue su director de tesis y mentor. Durante su estada en Berkeley conoció, además, al geólogo neozelandés Douglas Coombs, quien planteó por primera vez en 1960 el concepto de metamorfismo de enterramiento (*burial metamorphism*). Ambos científicos influenciaron profundamente la visión geológica de Beatriz.

Su tesis doctoral titulada *Cretaceous volcanic rocks from a part of the Coast Range west from Santiago, Chile: A study in lithologic variation and burial metamorphism in the Andean Geosyncline* fue aprobada el año 1968, esta se convirtió en una referencia obligada para los estudiosos del metamorfismo de enterramiento y de la geología de Chile central.

Sus trabajos posteriores se dirigieron principalmente a explorar las relaciones entre los fenómenos tectónicos, el metamorfismo de enterramiento y la naturaleza del magmatismo en la región central de Chile. Es allí donde se revela su audacia y genialidad al formular hipótesis inéditas para explicar la evolución geológica de ese sector durante el Mesozoico y Cenozoico. Las ideas contenidas en su artículo *Burial metamorphic episodes in the Andean Geosyncline, central Chile* publicado en 1970 en la revista *Geologische Rundschau*

fueron motivo de intensa polémica a nivel internacional entre los especialistas. El artículo referido analiza la relación entre el metamorfismo de carga y los ciclos tectónicos en Chile central afirmando que las discordancias tectónicas observadas allí coinciden con quiebres (discordancias mineralógicas) en la evolución de las facies del metamorfismo de bajo grado. Igualmente seminal es su trabajo *Eastward Shift of Mesozoic and Early Tertiary Volcanic Centers in the Coast Range of Central Chile* aparecido en 1973 en el *Geological Society of America Bulletin*. Ambos trabajos refuerzan los resultados de su tesis doctoral demostrando que Beatriz fue realmente una genial "fabricante de ideas".

A comienzos de 1967 Beatriz fue invitada por el director del Departamento de Geología de la Universidad de Chile a formar parte del equipo de académicos de jornada completa de ese centro de estudios. El Departamento, creado en 1964 luego de una reforma de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, se encontraba entonces en una etapa de crecimiento acelerado de sus distintas áreas de investigación, coincidente con la reforma de los planes de estudio de la carrera de Geología. Beatriz tomó a su cargo la dirección del área de Metalogénesis y Geología Económica, al mismo tiempo que hacía docencia en mineralogía óptica. Muchos de sus estudiantes aún recuerdan los trabajos de laboratorio con la platina de Fedoroff, conocida también como platina universal, un dispositivo que permite la rotación de una sección delgada o grano de cristal que hace posible determinar con precisión las características ópticas de un mineral. Beatriz era una experta en el manejo de este singular instrumento y lograba fascinar a las y los estudiantes.

En 1971 luego de la nacionalización del cobre, bajo el gobierno de la Unidad Popular, Beatriz dejó la universidad y regresó al IIG para liderar los proyectos de exploración destinados a incrementar las reservas de cobre del país. En su calidad de jefa del Departamento de Exploraciones, organizó e impulsó los programas para lograr este objetivo. Sin embargo, no abandonó su inquietud por los temas académicos y desde allí tomó la iniciativa de crear la *Revista Geológica de Chile*, con el fin de difundir el nuevo conocimiento geológico generado en el país. Revista científica cuyo primer número fue publicado por el IIG el año 1974 y que ha mantenido su actividad hasta el presente bajo el nombre de *Andean Geology*.

Beatriz Levi Dresner (1930-2022), figura señera de la geología en Chile

Su permanencia en el IIG fue interrumpida dramáticamente por el golpe de Estado del 11 de septiembre de 1973 y su exoneración del Instituto. Beatriz y su hijo José, quienes apoyaron fervientemente al gobierno del Presidente Salvador Allende, debieron abandonar muy pronto el país para exiliarse primero en Costa Rica, donde Beatriz permaneció en la universidad cerca de un año gracias a una beca de investigación para luego partir a Suecia e incorporarse a la Universidad de Estocolmo donde fue contratada como académica. Allí conoció al geólogo sueco, el doctor Jan Nyström quien se convertiría en su compañero de vida con el que compartió feliz el resto de sus días. Beatriz se radicó definitivamente en Suecia, país que se convirtió así en su tercera patria.

El exilio le deparó, sin embargo, golpes muy duros. El día 16 de Junio de 1987 su hijo José Valenzuela Levi fue asesinado en Santiago por agentes de la dictadura en la siniestra Operación Albania. A esta desgracia se sumaría más tarde la muerte de su hija Silvana, fallecida también mientras Beatriz se encontraba en Suecia.

Sus vínculos con geólogos chilenos permanecieron intactos durante todo su exilio tanto en Chile como en Europa. Gracias a diversos *grants* de instituciones suecas obtenidos en conjunto con su compañero Jan, Beatriz pudo trabajar por varios períodos en Chile en colaboración con investigadores nacionales abordando diversos temas de la geología del país y, al mismo tiempo, ayudar a investigadores chilenos con recursos de sus proyectos y con el costo de los análisis de laboratorio realizados en Suecia. Todo ello en tiempos en que el financiamiento de la investigación científica en Chile era extremadamente difícil.

Los años 70 y 80 son especialmente fértiles en el trabajo científico de Beatriz y se traducen en sólidas publicaciones en revistas de alto nivel internacional.

Durante el período de 1964-1965 integró la directiva del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, fue la primera mujer en desempeñar un cargo institucional en esa corporación. En 1994 el Instituto le confirió la calidad de Honoraria y en 2002 fue distinguida con la medalla por 50 años de profesión. También fue miembro destacado de la Sociedad Geológica de Chile.

En el año 1988 el Colegio de Geólogos de Chile la distinguió con el Premio Nacional de Geología Medalla al Mérito Profesor “Juan Brügger” por su muy valioso aporte a la geología chilena y su gran calidad científica y humana. Este es el máximo galardón al que puede aspirar un geólogo chileno.

La Bice brilló por su gran talento, su sencillez, su curiosidad científica y su gran amor por la Geología. Infatigable en su trabajo y rigurosa consigo misma, estaba dotada de gran fuerza interior y una grandeza espiritual que la acompañó siempre en su vida marcada por la tragedia familiar y por el exilio.

Gran y fiel amiga, siempre preocupada y participativa de los problemas políticos y sociales de Chile y el mundo; dispuesta a ayudar a quien lo necesitara. Apasionada por la lectura, era un placer comentar con ella las muchas y variadas obras que leía.

Su compañero Jan fue para ella su gran soporte anímico, físico y espiritual. Él sabía transmitir sabiamente a Beatriz sus intereses por asuntos muy diversos ajenos a la geología, tales como el cine, la arqueología, los pájaros, la botánica y tantos otros. Esto los llevó a realizar innumerables viajes por el mundo, no como turistas tradicionales, sino que guiados por su interés de las antiguas culturas y civilizaciones.

Beatriz fue referente e inspiradora de muchas y muchos jóvenes geólogos que agradecen el privilegio de haberla conocido en distintos momentos de sus vidas y que se consideran sus discípulas y discípulos. En palabras de una de ellas “Beatriz en aquella época era para nosotros una estrella lejana que a pesar de la distancia impuesta por su exilio nos iluminaba y orientaba. Ella nos hacía mantener la esperanza de que algún día podríamos llegar a ser geólogas competentes en terreno, en academia o en investigación, a pesar de las limitaciones que sufríamos en aquella época en una profesión dominada por hombres”.

Querida Bice: tus amigos, estudiantes, colegas y todos los que tuvieron el privilegio de conocerte no te olvidarán jamás. Has dejado un legado y una impronta que nos empuja a ser mejores, más solidarios y bondadosos.

Santiago, febrero 2022

Miscelanea de Imágenes



BBC Mundo. (2018). La montaña de los siete colores. BBC. Cusco, Perú. La montaña de los siete colores es conocida por varios nombres, montaña arcoíris o Vinicunca. Está ubicada en Cuzco, Perú. Esta curiosa coloración que tiene la montaña es debido a su composición mineralógica, cada color es un diferente mineral y esto fue por los minerales que se fueron acumulando debido a las aguas de la cordillera y que con el tiempo se oxidaron y tomaron la coloración que observamos hoy en día.



Canet C. (2021). La Comarca Minera. Atmosfera y Cambio Climático UNAM. Hidalgo. Ejemplo de “Prismas Basálticos”. Se formaron por una erupción hace 2.5 MA, el río de lava pasaba por laderas y se enfriaba. La temperatura disminuyó y la roca se contrajo, lo que produjo fractura en forma hexagonal, estos prismas basálticos están compuestos por minerales como: el olivino, piroxeno, plagioclasas y óxidos de hierro.



Freeze M. (2014). The Summit Crater. [Fotografía]. Michael Freeze. Tristan da Cunha. Ejemplo de "Maar". El Pico de la Reina María o mejor conocido como Queen Mary's Peak, está ubicado al Sur del Océano Atlántico, es un volcán en escudo, pero lo más curioso de este volcán es su maar, en forma de corazón. Los maares son cráteres volcánicos que se producen por erupciones freático-magmáticas.



Mstandard. (s/f). Agujeros en piedra tafoni meteorización. Freepik. Ejemplo de "Meteorización por erosión eólica". En la imagen podemos observar una estructura tafoni de arenisca roja. Los tafonis se dan por erosión eólica, en los lugares donde se forman hay muchas partículas sueltas y sal en el ambiente con fuertes vientos.

PUBLICACIONES

Agustín Calvet

**TESIS &
RESÚMENES**

Interferometría diferencial SAR para detectar deformación cortical por actividad sísmica.

Universidad Nacional de la Plata, Argentina.

Tesis para obtener el grado académico de Geofísico. 2022

Sustentante: **Agustín Calvet**

Director de Tesis: *Dr. Sebastián Balbarani.*

Resumen

Los principios de los radares se remontan al año 1930, su principal impulso y desarrollo estuvo asociado a fines bélicos antes y durante la segunda guerra mundial. En la actualidad las técnicas asociadas a radares tienen una extensa variedad de usos civiles que poseen un profundo impacto económico, productivo y social. Siendo además los radares una herramienta fundamental en una importante cantidad de investigaciones científicas.

El desarrollo del principio de apertura sintética en los años 50s y 60s amplió vastamente el horizonte de aplicaciones, de manera que junto a los avances tecnológicos en las últimas décadas, la técnica de Interferometría con datos SAR se convirtió en una de las más poderosas para el sensado remoto, de calidad y de amplia cobertura espacial.

En el presente trabajo se apuntó al desarrollo de capacidades y comprensión de la técnica de interferometría diferencial SAR por medio de una aplicación. Esta aplicación consiste en el mapeo y caracterización de la deformación superficial que tuvo lugar en la región cercana al epicentro del terremoto de Illapel del 16 de septiembre 2015. Para cumplir estos objetivos se escogió un par de imágenes SAR adecuadas, las cuales se procesaron utilizando el software GMTSAR de acceso libre y gratuito. Sobre el mismo se realizó un análisis y descripción de la cadena de procesos que lo componen, como así también de las consideraciones a tener en cuenta para que los resultados obtenidos sean óptimos. Se analizaron los productos intermedios y finales del procesamiento.

La caracterización del resultado obtenido mediante el procesamiento de imágenes SAR tuvo en cuenta la tectónica de la región y del mecanismo focal que dio origen al terremoto. Además se añadió una validación de los resultados obtenidos a partir de series temporales de coordenadas derivadas de observaciones GNSS.

Este tipo de aplicación nos permite demostrar la potencialidad de la técnica de interferometría diferencial SAR para el monitoreo de deformaciones corticales a gran escala producto de eventos sísmicos, incluso en las regiones más cercanas al epicentro, donde por lo general, instrumentos *in situ* se ven saturados. Sumado a esto, la amplia disponibilidad de imágenes SAR gratuitas y de calidad, con cobertura global y corto período de revisita transforman a la técnica DInSAR en una herramienta accesible y poderosa, de utilidad por sí misma y que también funciona como complemento de otras técnicas de monitoreo de deformaciones de la superficie terrestre.

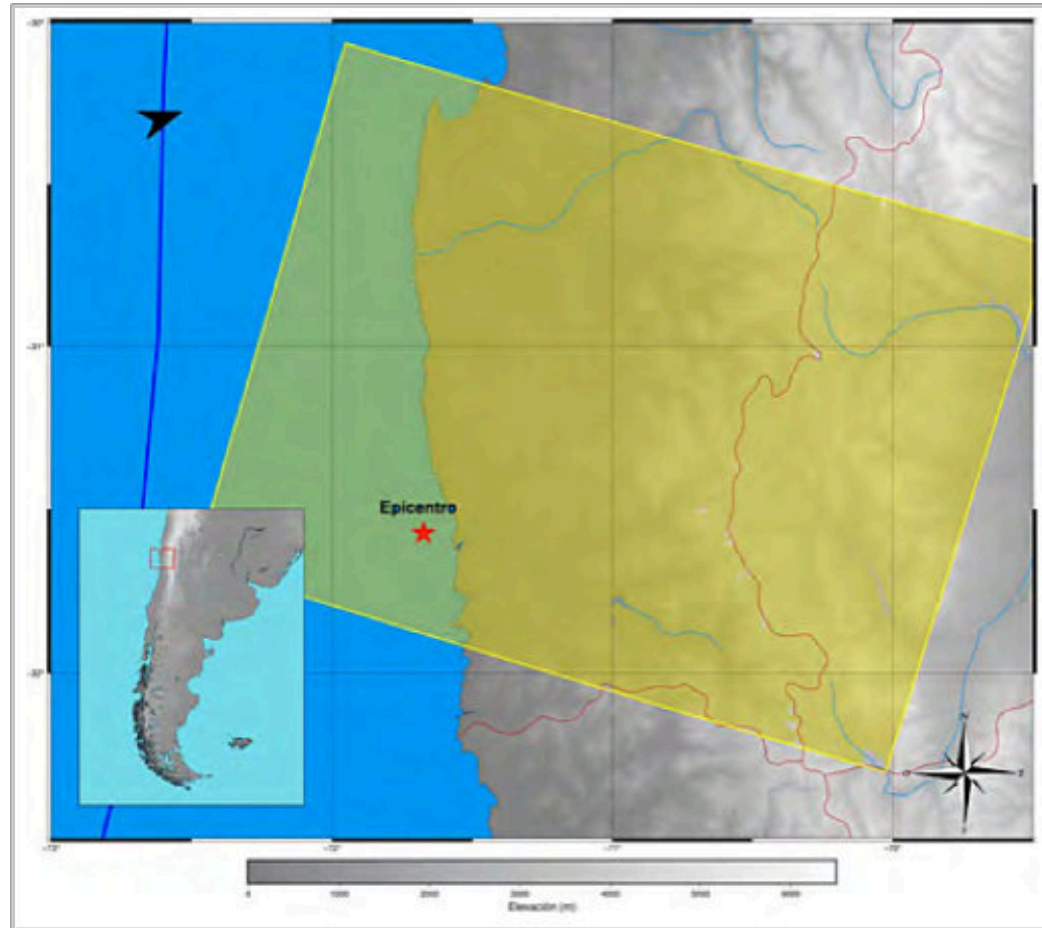
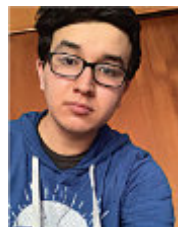


Figura 1.1. Área de estudio. Con rojo se indica el epicentro del terremoto de Illapel. La línea azul marca la zona de subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana. La flecha apunta en el sentido del movimiento relativo entre las placas tectónicas. El rectángulo amarillo es la región en donde se disponen de datos SAR.

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

Evaluación de la intrusión salina utilizando el método electromagnético transitorio (TEM) y análisis de iones mayores e isótopos estables del agua en el acuífero La Misión, B.C., México

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2023

Sustentante: **Yesica Guadalupe Cabrera Sillas**.

Directores de Tesis: *Dr. Diego Ruiz Aguilar y Dra. Zayre Ivonne Gonzalez Acevedo*.

Resumen

El acuífero La Misión constituye una fuente importante de abastecimiento de agua en la zona semiárida de Ensenada, Baja California, México. La explotación intensiva del acuífero puede haber desarrollado el deterioro de la calidad del agua subterránea, y con ello el avance del agua de mar. El presente estudio se centra en la evaluación de la posible intrusión salina en el acuífero costero La Misión a partir de técnicas geofísicas e hidrogeoquímicas. De acuerdo con investigaciones anteriores, se plantea la hipótesis de que el acuífero está afectado por procesos de mezcla de agua de mar principalmente en la franja costera. El estudio geofísico comprende 11 sondeos Transitorios Electromagnéticos (TEM). Además, se recolectaron 18 muestras de agua subterránea en temporada de secas y lluvias, donde se analizaron isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$) y los principales iones mayores (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} y SO_4^{2-}). La inversión de datos geofísicos en 1D revela dos acuíferos en la zona de estudio; 1) el acuífero de depósitos de arena aluvial saturado superficial con un rango de resistividad de 2.1-5.5 Ωm y un espesor <80 m (UH2); 2) el segundo pertenece a un acuífero semiconfinado compuesto por limolitas y areniscas con resistividades de 13.8 a 21.4 Ωm (UH4). Los resultados hidroquímicos muestran que los principales tipos de aguas subterráneas son Ca-Cl, mixtas y Na-Cl. Además, las diversas relaciones iónicas confirmaron el proceso de intercambio iónico inverso donde el Ca^{2+} y el Mg^{2+} en la matriz del acuífero se han reemplazado por Na^+ en sitios favorables. El cálculo del índice de saturación de minerales indica que las muestras de agua subterránea están saturadas con respecto a los minerales de carbonato. Por lo tanto, estos resultados sugieren que el acuífero costero La Misión está sujeto a la influencia continua de la mezcla de agua de mar, disolución de minerales carbonatados ayudado por la interacción agua-roca, y los procesos de intercambio iónico. Considerando que éstos son los factores determinantes que están controlando la evolución del agua subterránea en esta zona.

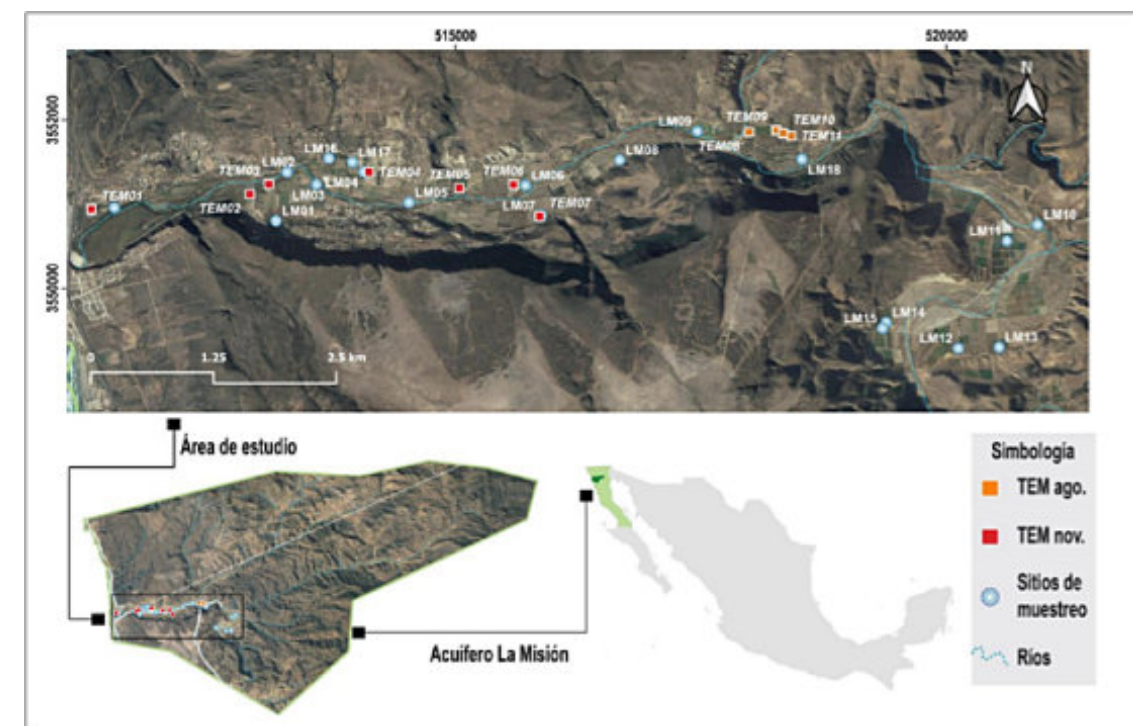


Figura 1.1. Localización general del sitio de estudio.

Evaluación geológica preliminar de los prospectos “Cruz de Mayo 11” y “Paquita Dos 2004” - Velille - Chumbivilcas – Cusco, Perú

Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa (UNSA)

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo, 2021

Sustentante: **Ortega del Carpio Luis Fernando**

Asesor: *Mg. Willy Roberto López Tejada*

Resumen.

Esta investigación desarrolla la evaluación geológica preliminar de los prospectos “Cruz de Mayo 11” y “Paquita dos 2004” - Velille – Chumbivilcas, ubicada en el departamento de Cusco, los cuales se ubican aproximadamente a 12 Km. al sureste de la localidad de Velille, cerca de la cual se desarrolla actividad minera y proyectos como Azúca y Crespo, ubicados dentro de la Franja Metalogénica XV de cobre, cobre-oro, cobre-plomo-zinc-oro. En base al estudio de las estructuras, labores mineras y afloramientos, que se pudieron observar en la evaluación Geológica preliminar, se determinó que las estructuras mineralizadas presentan una asociación cuarzo-arsenopirita-pirita, jarosita-hematita-caolinita, cuarzo-pirita fina, jarosita, con una alteración hidrotermal pervasiva; se adiciona la presencia de diseminación y venillas de pirita-calcopirita-galena-esfalerita, caolinita-sericita-alunita; tipo Stockwork, las vetillas de cuarzo y brechas tectónicas presentan un incremento en la mineralización (sulfuros por alteración hidrotermal) al sector oeste - suroeste, en dirección a la concesión minera Paquita Dos 2004. Con la información recolectada en la investigación realizada, se determinará la viabilidad o no de los prospectos “Cruz de Mayo 11” Y “Paquita dos 2004” para continuar con el desarrollo de un modelo geológico en una siguiente investigación. Con trabajo de exploración a fin de realizar una estimación de recursos.



Figura 1.1. Plano de Ubicación y Accesibilidad Cruz de Mayo 11 y Paquita dos 2004. 01

Presencia de metales en praderas de pastos marinos de la Laguna de Términos, Campeche.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para optar por el grado académico de: Maestra en Ciencias (campo de conocimiento: Química acuática).

Junio 2023.

Sustentante: **Ana Edith Martínez Rodríguez.**

Director de Tesis: *Dr. Jorge Feliciano Ontiveros Cuadras.*

Resumen

Los metales esenciales, en concentraciones por arriba de las requeridas fisiológicamente por un organismo pueden causar daños a su salud, variando dicha concentración y el grado de toxicidad entre las especies. Entre sus fuentes antrópicas se encuentran los derrames vinculados al proceso de extracción de petróleo, el vertimiento de efluentes industriales y uso de fertilizantes. En el presente trabajo se determinaron las concentraciones de los metales Cu, Cd, Zn, Pb y Hg en pastos marinos (i.e., hojas, tallos, rizoma) de la especie *Thalassia testudinum* de Laguna de Términos (LT), Campeche, así como en los sedimentos superficiales donde se desarrollan estas praderas de pastos marinos. Asimismo, se determinó el contenido de materia orgánica y la granulometría de los sedimentos, así como los parámetros que regulan la biodisponibilidad de los metales para los pastos (pH, oxígeno disuelto, salinidad, temperatura en agua superficial). Los resultados indican que *T. testudinum* acumula metales en sus tejidos (Cu, Cd, Zn y Pb), reflejando la biodisponibilidad de estos elementos. Es así como, se identificó la presencia de los metales en las muestras de sedimentos y en *T. testudinum* con la siguiente tendencia: [Zn] > [Cu] > [Pb] > [Cd], mientras que, el contenido de Hg se registró únicamente en los sedimentos. Los pastos marinos al asimilar metales vertidos en la LT y al comprobar que existe una relación entre su contenido, con el encontrado en los sedimentos, demuestra que la fanerógama marina *T. testudinum* puede usarse como bioindicador de procesos de contaminación por metales en LT. Se concluye que tanto las comunidades de *T. testudinum* como en los sedimentos superficiales del sitio se encontraron impactados por la presencia de metales (Cu, Cd, Zn, Pb). En los sedimentos, el contenido de que Cu, Zn, Pb, Cd y Hg y Pb no rebasó el criterio TEL establecido por la NOAA, por tanto, los sedimentos no representan riesgo toxicológico para la comunidad bentónica local. Se identificó que *T. testudinum* es un buen bioacumulador (i.e., BSAF = Biota-sediment accumulation factors) de Cd, y de seguir así las autoridades deben tomar conciencia de los peligros inminentes a los que podrían estar expuestas las poblaciones del ecosistema y humanas. Se expone que la lluvia, escorrentía y principalmente las perturbaciones antropogénicas, parecieron influir en la movilización de metales y que afecta la bioacumulación en pastos marinos, lo que lleva a aceptar la hipótesis que plantea, que, si hay un aumento de actividades antrópicas y descargas de los principales ríos, provocados por la época de lluvias, ambos procesos pueden ser factores para contribuir a trasportar metales en LT y bioacumularse.



Figura 1.1. Lado Oeste de Laguna de Términos, Campeche. Estaciones de muestreo 1, 2, 3, y 4 en el sitio El Cayo.

Caracterización fisicoquímica de suelo y agua para evaluar la salinidad en el acuífero La Misión, Baja California, México

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2023

Sustentante: **Vanessa Inés González Riaño.**

Directora de Tesis: *Dra. Zayre Ivonne Gonzalez Acevedo.*

Resumen

El agua subterránea se considera uno de los recursos más importantes a nivel mundial en los sectores de agua potable y agricultura, sobre todo en regiones áridas y semiáridas donde no solo hay menos precipitación sino una elevada evaporación que podría afectar la salinización del suelo y el agua debido a su estrecha relación. El trabajo tiene como objetivo evaluar el tipo de salinidad en el acuífero La Misión, Baja California, a partir del análisis fisicoquímico de suelo y agua subterránea bajo la hipótesis de que existe una relación en la presencia de fases minerales salinas del suelo y las concentraciones de sales en el agua del acuífero. Para ello, se recolectaron y caracterizaron fisicoquímicamente 19 muestras de suelo y agua subterránea en temporada de estiaje (2022) y lluvias (2023) utilizando estadísticas multivariadas y análisis hidrogeoquímicos. Además, se analizaron las fases minerales presentes en el suelo con Difracción de Rayos X (DRX). Los resultados mostraron que el contenido de sólidos disueltos totales en el agua disminuye conforme los sitios se alejan de la línea de costa. De manera general y considerando la composición química de las aguas, éstas se clasifican como ligeramente salinas con pH entre 5.5 y 8.3, y temperaturas entre 15 y 40 °C. Los diagramas de Piper y Chadha mostraron que predominan dos tipos de facies hidroquímicas en el acuífero: Ca-Mg-SO₄/Cl y Na-Cl y el diagrama de Gibbs muestra que prevalecen los procesos por meteorización de las rocas y evaporación (500% mayor que la precipitación media anual). De acuerdo con la conductividad eléctrica, pH, porcentaje de sodio intercambiable y la relación de adsorción de sodio en el agua, los suelos superficiales del acuífero en su totalidad son suelos no salinos y no sódicos, además, el análisis de DRX no detectó fases minerales salinas en el suelo. Finalmente, se encontró que la actividad agrícola, el uso de fertilizantes, el hidrotermalismo, la evaporación y la geología podrían estar causando la salinidad del agua subterránea en el área de estudio.

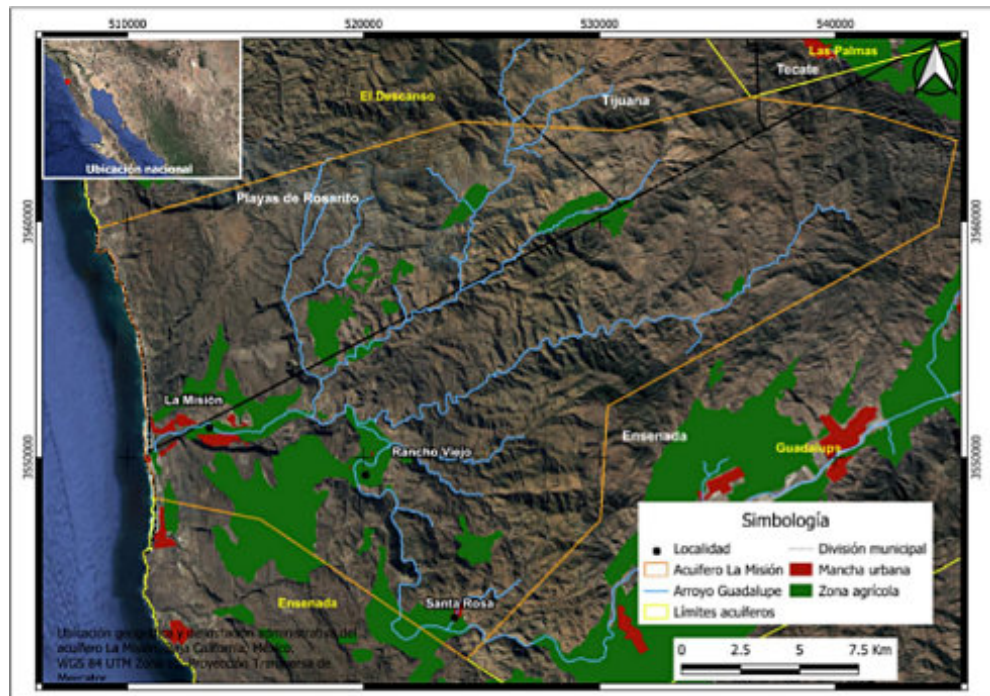


Figura 1.1. Mapa de localización del área de estudio (CONAGUA, 2020; INEGI, 2020).



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Archaeological Science: Reports

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



Temperature- and frequency-dependent magnetic susceptibility on archaeological ceramics of the Tlatilca culture (Mexico City): A pilot study towards an archaeointensity approach

A Hernández-Cardona^{a,*}, L.M Alva-Valdivia^b, T Cruz-y-Cruz^c, H Pérez-García^d

^a Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, Mexico

^b Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, Mexico

^c Escuela Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México, México

^d Coordinación de Turismo y Cultura, Ayuntamiento de Toluca, Unidad de Arqueología, Toluca, México

ARTICLE INFO

Keywords:

Rock magnetism
Temperature-dependent susceptibility
Frequency-dependent susceptibility
Superparamagnetic grains
Archaeological ceramics
Mexico City

ABSTRACT

Temperature-dependent susceptibility curves are commonly used in archaeointensity studies to identify changes in the magnetic mineralogy of archaeological ceramics. In this pilot study, we investigated the low- and high-temperature thermomagnetic behavior and frequency-dependent susceptibility of eight ceramics from a Tlatilca culture archaeological site in Mexico City, after heating them at five different temperatures (from 120 to 440 °C). Our objective is to establish a correlation between the thermomagnetic behavior and the parameters that determine the magnetic grain-size and magnetic domain in similar style of ceramics from different occupations of the site. Our findings show that superparamagnetic grains (SP) degrade with increasing reheating temperature in ceramics, and we conclude that this behavior is related to details in artifact processing, such as the use of pastillage to represent headdresses, and an important aspect to consider when working with samples for archaeointensity procedures.

1. Introduction

The study of magnetic susceptibility in archaeology has been widely used in magnetometric prospecting in order to identify structures at different depth prior to archaeological excavation, for the characterization of soil dynamics to determine formation and stratigraphic development of the soil, as well as for understanding the climate, temperature, and human impact of an area (Dalan, 2008; Shirzaditabar et al., 2022; Thacker and Ellwood, 2002). The measurement of magnetic (volumetric) susceptibility is highly relevant in archaeological studies due to its potential for correlation with other physical and chemical properties. Its correlation with non-magnetic parameters, therefore, may help develop a sites comprehensive archaeological context. In particular, the magnetic mineralogy of archaeological material such as burnt clay (e.g., pottery, bricks, kilns) provides information about the firing or reheating temperatures of the material, which possibly correlates with technology developed around the use of fire, such as ovens, hearths, braziers, fireplaces, (Maki et al., 2006; Ozán et al., 2019) or the ceremonial use of fire in the closures of structures or abandonment of

buildings (López-Delgado et al., 2019; Mohammadi et al., 2023; Wahl et al., 2006).

The use of temperature-dependent susceptibility ($\kappa(T)$) curves is commonly applied method for determine the magnetic mineralogy, and how it changes during heating. Magnetic mineralogy is identified from Curie temperature (T_C), i.e. the temperature at which the ferromagnetic material becomes paramagnetic, while changes in the magnetic mineralogy of archaeological materials due to heating are analyzed through the irreversibility of the heating and cooling curves (Cui and Verosub, 1995; Jordanova and Jordanova, 2016; Zhang et al., 2014). The reversibility of thermomagnetic curves can also be used to ascertain the suitability of materials for geomagnetic intensity determinations (i.e., archaeointensity). However, in many cases, despite the reversibility of these curves (i.e., “no magnetic mineralogy changes), the archaeointensity results are rejected. In particular, magnetic mineralogy has been extensively characterized in archaeological materials such as bricks, daub, or ceramics, after their differentiation in soil mixtures, and during firings of anthropogenic or natural origin (Jordanova et al., 2018; Maher and Taylor, 1988; Mooney et al., 2003). However, the

* Corresponding author.

E-mail address: arnaldohc@ciencias.unam.mx (A. Hernández-Cardona).

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104257>

Received 9 January 2023; Received in revised form 1 October 2023; Accepted 10 October 2023

Available online 16 October 2023

2352-409X/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.

A. Hernández-Cardona et al.

characterization and behavior of these materials during heating in archaeointensity experiments is still poorly understood due to the wide range of compositions that existed when an archaeological ceramic was manufactured (Biggin, 2006; Carrancho and Villalain, 2011; Paterson et al., 2014; Yu et al., 2004). Attempts have also been made to reproduce the acquisition of thermal remanence registering the geomagnetic field in ceramics (Morales et al., 2011), but these processes are still poorly understood.

In addition, susceptibility at different frequencies has been used to verify the alterations of magnetic mineralogy upon progressive heating of samples during step heating procedures carried out by archaeointensity methods (Kostadinova-Avramova and Jordanova, 2019; Schnepf et al., 2020). The concentration of superparamagnetic particles (SP) (i.e., the paramagnetic state of ferromagnetic particles in a sample when blocking temperature differs from Curie temperature, and size below 30 nm), and mineralogical changes in soils, ceramics and burned materials can be studied by using the difference between low- and high-frequency susceptibility ($\chi_{FD} = \chi_{LF} - \chi_{HF}$), their relative difference ($\chi_{FD}\% = 100(\chi_{LF} - \chi_{HF})/\chi_{LF}$) and the susceptibility in anhysteretic remanence magnetization (χ_{ARM}) (Venkatachalapathy et al., 2013). These methods are commonly employed as alteration parameters to describe magnetic enhancement in soils (Dearing et al., 1997) and can be particularly

useful for investigating the magnetic properties of ceramics and burned materials (Jordanova et al., 2001). The behavior of the ratios χ_{FD} vs. χ_{LF} provides information about the concentration of magnetic grains of sizes associated with the apparent behavior between stable single domain (SSD) particles (c.a. 30–100 nm) and superparamagnetic particles (>30 nm) (Liu et al., 2005). Similarly, the ratio $\chi_{ARM}/SIRM$ (susceptibility in anhysteretic remanence magnetization over saturation of isothermal remanence magnetization) can also be used to infer the concentration of SSD particles, as this ratio affects only particles that can possess remanent magnetization (Peters and Dekkers, 2003).

These materials undergo non-traceable changes due to unknown heating and burial conditions such as humidity changes, oxygenation and time-temperature dependence. As a result, the magnetic mineralogy in the unknown parent material of the ceramic can follow many transformation pathways (Bellomo, 1993; Calvo-Rathert et al., 2008; Carrancho et al., 2016; Dewar et al., 2002). Analyzing alteration parameters, such as the thermal dependence of frequency-dependent susceptibility, can be a useful technique to identify magnetic mineralogy changes and provide a quality filter for screening materials that recorded the geomagnetic field in their magnetic mineralogy components.

When studying ceramics to obtain archaeointensity (i.e., the strength of the past geomagnetic field record), a more effective approach to

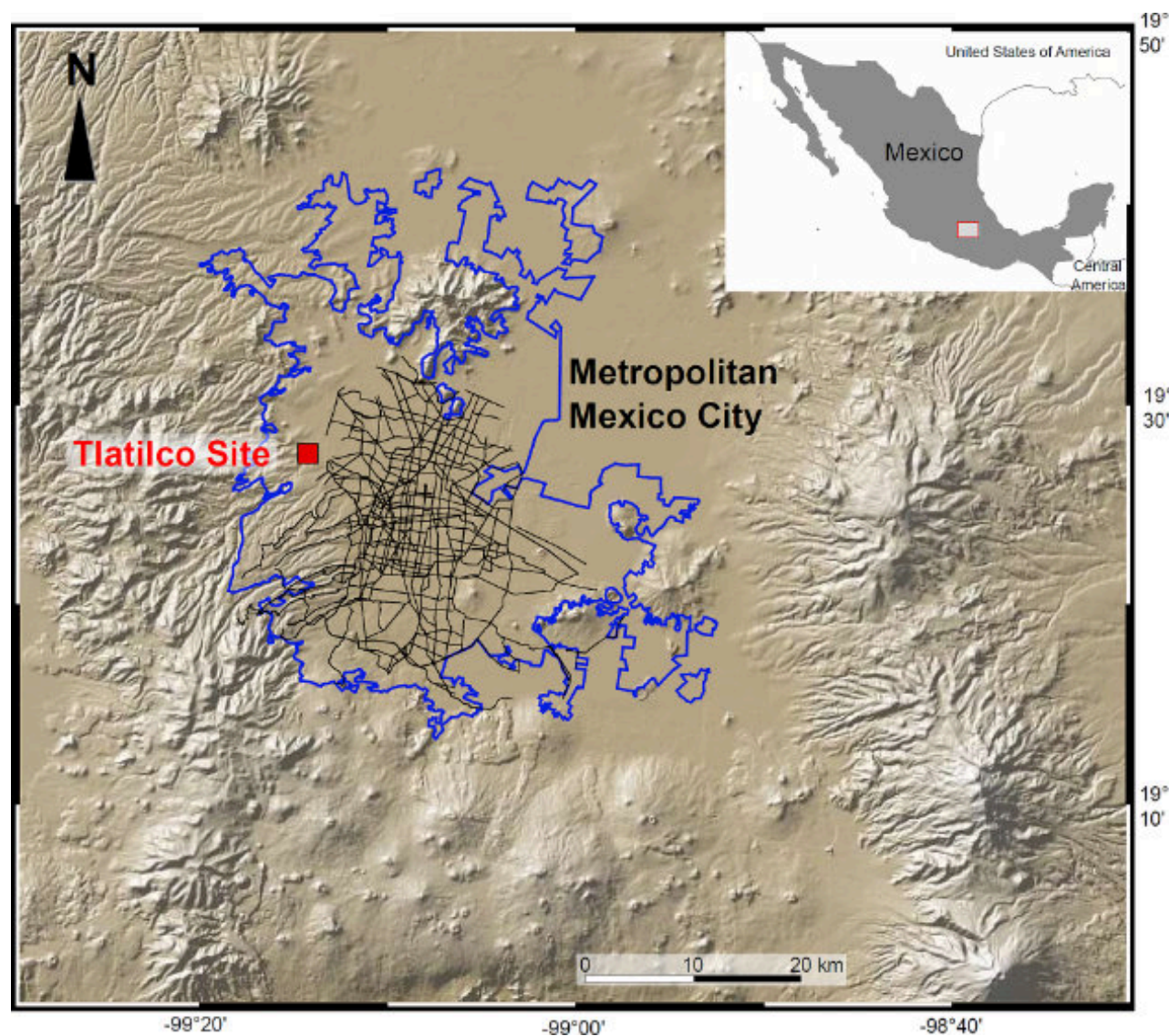


Fig. 1. Location of Tlatilco site in the state of Mexico within the metropolitan area of Mexico City (blue line).

Estimación de flujo de calor en el Alto Golfo de California y su correlación con las características de fallas

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

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

Sustentante: **Karina Fuentes Bustillos**

Co-directora de tesis: *Dra. Raquel Negrete Aranda*; Co-director de tesis: *Dr. Florian Neumann*

Resumen

El sistema de Rift del Alto Golfo de California (AGC) es producto de la divergencia oblicua entre las placas Pacífico y Norteamérica, y está caracterizado por una deformación transtensional. Este alberga la transición de un sistema de rift continental a uno oceánico. Una teoría propuesta en la literatura es que las fallas del sistema operan como conductos potenciales para el transporte de calor de la profundidad hacia la superficie a través de fluidos hidrotermales. En este trabajo se propone un modelo empírico de mejor ajuste de los mecanismos que favorecen el transporte de calor en el AGC. El modelo se basa en establecer una regresión multivariada de las características geométricas de las fallas tales como la densidad de fallamiento, espesor sedimentario, profundidad total y penetración relativa con valores reportados de flujo de calor para el AGC. Con base en este análisis, se generó un modelo lineal de primer orden de la eficiencia de las fallas del AGC para transportar calor. Las predicciones arrojadas por el modelo son muy cercanas a los datos reportados, principalmente en las cuencas Wagner y Consag. El modelo predice correctamente altos valores de flujo de calor en las zonas con mayor concentración y profundidad de penetración de fallas. Lo anterior apoya la hipótesis que sugiere que las características de falla afectan directamente la eficiencia de una falla para transportar calor. Al ser el AGC un área de potencial geotérmico, la toma de datos de flujo de calor resulta fundamental para un posible aprovechamiento geotérmico. Sin embargo, la adquisición directa de datos requiere una alta inversión económica. El modelo presentado podría ser de gran utilidad para apoyar estudios de potencial geotérmico en el AGC, así como extrapolarse a otras áreas de interés geotérmico que cuenten con estudios geológicos y datos sísmicos previos. La implementación del modelo resulta innovadora para brindar estimaciones preliminares de flujo de calor a partir de las características geométricas de fallas.

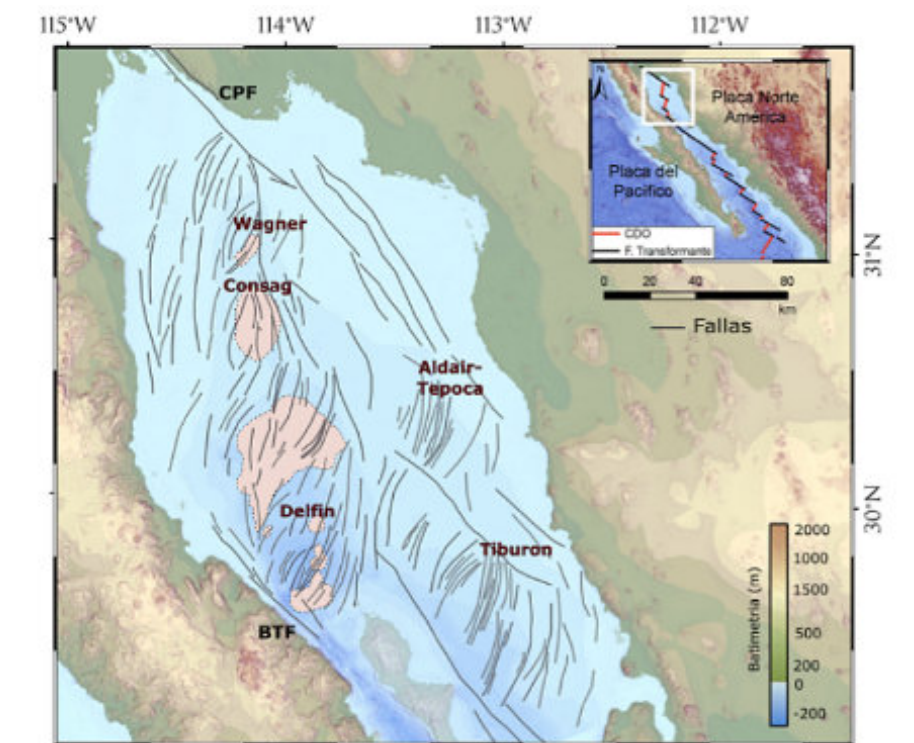
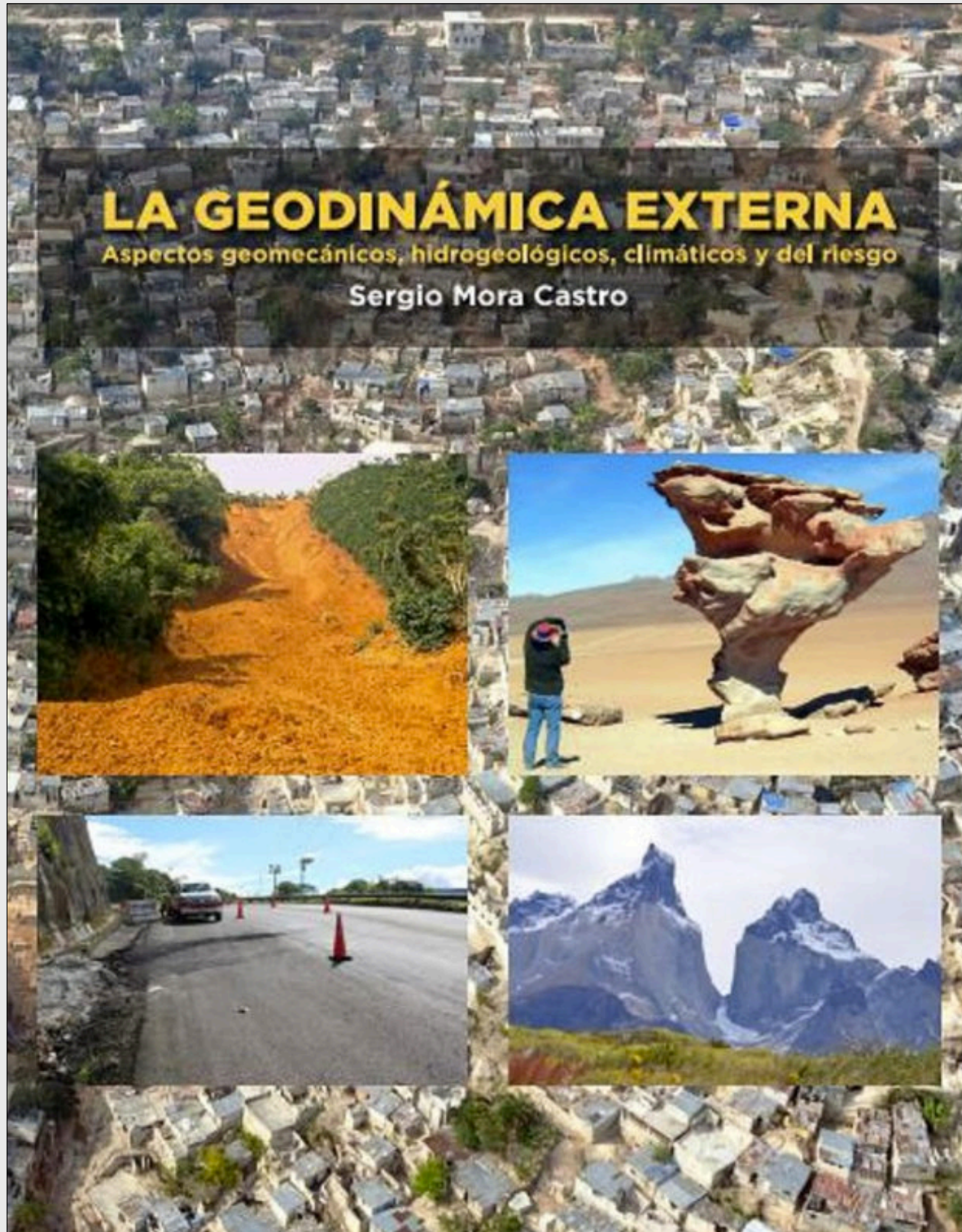


Figura 1.1. Zona de estudio, Alto Golfo de California (AGC) con topografía en metros sobre el nivel del mar (msnm). En la imagen se muestran las cuencas sedimentarias dentro del AGC (polígonos de color salmón), y las fallas reportadas por Martín-Barajas, et al., (2019). Además, se muestran las fallas transformantes de Cerro Prieto (CPF) y de Canal de Ballenas (BTF) El recuadro en la esquina superior izquierda es un mapa a menor escala que indica la localización del área de estudio. Las líneas negras, representan fallas transformantes y las líneas de color rojo centros de dispersión oceánica (CDO).

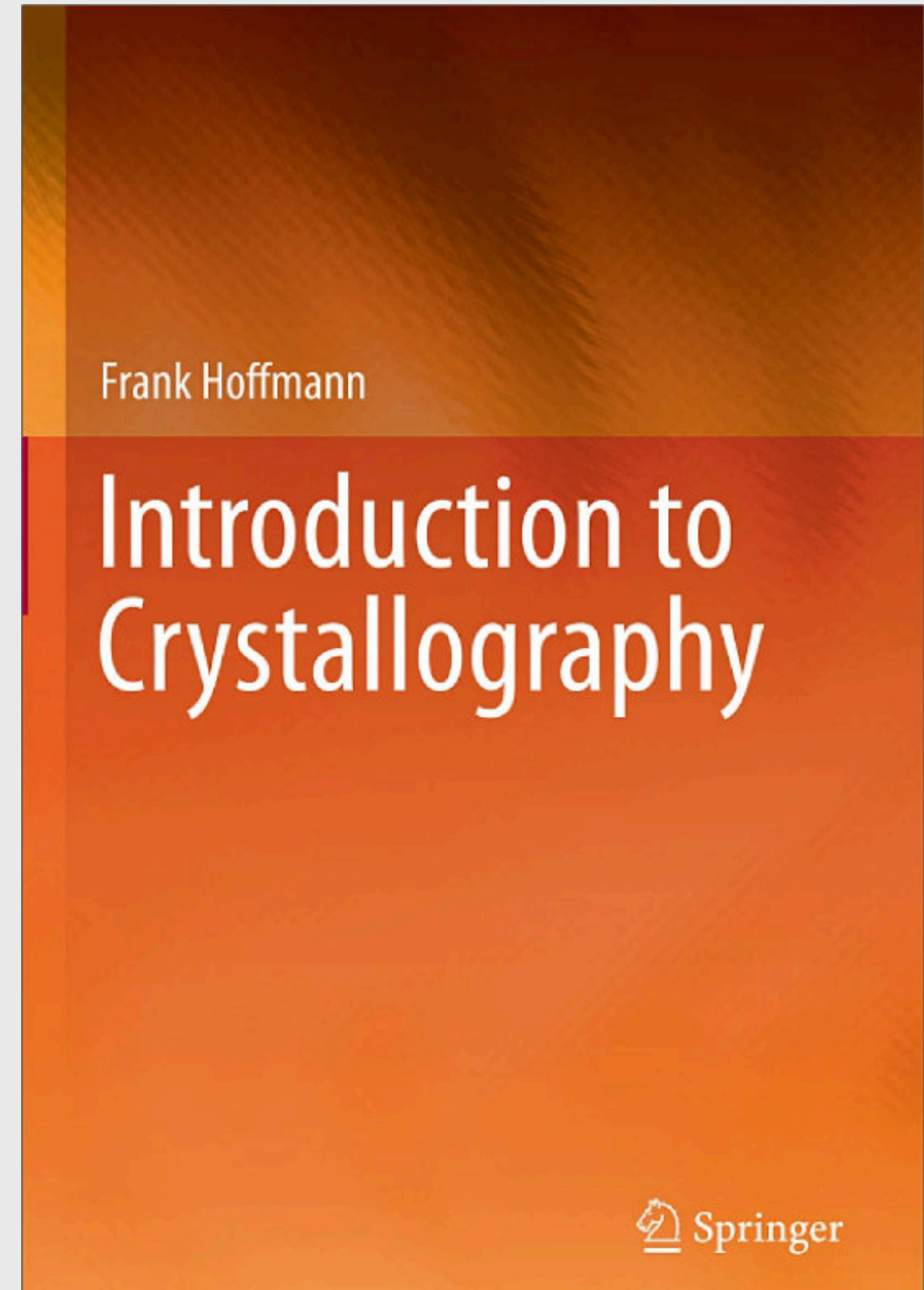
El libro recomendado

<https://www.amazon.com/-/es/Sergio-Mora-Castro-ebook/dp/B0B728KLNN>



El libro recomendado

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-35110-6>



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. Medios de transporte alternativos.

Natalia Silva Cruz

Colaboradora de la Revista

Es común creer que la conservación de energía consiste en su mayoría en dejar de realizar tareas, pero en realidad, el ahorro energético sostenible dista mucho de ese concepto, los recursos se deben optimizar mediante un sistema que permita obtener los mismos efectos. Hablemos por ejemplo de la transición del uso de bombillas incandescentes a bombillas LED, por más que se insista en apagar las luces que no son necesarias, lo que más impacta en la conservación energética es el uso de una tecnología que consume una décima parte que la versión anterior sin sacrificar resultados. Para una transición energética ideal, esto se debería extender a otras industrias, como el transporte, responsable del 29% de las emisiones de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos.¹

En esta entrega hablaremos de los medios de transporte alternativos a la flota tradicional de vehículos alimentados por combustibles fósiles. Está claro que la manera más viable para contrarrestar los efectos del cambio climático es mediante la implementación de múltiples tecnologías que sean más limpias que las que utilizamos actualmente, porque, siendo realistas, no existe un método que sea una solución universal para todos, y todavía no hemos encontrado un medio de transporte alternativo perfecto que no genere emisiones y que obtenga los mismos objetivos. Evaluemos hoy las opciones disponibles.

Vehículos eléctricos: son una opción excelente porque no generan emisiones durante su operación,

desafortunadamente, las emisiones asociadas a la minería de elementos requeridos (litio, cobalto y níquel, principalmente) y al ensamblaje, hacen que sea necesario su utilización durante mínimo un año², aproximadamente, para alcanzar un balance de emisiones netas cero. Esto quiere decir que la cantidad de gases de efecto invernadero que emite un vehículo que consume combustibles fósiles durante ese mismo plazo es equivalente a los que se generan durante la construcción de un vehículo eléctrico. Claro, esto sucede cuando hablamos de automóviles que usan tecnología de punta y si la distancia recorrida durante ese año es de casi 25.000 km (que es lo que muchos recorreremos en unos 3 años), otros estudios menos optimistas hablan de cifras más cercanas a los 90.000 km³, es decir, entre 3,5 y 12 años. Además, hay que añadir una variable importantísima a esta ecuación: el tipo de fuente de energía primaria con la que se genera la electricidad con la que se carga el vehículo eléctrico (gas natural, carbón, hidroeléctrica, eólica, etc.). Si bien no hay emisión de gases durante la operación de estos vehículos, los que se emiten durante la generación eléctrica deben ser tomados en cuenta a la hora de estimar qué tan limpio es utilizar un vehículo eléctrico y si es realmente recomendable cambiar un automóvil tradicional al que le quedan muchos años de vida útil por un eléctrico nuevo. Y ahí no acaba todo, incrementar o reemplazar la flota vehicular existente (suponiendo que contáramos con todos los materiales necesarios para ello en un plazo razonable) conlleva una inversión en infraestructura muy significativa para la implementación de puntos de recarga y el aumento de la capacidad de generación eléctrica, que como comentábamos, tiene un volumen de emisiones de gases asociado que debe ser añadido al análisis de viabilidad.

Mis recomendaciones para quienes deseen utilizar este medio de transporte serían que opten por vehículos

eléctricos usados, y que si son nuevos, que se mantengan durante al menos el tiempo necesario para garantizar un balance de emisiones netas cero, también es muy importante que dicho automóvil tenga una capacidad de carga que cubra una dimensión razonable según el uso que se le dará, baterías más grandes no solo usan más minerales, también representan un peso muerto extra que se debe transportar todo el tiempo, lo que genera un consumo eléctrico mayor por kilómetro recorrido. Otra opción muy recomendable son los vehículos híbridos, ya sean auto recargables o de alimentación externa, porque, aunque liberan CO₂ a la atmósfera, utilizan menos minerales para su construcción que los eléctricos y vienen siendo más amigables con el planeta que los tradicionales.

Vehículos con celda de hidrógeno: son automóviles limpios que lo único que liberan es agua, una tecnología de ensueño para combatir el cambio climático. El hidrógeno es un vector energético excelente, cuenta con una densidad energética tan alta que es considerado por algunos como el futuro de la aviación, principalmente para viajes largos. Estos vehículos cuentan con sus propios materiales críticos, mayoritariamente el platino, seguido por el iridio, cuya producción mundial se ubica en un 90% en Sudáfrica, esta concentración tan alta en un solo lugar plantea riesgos en el mantenimiento constante de la oferta porque no existen otros proveedores en caso de que algo salga mal, además se podría dar lugar a monopolios en el mercado, haciendo este mineral cada vez menos asequible. La buena noticia es que se espera que en el futuro se pueda reducir abismalmente la demanda de iridio implementando nuevas tecnologías, hablamos de una reducción de alrededor del 97%, lo malo es que no sabemos cuándo sucedería. Igual que para el caso anterior, estos vehículos son tan limpios como la fuente a partir de la cual se obtiene la energía, es decir, el hidrógeno, existen tres tipos según su obtención: 1) hidrógeno gris, el más común de todos, que se extrae a partir del reformado del metano con vapor de agua en un proceso que libera CO a la atmósfera que luego se convierte en CO₂, 2) hidrógeno azul, que consiste en realizar un reformado de metano exactamente igual que

en el mecanismo anterior pero incluyendo una etapa de entrapamiento del carbono para que no sea liberado, y 3) hidrógeno verde, que se obtiene a partir de electrólisis de agua utilizando energía producida a partir de fuentes renovables, siendo el último el escenario ideal para asegurar un transporte amigable con el planeta.

Los vehículos con celda de hidrógeno no son tan comunes como los eléctricos, esto porque todavía tenemos muchos retos por resolver sobre la producción, compresión, transporte y distribución del hidrógeno de manera masificada, además, estos automóviles a la fecha tienen una eficiencia energética de tan solo el 25-30% (debido a las pérdidas entre los múltiples procesos que ocurren desde la obtención hasta su utilización), mientras que los vehículos eléctricos tienen valores aproximados al 70%⁴, haciéndolos mucho más atractivos.

Bicicleta: definitivamente una de mis alternativas favoritas, el ícono de los medios de transporte limpios por autonomía, pero también, uno de los más difíciles de implementar. Hoy parece increíble que hace 100 años las bicicletas jugaban un papel importantísimo en el estilo de vida, el modelo A de Ford apenas se estaba produciendo en cadena para 1928. Justo a finales del siglo XIX había nacido la bicicleta de seguridad, que a nuestros días no ha recibido muchas modificaciones, realmente, contaba con dos ruedas de las mismas dimensiones y una cadena impulsaba la de atrás, permitiendo viajar con comodidad a velocidades inalcanzables con los modelos anteriores. Entonces, ¿qué pasó en estos últimos 100 años?, ¿por qué la bicicleta está tan disminuida en algunos países mientras en otros es como si nunca hubieran conocido los automóviles? Existen muchas variables que nos han traído donde estamos, el primer responsable indiscutible es la construcción de infraestructura que prioriza el uso de ciertos medios de transporte y limita otros, también podemos señalar el cómo funciona la sociedad y la imagen que se tiene de las bicicletas y quienes las usan, el clima, las distancias a recorrer, el crecimiento acelerado de ciudades sin planificación, entre otros. La masificación del uso de la bicicleta requiere una transformación cultural

donde se visibilicen las ventajas de su utilización para el ambiente, el estado físico y la salud mental de los usuarios, se deben crear infraestructuras que faciliten su desplazamiento para disminuir encuentros desafortunados entre ciclistas y demás miembros del público que también utilizan las vías, así como implementar mecanismos que desestimulen el uso vehicular (como si el aumento del tráfico no fuera suficientemente poco motivante), es decir, debemos devolverle a la bicicleta el atractivo de sus mejores épocas.

Todos los medios de transporte tienen sus ventajas y desventajas según desde donde se miren, pero como humanidad no tenemos otra opción que dar nuestro mejor esfuerzo para que nuestros actos tengan la menor

huella de carbono sin sacrificar resultados y manteniendo un estilo de vida lo más cerca a lo que estamos acostumbrados, sin perder competitividad frente a los demás. Todo depende del lugar donde vivimos y lo que tenemos a nuestra disposición, para algunos, su mejor aporte será utilizar más medios de transporte público (mejor aún si está alimentado por fuentes limpias) que vehículos personales, otros optarán por caminar, y otros viajarán en autos eléctricos porque son afortunados al vivir en lugares donde la electricidad que se genera es suficientemente limpia, lo importante es no mantenernos con los brazos cruzados existiendo tantos métodos alternativos, permitiendo que el cambio climático continúe y poniendo en altísimo riesgo el futuro de nuestra especie.

¹Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA. Sources of Greenhouse Gas Emissions

<https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

²Reuters. Analysis: When do electric vehicles become cleaner than gasoline cars? 2021

<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/when-do-electric-vehicles-become-cleaner-than-gasoline-cars-2021-06-29/>

³Oil Price. New Study: Some EVs Are 'Dirtier' Than Conventional Vehicles, 2023.

<https://oilprice.com/Energy/Energy-General/New-Study-Some-EVs-Are-Dirtier-Than-Conventional-Vehicles.html>

International PtX Hub. A Critical Case Against Hydrogen Vehicles: a raw materials perspective

<https://ptx-hub.org/a-critical-case-against-hydrogen-vehicles-a-raw-materials-perspective/>



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

BUENOS AIRES: legado geológico de sus sus calles y edificios

Jesús S. Porras M.

[Geólogo Consultor, porrajs@yahoo.com](mailto:porrajs@yahoo.com)

INTRODUCCIÓN

Recorrer las calles de Buenos Aires es adentrarse en el corazón de la geología. Es transportarse a la historia geológica de la tierra y de sus procesos. Es admirar la vida pasada a través de sus fósiles y contemplar la extraordinaria belleza de la naturaleza expresada en las rocas. Es el lugar perfecto para darle curso a la imaginación.

En todos los barrios porteños se respira geología, ya sea en los tantos monumentos que adornan sus plazas, como en los revestimientos de sus antiguos, o muy modernos, edificios. Desde el viejo Microcentro, en barrios tradicionales como Palermo, San Telmo y Belgrano; o hasta tan exclusivos como Recoleta y Puerto Madero, allí está presente la geología.

Rocas ornamentales de altísima calidad, monumentos pétreos emplazados en pedestales también pétreos, fósiles diversos, estilolitas y cristales como elementos característicos y distintivos de procesos geológicos dentro las rocas, son parte del legado geológico de Buenos Aires. Réplicas, e incluso restos naturales, de mamíferos gigantes acorazados se exhiben en la ciudad, o se encuentran en el subsuelo de ésta.

El lenguaje geológico está siempre presente. Calles de la ciudad llevan nombres geológicos, y hasta existen algunas con nombres de rocas, que luego se convierten en gemas, como sucede con la calle Piedras, la cual se transforma en Esmeralda luego de interceptar la Av. Rivadavia. Locales comerciales con ocurrentes nombres geológicos también se llegan a identificar.

Geomorfológicamente, se pueden observar remanentes erosivos de valles y terrazas fluviales

expresados como barrancas y planicies aluviales y costeras en varios puntos del cono urbano. Las Barrancas de Belgrano, las Plazas Francia y San Martín en Recoleta y Retiro, respectivamente, y el Parque Lezama son ejemplos para destacar.

En este trabajo se presentan los hallazgos geológicos más resaltantes identificados en los revestimientos externos e internos de edificios, de monumentos y en las calles de la ciudad de Buenos Aires, como resultado de recorridos e itinerarios urbanos selectivos. Una breve reseña de las barrancas también se expone.

ROCAS y ELEMENTOS PÉTREOS

Las calizas, mármoles y granitos dominan la escena. Han sido incorporados al paisaje urbano como elementos de edificios, monumentos y esculturas. Es común verlos en, o como, revestimientos de fachadas, pisos, escaleras, columnas y paredes exteriores e interiores de edificios, otorgándole una textura y color particular a cada elemento.

Las calizas han sido utilizadas en fragmentos geométricos o irregulares, para el adoquinado y cordones de veredas, construcción de edificios y pavimentación de calles, o como gruesos bloques de gran belleza, para pedestales de monumentos o estatuas, columnas de edificios, revestimientos y escaleras. Las calizas suelen ser de colores claros, aunque oscuras o negras han sido identificadas, fosilíferas o no, con estilolitas, microfracturas y vetas. Muy frecuentes las variedades *Boticcino* y *Rojo Verona (Rosso Verona)*.

Los travertinos y calizas marmóreas también son muy utilizados y tienen presencia en la arquitectura porteña. La denominación de travertinos también es utilizada para los mármoles cristalinos, por lo que definir el límite entre éstos y las calizas marmóreas es muy impreciso.

Los mármoles y granitos son variados y de diferente origen. Por su resistencia a la intemperie y diversidad de tonos, colores y tramas han sido los elementos pétreos más frecuentes y valorados en la construcción bonaerense. Son comunes los mármoles rosados, blancos,

crema marfil, verdosos, marrones y las variedades verdes: los mármoles *Alpi*, *Boticcino*, *Cipollino*, *Rosa*, *Portoro*, *Carrara* y *Rosa Verona*.

Los mármoles pueden presentar una amplia gama de vetas de diferentes colores y tamaños y exhibir complicadas formas que visualmente les confieren una gran espectacularidad y particular geometría. Comenzaron a utilizarse para los pisos de viviendas desde principios del siglo XIX (Schávelzon, 2013)

Los granitos varían entre rojos, rosados, negros, verdes, marrones y grises. Suelen presentar textura heterogranular pero generalmente granuda y gruesa. Es común observar variedades con grandes fenocristales de feldespato lo que les confiere una textura porfiroide.

Excavaciones arqueológicas en la ciudad sugieren que el granito se utilizaba indistintamente para la pavimentación y adoquinado de calles o como cimientos de edificaciones desde el siglo XIX. Los cordones de granito se usaron habitualmente entre los años 1880 y 1885 (Schávelzon, 2013). Un suceso especial fue el hallazgo de una pieza de granito rosado de 48 kg de peso durante una excavación de la Casa del Virrey Liniers por lo polémico de las dimensiones y origen de la roca y su funcionalidad de uso (Hernández et al., 2012).

Otras rocas presentes son los pórfidos, serpentinitas, areniscas compactas y cuarcitas. Menos comunes, rocas como sienitas (larvikitas) y gneises también ha sido identificadas (Sellés-Martínez, 2017). Schávelzon (2013) menciona el uso de pizarra en techos y pisos de edificaciones antiguas.

Edificio Banco ICBC (antiguo Banco Boston)

El Banco de Boston (actual sede del ICBC Argentina), situado en la esquina de Florida con Diagonal Norte, y construido en 1920, es uno de los íconos arquitectónicos porteños no solo por su impresionante fachada de caliza labrada y cúpula, sino por la majestuosidad de sus salones interiores.

El interior, en sus paredes y columnas, está decorado con mármol bandeado verde y beige-amarillo y pórfido

color verde oscuro (Fig.1). El mármol es de la variedad *cipollino* con una estructura cristalina constituida por un fondo homogéneo, de grano fino, de color blanquecino a beige y amarillo hasta grisáceo, y bandas, estrías, o vetas, de tonalidad verde o verdosa, paralelas entre sí y curvadas. Deriva su nombre del italiano *cipollina* que significa cebollita, por la disposición en capas como una cebolla, aunque algunos autores mencionan que el peculiar adjetivo proviene del olor desagradable que exhalaban al ser cortados (Sellés-Martínez, 2016).

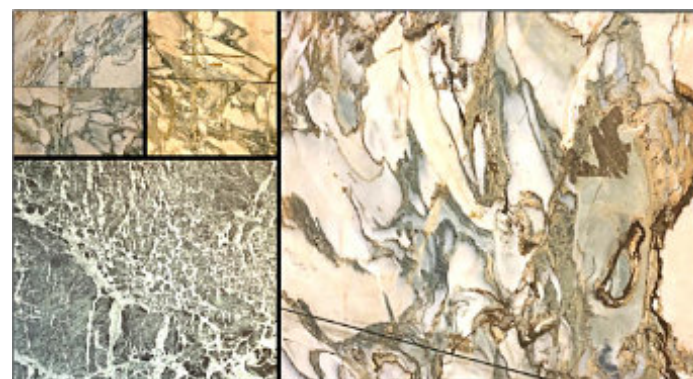


Fig. 1. Mármol cipolino y pórfido verde de salones internos del Banco de Boston (actual banco ICBC).

Edificio Banco BBVA

El edificio del Banco BBVA Francés (ex Nuevo Banco Italiano), de estilo neo-renacentista italiano, y construido entre 1929 y 1933, presenta en su fachada piedra travertina de color beige y mármoles de diferentes variedades y colores en sus salones interiores, entre ellos boticino y negro (Fig. 2). El resto de entradas y aberturas también fueron trabajadas en piedra travertina.



Fig. 2. Fachada y exteriores del Banco BBVA (ex Nuevo Banco Italiano). Nótese el minucioso labrado sobre el travertino.

El travertino es de origen italiano y fue tan minuciosamente labrado que representa un espectáculo a la vista por el detalle impuesto al alto relieve. Entre los elementos ornamentales se distinguen figuras infantiles, exóticas aves, conchas marinas, formas vegetales (flores, hojas y frutos), cuernos de la abundancia, todos dispuestos en perfecta simetría y armonía.

....“La planta baja, revestida en mármol travertino, presenta una importante arquería que por medio de ménsulas sostiene un balcón corrido, proporcionándole un interesante ritmo a la fachada que solamente se interrumpe en la ochava para jerarquizar al Banco. Este consiste en un plano avanzado con pilastras sobre las que se destaca un arco de traza circular con figuras en alto relieve. Este conjunto remata con un frontispicio ubicado a la altura del segundo piso” (L. Falco)

Galerías Comerciales Av. Cabildo

Las galerías porteñas representan espacios comerciales edificados en su mayoría a mediados del siglo XX, entre los años 1950 y 1960. Surgieron como una adaptación a los nuevos conceptos inmobiliarios de propiedad horizontal, esto es, mini-galerías en la planta baja de edificios de departamentos de clase media, y como respuesta a la demanda, y nuevos hábitos, de consumidores de buen poder adquisitivo (Bigongiari, 2008).

Caso especial es la Galería Las Vegas, la cual presenta en sus pasillos interiores pisos revestidos con una variedad de rocas ornamentales donde se incluyen ónices, alabastros, mármoles policromáticos y eventualmente ágatas, jaspes o calcedonias (Fig. 3). El piso está conformado por fragmentos de rocas de distinta naturaleza y tamaño, dispuestas en polígonos irregulares y ensambladas como grandes mosaicos. Las rocas están altamente microfisuradas, presentan bandas, estilolitas y evidencias de mineralización y metamorfismo lo que le confiere un aspecto brechoide. Los colores predominantes son tonalidades de verdes, ocre y cremas a blanquecino-rosáceos.

Aunque se desconoce la procedencia de estas rocas, se piensa que el ónix pudiera provenir de la Puna Argentina,

unos de los mayores depósitos del mundo y donde se explotó intensamente entre los años 1930 y 1980.

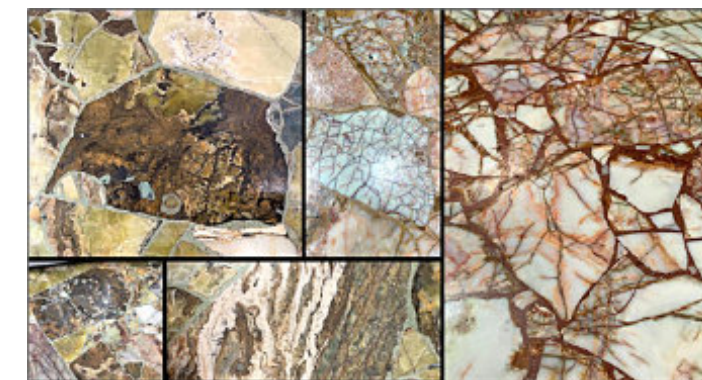


Fig. 3. Mosaicos pétreos en piso de pasillo interno de Galerías Las Vegas.

Su origen, a diferencia de los verdaderos ónices silíceos, radica en que, en piedras ornamentales, como es el caso, el término “ónix” se refiere a depósitos químicos de carbonato de calcio (CaCO₄) derivados de actividad hidrotermal (Alonso, 2015; Sellés-Martínez, 2016). Otros autores sugieren que son mármoles llamados impropriamente ónix (Nágera Ezcurra, 1923).

Teatro Colón

El Teatro Colón, ubicado en el corazón de la ciudad, es una de las maravillas arquitectónicas y símbolo cultural del mundo. Para su construcción y decoración, se utilizaron diversos materiales y piedras naturales de construcción, elemento indispensable de la arquitectura de principios de 1900.

Rocas ornamentales de la más alta calidad forman parte del legado geológico del teatro. Casi todos los materiales utilizados en el edificio provenían de fuentes locales, excepto las losas de mármol, que venían de Europa. Apliques de bronce, laminados y recubrimientos de oro y otros elementos metálicos como hierro fundido y bronce también se utilizaron, tanto en la construcción como en la decoración del teatro, así como materiales modernos como el vidrio y el acero.

El interior es una muestra de piedras naturales decorativas que incluyen al menos seis (6) variedades de

mármol fino, presentadas como losas de una sola pieza, bases de columnas, pedestales o esculpidas y talladas. Los mármoles cubren pisos, columnas, zócalos y escaleras, así como barandillas y balaustres. Varias contienen fósiles (Fig. 4).

Entre las variedades reconocidas se encuentran los mármoles italianos Blanco de Carrara, Rojo Verona y Amarillo Siena, un mármol rojo de rudistas de probable origen español (Rojo Ereño), un mármol rosa de Portugal y un mármol negro verdoso de Bélgica. Durante la restauración del 2011 se reportaron seis variedades: Dolomita, Rosso Verona, Beige Comblanchien, Rosso Corallo, Rojo Alicante y Verde Alpes.

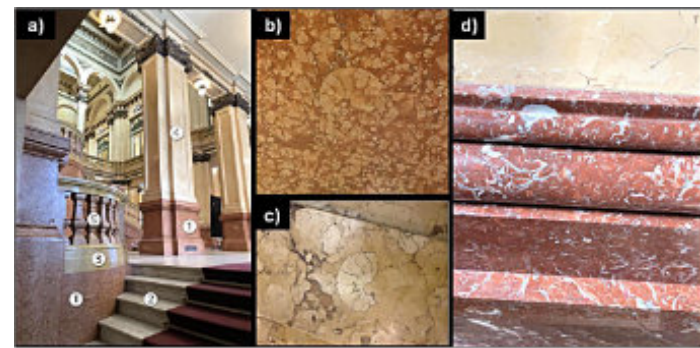


Fig. 4. a) Escaleras y Hall de entrada del Teatro Colón b) Losa de mármol Rosso Ammonítico o de Verona c) Base de barandilla de mármol Amarillo Siena d) Base de columna de mármol Rojo de Rudistas (Rojo Ereño). *Leyenda: 1: mármol Rojo Verona 2: mármol de Carrara, 3: mármol Amarillo Siena, 4: estuco imitación marmol, 5: balaustrada de mármol Rosa de Portugal)*

Huellas espectaculares de fósiles se pueden encontrar en los mármoles Rojo Verona, Siena Amarillo y Rojo Ereño. Los dos primeros son ricos en moluscos, mientras que el último es un mármol de rudistas.

ESTILOLITAS, VETAS Y CRISTALES

Estilolitas son comúnmente observadas en revestimientos calcáreos y marmóreos de varias edificaciones tanto residenciales como públicas. Surcan las losas con extraordinarios recorridos. Aunque su trazado general es rectilíneo, las superficies pueden ser entrelazadas, onduladas, sinuosas, dentadas o serradas, con crestas y valles simétricos o no, y encontrarse paralelas, verticales o inclinadas respecto al plano de estratificación (Fig. 5)

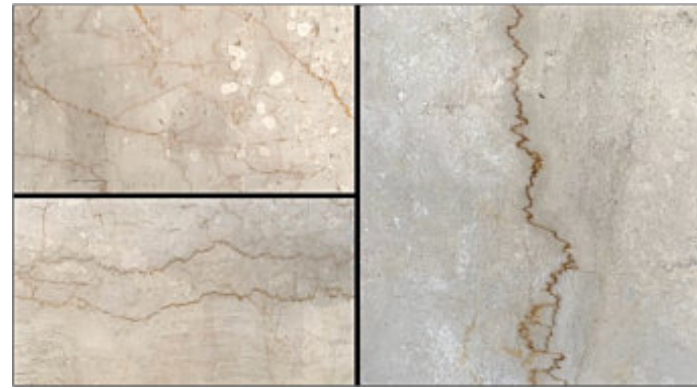


Fig. 5. Estilolitas verticales individuales, paralelas e inclinadas en calizas marmóreas.

A menudo, vetas y venillas de calcita relleno de diaclasas y microfracturas acompañan las estilolitas. Suelen presentarse individualmente, como líneas generalmente continuas, unidireccionales y poco bifurcadas, o bien como intrincadas redes de trazados multidireccionales, radiales o arborescentes, irregulares y discontinuos. Las vetas lineales pueden agruparse para formar otras vetas más gruesas y amplias. (Fig. 6)

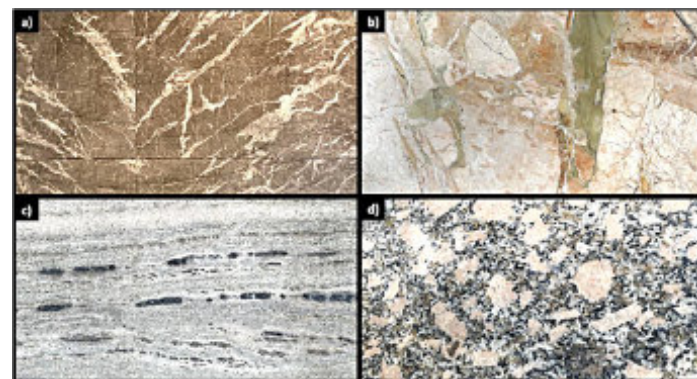


Fig. 6. a) venillas rellenas de calcita b) microfisuras y vetas en material pétreo brechado c) bandas y textura porosa en mármol travertino. d) fenocristales subredondeados y alargados de feldespato en granito

El color de las vetas es diferente del fondo de la piedra, con lo que se generan marcados contrastes. Destacan las de colores blancos, negros y tonos de grises, aunque también se identifican algunas de tonos amarillentos, ocre y anaranjados.

Se distinguen losas de travertino con texturas y estructuras muy porosas, alveolares, y superficies con cavidades y poros conectados entre sí, las cuales pueden llegar a alcanzar grandes tamaños (Fig. 7).



Fig. 7. Cavidades y estructuras porosas en losas de mármol travertino

En los granitos, predominantemente de estructura porfídica, se observan cristales claros de tamaños más grandes, entre 3-5 cm. Algunos cristales aislados llegan a mostrar texturas *rapakivi* de tamaño 2.5-3 cm. Algunos suelen contener xenolitos o concentraciones de minerales maficos.

Estatuas, Esculturas y Monumentos

Las estatuas, esculturas y monumentos están esparcidos por toda la ciudad. Se habla de más de 2450 esculturas y monumentos. Se consiguen en plazas, parques, paseos y mausoleos de cementerios. Rinden homenajes a próceres, héroes, artistas y personajes notables (Fig. 8). Hay otras que representan la mitología, al simbolismo, la censura y las artes. Muchas de ellas traen sorprendentes historias, llenas de secretos y anécdotas.

Generalmente son de mármol y travertino, aunque se identifican areniscas, cuarcitas, granitos y otras rocas duras, combinadas con metales como el bronce y hierro forjado. Los mármoles son diversos, desde las variedades blancas y amarillas, incluyendo el carrara, hasta negros y rojos. Los granitos suelen ser rojos y rosados, si bien se han identificado grises y negros. Componen los revestimientos de pedestales, bases y columnas de estas obras.



Fig. 8. Monumento al poeta ucraniano Taras Schevenko en el parque 3 de Febrero de Palermo. La figura de bronce se posa sobre basamento de granito pulido rojo dragón (1). Al lado, relieve realizado en un único bloque de granito rojo sin pulir (2).

Brechas serpentínicas verdes y moradas también han sido utilizadas en pedestales de mausoleos (Sellés-Martínez, 2014).

Aunque solo se seleccionaron unos pocos ejemplos, son numerosos los lugares, edificios, galerías y monumentos de Buenos Aires con revestimientos pétreos dignos de admirar. La mayoría están ocupados por oficinas gubernamentales y bancarias, entre otras: Banco HSBC, Casa de la Cultura, Galería Güemes, Congreso Nacional, Secretaría de Modernización, las Plazas San Martín y Lavalle, Monumento al General Belgrano y el Cementerio de La Recoleta.

FÓSILES URBANOS: una caminata en el tiempo

Muchos son los edificios de Buenos Aires que ofrecen la oportunidad de reconocer fósiles en sus paredes o pisos, por lo que un paseo por la ciudad es reencontrarse con la historia de la tierra expresada a través de estos fósiles. Los fósiles más comunes son improntas de moluscos-amonites- y conchas marinas como elementos ornamentales, tanto internos como externos, de edificaciones y pavimentos.

Se han observado en lajas de revestimientos externos de muros perimetrales, en losas o adoquines de

pavimentos y caminerías, así como expuestos en pisos y paredes de salones interiores de edificaciones (Fig. 9).



Fig. 9. Amonites en calizas de muro perimetral de edificio residencial en el barrio de Belgrano (tamaño máximo 5-10 cm)

Se reconocen moldes de muchas variedades de amonites y otros gastrópodos, generalmente en lajas naturales de calizas de colores beige, ocres a arena. Las improntas pueden estar completas, fragmentadas o ligeramente deformadas. También se han visto en superficies pulidas y trabajadas de revestimientos de pisos y paredes (Fig. 10). En estos últimos, las improntas están mejor preservadas y definidas, mostrando excepcionales detalles.

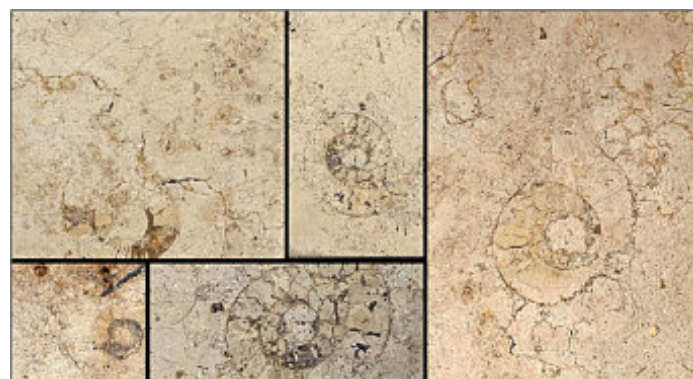


Fig. 10. Gastrópodos en losa de caliza marmórea pulida de barrio de La Imprinta

Menos común es la presencia de amonites en calizas micríticas de la variedad *Rosso Ammonitico* o *Rosso Verona* la cual es la definición común otorgada a calizas nodulares de color rojizo con formaciones alargadas de contorno amigdaloides y ricas en amonites (Fig. 11).



Fig. 11. Losa de mesada de local comercial en barrio de Palermo con amonites sobre caliza de la variedad Rosso Verona.

En edificios residenciales y comerciales, se han observado losas de calizas, comercialmente mármoles, con abundantes gastrópodos y conchas, o fragmentos de conchas de moluscos, especialmente de bivalvos (Fig. 12). Las calizas son de color variable, principalmente beige o gris claro.



Fig. 12. Los de pared de local comercial de barrio La Imprinta donde se identifican conchas marinas fósiles, incluyendo bivalvos, gastrópodos y moluscos.

En los barrios de Palermo y Belgrano no es extraño el uso de rocas ornamentales ricas en fósiles, por lo que suelen encontrarse con regularidad. En la esquina de Scalabrini Ortiz con Seguí y en caminerías del Planetario Galilei se han observado ciertos especímenes. En el primero de los casos, abundantes amonites se encuentran esparcidos en piso, muros y paredes exteriores de conjunto residencial. Las piezas, conservadas en lajas de piedra caliza, presentan dimensiones entre 5-10 cm,

llegando algunos a alcanzar excepcionalmente los 15 cm (Fig. 13).

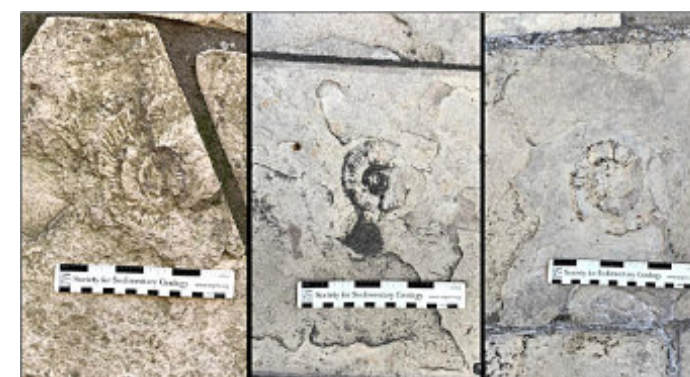


Fig. 13. Amonites en piso, muro y paredes de conjunto residencial de Palermo.

En el Planetario, muchas improntas de amonites se logran identificar en las losas de caliza que pavimentan las caminerías de acceso y circundantes al edificio (Fig. 14). La mayoría están incompletas y con signos de deterioro. Las más grandes pueden medir hasta 10-12 cm.

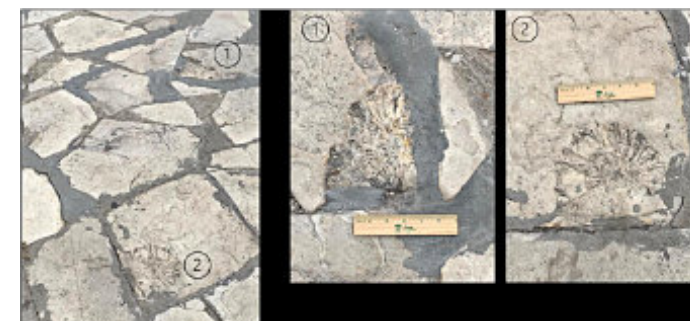


Fig. 14. Amonites en losas de calizas de las caminerías del Planetario. Escala de regla en pulgadas (1pulg=2.54 cm)

Si bien se desconoce la procedencia particular de estas calizas se presume que fueron extraídas de las canteras tradicionales de las provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa.

FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA PORTEÑA

Uno de los pocos accidentes geográficos que recorren la ciudad es la barranca que marca el antiguo margen del Río de la Plata, que corre paralela a la Av. Paseo Colón, Leandro N. Alem y del Libertador, y tiene tres puntos en donde alcanza una pendiente notable: Barrancas de Belgrano (Fig. 15), la Plaza Francia y el Parque Lezama. Otros importantes afloramientos se encuentran en la Plaza San

Martin y en Las Cañitas/ Imprinta hasta el Regimiento de Granaderos y Hospital Militar.

Representan remanentes erosivos de valles y terrazas fluviales expresados como barrancas y planicies aluviales y costeras.

Están conformadas por limos y loess, arenas y arcillas. Se evidencia el desarrollo de horizontes diagnósticos de suelos. Los sedimentos más antiguos que afloran son los depósitos fluviales y lacustres de las Formaciones Ensenada-Buenos Aires, del Pleistoceno.



Fig. 15. Las Barrancas de Belgrano, en un dibujo de R. von Steiger; tal como era su panorama en el año 1912 (izq). Las barrancas actualmente, en 2023 (der).

COMENTARIOS FINALES

Como corolario de este artículo surge la propuesta de crear formalmente fichas, guías y mapas digitales con itinerarios urbanos para precisar la ubicación, y para la identificación y clasificación de rocas y fósiles como elementos de las rocas ornamentales y con ello promover la difusión del pensamiento geológico en la ciudad. Serviría también como un recurso didáctico para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra y para la conservación del patrimonio geológico urbano.

Proyectos de este tipo han sido tratados con anterioridad con resultados modestos, generalmente inaccesibles al ciudadano común, a aquel lejano a los ámbitos universitarios, o simplemente, poco divulgados. Los circuitos geoculturales, las bases de datos, locaciones con coordenadas satelitales, mapas interactivos, fichas, registros, planos, folletos y guías propuestas por diversos autores, tanto nacionalmente (Lacreu et al., 2012; Sellés-

Martínez, 2014; Lema, 2019), como internacionalmente (Carrillo-Vigil y Gisbert, 1993; Colomer et al., 2016; Seijas y Morentin, 2018), aún están vigentes y son ejemplos claros del interés en la temática, por lo que deben retomarse y afianzarse sistemáticamente, con participación de organismos privados y/o gubernamentales.

REFERENCIAS

- Alonso R., 2015, El ónix de la Puna, Diario El Tribuno, Sección Opiniones, Edición 28/09/2015
- Bigongiari D., 2008, Buenos Aires y alrededores, Guía del Viajero, Ediciones Granica S.A.
- Carrillo Vigil L. y Gisbert Aguilar J., 1993, Guía de Rocas Ornamentales. Ediciones del Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Medio Ambiente, 144 p.
- Colomer M., Durán H. y Puigcerver M., 2016, Una nueva manera de utilizar los itinerarios urbanos en la enseñanza de la Geología: trabajo cooperativo mediante computación en la nube, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2016 (24.2). ISSN (edición impresa): 1132-9157, (edición electrónica): 2385-3484, p. 202-212.
- Hernández de Lara O., Padula H., Bernat E. y Orsini R., 2012, Hallazgos arqueológicos en la Casa de Liniers: una roca ígnea en la excavación de la Casa del Virrey Liniers, Centro de Arqueología Urbana, Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA, Artículo No. 29, iaa.fadu/uba.ar/cau/. Publicada 9 agosto 2012, actualizado 24 agosto 2016.
- Lacreu H. L., Sosa G., Casali N., Martínez A.N., Merlo M., Díaz Mayo A., Gómez F., Belpoliti N. y Martinez R., 2012, Paseos Geológicos Urbanos, Fundamentos en Humanidades, Universidad Nacional de San Luis, Argentina, Año XIII, Número II (26/2012), p. 285-297.
- Lema M., 2019. Mapageoturismo.com
- Nágera Ezcurra J., 1923. Los yacimientos de calizas en la República Argentina. Humanidades. (La Plata, 1921), 5, 429-442. En Memoria Académica.

Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.2019/pr.2019.pdf

- Schávelzon D., 2013, Lítica histórica: la piedra en Buenos Aires en los siglos XVI al XX, usos y tecnologías, Ediciones Aspha, 112 p.
- Seijas N., Morentin M., 2018. Estudio de una salida urbana para el aprendizaje de la geología en bachillerato. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 15 (2), 2107. doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2107
- Sellés-Martínez J., 2014, Las Piedras Ornamentales de la Ciudad de Buenos Aires: un patrimonio a revalorizar en "Vivir la Ciudad, Nuevas Miradas sobre el Patrimonio", Ponencias y Comunicaciones (CICOP ebook), p 161-169.
- Sellés-Martínez J., 2016, Calizas y Mármoles Blancos en "Las piedras en el camino del arte", CONVERSA, Publicación Online de Conservación y Restauración, Año 2, N° 6, Abril 2016, <https://conversaonline.wixsite.com/conversa/piedras-en-el-camino-del-arte>
- Sellés-Martínez J., 2016, Un Laberinto de Ónices, Alabastros y Travertinos en "Las piedras en el camino del arte", CONVERSA, Publicación Online de Conservación y Restauración, Año 3, N° 8, Diciembre 2016., <https://conversaonline.wixsite.com/conversa/piedras-en-el-camino-del-arte>
- Sellés-Martínez J., 2017, Las Piedras en la ornamentación, Parte 2 en "Las piedras en el camino del arte", CONVERSA, Publicación Online de Conservación y Restauración, Año 3, N° 10, Agosto 2017, <https://conversaonline.wixsite.com/conversa/piedras-en-el-camino-del-arte>
- Senado de la Nación Argentina, Proyecto de Ley declarando Monumento Histórico Nacional el Edificio del " BBVA Banco Francés" ubicado en la Ciudad de Buenos Aires, Número de Expediente 862/04, https://www.senado.gov.ar/web/proyectos/verExpe.php?origen=S&tipo=PL&numexp=862/04&nro_comision=&tConsulta=3



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

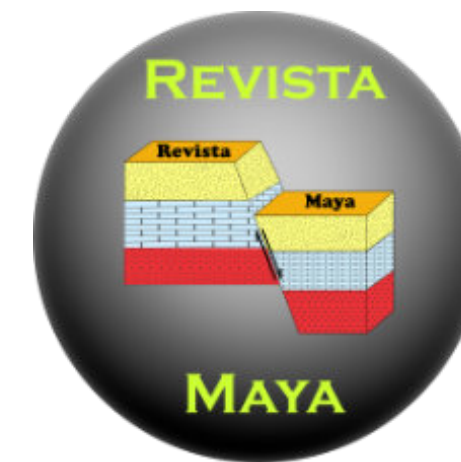
Comenzó su carrera en 1983 como geólogo de operaciones y de producción para empresas estatales y privadas en diversos campos de la Cuenca Oriental de Venezuela. En 1995, se unió a Pérez Compac (luego Petrobras) donde ocupó varios cargos, desde geólogo senior del campo Oritupano-Leona, hasta Gerente Técnico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

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

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

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

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



Imposible, es una palabra que sólo se la encuentra en el diccionario de los tontos.

Napoleón Bonaparte

536 APOCALYPSE – THE WORST YEAR OF OUR LIVES

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Cover photo: www.stefnisson.com

In A.D. 536, Europe had a terrible bad year. It started when a mysterious fog swept over the continent, veiling the sun in a blue haze across Europe, the Middle East and parts of Asia into darkness 24 hours a day, for 18 months. Temperatures dropped to levels not seen in the past two millennia, crops failed from Ireland to China, and famine ran rampant. It was, the Dark Age. Those people who endured the long, cold nights, faced even harder times in the years to come. In A.D. 541, an outbreak of bubonic plague known as Justinian's Plague swept through the Mediterranean, killing an estimated of about 100 million people.

THE 536 EVENTS

“There was a sign from the sun, the like of which had never been seen and reported before. The sun became dark and its darkness lasted for 18 months. Each day, it shone for about four hours, and still this light was only a feeble shadow. Everyone declared that the sun would never recover its full light again”. Historiae Ecclesiasticae (Churh Histories)

During the year 536, a series of major global climatic events, took place that could be described as a global cataclysm with catastrophic consequences. The above abstract is from the sixth century historian and church leader, John of Ephesus. John is not the only one that

mentions this event. Procopius lived between 500 and 565 AD and he was one of the main historians of the 6th century. He also refers to the strange phenomena of the sun and believed that it was a bad sign and the beginning of other horrible events.

... during this year a most dread portent took place. For the sun gave forth its light without brightness...and it seemed exceedingly like the sun in eclipse, for the beams it shed were not clear., History of the Wars: The Vandalic War.

The year is AD 536, Procopius of Caesarea has just arrived in southern Italy. He came from Caesarea in Palestine, as legal advisor accompanied general Belisarius who fought most of Justinian's battles. During 536 and 537 Procopius was with the armies in Africa and Italy. At that time, the balance of power in the Mediterranean was ongoing: Vandals had sacked Rome in 455 and the Western Roman Empire had fallen in 476. Justinian I, the Byzantine (or Eastern Roman) Emperor, is determined to reclaim the lost territories of the empire. After a successful campaign against the North African Vandal Kingdom in the early 530s, Justinian moved his army to retake Italy. Yet as Procopius records, something strange happened. The sun dimmed for more than a year. There were frosts

and snows in the middle of summer and the winter never really ended.

And there is another reference from a 6th century writer, Zacharias of Mytilene, who authored a chronicle that contains a section referring to the 'Dark Sun' for the period of 535-536 AD.

The sun began to be darkened by day and the moon by night, while the ocean was tumultuous with spray from the 24th of March in this year till the 24th of June in the following year... And, as the winter was a severe one, so much so that from the large and unwanted quantity of snow the birds perished... there was distress... among men... from the evil things, Zacharias of Mytilene (Chronicle, 9.19, 10.1)

From Italy to Ireland, China to Central America, the year 536 was the beginning of a decade-long cold snap beset by turmoil. Religions lost believers, cities collapsed and one of the greatest plagues in history killed about a half of the population in the Byzantine Empire. Justinian's armies did manage to retake Rome, but his weakened empire was overstretched, and soon lost the territory again.

These three extracts are just an example of numerous accounts from all over the world, written in the same period of time. In all cases, the sun was described as getting dimmer and losing its light. Many also described it as having a bluish color. The effects were also observed with the moon which it wasn't as bright as usual anymore. The reduction of the light resulted in the reduction of heat on the planet; no rain and a very long winter resulted in crop failures; and for some wildlife to perish, as Zacharias of Mytilene wrote in his chronicles. Famine and plagues struck many areas and there were a huge number of people death.

In Japan and China, the event was also recorded in great detail. Massive droughts and thousands of deaths. The water wasn't enough for the towns and villages. Hundreds of thousands of square miles became infertile lands. In the Beishi chronicles (a book parallel to the official northern dynastic history), mentions that in 536, in the province of Xi'an, about 80% of the population died and the survivors ate corpses to survive.

The catastrophic event struck also the Americas, Europe, Africa, and Australia. While written records do not exist for all these areas, archaeological and geological data revealed evidence of the climatic

changes. Studies done on the tree's rings, for example, showed that 536 had been the coldest year in 2,000 years.

As a mysterious fog plunged Europe, the Middle East, and parts of Asia were into darkness, day and night, for at least 18 months. Temperatures in the summer of 536 fell up to 2.5°C, initiating the coldest decade in the past 2,000 years. Snow fell that summer in China; crops failed; people starved. The Irish chronicles record a failure of bread from the years 536–539. Then, in 541, bubonic plague struck at the Roman port of Pelusium (Egypt). What came to be called the Plague of Justinian spread rapidly, wiping out one-third to one-half of the population of the eastern Roman Empire, accelerating its collapse.

THE PLAGUE OF JUSTINIAN

Justinian was among the greatest emperors of the Roman empire. He took power in 527 A.D., and at that time, the Western Roman empire was long lost, and the Eastern empire was fighting a war with the Persian empire. Justinian managed to bribe the Persian empire (11,000 gold pounds each year). That freed up the army, and he began to expand into the Mediterranean.

Carthage in North Africa fell in 534, in a battle that ended the Vandals. The Roman armies invaded Italy in 535 AD and quickly took Naples and Rome from the Ostrogoths. The Ostrogoth armies came back and besieged Rome for a full year, but the Romans managed to hold the city and in 538 the Goths retreated. By 540, much of the Italian peninsula was back under Roman control. The empire was well and truly being re-established, with its new capital in Constantinople.

But the apocalypse developed in 541 when a new disease (the bubonic plague) appeared in Egypt. The disease moved on quickly, becoming endemic in the Mediterranean and eventually reached Constantinople in 558 AD. Constantinople may have lost 40% to 60% of its inhabitants because the plague. The total population of the empire was around 25 million; it implies a mortality rate similar to the Black Death. Farming was badly affected, with many farms empty and abandoned. Famines were reported also in 542, 545, and 546. If the plague hadn't come, it seems possible that the Roman empire would again have controlled the entire Mediterranean, and possibly Central Europe as well. That was no longer possible, instead, after the falling of the Western Roman Empire in 476, the Eastern Empire

began a slow decline and contraction to its eventual end, a millennium later.

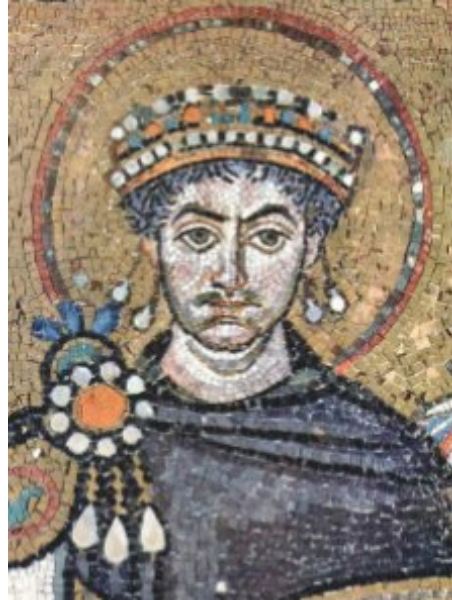


Figure 1. Portrait of Roman Emperor Justinian. Detail of a contemporary mosaic at the Basilica of San Vitale, Ravenna. Source: Wikipedia.

THE VOLCANIC SUSPECT

Tree ring studies in the 1990s suggested that something weird did happen around the summer of year 536, which was unusually cold, and some researchers have hunted for the cause for a long time. Medieval historian and archaeologist from University of Nottingham, Christopher Loveluck and his colleagues from the University of Maine stated that 536 A.D. was the worst to be alive (Loveluck et al., 2018). Not 1349, when the Black Death wiped out half of Europe. Not 1918, when the flu killed about 100 million people. Not 2020-21 with the Covid-19 pandemic that created a lockdown in almost all countries. 536 A.D. in Europe was the beginning of one of the worst periods to be alive.

Historians have long known that the middle of the sixth century was a dark period in what used to be called the Dark Ages, but the source of the mysterious clouds mentioned in so many sources, has long been a puzzle. A good way to study the past is by using ice cores. These are obtained from glaciers: every year a new layer of ice forms from compacted snow, and these layers can be recognized and counted as if they were tree rings. Now, an ultraprecise analysis of ice core cut in 2013 from a Swiss glacier, by a team led by researchers from the University of Maine (Loveluck et al, 2018), have fingered a possible culprit. The team reported that a cataclysmic

volcanic eruption in Iceland dumped ash across the Northern Hemisphere early in 536. Two other identified massive eruptions followed, in 540 and 547. The repeated volcanic blows, plus the infamous Justinian plague in 541, plunged Europe into economic stagnation that lasted until 640.

Summers in Europe and Asia became significantly colder, with China even reporting summer snow. This Late Antique Little Ice Age, as it's known today, came probably when volcanic ash blocked out the sunlight. Loveluck et al, (2018) with his colleagues believe they've finally uncovered the answer. In a study published in the journal *Antiquity*, the team analyzed an ancient ice core pulled from the Swiss Alps (Figure 2), containing more than 2,000 years of geological history. Particles of dust, metal and airborne elements frozen at various levels of the 72 meters long core, showed how the atmosphere over Europe changed throughout the past two millennia. According to this study, a massive volcanic eruption directly preceded the beginning of Europe's darkest time.



Figure 2. A 72-meter ice core drilled in the Colle Gnifetti Glacier (under the dome tent) in the Swiss Alps, encompasses more than 2000 years of fallout from volcanoes, storms, and human pollution. To the right, a detailed view of a section of the core that revealed details of the year 536

When looking at samples dated to the spring of 536, the team found microscopic particles of volcanic glass, which were later traced to volcanic rocks from Iceland. According to the researchers, these particles are evidence of a massive volcanic eruption that created a monstrous plume of ash into the air over the Northern Hemisphere, riding the winds south to Europe and engulfing the sky for more than a year. In ice samples from the spring of 536, University of Maine researchers (Loveluck et al, 2018), bombarded the microscopic volcanic glass particles with x-rays to determine their chemical fingerprint. The particles found showed that they closely matched glass particles found earlier in ice cores from Greenland and the Antarctica (Larsen et al., 2008). Those particles in the Swiss ice core in turn,

showed chemical similarities with volcanic rocks from Iceland.

Another team (Buntgen et al., 2016) also confirmed the evidence that after 536, two subsequent eruption events occurred in the years 540 (Figure 3) and 547. The winds and weather systems in 536, 540 and 547 must have been just right to guide the eruption plume southeast across Europe, and later, into Asia, casting a chilly path, as the volcanic fog rolled through the world. Future steps are to try to find more particles from this volcano in lakes in Europe and Iceland, in order to confirm its location in Iceland and find out why it was so devastating.

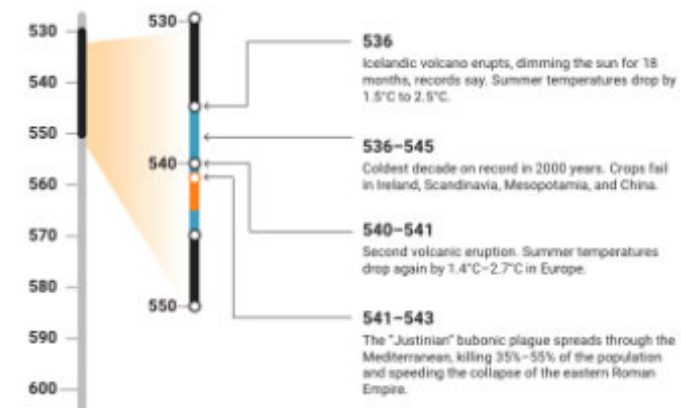


Figure 3. A high-resolution ice core record combined with historical texts chronicles, shows the impact of natural disasters on European society.

According to the researchers, the combined effect of the mortal Justinian plague plus the eruption from this volcanic triplet, did more than just block the sun and cool Earth; it may well have set Europe up for a period of famine, death and decline that lasted 100 years.

THE HALLEY'S COMET SUSPECT

Some cosmic dust contains concentrations of volatile elements such as Stannum or Tin (Sn), Zinc (Zn), and Bismuth (Bi). Sn-rich particles, Ni-rich particles, and cosmic spherules were found together by Abbott et al., (2014), at four stratigraphic levels within the 362–360 m depth interval of the Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP2) ice core. They found Ni-rich particles and I-type (Fe-oxide) cosmic spherules from 361.8 to 360.51 m depth, dated between 533 and 540 A.D. The Sn-rich and

Ni-rich particles contain an average of 10–11 wt% C. This high C contents coupled with local enrichments of volatile elements like Iridium, Zinc, Copper, and Xenon, suggest a cometary source for the dust.

The timing of extraterrestrial input best matches the Eta Aquarid meteor shower associated with comet Halley (Figure 4). An increased flux of cometary dust plus volcanic ash explained before, probably contributed to the profound global dimming during 536-537 A.D., but the concentration of fine aerosols may be insufficient to produce those results, so the authors also found tropical marine microfossils and aerosol-sized CaCO₃ particles at the 535-536 A.D. level that they attributed to a low-latitude explosion in the ocean. This additional source of dust is probably needed to explain the solar dimming during A.D. 536-537.



Figure 4. Eta Aquarid meteor shower. Source: <https://www.perthobservatory.com.au>

CONCLUSIONS

The assessment of cases like 536 A.D. will further increase our perception of the environmental conditions under which every important historical event occurred.

Detailed examinations of fine particles at and near extinction horizons like 536 A.D. case, can help to determine the relative contributions of cosmic and volcanic drivers to mass extinctions.

REFERENCES

Abbott, D.H., Breger, D., Biscaye, P.E., Barron, J.A., Juhl, R.A., and McCafferty, P., 2014, What caused terrestrial dust loading and climate downturns between A.D. 533 and 540 ?, in Keller, G., and Kerr, A.C., eds., Volca. <https://pubs.usgs.gov/publication/70114991>

Buntgen et al., (2016) Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660. Natural Geoscience Vol. 9. doi: 10.1038/NNGEO2652 https://www.blogs.uni-mainz.de/fb09climatology/files/2012/03/Buentgen_2016_NatureGeo.pdf

Larsen et al., (2008) New ice core evidence for a volcanic cause of the A.D. 536 dust veil. Geophysical Research Letters, Vol. 35, L04708, doi:10.1029/2007GL032450 <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2007GL032450>

Loveluck et al., (2018) Alpine ice-core evidence for the transformation of the European monetary system, AD 640–670. Antiquity 92 366 <https://doi.org/10.15184/aqy.2018.110>

<https://www.science.org/content/article/why-536-was-worst-year-be-alive>

<https://www.mirror.co.uk/science/year-536ad-the-worst-year-13604819>

<https://www.livescience.com/64132-worst-year-ever-536.html>

<https://www.history.com/news/536-volcanic-eruption-fog-eclipse-worst-year>

<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-6397621/Why-536-AD-worst-year-alive.html>



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

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

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

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

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

jcasas@geologist.com

¿Las calles de los Estados Unidos, fueron pavimentadas con asfalto cubano en el siglo XIX? ¿Y las calles de La Habana?

Rafael Tenreyro Pérez

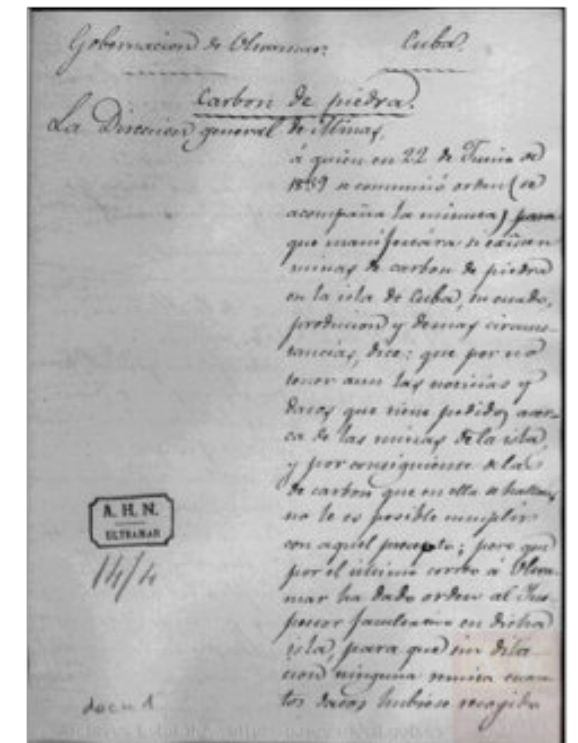
Melbana Energy Limited

En 1983, al visitar las ruinas de lo que habían sido las minas de asfalto de Bejucal, el campesino, cuya finca era colindante, tenía una historia apasionante que contar: “Las minas fueron explotadas por una empresa norteamericana que las había trabajado hasta que se inundaron. Contaban con una línea férrea para el acarreo del mineral”. Hasta ahí, todo iba muy bien. Luego apuntó: “La longitud total de la mina es de cuatro kilómetros y se produjeron cuatro millones de toneladas de asfalto. Con ese material se asfaltaron todas las calles de Nueva York.” Esto último, sonaba a leyenda, porque con cuatro millones de toneladas de asfalto, se podían asfaltar más de 100 000 km de carreteras, y eso, era mucho más que los 80 000 km del Sistema Interestatal de Carreteras en los EE. UU. Pero el mito de que las calles de Nueva York fueron asfaltadas con mineral proveniente de Cuba, es fuerte y se ha repetido en varias publicaciones. ¿Cuál es la verdad?

El asfalto cubano en el siglo XIX.

Luego de los procesos de independencia de las repúblicas americanas, Cuba se sumió en una crisis económica al dejar de ser “el Antemural de las Indias”. Los cambios vinieron, en un momento de grandes transformaciones tecnológicas, por la introducción de las máquinas de vapor en la industria y los buques. Las autoridades y los ilustrados capitalistas locales, tenían la expectativa que el asfalto natural cubano, que ya se había comenzado a explotar en Guanabacoa, podría estabilizar la situación económica de la isla. La explotación de minerales combustibles, conocidos desde los tiempos de la conquista, podía hacer la diferencia. Como parte de las gestiones para estimular su producción, la Real Orden de 11 de septiembre de 1836, ampliaba los límites de las pertenencias del Real Decreto del 4 de julio de 1829, para

la extracción de “carbón de piedra” en Cuba. La industria del asfalto se veía de forma muy positiva en tres direcciones: como fuente de divisas por la exportación, como sustitución de las importaciones de carbón y, lo más importante, como combustible en la industria azucarera en sustitución del bagazo y la madera de los bosques tropicales.¹



Nota explicativa de la Real Orden del 22 de junio de 1839 del Archivo Nacional de Historia (<http://pares.mcu.es>).

Durante el siglo XIX, se explotaron varias minas de asfaltita, principalmente en la mitad septentrional de la isla. Estas acumulaciones, eran el resultado de la transformación de un crudo con alto contenido de asfaltenos.² El petróleo, escapado de acumulaciones subterráneas, sufrirá la transformación siguiente: petróleo asfáltico (extrapesado), asfalto blando (pisasfalto), asfalto duro, rocas asfálticas y finalmente en pirobitúmenes asfálticos.³ El proceso lleva a la formación de tres tipos o variedades de asfaltita: gilsonita, pez brillante (glance pitch o brillantina cubana) y grahamita. Las dos primeras se distinguen por su elevada pureza, mientras que la tercera se caracteriza por su más elevado punto de

reblandecimiento y mayor contenido de cenizas, normalmente superior al 20 %.

Las rocas asfálticas cubanas se explotaron en casi un centenar de minas y tuvieron varios destinos, aunque el principal, fue la exportación, principalmente, hacia Estados Unidos.⁴ La inestabilidad en la calidad y lo poco significativo de los volúmenes de producción de asfalto, atentaron contra un mayor uso en la agricultura y la industria de la isla. El principal empleo, en el país, fue la quema directa en calderas, incluyendo la industria azucarera. Además, hay ejemplos, de su utilización en la construcción, como aglutinante, y para la impermeabilización; para la producción pinturas; para la generación de gas sintético en varias ciudades y, finalmente, su destilación. A pesar de las grandes expectativas, y el estímulo de las autoridades para que la industria local asimilara el asfalto cubano, la realidad fue que, con excepción de las minas de la Habana, no hubo una amplia utilización en el país. En el exterior, la grahamita cubana, competía por su calidad con el asfalto de la isla de Trinidad por su menor contenido de agua y mejores propiedades aglutinantes. La tonelada de asfalto cubano se llegó a vender en el puerto de Nueva York entre 80 y 120 dólares la tonelada, mientras que en el mercado interno los precios variaban entre 10 y 30 pesos la tonelada.⁵

De las minas explotadas en el siglo XIX, las de mayor importancia, por su volumen de producción, fueron las existentes en de la Bahía de Cárdenas. Las acumulaciones se extendían como un manto sobre el fondo marino, con un espesor de más de 70 pies constituyendo “un mineral bituminoso de los más puros que se conocen y muy apreciado en el mercado de Nueva York para su empleo en los barnices”.⁶ Pero, ninguno de los emprendimientos mineros en Cuba del siglo XIX se convierte en un yacimiento de grandes proporciones, capaz de soportar producciones a lo largo de decenas de años. El promedio de existencia de la explotación fue siempre de menos de diez años. Las minas, por lo general de pequeñas proporciones, tenían muchas deficiencias técnicas por la falta de personal calificado.⁷ Atentaba contra la industria,

la falta de infraestructura para el transporte del mineral. Solo se desarrollaron con eficiencia aquellas minas que estaban cerca de los puertos. La mayor producción de asfalto fue desde julio de 1880 a diciembre de 1881, ascendió a 2 224 toneladas, con un valor de 193.816 pesos en el mercado de Nueva York, compitiendo con el asfalto proveniente de la isla de Trinidad.⁸

Asfalto natural para pavimentar calles y caminos en los Estados Unidos.

El asfalto natural o asfaltita está constituido por asfaltenos, que le dan color y dureza, y maltenos (resinas + aceite), que le dan valor cohesivo, aglutinación y ductilidad. Es un material termoplástico, sólido o semisólido, que tiene propiedades cementantes a temperaturas ambientes, pero que al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia fluida. A lo largo del siglo XIX, se va a desarrollar la tecnología de pavimentación de calles y caminos utilizando el asfalto natural en varias formas: fluidizado o no, en mantas, concreto asfáltico, terraplenes asfaltados y adoquines de asfalto.⁹

La tecnología comienza a desarrollarse en Europa, donde desde 1832 se utiliza la brea de carbón de piedra. En 1837, se utilizan adoquines asfálticos para pavimentar la Plaza de la Concordia y los Campos Elíseos de París. Los franceses introducen la tecnología en Estados Unidos y en 1870 se realizan las primeras pavimentaciones con adoquines de asfalto del Val de Travers, en Newark por la empresa de Edmund J. DeSmedt¹⁰ con gran impacto mediático y social. Por indicaciones del presidente Ulises Grant, DeSmedt pavimentó la avenida Pensilvania de Washington DC con asfalto de Trinidad.

El empresario norteamericano Amzi Lorenzo Barber funda en 1878 la Barber Asphalt Paving Co., empresa que, en corto tiempo, va a ocupar una posición oligopólica en la industria de la pavimentación. Para esto se va a apoyar en el control total de los yacimientos de asfalto de Trinidad. En 1887 firma un contrato con el gobierno británico que le daba la exclusividad por 99 años de la explotación del Pitch Lake en Trinidad, la mayor acumulación natural de asfalto en el mundo. Para 1890 Barber había colocado 12

millones de yardas cuadradas de pavimento asfáltico en unas setenta ciudades norteamericanas, a un costo de unos 35 millones de dólares. Salvando las distancias y las escalas, Barber fue a la industria del asfalto lo que Rockefeller al petróleo. En 1900, un intento de firmar un contrato similar con el gobierno venezolano, para controlar el yacimiento de asfalto Bermúdez, no fue exitoso. El yacimiento venezolano ya había sido entregado a la New York-Bermúdez Company en 1891.¹¹ A esto se unen otras fuentes en California y en México que, sumadas a la creciente disponibilidad de asfaltos provenientes de las refinerías, dictan el ocaso del imperio de Barber. En 1900 aparece la primera mezcla caliente, también con asfalto trinitario, utilizada en la rue de Louvre y la Avenida de la Victoria Paris.



La Avenida Pensilvania fue pavimentada con bitumen importado desde Trinidad.¹²

La asfaltita cubana finalmente tuvo alguna presencia en la pavimentación de calles en los Estados Unidos,¹³ aunque se ha reconocido, que su mayor utilización fue en la manufactura de lacas (Incluyendo el famoso “black japan” de los modelos T de la Ford). Durante un periodo de más de quince años, desde 1880, se hicieron varios experimentos de empleo de los asfaltos cubanos para pavimentar calles. No todos fueron exitosos. Uno de ellos, realizado en la calle 14 de Washington, DC, con una mezcla del asfalto proveniente de la Bahía de Cárdenas con arcilla y otros ingredientes no arrojó resultados satisfactorios y terminó en un fracaso.¹⁴ Esta aseveración fue disputada por el Dr. A. L. Dow, químico principal del Distrito de

Columbia y profesor de la Universidad del distrito. El profesor Dow considera que en realidad el problema es que fue aplicado deficientemente.

Por otra parte, la West Indies Company, operadora de la mina Angela Elmira de Bejucal, hizo el primer embarque de asfaltita hacia los Estados Unidos en enero de 1901. Parte del material, fue entregando a las autoridades del Distrito de Columbia para demostrar que se podría obtener una buena mezcla asfáltica mezclando el material con asfalto líquido puro proveniente de California. Unas cuatro mil yardas cuadradas del asfalto proporcionado por la West Indies Company fueron colocadas en la Avenida Connecticut de Washington DC, probando ser satisfactorio. Otras dos calles de la capital estadounidense fueron pavimentadas con esta mezcla. El profesor Dow, en su reporte sobre la mezcla de asfalto crudo de la mina “Angela Elmira” y de malta de California expresa: “una apropiada combinación de este asfalto y el fluido produce un cemento que por toda indicación va a clasificar como de los mejores para la pavimentación”¹⁵ El papel de diluyente la llamada “Texas maltha”, también ha sido probado en los asfaltos naturales de Cuba que requieren una cantidad de material de ablandamiento para la colocación de mantas de concreto asfáltico. El Dr. Dow también asegura que el asfalto de la mina Hamel Reynaldos, de Matanzas, fue utilizado como diluyente en el asfalto colocado en la calle F del Nordeste de Washington DC y ha funcionado bien. El asfalto de la mina Hamel también es utilizable para otros propósitos que no sea la pavimentación.

El reporte del Servicio Geológico de los Estados Unidos de 1901¹⁶ menciona que las llamadas minas Jesus del Potosí y Santa Rosa, de Campo Florido, con una producción anual entre 500 y 700 toneladas, explotan un asfalto impuro, pero con aplicaciones como combustible en calderas, para la producción de gas y se han realizado experimentos para la pavimentación de calles en Nueva York (Quinta Avenida), sin ninguna explicación adicional. Está bien documentada la utilización del asfalto de Banes, cerca de Mariel, para la pavimentación de la Avenida Drexel en Chicago. El boulevard de una milla y media de longitud fue

plantado después del gran incendio de Chicago en 1871 en lo que constituyó todo un ejemplo de arquitectura paisajística urbana.¹⁷



Drexel Boulevard

Pavimentación asfáltica en Cuba.

A pesar de casi un siglo de producción de asfaltos en Cuba, durante los tiempos coloniales ninguna calle o carretera de Cuba fue pavimentada con ese material. La excepción fueron los escasos metros de adoquines de madera impermeabilizados con asfalto de la calle Tacón frente al Palacio de los Capitanes Generales. En julio de 1898, durante la ocupación norteamericana, de las 111 millas de calles de la Habana, 28 tenían adoquines belgas o de Boston, 61 millas con terraplenes tipo macadam y 22 sin pavimentar. Las calles adoquinadas ocupaban principalmente las zonas comerciales de la Habana, pero estaban mal colocadas y peor entretenidas.

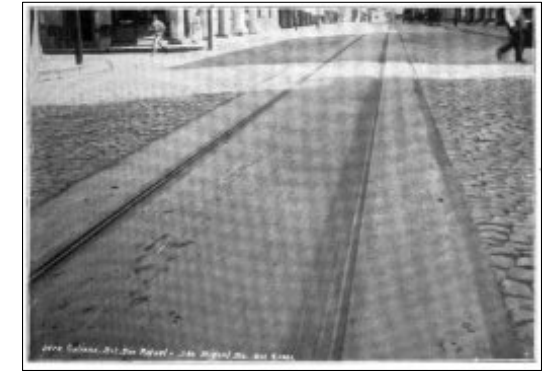
A principios 1899, una pequeña cantidad de bloques de asfalto, mantas de asfalto y adoquines vitrificados fueron colocados con el objetivo de hacer una prueba comparativa de su valor, al someterse al pesado tráfico habanero y a sus condiciones climáticas. La Calzada del Cerro fue tomada como zona de prueba, doce diferentes tipos de adoquines fueron suministrado y colocados a costo de los contratistas. Tanto los tramos de adoquines asfálticos como los mantos de asfalto fueron proporcionados sin costo por la empresa de Amzi Barber que tenía posición casi monopólica en el negocio de la pavimentación asfáltica.¹⁸ Todas las comparaciones

resultaron muy desfavorables en relación a los adoquines. Las pruebas de abrasividad realizadas por la National Brick Manufacturers Association dieron como resultado una pérdida promedio de 18.32%. El asfalto tanto en mantos como en bloques brinda un mejor revestimiento que los adoquines bajo los diferentes tonelajes de explotación. En las calles con tráfico muy ligero los adoquines se mantienen por más tiempo ya que el asfalto tiende a desintegrarse por la acción de los elementos. Como resultado de los experimentos, resultó seleccionada la técnica de mantos de asfalto para las calles de tráfico pesado pues fueron los sectores que resultaron ser mucho más duraderos, estables y poco ruidosos.

Finalmente, el gobierno interventor entregó la mayor parte de los contratos de pavimentación de la Habana a la Barber Asphalt Company.¹⁹ En junio de 1899, en la calle Tacón, la calzada de adoquines que se encuentra mal colocada, es irregular y ruidosa, va a ser cubierta con una manta de asfalto lisa, silenciosa y estable en el tiempo. En septiembre se va a asfaltar una cuadra en la Calzada del Cerro, en octubre, otra en la calle Amargura y en febrero de 1900 se va a asfaltar la calle Cuba entre Tejadillo y el sector norte de la Maestranza. A continuación, en marzo y abril de 1900 se va a pavimentar con bloques de asfalto la calle Oficios. Varias secciones de adoquines de asfalto fueron contratadas por particulares, para ser colocados en la calle al frente de sus negocios, para de esta forma, librarse del ruido excesivo de los adoquines de granito. La mayor parte de los mismos se colocan sobre una base de concreto con arena para los adoquines de granito y mezcla para los adoquines de asfalto. La empresa de tranvías Havana Electric Railway Co. también coloca una gran cantidad de bloques de asfalto y de adoquines.²⁰

La Barber Asphalt Company arrendó varias canteras cerca de la Habana y Santiago de Cuba, donde produce la roca de cantería necesaria para la pavimentación. La empresa va a contratar trabajadores y portadores cubanos para reparar los terraplenes de macadam, así como, para colocar adoquines de asfalto o mantas. Pero estos primeros adoquines y mantas de concreto asfáltico en Cuba no van a utilizar asfalto nacional, porque todo el

material que utilizaba Amzi Barber provenía de sus minas en Trinidad. En total se van a asfaltar con adoquines de asfalto 6711 metros cuadrados y con manto de asfalto 1 114 metros cuadrados como parte de la campaña de higienización.



Bloques de asfalto colocados entre las líneas del tranvía. Calle Galiano entre San Rafael y San Miguel. Octubre de 1901 un año después de asfaltado.

¹Moyano Bazzani Eduardo L. Serena Fernández Alonso La minería cubana en las últimas décadas del siglo XIX Escuela Taller del Archivo Histórico Nacional. Madrid Centro de Estudios Históricos, CSIC. Madrid (c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) Anuario de Estudios Americanos <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es> 2006

²López-Quintero J.O., O. Pascual, O. Delgado-López y J.G. López-Rivera, 2005. Familias de petróleos cubanos. Correlación con otras áreas en el Golfo de México. I Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, La Habana, Cuba, 5-8 abril 2005: (CD Memorias, ISBN 959-7117-03-7).

³Abraham Herbert Asphalt and allied substances. Their Occurrence, Modes of Production, Uses in the dirt and Methods of Testing Fourth Edition 1938 New York D. Van Nostrand Company Inc. 250 Fourth Avenue.

⁴Moyano Bazzani Eduardo L. Serena Fernández Alonso La minería cubana en las últimas décadas del siglo XIX Escuela Taller del Archivo Histórico Nacional. Madrid Centro de Estudios Históricos, CSIC. Madrid (c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) Anuario de Estudios Americanos <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es> 2006

⁵Salterain, Pedro. 1883, Breve reseña de la Minería de la Isla de Cuba. Habana Librería e Imprenta, la Publicidad 1883

⁶Moyano Bazzani Eduardo L. Serena Fernández Alonso La minería cubana en las últimas décadas del siglo XIX Escuela Taller del Archivo Histórico Nacional. Madrid Centro de Estudios Históricos, CSIC. Madrid (c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) Anuario de Estudios Americanos <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es> 2006

⁷Maffei O. Legislación de minas. Revista minera 15 de julio y 1 de agosto 1861. Madrid. 1861

⁸Moyano Bazzani Eduardo L. Serena Fernández Alonso La minería cubana en las últimas décadas del siglo XIX Escuela Taller del Archivo Histórico Nacional. Madrid Centro de Estudios Históricos, CSIC. Madrid (c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) Anuario de Estudios Americanos <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es> 2006

⁹What is a Quality Asphalt? J. York Welborn, Chief Bituminous and Chemical Branch, Bureau of Public Roads Washington, D.C.

¹⁰Abraham Herbert ASPHALTS AND ALLIED SUBSTANCES Their Occurrence, Modes of Production, Uses in the dirt and Methods of Testing Fourth Edition 1938 NEW YORK D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC. 250 FOURTH AVENUE.

¹¹Hippolyt Kohler and Edmund Graefe, "Die Chemie und Technologe der Naturlichen und Kiinsdichen Asphaite/", pp. 34-35, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig (1913).

¹²A Century of Progress: The History of Hot Mix Asphalt, published in 1992 by National Asphalt Pavement Association.

¹³De Quesada Gonzalo. Cuba. International Bureau of the American Republics. Washington D.C. USA. November 1905

¹⁴Boorman Thomas Hugh ASPHALTS Their Sources and Utilization s 1914 ROAD EDITION Containing Five New Chapters on MODERN ROAD CONSTRUCTION NEW YORK THE WILLIAM T. COMSTOCK CO. 1914

¹⁵Boorman Thomas Hugh ASPHALTS Their Sources and Utilization s 1914 ROAD EDITION Containing Five New Chapters on MODERN ROAD CONSTRUCTION NEW YORK THE WILLIAM T. COMSTOCK CO. 1914

¹⁶Bitumen in Cuba, por T'. W. Vaughan, en colaboración con C. W. Hayes y A. C. Spencer. Engineering Mining 1902

¹⁷Rodríguez. B. L'asphalte de Banés (isle de Cuba). Revue univ. d. mines . Liege-Paris. (2). 4. 1878. p. 756-759.

¹⁸O'Reilly, Kenneth. Asphalt: A History. University of Nebraska. July 2021; 344 pages

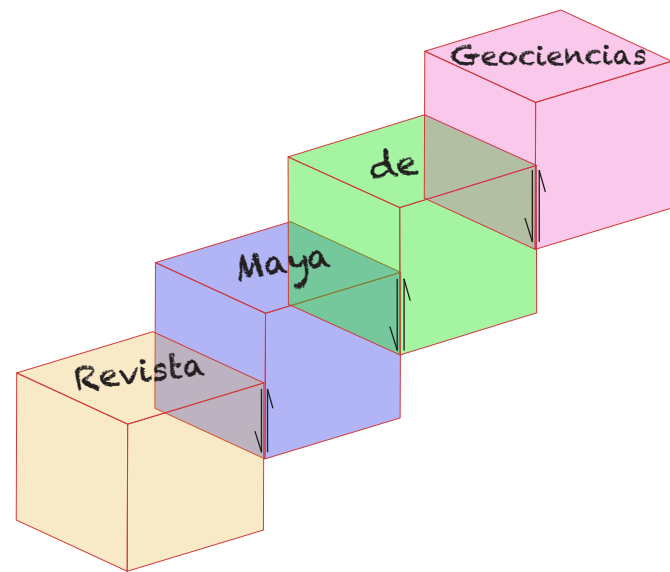
¹⁹Senate Committee on Relations with Cuba. Itemized Statement of Expenditures Made under the Heading of Sanitation in the Island of Cuba. Washington DC: Government Printing Office, 1900. Senate Committee on the District of Columbia.

²⁰Report of Lieutenant W. J. Barden. Corps of Engineers Late Chief Engineer. City of Havana. For the period ending May 20th, 1902



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



Una sucesión de pequeñas voluntades consigue un gran resultado.

Charles Baudelaire.

ESTUDIANTES Y EL SUEÑO DE UN MUSEO

No es mucha pero tampoco poca la gente que, desde pequeños, se ha interesado apasionadamente en nuestro planeta, digamos que son los necesarios o bien, los suficientes. Esas personas viven preguntándose desde muy pequeños cosas como: qué es un volcán, cómo nacen, cómo funcionan, por qué están aquí... bueno, un sin fin de preguntas más en torno a estos gigantes incandescentes del planeta, pero no acaba ahí, también se hacen preguntas sobre en los océanos, montañas, valles, ríos, climas entre otros sucesos, eventos y fenómenos que se desarrollan en este basto punto azul. Puede que estas personas sean, en algún futuro, potenciales profesionistas en el campo, modernamente conocido como Ciencias de la Tierra, ya sea desde un enfoque puramente científico o ingenieril.

Pero ¿por qué es importante tener en cuenta a este reducido grupo de personas interesadas en las ciencias de

la tierra? Podemos decir que las Ciencias de la Tierra abarcan ramas como la Geología, Hidrología, Oceanografía, Ingeniería Petrolera, Minería entre otras que son áreas fundamentales para un correcto avance y funcionamiento de la sociedad actual. Sabiendo esto, queda esclarecida la importancia de tener en cuenta a personas interesadas en este rubro desde su idea más fundamental que es: **El interés e importancia en los procesos y fenómenos ocurridos en el planeta.**

Pero lo importante a tocar en este **artículo** no es la importancia de las geociencias, sino como se apoya a estas personas interesadas en el área, desde enfoques como lo son la educación, los medios de comunicación y zonas de recreación tomando por ejemplo los museos para el fomento e impulso en el campo profesionista de las Ciencias de la Tierra. Pero de todos los enfoques anteriormente mencionados el que nos incumbe totalmente de lleno son los museos.



Figura 1. Museo de geología y paleontología ESIA Ticomán, IPN.

¿Qué es un museo?

Es una “institución dedicada a preservar e interpretar la evidencia tangible primaria de la humanidad y el medio ambiente”. (Lewis, 2023)¹

Entendida esta definición de museo cabe señalar que existen gran cantidad de museos públicos y privados con enfoques en las Ciencias de la Tierra en la República Mexicana como lo son: Museo de Geología de la UNAM, CDMX; Museo del Desierto, Coahuila; Museo de la Minería Manuel de la Borda, Guerrero por mencionarlos más famosos. Pero en este caso hablaremos de un pequeño recinto que también se encuentra en la Ciudad de México pero que no es tan conocido, hablamos del Museo de Geología y Paleontología ESIA Ticomán¹, dependencia del Instituto Politécnico Nacional. El museo como proyecto se remonta a noviembre de 1973 cuando el módulo de Ciencias de la Tierra del IPN aún se encontraba en la Zona Zacatenco.

Según testimonios de egresados y docentes de aquellas generaciones, entre los que destacan el Dr. Jaime Rueda Gaxiola y Dr. Jorge Díaz de León, mencionan que en aquel

entonces las muestras eran donadas y recolectadas por los alumnos y maestros en las practicas realizadas por parte de la ESIA y, en algunos casos, prácticas en conjunto con la Facultad de Ingeniería de la UNAM era tan grande que se empezó a almacenar en un salón del **edificio 9**

(Hoy escuela Superior de Ciencias Físico-Matemáticas de la unidad Zacatenco. Poco a poco, un grupo de estudiantes tomó la decisión de organizar el depósito rico en muestras minerales, petrográficas y fósiles. Tiempo después en 1989 coincidirán las fechas en que el módulo de las Ciencias de la Tierra es reubicado de la Escuela Superior Ingeniera y Arquitectura en la Unidad Zacatenco a la Zona Ticomán del IPN, pasando a ser la “Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra”, es en ese momento cuando se establecen los objetivos del museo, siendo estos: “servir de apoyo a la docencia, crear un área con infraestructura para actividades prácticas, fortalecer las actividades teóricas y prácticas de los estudiantes y servir como medio de difusión de las Ciencias de la tierra.” (Museo de Geología y Paleontología, s. f.)



Figura 2. Entre las actividades que se llevan acabo en el museo son las visitas guiadas al público general..

Actualmente el museo se encuentra a cargo del Ingeniero Fernando Rodríguez Chávez quién ha fungido como responsable del mismo desde marzo de 1998 hasta la fecha, el ingeniero es quien en los últimos años se ha

encargado de tratar de acondicionar el acervo en las instalaciones designadas a la Zona Ticomán.

En los últimos años el Museo ha crecido en sus colecciones, pero lamentablemente ha ido decreciendo

como dependencia y como centro de impacto para los interesados en las Ciencias en la Tierra, posiblemente este caso se deba a la falta de un enfoque dirigido al público general y se dirija únicamente a estudiantes y profesionistas resultando en un problema de difusión del recinto, pero como mencionamos más arriba, este caso no es el único que aporta a la actual decadencia del Museo del IPN actualmente, podríamos incluir aspectos como la falta de apoyo económico y el poco interés de docentes, alumnos y directivos en la regulación de esta

dependencia. A raíz de estas problemáticas es que aparecemos nosotros, la “Sociedad de Estudiantes Unidos por la Recuperación del Museo - SEURM” siendo una Sociedad Estudiantil que nace el 22 de junio de 2022, constituida con 10 miembros fundadores los cuales tenían en común la intención de recuperar el espacio del museo al notar un abandono alarmante del mismo, causa posterior a la pandemia del COVID-19 que azotó al mundo en el año 2022. Este proyecto se formalizaría con el visto bueno del Ing. Fernando Rodríguez Chávez junto al cual,



Figura 3. Defensa de Mammuthus columbi en vista lateral, se puede observar el recubrimiento de dentina, esto gracias a las etapas de crecimiento del espécimen MET-001.



Figura 4. Fragmento dental (Molar) perteneciente a Mammuthus columbi en vista lateral, en este se pueden observar las raíces del molar, así como sedimento procedente de la extracción.



Figura 5. Fragmento perteneciente a Mammuthus columbi, región craneal superior con alvéolos de incisivos (defensas) del lado izquierdo superior.

fungiendo como tutor de la sociedad, darían inicio las actividades en el museo teniendo como objetivos generar un nuevo sistema y archivo de clasificación en las colecciones, volver el recinto un centro recreativo y de interacción estudiante-escuela, programas de divulgación científica y conciencia en las Ciencias de la Tierra así como establecer un enfoque popular para la divulgación de la ciencias no solo de la tierra sino también en general.

Actualmente SEURM cuenta con año y medio en funcionamiento con 22 miembros los cuales están divididos en cuatro departamentos que fungen como brigadas: Brigada de Paleontología en el cual los estudiantes se han encargado de lotear, reclasificar y revalorar las 485 piezas fósiles tanto de mega y microfauna presentes en el museo (*Figuras 2, 3 y 4*); Brigada de Mineralogía y Petrología donde se hacen trabajos de investigación, identificación y reclasificación de más de 800 muestras minerales y 600 muestras de rocas con las cuales cuenta el museo; Brigada de Publicidad donde se realizan trabajos de divulgación científica respecto al Museo y las Ciencias de la Tierra en general y promocionar eventos que realizamos o bien en los que somos

participantes; Depto. de Logística donde se realizan las actividades de

administración general de la Sociedad, se realizan las redacciones de peticiones y planeaciones en general de acuerdo a la agenda de la sociedad, así como la gestión de la base de datos de todo lo investigado por los departamentos de "Paleontología" y "Mineralogía y Petrología". Si hablamos sobre avances concretos en el proyecto, podemos decir con seguridad que se logró el loteado del 100% del acervo Fósil del museo, el cual está en proceso de reclasificación y un 25% del acervo mineralógico y petrológico también ya loteado. El trabajo realizado por la sociedad es pesado y tardado, pues no es tarea fácil desde la posición de estudiantes realizar estas actividades, pero se ha avanzado poco a poco, se espera con el tiempo que aparezcan más interesados en participar con la Sociedad y poder así dejar las bases de un proyecto que puede significar un gran logro no sólo para la comunidad estudiantil y la institución. Pues todo esto nació, evolucionó y se dio justamente por un pequeño grupo de estudiantes que soñaron con un museo de renombre para la comunidad y constante en sus actividades.

Sociedad de Estudiantes Unidos por la Recuperación del Museo - SEURM.



Grietas de desecación en Presa "El Jaramillo". Mineral del Chico, Pachuca, Hidalgo, México. Fotografía de **Cassandra Cerón**.



Grietas de desecación en Presa "El Jaramillo". Mineral del Chico, Pachuca, Hidalgo, México. Fotografía de **Cassandra Cerón**.



La costa en la zona del cabo Vidio (Asturias, España) presenta un aspecto uniforme, con acantilados de unos 80-90 m de altura que pertenecen a la Serie de los Cabos (Cámbrico medio - Ordovícico inferior). Fotografía de **Jhonny E. Casas**.



1) Sievers Mountain is a 12786 ft (3897 m) summit located in the Rocky Mountains of Colorado, 11 miles southwest of the community of Aspen in the Maroon Bells-Snowman Wilderness. The rock that forms the mountain is arkosic sand, soft red shale and a paler siltstone, called the "Maroon Formation." The red color comes from tiny iron particles that have been oxidized, or rusted. The Maroon Formation is ancient sea bed deposits (more than 290 million years old, Upper Paleozoic) that were compressed and lifted up along with the rest of the Rockies. Valleys were formed by glacial erosion and landslides. Photos by **Jesus Porras**.



The Maroon Bells (right) are two peaks located in the Elk Mountains, separated between them by about half a kilometer (0.3 miles). As well as the Sievers Mountain is formed by layered clastic sediments of the Maroon Formation (Permian). They are called "The Maroon Bells" because of their bell-like shape and their maroon distinctive color when the light is right.



Basaltos en almohadillo del Cambro-Ordovícico en Newfoundland occidental, Canadá.
Photos by **Dr. Joshua Rosenfeld**.



Lutitas negras deformadas del Devoniano en la cuenca Deer Lake de Newfoundland, Canadá.



Pequeña parte de la Sierra Madre occidental Chihuahua, México. Fotografía tomada por **María Guadalupe Cordero Palacios**.



Vuelo para reconocimiento de estructuras de riolitas, Chihuahua, México. Fotografía tomada por **María Guadalupe Cordero Palacios**.



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

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

Comunícate con

Saúl Humberto Ricardez Medina

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

Carbono Negro; su papel en el deshielo de glaciares en todo el mundo

Alejandro Carrillo-Chávez^{1*}, Guillermo Ontiveros-González¹, Daniela Kristel Calvo-Ramos¹, Carolina Muñoz-Torres¹, Rocío García², Sumit Mishra¹, Eduardo Gonzalez-Partida¹

¹Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla, Querétaro, 76230 México.

² Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático UNAM, CU, Coyoacán, CdMex, 04510 México

*Autor de Correspondencia: Correo Electronico:

ambiente@geociencias.unam.mx

ORCID: 0000-0003-3452-0576

Los seres humanos empezamos a usar el fuego desde hace miles de años quemando madera y grasa animal para iluminarnos en la oscuridad, para cocinar y para calentarnos. Pero desde el inicio de la Revolución Industrial (1740 aprox.) hemos usado y quemado exageradamente carbón mineral para calentar agua en calderas y generar vapor (barcos a vapor, locomotoras a vapor, máquinas a vapor y fabricación de acero, que es básicamente hierro + carbón en pequeñas cantidades). Desde mediados del siglo XIX (1860 aprox.) empezamos a quemar petróleo para iluminarnos, cocinar, calentarnos, usarlo como combustible para generar vapor y generar electricidad, y como combustible para transporte (motores de combustión interna). Es cierto que en la actualidad se habla mucho de las energías renovables (eólica, fotovoltaica, y otras) y hemos hecho avances significativos en este aspecto. Pero a la fecha, aún seguimos usando carbón (en menor grado) y petróleo (y sus derivados: gas, gasolinas, diesel, lubricantes, y otros) para generar electricidad y transporte.

La quema de carbón, petróleo y sus derivados genera partículas micrométricas de ceniza, llamadas Carbono Negro (CN). Este CN que se genera en industrias,

transportes y quema de madera y carbón, y se transportan en la atmósfera a diferentes alturas y se precipita en todos lados como un polvo muy fino. Cuando estas partículas milimétricas de CN caen sobre el suelo, agua, vegetación y prácticamente cualquier otra superficie, se mezclan con otros materiales y no es posible medir sus concentraciones, a menos que se usen dispositivos especializados para captarlas antes de que lleguen al suelo o agua (muestreadores atmosféricos). Sin embargo, las partículas de CN que se precipitan sobre nieve y hielo glaciario de zonas polares y en las altas montañas, su registro se preserva y se puede medir su concentración y variaciones en el tiempo (diferentes periodos del año, y en varios años).

Debido a sus propiedades absorbentes de la luz y del calor, el CN puede oscurecer la superficie de la nieve o del hielo, afectar el balance de energía reteniendo luz y calor aumentando la velocidad de fusión de una masa glaciario. La Figura 1 muestra una fotografía y un esquema simplificado de (1) generación de CN en industria y uso de combustibles fósiles; (2) precipitación y acumulación de CN en la superficie del glaciario modificando el reflejo natural de la nieve y absorbiendo luz y calor en el glaciario, acelerando la fusión del glaciario; (3) en la nieve limpia de CN, el reflejo de luz y calor es mayor y se mantiene el equilibrio del glaciario.

Trabajos de investigación de CN en nieve y núcleos de hielo glaciario que se han hecho en varias partes del mundo (polo sur y altas montañas) muestran aumento en las concentraciones de CN desde 1930 y hasta el 2000. Estos datos de concentración de CN se complementan con modelos de circulación atmosférica para determinar las fuentes de CN en la atmósfera. A la fecha, se siguen haciendo mediciones de CN en las zonas polares y alta montaña de todo el mundo. Actualmente, en el Centro de Geociencias de la UNAM Juriquilla, se realizan investigaciones de CN en nieve y hielo de los glaciares de alta montaña de México (Iztaccíhuatl y el Citlaltépetl) y de Cordillera Blanca en Perú, en colaboración con el Instituto



Figura 1. Glaciar de Jamapa en el Pico de Orizaba en donde se han tomado algunas muestras para medir CN en nieve y hielo glaciar. Esquemáticamente se muestran los procesos de (1) generación de CN por la industria y quema de combustibles fósiles; (2) precipitación y acumulación de CN en el glaciar y efecto en la absorción de luz y calor, acelerando la fusión del mismo; (3) comparación con el efecto de reflejo de luz y calor (albedo) hacia la atmósfera de nieve y hielo glaciar limpio (equilibrio natural del glaciar).

Nacional de Investigaciones de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM, Peru).

Los métodos de muestreo y procesos para medir el CN en nieve y hielo glaciar requieren de una extrema limpieza para no contaminar la muestra. Existen varias técnicas de muestreo, una de ellas consiste en medir en la superficie del glaciar un metro cuadrado y recolectar toda esa nieve a una profundidad determinada, otra simplemente es llenar un frasco de 4 litros. En ambos casos se deja que se funda la nieve-hielo (se hace agua) y se mide el volumen. Después en laboratorio y con mucha limpieza (cuarto limpio o caja de guantes) se filtran las muestras para separar el CN y otras partículas absorbedoras de luz y calor. Una vez filtradas las muestras, los filtros con CN se usan para medir la absorbancia de luz en una lámpara especializada. La absorbancia de los filtros de las muestras se compara con un filtro limpio y con varios filtros de referencias preparados con cantidades específicas de CN (estándares). La Figura 2 muestra la caja de guantes hermética en donde se realizan los pasos necesarios para filtrar y separar el CN colectado de los glaciares, y su posterior medición con una lámpara especial. La Figura 3 muestra un diagrama esquemático simplificado de la lámpara para medir la absorbancia de luz en los filtros y

determinar la concentración de partículas absorbedoras de luz (calor) en nieve y hielo glaciar.

Todo este proceso se realiza en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Geociencias UNAM Juriquilla, y se siguen tomando muestras de las altas montañas mexicanas y peruanas. El objetivo de estas investigaciones es documentar, cuantificar el efecto del CN (industria moderna) sobre la velocidad de fusión (disminución -extinción) de los glaciares de todo el mundo, determinar trayectorias de posibles fuentes, y divulgar los resultados. Es cierto que estamos en plena transición hacia las energías renovables (limpias), pero esta transición de energías sucias (quema de hidrocarburos) a energías renovables aún llevará algunos años (¿décadas?). Por lo tanto, es muy importante documentar el grado de contaminación con CN y establecer controles más estrictos (filtros industriales, convertidores catalíticos, etc.) para minimizar la liberación de CN a la atmósfera por la industria y transporte. Aquí aplica muy bien la frase "...quién no aprende de la historia y reconoce los errores cometidos, está destinado a repetirlos...". Una de las misiones de la UNAM es la de documentar la historia, investigar los procesos, proponer soluciones y divulgar los resultados para asegurarnos de no repetir dos veces el mismo error.



Figura 2. Caja de Guantes hermética en donde se hacen las mediciones de CN en el laboratorio de Geoquímica del Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla.

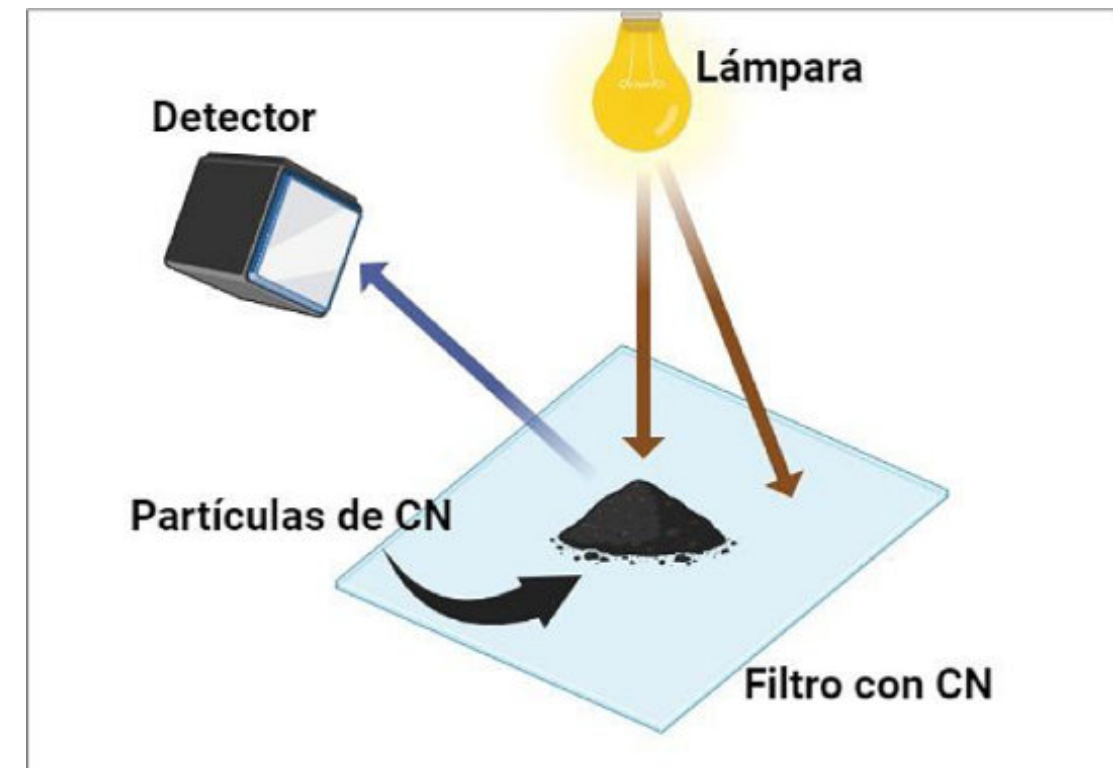


Figura 3. Diagrama esquemático simplificado de la lámpara para medir la concentración de CN en los filtros de las muestras.

Agradecimientos:

Este trabajo es posible gracias al Proyecto UNAM-PAPIIT IN110421 a Alejandro Carrillo-Chávez y Beca Postdoc DGAPA a Guillermo Ontiveros-González.



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



Dr. Guillermo Ontiveros-González. Licenciado en Física BUAP; Maestría en el Instituto de Geofísica UNAM (Balance de energía en la superficie del glaciar norte del volcán Citlaltépetl); Doctorado en el Instituto de Geofísica UNAM (Estudios de la dinámica glacial del "glaciar norte" del volcán Citlaltépetl). Actualmente como PosDoctorante en el Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, bajo la dirección del Dr. Alejandro Carrillo-Chávez con el proyecto: "Concentraciones de Carbón Negro en nieve superficial del Glaciar del Pico de Orizaba y su Impacto en el albedo y balance de masas del Glaciar." gontiverosg@gmail.com



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).



M. en C. María Carolina Muñoz Torres
Técnico Académico Titular B, Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla

Carolina tiene una Maestría en Ciencias Ambientales y una Especialidad en Técnicas Instrumentales. Es Responsable Analítica del Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Centro de Geociencias, Campus UNAM Juriquilla. Se especializa en análisis de agua por las técnicas de ICP-OES y HPLC. Participa en proyectos de investigación, en los cuales apoya en diversas actividades. Carolina está involucrada de forma activa en numerosas actividades de difusión y divulgación de la ciencia, tanto como participante como organizadora. Ella es parte de un grupo de académicos del CGEO que llevan a cabo el Taller de Ciencia para Jóvenes desde el 2009 a la fecha, y el Taller de Ciencia para Profesores. A ello hay que añadir la organización y participación en la primera versión de la Semana de la Tierra, ferias y exposiciones de ciencia. Del mismo modo ha acudido a la sierra a compartir con niños y profesores de lugares de difícil acceso su pasión por la ciencia. Pasión que se ve reflejada en múltiples talleres de ciencia, seminarios y charlas de divulgación. Colabora activamente en Proyectos sobre metales pesados con el Dr. Alejandro Carrillo en el Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla. caromt@geociencias.unam.mx



La Dra. Rocío García obtuvo su doctorado en el Posgrado de Ciencias de la Tierra con especialidad en Física de la Atmósfera-UNAM. Es investigadora de Tiempo Completo en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, ha realizado diversos estudios relacionados con la composición química de los aerosoles atmosféricos, estudio de mercurio atmosférico y metales pesados como indicadores de contaminación atmosférica.



Dr. Sumit Mishra actualmente trabaja como investigador postdoctoral en el Centro de Geociencias de la UNAM. Su área de especialización son la geoquímica de rocas ígneas, la geocronología y la geología isotópica. Actualmente se concentra en la diagénesis del carbón de la Cuenca de Sabinas y depósitos de Manganeso en Autlán.

“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



De mis libretas de Campo en la S.M.O.

Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos Incofósiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L.P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su travesías marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd. Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango, Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes, 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.



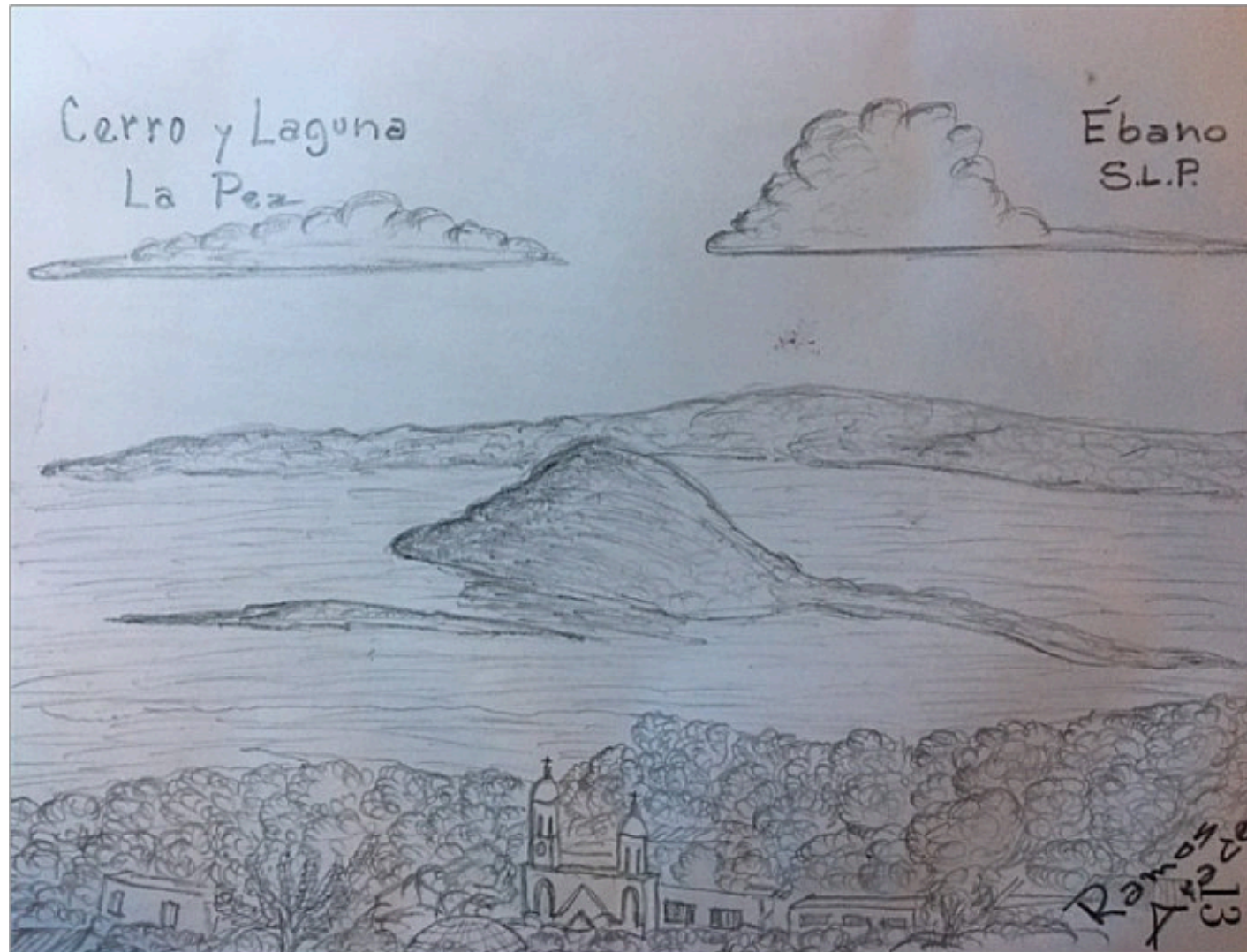
Cerro Las Borrachas, Veracruz, México.

Localidad, Área de Cerro Azul, Veracruz.

Título, Cerro de las Borrachas.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo, específicamente en el estudio de Geología Estructural de fallas laterales tipo Strike Slip se observó, en este cerro la intrusión ígnea de tipo Diorítico asociado a una falla de este tipo.

Descripción del Dibujo. En esta localidad se presenta esta estructura intrusiva que se observa desde cualquier lugar en el área de la Cd. de Cerro Azul, Veracruz.



Cerro de la Pez, San Luis Potosí, México.

Localidad, Ébano. S.L.P.

Título, Cerro de La Pez.

Desarrollo del trabajo: Durante los trabajos de Geología Estructural y Regional para registrar y observar fallas laterales en la cuenca Tampico Misantla, se visitó esta localidad donde se observó además del paisaje de la Laguna de La Pez donde también está el Cerro de La Pez, el cual es un volcán extinto.

Esta localidad es famosa en el mundo petrolero, porque al pie de este cerro se perforó el famoso Pozo La Pez-1, primer pozo comercial en México. Localizado por el geólogo mexicano Ezequiel Ordoñez en 1904.

Descripción del Dibujo. En este dibujo se presenta el paisaje de la región de Ébano, S.L.P., en la cual se observan las torres de la iglesia de esta localidad y al fondo la Laguna de La Pez y como una prominencia topográfica, el Cerro de la Pez.



Rogelio Ramos Aracén, es geólogo petrolero egresado del IPN, con experiencia en geología de campo en superficie en la SMO y como geólogo de pozos de exploración y explotación.

En su primer proyecto en 1981 denominado El Limón, del área de Ciudad Mante Tamamaulipas. Cambio drásticamente las interpretaciones estructurales de pliegues en abanico, modificándolos por fallas de Cabalgamientos y de desgarre o laterales, trabajo muy polémico en ese entonces, pero años después y ahora ya son conceptos triviales.

Efectuó trabajos de Geología Regional tanto de la Plataforma Valles, como de las regiones de los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.

Una Invitación inesperada primeramente del Dr. Eduardo Aguayo, me involucra con geólogos internacionales de la SGA y de la AAPG, para excursiones en la región frontal de la SMO, en las sierras de El Abra, Xilitla, Ahuacatlan, Qro., y paso de invitado a protagonista y guía colaborador con los Drs. Paul Enos y Charles Minero con los cuales se convirtió en coautor del Libro *Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*

Participó en el Simposium sobre Yacimientos Naturalmente Fracturados en Tampico al lado del Dr. Ronald Nelson. y en recorrido de campo a la SMO y curso de sedimentología de siliciclastos con el Dr. Paul Edwin Potter y en secciones regionales de la Cuenca Tampico Misantla con el Dr. A. W. Bally.

Ha impartido conferencias en congresos nacionales y fue invitado y embajador mexicano en el Pabellón Internacional celebrado en el congreso de la AAPG en Dallas Txs. en 1997

Fue Premio Nacional en el 3er Simposium de Exploración de Plays y Habitats de Hidrocarburos en Tampico Tam. en 2007.

Fue presidente de las delegaciones de Tampico y CDMX de la AMGP, en los bienios 1998-1999 y 2018-2020 respectivamente, y recientemente ex candidato a la presidencia nacional de la AMGP

Laboro en Pemex exploración, en el IMP como asesor y consultor con Ingeniería de Perforación de Pozos en las regiones del SE y N., y como analista sedimentológico del Jurásico Superior, recientemente ha efectuado trabajos como asesor con algunas empresas del sector energético en algunos de sus proyectos o adjudicaciones.

Co Autor del Libro

Paul Enos, Charles Minero, Rogelio Ramos Aracén. "*Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*", AAPG GUIDE BOOK FIELD TRIP AAPG DALLAS ANUAL CONVENTION 1997

Principales Conferencias Impartidas.

EN CONVENCIONES NACIONALES DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, en los años:

1984 "LOS CABALGAMIENTOS EN LA REGIÓN DE CD. MANTE TAM." VI CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICO MEXICANA EN EL HOTEL MA. ISABEL SHERATON EN MÉXICO, D.F.

1986 "EL ORIGEN DE LAS CONCRECIONES EN LA FM. LA CASITA" VII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICO MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

1988 "LOS OLISTOLITOS DE LA FM. EL DOCTOR EN EL ÁREA DE ZIMAPAN, HGO". VIII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN LA CFE EN MÉXICO, DF.

1990 "DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENTE DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP". IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN EL AUDITORIO BRUNO MASCANZONI DEL IMP EN MÉXICO, DF.

1992 "EXPLORACION DE PETROLEO ASOCIADO A EL FRACTURAMIENTO REGIONAL EN LA PLANICIE COSTERA" X CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL CENTRO DE CONVENCIONES "EXPOVER" EN EL PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

2021 "LA INVASIÓN MARINA SOBRE LOS BORDES CONTINENTALES DESDE EL CALLOVIANO AL KIMMERIDGIANO EN EL ORIENTE Y SURESTE DE MÉXICO. CDMX VIA ZOOM.

2021 "PRINCIPALES OROGENIAS EN MÉXICO CON CATACTERISTICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS". CDMX. VIA ZOOM

Propuesta de análisis para la implementación de tecnologías de captura de CO₂ en la industria del cemento en México

Analysis proposal for the implementation of CO₂ capture technologies in the cement industry in Mexico

Aguilar Anzures Eli Kenneth, Espinoza Hinojosa Abraham, Amador Lara José

Resumen

En este artículo de revisión se examina la aplicación de las tecnologías de captura de dióxido de carbono (CO₂) en la industria del cemento. Se presta especial atención al proyecto CO₂MENT, desarrollado por Lafarge Canada Inc. y Svante Inc., que presenta una alternativa viable para controlar las emisiones de CO₂ generadas durante la fabricación del cemento mediante la adaptación de un sistema de captura postcombustión de CO₂. También se abordan los fundamentos fisicoquímicos en los que se basa este proyecto. Además, se investiga el potencial que tienen estas tecnologías de vanguardia en la industria del cemento en México.

Este análisis permite explorar el potencial de las técnicas de captura de CO₂ en la industria del cemento a nivel global, pero con un enfoque especial en México. Estas tecnologías podrían ofrecer una solución al problema de las grandes emisiones de gases de efecto invernadero por parte del sector industrial, lo que a su vez afecta la temperatura global del planeta.

Palabras Clave: Captura de CO₂, industria del cemento, proyecto CO₂MENT, efecto invernadero

Abstract

This review article examines the application of carbon dioxide (CO₂) capture technologies in the cement industry. Special attention is given to the CO₂MENT project, developed by Lafarge Canada Inc. and Svante Inc., which presents a viable alternative to control CO₂ emissions generated during cement manufacturing by adapting a post-combustion CO₂ capture system. The physical-

chemical fundamentals underlying this project are also addressed. Additionally, the potential of these cutting-edge technologies in the cement industry in Mexico is investigated.

This analysis allows exploring the potential of CO₂ capture techniques in the cement industry globally, but with a special focus on Mexico. These technologies could offer a solution to the problem of large greenhouse gas emissions by the industrial sector, which in turn affects the global temperature of the planet.

Keywords: CO₂ capture, cement industry, CO₂MENT project, greenhouse effect

1. Introducción

De acuerdo con la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio del gobierno de los Estados Unidos (NASA, por sus siglas en inglés), la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la Tierra se encuentra actualmente en casi 412 partes por millón (ppm) (Buis, 2019).

El dióxido de carbono es uno de los principales gases de efecto invernadero (Guo *et al.*, 2023), y el incremento de la concentración de este tipo de gases en la atmósfera, ya sea de forma natural o debido a las actividades humanas, es el principal factor responsable de la intensificación del efecto invernadero y el cambio climático resultante (Alcántara y Padilla, 2006). El carácter de gas de efecto invernadero del dióxido de carbono se debe a sus características y propiedades fisicoquímicas, el CO₂ es una molécula que posee una estructura lineal capaz de acumular y remitir calor a partir de la energía radiante proveniente del sol.

Durante el ciclo del carbono existe un aporte natural de CO₂ en forma de gas que es liberado a partir de diversos procesos que tienen lugar dentro de la biosfera de la tierra, lo cual forma parte del sistema dinámico que mantiene en estado de equilibrio el medio ambiente y que ha sido así desde hace millones de años. Sin embargo, el

constante aumento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, como consecuencia de la actividad humana, ha provocado la alteración de los ciclos geológicos y biológicos que han regulado la concentración de CO₂ a lo largo de la historia del planeta (Fernández Álvarez, 2018), lo cual deriva en la acumulación anormal de CO₂ gaseoso en la atmósfera.

Las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono son, en su mayoría, resultado de la combustión de combustibles fósiles (Montzka *et al.*, 2011). En el caso de la industria cementera, cada año se producen más de 4 mil millones de toneladas de cemento, y el problema radica en la existencia de procesos químicos inherentes en los procesos de fabricación del cemento, los cuales producen grandes cantidades de CO₂ de tal forma que esta actividad es responsable de alrededor de 8-10% de las emisiones globales de CO₂ (Ghaffari Nik *et al.*, 2023; Gerdes, 2022).

Como alternativas de solución ante esta problemática es que surgen nuevas tecnologías enfocadas en el desarrollo de procesos que permitan tener un mayor control de las emisiones de CO₂ en las industrias, y también de aquellos procesos que permitan, mediante el uso de diferentes técnicas, reducir las concentraciones de CO₂ en la atmósfera mediante su captura directa y almacenamiento y/o reutilización (Navas-Ciendúa *et al.*, 2022), como es el caso de una cementera en Canadá.

Lafarge Canada Inc. en asociación con Svante Inc. diseñaron un proyecto, de nombre CO₂MENT, que actualmente se encuentra en desarrollo y cuyo principal objetivo reducir la cantidad de CO₂ que es emitido a partir de la fabricación de cemento mediante el uso de tecnología de captura postcombustión, y de este modo poder filtrar el CO₂ capturado para su posible reutilización o almacenamiento (Lafarge, 2023).

2. Metodología

En esta revisión se pretende evaluar la viabilidad de la aplicación de la tecnología utilizada para el proyecto CO₂MENT en México, revisar cuales son los métodos y

tecnologías implementados en dicho proyecto, así como sus fundamentos fisicoquímicos, sobre la purificación del gas de combustión con base en las emisiones emitidas, separación de CO₂ del gas de combustión, su captura y su utilización para conversión económica. Este trabajo otorgara una idea sobre la aplicación de nuevas tecnologías de captura de CO₂ a nivel mundial en procesos industriales y su posible reutilización, en este caso, en la fabricación de cemento.

Es importante tener en cuenta que, dentro de la problemática del calentamiento global, se tiene como uno de los principales factores la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, entre otros gases de efecto invernadero, de tal forma que sea posible evaluar la aplicación de estas técnicas para su reducción y/o control de emisiones en México.

Para la revisión bibliográfica, se recurrió a diferentes bases de datos y buscadores como Google Académico, Science Direct, Scielo, sitios web oficiales de empresas como Lafarge Canada Inc., NASA y Svante Inc. La confiabilidad de las bases de datos utilizadas se sustenta con la relevancia científica de investigación a nivel internacional que tienen los trabajos publicados en dichos sitios y el prestigio de las empresas y corporaciones antes mencionadas.

Los criterios para la selección de los artículos fue que abordaran la aplicación de los métodos de captura y almacenamiento de CO₂ como una alternativa para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los procesos industriales, en especial, los que refieran a la captura postcombustión, así como también que trataran sobre los fundamentos fisicoquímicos de los procesos de elaboración de cemento a nivel industrial, y sobre reutilización del CO₂ posterior a su captación.

3. Generalidades

3.1. Elaboración del cemento

El cemento es una mezcla de compuestos elaborador a partir de la quema de piedra caliza y arcilla juntas, a temperaturas muy altas que van desde 1,400 a 1,600°C (El

Mogahzy, 2009). Es un material de construcción que es utilizado en todo el mundo, y en México la industria del cemento es una de las más importantes en cuanto a su capacidad productiva (Vásquez y Corrales, 2017). Industrialmente el cemento se obtiene de la mezcla y molienda conjuntas de clínker, yeso y adiciones. Industrialmente el cemento se obtiene de la mezcla y molienda conjuntas de clínker¹, yeso y adiciones.

Para fabricar cemento pueden utilizarse materiales de origen natural o productos industriales, los cuales deben cumplir con la única condición de que sean minerales que contengan los componentes principales del cemento, a saber, cal, sílice, alúmina y hierro (Montalván Luna *et al.*, 2010).

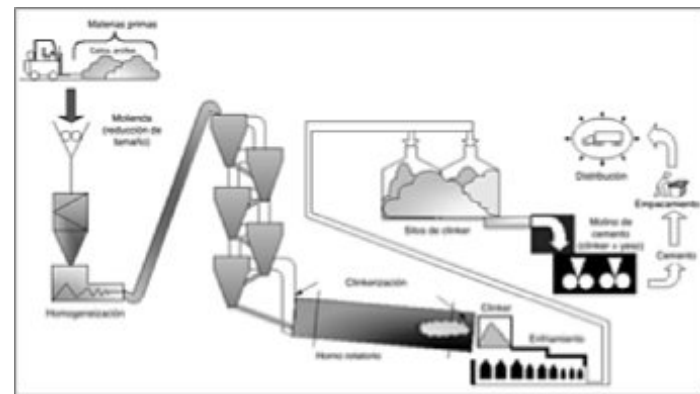


Figura 1: Etapas del proceso de producción del cemento Portland. Modificado de (Carpio *et al.*, 2008).

Dado que estos componentes no suelen encontrarse contenidos en una misma sustancia con las proporciones ideales, se necesita de un material rico en cal (CaO) que aporte el componente calcáreo, las calizas, cretas y margas suelen ser las fuentes más habituales en donde el calcio se encuentra como carbonato de calcio ($CaCO_3$). De igual forma se necesita de un aporte del componente arcilloso, que sea pobre en cal pero que contenga sílice (SiO_2), alúmina y hierro (Hotza y Maia, 2015), las fuentes más comunes suelen ser arcillas de los grupos del caolín y de la montmorillonita (Montalván Luna *et al.*, 2010) en las cuales el silicio se encuentra formando silicatos de aluminio, hierro, sodio, entre otros (Hotza y Maia, 2015).

La empresa Lafarge Canada produce cementos de tipo Portland y Portland calizos (Lafarge, 2023), los cuales se incluyen dentro de la clasificación de cementos mexicanos propuesta en la norma NMX-C-414-ONNCCE-2017 “Industria de la construcción - cementos hidráulicos - especificaciones y métodos de prueba” (Montalván Luna *et al.*, 2010), que clasifica a los cementos hidráulicos² en función de su composición.

El cemento Portland es el tipo de cemento más común en uso y se fabrica básicamente a partir de calizas y arcillas (o margas) con menores cantidades de yeso (Hotza y Maia, 2015). Para la fabricación de este tipo de cemento, posteriormente a las fases de molienda y homogeneización de la materia prima, ver Figura 1, se lleva a cabo el proceso de “clinkerización”, el cual consiste en reacciones químicas complejas que involucran varias transformaciones de fase (Marsh *et al.*, 2022) que se llevan a cabo dentro de un horno rotatorio. Y es en esta fase en la que, a través del consumo de combustibles fósiles, el uso de electricidad y la descomposición química de la piedra caliza, se producen las emisiones de CO_2 .

3.2. Captura de CO_2

La captura de CO_2 involucra una serie de pasos que implican la separación del dióxido de carbono presente en los gases emitidos por ciertas industrias, como centrales térmicas de carbón y gas, cementeras y refinerías de petróleo (Pérez-Estaún *et al.*, 2009). Luego, se puede transportar e inyectar en formaciones geológicas adecuadas con el objetivo de confinarlo de manera indefinida o bien, reutilizarlo en procesos industriales nuevamente sin liberarlo a la atmósfera. Navas-Ciendúa *et al.*, 2022 menciona que existen tres principales enfoques tecnológicos para la captura de CO_2 , a saber, post-, oxi- y pre-combustión. Los sistemas de postcombustión capturan CO_2 de la corriente de gas de combustión rica en N_2 producida por la quema de combustibles fósiles en el aire. La empresa Svante, encargada de la captación de CO_2 para el proyecto CO_2 MENT, utiliza lo que llama “tecnología de captura de carbono de una fuente puntual” (Lafarge, 2023), es decir,

que elimina el CO_2 de las emisiones de los sitios industriales como las plantas de cal, cemento, acero, petróleo y gas.

La tecnología de captación postcombustión trata directamente los gases de combustión con el objeto de separar el CO_2 del resto de los componentes de dicha corriente con ayuda de la absorción y adsorción química (Romeo y Bolea, 2015), es decir, el método consiste en el uso de máquinas de adsorción que capturen el CO_2 producido a partir de las reacciones de combustión que tienen lugar durante la fase de clinkerización. La funcionalidad de dichas máquinas (Ver Figura 2), de acuerdo con Gerdes, 2022, consta de tres pasos:

1. Colocación de filtros de estructuras organometálicas³ (MOF), el utilizado por Svante Inc. lleva el nombre de CALF-20, dentro de la máquina de adsorción rotatoria (RAM), la cual captura el CO_2 de los gases de combustión industriales que ingresan.

a) El uso de adsorbentes sólidos como es el caso del VeloxoThermTM, constituye una vía prometedora para reducir costos en términos de capital y uso de energía en comparación con las técnicas que utilizan solventes químicos (Gerdes, 2022).

2. A medida que los filtros rotan en el interior de la máquina, capturan el dióxido de carbono diluido de los gases de combustión industrial y lo concentran en una forma adecuada para su transporte a través de tuberías.

a) El CO_2 se adsorbe en la superficie del adsorbente (MOF) conforme la máquina (RAM) va rotando, mientras que el resto de los gases de combustión, principalmente N_2 , O_2 y H_2O , se envía a la chimenea como gas gastado.

3. El producto de CO_2 comprimido puede ser trasladado a una tubería, posteriormente ser transportado y finalmente almacenado de forma segura bajo tierra en acuíferos salinos o reciclarse y usarse para fabricar otros productos.

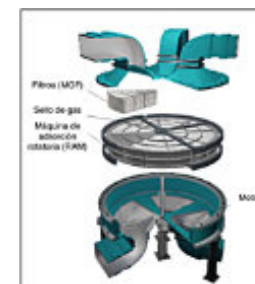
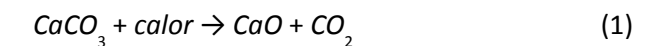


Figura 2: Máquina de adsorción rotatoria (RAM) compacta VeloxoThermTM típica de Svante. Modificado de (Hovington *et al.*, 2021).

4. Resultados

Durante la fase de clinkerización en el proceso de fabricación de cemento, se produce la des-carbonatación de las materias primas y la formación de las fases mineralógicas del clínker, dichos procesos se ejemplifican en las siguientes ecuaciones químicas (Hostaled y Morales, 2011):



Es decir, el carbonato de calcio ($CaCO_3$) reacciona ante la presencia de calor y produce óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO_2).



En donde el carbono (C), al reaccionar con el oxígeno molecular (O_2) produce dióxido de carbono (CO_2) y calor.

La ecuación (1) corresponde al proceso de des-carbonatación de la materia prima, en este caso el carbonato de calcio. Por otro lado la ecuación (2) corresponde al proceso de combustión del carbono y como se puede observar, ambos procesos tienen al CO_2 como producto, de tal forma que (Hostaled y Morales, 2011) estima una relación de producción en la que por cada tonelada de clínker producido se emiten aproximadamente 0.85 toneladas de CO_2 , de las cuales 0.3 corresponden a la combustión del carbón (Ver ecuación 2) necesario para la clinkerización y 0.55 toneladas corresponden a la des-carbonatación de las materias primas (Ver ecuación 1).

4.1. El proyecto CO_2 MENT

CO_2 MENT surge a partir de la búsqueda de iniciativas para aumentar el uso de combustibles bajos en carbono y mejorar la eficiencia energética mientras, en paralelo, investiga soluciones para abordar las emisiones del proceso de producción de cemento y derivados (Gerdes, 2022). (Cozier, 2019) lo considera como “la primera solución de ciclo completo para capturar y reutilizar el CO_2 de una planta de cemento”. Este proyecto fue diseñado y experimentado por Svante Inc., una empresa con sede en

Canadá que se dedica al desarrollo de tecnologías para la captura de carbono directamente de fuentes industriales, en asociación con Lafarge Canada Inc.,⁴ una empresa de construcción que se dedica a la fabricación de cemento, concreto, entre otros productos.

El proyecto CO₂MENT consta de tres fases (Hovington *et al.*, 2021):

- Fase I: Pretratamiento
 - Mediante el uso de un depurador líquido y adsorbente estructurado sólido se elimina la mayor parte de compuestos NO_x y SO_x del gas de combustión del cemento con el propósito de proteger al adsorbente de captura de CO₂ de un posible envenenamiento y al mismo tiempo reducir liberación de NO_x y SO_x al medio ambiente.
- Fase II: Captura de CO₂
 - Separación de CO₂ del gas de combustión utilizando una versión personalizada para cemento de la tecnología de captura de carbono de Svante Inc. (Ver Figura 2), la cual está diseñada para capturar **1 tonelada de CO₂ por día** del gas de combustión del cemento (CSLF, 2021).
- Fase III: Utilización del CO₂ capturado
 - Preparación del CO₂ para su almacenamiento o reutilización. De acuerdo con Lafarge, 2023 las principales aplicaciones del CO₂ capturado son las siguientes:
 - Fabricación de curado del hormigón, también conocido como “cemento verde”.
 - Producción de combustibles sostenibles, lubricantes y cosméticos.
 - Productos de consumo como diamantes y suelas de zapatos hechas de carbono.



Figura 3: Planta de Captura de CO₂ de Svante (Fase 1 + Fase 2) en la Planta de Cemento Lafarge en Richmond, Virginia (Gerdes, 2022).

El proyecto comenzó en 2019 y se centra en la planta de cemento de Lafarge Canada en Richmond, Virginia EE.

UU., actualmente se encuentra en la tercera y última fase, la utilización (Hovington *et al.*, 2021).

Para la Fase I se reporta que el sistema de pretratamiento de gases de combustión del horno para eliminar partículas sólidas y compuestos de tipo SO_x y NO_x, ha demostrado que es posible controlar el dióxido de azufre (SO₂) a menos de 5 ppm y el dióxido de nitrógeno (NO₂) a menos de 10 ppm del gas de combustión que ingresa al sistema de captura de CO₂, que son los requisitos máximos de impurezas para el sistema de captura de carbono Svante Inc. (Gerdes, 2022). La Fase II del proyecto constituyó la primera unidad de demostración de captura de CO₂ del mundo que utiliza material adsorbente MOF (CALF-20) y la primera en ser puesta en marcha, operada y probada para la aplicación de gases de combustión de cemento, ver figura 3 (Gerdes, 2022).

La tercera fase tiene como objetivo instalar una unidad de licuefacción de CO₂ para presurizar el gas producto de CO₂ y licuar el CO₂ capturado para su almacenamiento y utilización. Para fines de reutilización, se enviaría el CO₂ capturado por Svante a una empresa con sede en Canadá que fabrica aditivos derivados del carbono, Tecnologías de Reciclaje de Carbono (CUT), que utiliza el dióxido de carbono para inyectarlo en cenizas volantes para su uso en la producción de hormigón (Gerdes, 2022).

Las cenizas volantes son el residuo resultante de la combustión del carbón, ya sea en trozos o en polvo, y es aprovechada al ser adicionada al concreto, en cantidades pequeñas, para mejorar su resistencia (Huaquisto Cáceres y Belizario Quispe, 2018).

4.2. Industria del cemento en México

La industria del cemento en México se caracteriza por ser de las más eficientes del mundo, gracias a las inversiones en tecnología y equipamiento de punta y a la seguridad de sus procesos, equipos y operaciones (Montalván Luna *et al.*, 2010). Este sector económico está conformado principalmente por seis empresas que operan en el país: Cemex, Holcim Apasco, Grupo Cementos Chihuahua

(GCC), Cementos Cruz Azul, Corporación Moctezuma y Lafarge Holcim⁵ (Raúl y García, 2009), de los cuales Cemex domina el mercado nacional con cerca de 50% de la producción y ventas (Vásquez y Corrales, 2017) y además es la empresa con más plantas de cemento en la República Mexicana (ver tabla 1).

Tabla 1: Principales consorcios productores de cemento en México (Raúl y García, 2009).

Empresa	Ubicación
Lafarge	Hidalgo
Cemex	Baja California Norte, Yucatán, Sonora, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Jalisco, Estado de México
Holcim Apasco	Coahuila, Veracruz, Tabasco, Estado de México, Guerrero
Cemento Moctezuma	San Luis Potosí, Morelos
Cemento Cruz Azul	Hidalgo, Aguascalientes, Oaxaca
GCC*	Chihuahua

* Grupo Cementos Chihuahua

En México, la producción anual de cemento se estima en 41 millones de toneladas, tratándose de cemento Portland cerca del 80% de la producción total (Mors, 2018). Si consideramos que el clínker es el componente principal del cemento, y que por cada tonelada de clínker producido se emiten aproximadamente 0.85 toneladas de CO₂ (Hostaled y Morales, 2011), se puede decir que en México, tan solo la industria de cemento produce aproximadamente 34,850,000 toneladas de CO₂ anualmente, asumiendo que por cada tonelada de cemento producido se consume una tonelada de clínker. Sin embargo (Guo *et al.*, 2023) menciona que la emisión real de carbono depende de numerosos factores, como la proporción de clínker a cemento, el proceso de fabricación, la recuperación de calor, las materias primas y

los combustibles, entre otros. Y por lo tanto resulta difícil poder hacer una estimación real y generalizada de las emisiones de CO₂ que producen las plantas de cemento en México.

5. Conclusiones

Como consecuencia de la creación de convenios internacionales que tienen por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el Protocolo de Kioto de 1992 (Hostaled y Morales, 2011), actualmente se están explorando nuevas alternativas de desarrollo tecnológico que permitan reducir de cierto modo el impacto que generan las grandes emisiones de gases de efecto invernadero en el clima global y en la calidad del aire. Así entonces es que surgen iniciativas de proyectos innovadores como el proyecto CO₂MENT que utilizan técnicas de captura, filtrado y almacenamiento/reutilización de CO₂.

Sin embargo, en el caso de la industria del cemento, autores como Hostaled y Morales, 2011 mencionan que a partir de la fabricación de cementos con menos clínker y el uso de combustibles alternativos, aquellos diferentes de los combustibles fósiles tradicionales como carbón, coque de petróleo, fuel, etc., se puede reducir la cantidad de CO₂ emitido por tonelada de cemento producido. Lo cual se puede considerar también como una alternativa viable en caso de no contar con el financiamiento ni las inversiones necesarias para la aplicación de tecnologías de captura de CO₂ en las plantas de cemento.

De acuerdo con los informes revisados, la demostración del proyecto CO₂MENT en la planta de cemento de Lafarge Canada en Richmond ha entregado resultados operativos prometedores desde su comienzo a finales del año 2019, de tal forma que se han planificado futuras ampliaciones y proyectos de mitigación de CO₂ mediante su captura directa o desde una fuente puntual. Tal es el caso del proyecto “LH CO₂MENT COLORADO” cuyo objetivo principal es la implementación de una planta de captura de carbono Svante VeloxoThermTM de 1,5 millones de toneladas por año (TPY), primera en su tipo a escala mundial (Jelen, 2022).

No se tienen antecedentes de la aplicación de Tecnologías de Captura, Uso y Almacenamiento de Dióxido de Carbono (CCUS, por sus siglas en inglés) en plantas de cemento en México para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan durante los procesos de fabricación de cemento y derivados, aun así México puede constituir una importante área de oportunidad para la aplicación de este tipo de tecnologías, esto debido a que la industria del cemento en el país se caracteriza por ser una de las más eficientes del mundo, gracias a las inversiones continuas en tecnología y equipamiento de punta, la capacidad técnica de su personal, la seguridad de sus procesos, equipos y operaciones (Montalván Luna *et al.*, 2010), y por su capacidad productiva al tener varias plantas de cemento a lo largo de la República Mexicana que pertenecen a empresas importantes de nivel mundial como Cemex, Lafarge y Holcim (Vásquez y Corrales, 2017).

No cabe duda de que el proyecto CO₂MENT constituye la primera solución de ciclo completo para capturar y reutilizar el CO₂ de una planta de cemento (Cozier, 2019), y abre nuevas líneas de investigación que en el futuro pueden servir como base para la aplicación de técnicas de vanguardia para la captura y reutilización de CO₂ y otros gases de efecto invernadero.

Referencias

- Alcántara, V. y Padilla, E. (2006). Análisis de las emisiones de CO₂ y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo.
- Brun, K., Friedman, P., y Dennis, R. (2017). *Fundamentals and applications of supercritical carbon dioxide (sCO₂) based power cycles*. Woodhead publishing.
- Buis, A. (2019). The atmosphere: Getting a handle on carbon dioxide.
- Carpio, R.C., Sousa Junior, F., Coelho, L.S., y Silva, R.J. (2008). Alternative fuels mixture in cement industry kilns employing particle swarm optimization algorithm. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 30:335–340.
- Cozier, M. (2019). Recent developments in carbon capture utilization and storage. *Greenhouse Gases: Science and Technology*, 9(4):613–616.
- CSLF (2021). Cslf project submission form. Richmond Co₂ment project. Reporte técnico, Carbon Sequestration Leadership Forum.
- El Mogahzy, Y. (2009). 13 - development of technical textile products: materials and applications. En El Mogahzy, Y., editor, *Engineering Textiles*, Woodhead Publishing Series in Textiles, pp. 398–434. Woodhead Publishing.
- Fernández Álvarez, F.J. (2018). Conciencia química y CO₂. Reporte técnico, Universidad Zaragoza.
- Gerdes, K. (2022). *Carbon Dioxide Capture for Storage in Deep Geologic Formations – Results from the CO₂ Capture Project*, volumen 5, capítulo 5. CO₂ Capture Project.
- Ghaffari Nik, O., Liu, A., Moroy, B., Barbot, C., Henkel, B., Llewellyn, P., Voysey, S., y Hovington, P. (2023). Rapid cycle temperature swing adsorption using calf-20 mof structured adsorbent for cement carbon capture. *Andrew and Moroy, Berenice and Barbot, Claire and Henkel, Brett and Llewellyn, Philip and Voysey, Stephanie and Hovington, Pierre, Rapid Cycle Temperature Swing Adsorption Using Calf-20 Mof Structured Adsorbent for Cement Carbon Capture (February 6, 2023)*.
- Guo, Y., Luo, L., Liu, T., Hao, L., Li, Y., Liu, P., y Zhu, T. (2023). A review of low-carbon technologies and projects for the global cement industry. *Journal of Environmental Sciences*.
- Hostaled, J. L. S. y Morales, J. M. R. (2011). CO₂ en el mundo del cemento. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, (9):54–65.
- Hotza, D. y Maia, B. (2015). Environmental performance and energy assessment of fired-clay brick masonry. En *Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks*, pp. 447–459. Elsevier.
- Hovington, P., Ghaffari-Nik, O., Mariac, L., Liu, A., Henkel, B., y Marx, S. (2021). Rapid cycle temperature swing adsorption process using solid structured sorbent for CO₂ capture from cement flue gas. En *Proceedings of the 15th Greenhouse Gas Control Technologies Conference*, pp. 15–18.
- Huaquisto Cáceres, S. y Belizario Quispe, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de investigaciones altoandinas*, 20(2):225–234.
- Jelen, D. (2022). Lh Co₂ment Colorado project final report. Reporte técnico, Electricore, Inc.
- Lafarge (2023). Project Co₂ment.
- Leus, K., Muylaert, I., Van Speybroeck, V., Marin, G. B., y Van Der Voort, P. (2010). A coordinative saturated vanadium containing metal organic framework that shows a remarkable catalytic activity. En *Studies in surface science and catalysis*, volumen 175, pp. 329–332. Elsevier.
- Marsh, A. T., Velenturf, A. P., y Bernal, S. A. (2022). Circular economy strategies for concrete: Implementation and integration. *Journal of Cleaner Production*, p. 132486.
- Montalván Luna, R. I., Suarez Mora, D. L., y Téllez Linares, A. E. (2010). *Estudio y aplicación normativa en la fabricación del cemento*. Tesis doctoral.
- Montzka, S. A., Dlugokencky, E. J., y Butler, J. H. (2011). Non-CO₂ greenhouse gases and climate change. *Nature*, 476(7358):43–50.
- Mors, R. (2018). Perspectivas para promover la sustentabilidad en la industria de la construcción con un enfoque al concreto. Reporte técnico, Women4climate Mexico City.
- Navas-Ciendúa, M. A., Sarmiento, A., y Álvarez, B. (2022). Estudio sobre los diferentes métodos de captura de CO₂ y aplicaciones de la descarga luminiscente anormal. *Revista Habitus: Semilleros de investigación*, 2(4): e3647–e13647.
- Pérez-Estaún, A., Gómez, M., y Carrera, J. (2009). El almacenamiento geológico de CO₂, una de las soluciones al efecto invernadero. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(2):179–189.
- Raúl, M. V. y García, P. G. (2009). Industrias y sus tecnologías. la industria del cemento en México. Reporte Final, p. 29.
- Romeo, L. y Bolea, I. (2015). Captura de CO₂ en procesos postcombustión. Overview post-combustion CO₂ capture. (35).
- Vásquez, B. y Corrales, S. (2017). Industria del cemento en México: análisis de sus determinantes. *Problemas del desarrollo*, 48(188):113–138.

¹Mezcla de arcilla, piedra caliza y arena que se calientan a temperaturas cercanas a los 1500°C (Brun *et al.*, 2017).

²Material inorgánico finamente pulverizado, comúnmente conocido como cemento, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurece.

³Sólidos porosos cristalinos compuestos por una red tridimensional (3D) de iones metálicos sostenidos por moléculas orgánicas multidentadas (Leus *et al.*, 2010).

⁴Inventys Inc. cambió su nombre a Svante Inc. en 2019.

⁵En 2015 Lafarge Inc. se fusionó con la empresa suiza Holcim convirtiéndose en LafargeHolcim.



Eli Kenneth Aguilar Anzures
Email: kenneth.anzu@gmail.com

Estudiante de octavo semestre de la Licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, enfocado en la aplicación de la ingeniería geológica en el ámbito ambiental.



Abraham Hinojosa Espinosa
Email: chandlercarl1680@gmail.com

Estudiante de octavo semestre de la Licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, con un enfoque en la investigación de contaminantes ambientales y su relación con la geología.



José Amador Lara
Email: jose6anador@gmail.com

Estudiante de octavo semestre de la Licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, con pasión por la geología y la aplicación de los sistemas de información geológica para las ciencias ambientales.

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.

Museo de Historia Natural, Berlin, Alemania

Haz click en la imagen



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

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

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios



COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

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

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

¡Y nos encantaría dar a conocer tu trabajo de

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

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

o envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.

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

GeoLatinas es una organización incluyente, dirigida por sus miembros. Nuestra misión es apoyar, empoderar e inspirar latinas para que persigan y prosperen en sus carreras de Ciencias de la Tierra y Ciencias Planetarias.

geolatinasista
GeoLatinas_por_mexico
@GeoLatinas

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences



El Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas presenta:

GeoSeminarios

Noviembre 2023

22 de Noviembre

GeoSeminario edición especial con la Universidad Autónoma de Nuevo León - Mx

En conmemoración de los 40 años de la Facultad de Ciencias de la Tierra

Dra. Ana Teresa Finol González
Profesora en la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Ing. Ana María Garza Castillo
Profesora encargada del Lab. de geoquímica de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Ing. Yadira Zulema Antonio Durán
Estudiante de maestría en FCT de la UANL, creadora del proyecto "La Geólaca"

in f t @GeoLatinas

La casa de los glaciares

El Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas presenta:

GeoSeminarios

Noviembre 2023

Transmisión

Dra. Ana Beatriz Cosenza Muralles 08 de Noviembre
Profesora investigadora de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de San Carlos de Guatemala
GeoSeminario
Partición de tensiones regionales y acoplamiento de fallas en el norte de Centroamérica a partir de interferometría SAR

Dra. Elsa Sánchez García 10 de Noviembre
Postdoctorante en el laboratorio nacional de Clima Espacial - Instituto de Geofísica de la UNAM
GeoSeminario
Las mujeres de las comunidades étnicas en las Ciencias Espaciales ¿Un mito o una realidad?

GeoSeminario edición especial con la Universidad Autónoma de Nuevo León - Mx 22 de Noviembre
En conmemoración de los 40 años de la Facultad de Ciencias de la Tierra

- *Presentación de proyecto doctoral por parte Dra. Ana Finol: Estudio teórico y experimental de surfactantes iónicos como método de recuperación mejorada de aceite en la Formación Chicontepec*
- *Presentación de experiencias dentro de la Facultad a cargo de la Profa. Ing. Ana Garza Castillo y de la estudiante de maestría Ing. Yadira Antonio Durán*

Mtra. Jarintzi Hernández Castro 24 de Noviembre
Doctorado Interinstitucional en Economía Social Solidaria -DIESS- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-UMSNH-
GeoSeminario-tesis
Economías alternativas miradas desde la agroecología

Escaneame o da click!

@GeoLatinas

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

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

https://www.usgs.gov/faqs/what-a-glacier?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products

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

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

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


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

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



<https://madrid2023.iceevent.org/>

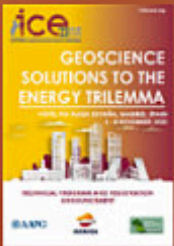
Home About ▾ Program ▾ Exhibit & Sponsor ▾ Register and Travel ▾ Regis



ice '23 MADRID, SPAIN
AAPG International Conference & Exhibition
Riu Plaza España | 6-8 November 2023

Geoscience Solutions to the Energy Trilemma

ICE provides an unparalleled opportunity for geoscientists to share knowledge, insights, and research to help guide the geosciences community to expand frontiers and unlock resources for future generations. The theme for the 2023 event in Madrid is Geoscience Solutions to the Energy Trilemma – affordability, security and climate impact. The energy transition is happening all around us, and the speed of change is accelerating. The need for geoscientists in achieving net-zero is clear, however how this will take shape is still uncertain. ICE 2023 will feature companies at the forefront of the energy transition, highlighting their ambitions and strategies.



ice
GEOSCIENCE SOLUTIONS TO THE ENERGY TRILEMMA
Preliminary Program Now Available

Advisory Board



Joseba Murillas
Repsol



Liz Schwarze
Chevron



Aldo Napolitano
Eni



John Ardill
ExxonMobil



Marc Gerrits
Shell International

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

REUNIÓN ANUAL DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA



Interacción de los sistemas terrestres
RAUGM 2023
Celebrando el 50 aniversario del CICESE

29 octubre al 3 de noviembre de 2023
October 29th to November 3rd, 2023

HOTEL SHERATON BUGANVILIAS
PUERTO VALLARTA • JALISCO • MÉXICO

Topics

- Archaeometry
- Climatology, climate change and atmospheric sciences
- Soil science
- Geophysical exploration
- Space physics
- Structural geology and tectonics
- Geodesy
- Environmental geology and geophysics
- Petroleum geology
- Geomagnetism and paleomagnetism
- Geohydrology
- Geochemistry and petrology
- Modeling of geophysical systems
- Oceanography
- Coastal oceanography
- Paleontology
- Natural hazards
- Sedimentology and stratigraphy
- Seismology
- Volcanology

Temas

- Arqueometría
- Climatología, cambio climático y atmósfera.
- Ciencias del suelo
- Exploración geofísica
- Física espacial
- Geología Estructural y Tectónica
- Geodesia
- Geología y Geofísica Ambiental
- Geología del petróleo
- Geomagnetismo y paleomagnetismo
- Geohidrología
- Geoquímica y Petrología
- Modelación de sistemas geofísicos
- Oceanografía
- Oceanografía costera
- Paleontología
- Riesgos naturales
- Sedimentología y estratigrafía
- Sismología
- Vulcanología

Fechas límite

Propuestas de Sesiones: 4 de junio de 2023.
Propuestas de Cursos: 4 de junio de 2023.
Envío de resúmenes: 13 de agosto de 2023.
Pre-registro: 10 de septiembre de 2023.

Deadlines

Special session proposal: June 4th, 2023.
Special courses proposal: June 4th, 2023.
Abstract submission: August 13th, 2023.
Pre-registration: September 10th, 2023.

 union.g.mexicana
  www.ugm.org.mx/raugm/
  @UGeofisicoMex



ENVÍA TU RESUMEN ANTES DEL
13 AGO
<https://raugm.org.mx>

SESIÓN ESPECIAL 03
Revistas de geociencias, **divulgación** y **comunicación** pública de las ciencias de la Tierra y el Espacio



En la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana que se realizará del *29 de octubre al 3 de noviembre* del 2023

 Puerto Vallarta, Jalisco.

PRIMERA CIRCULAR



La Carrera de Geología de la Universidad de San Carlos y la Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales - ASGA- invitan a participar en el *XV Congreso Geológico de América Central y el V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales* a realizarse del 25 al 29 de noviembre de 2024 en Antigua Guatemala.

"Compartiendo conocimientos para construir el futuro geocientífico de América Central"

OBJETIVO

Ofrecer un espacio de encuentro, reflexión y conexión entre Geólogos que trabajen en América Central para presentar y compartir los últimos avances en la investigación geocientífica y en estimular colaboraciones interinstitucionales en Ciencias de la Tierra.

COMITÉ ORGANIZADOR

Rudy Machorro Sagastume	Presidente
Silvia Cortez Bendfeldt	Vicepresidente
Alejandra Mendoza M.	Secretaria
Luis Carrillo	Tesorero
Jaime Requena F.	Vocal 1
Andrea Reiche de la Cruz	Vocal 2
Sergio Morán I.	Vocal 3
Luciano López L.	Representante Estudiantil

ACTIVIDADES

Sesiones – Cursos Cortos – Giras de Campo
EJES TEMÁTICOS

- 1: Geofísica
- 2: Geoquímica
- 3: Geotecnia
- 4: Exploración de recursos naturales
- 5: Tectónica y riesgos naturales
- 6: Inteligencia Artificial y Tecnologías en Geociencias
- 7: Hidrogeología, recursos hídricos y energéticos
- 8: Mapeo geológico de Centroamérica
- 9: Patrimonio geológico, geoturismo y conservación

No excluye otros temas de interés que sugieran los Geólogos de América Central. Abierta la convocatoria para proponer tópicos geocientíficos especializados para el XV CGAC.

**COMITÉ CIENTÍFICO REGIONAL DEL XV CONGRESO
GEOLÓGICO DE AMÉRICA CENTRAL**

País	Nombre	Institución
México	Eloísa Domínguez Mariani	Universidad Autónoma Metropolitana de México
	Luigi Solari	Universidad Nacional Autónoma de México
Costa Rica	Gerardo Soto	Universidad de Costa Rica
	Ingrid Vargas	Universidad de Costa Rica
Nicaragua	Wilfried Strauch	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
El Salvador	Marcia Barrera	Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas.
	Walter Hernández	Universidad de El Salvador Escuela de Posgrado de Educación Continua.
Honduras	Tania Peña	UNAH. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra
	Lidia Torres	UNAH. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra
Panamá	Eduardo Camacho Astigarrabia	Universidad de Panamá

INSCRIPCIONES (US\$)

	Antes del evento	Durante el evento
Profesional	100.00	200.00
Estudiantes	50.00	100.00

ANTIGUA GUATEMALA – SEDE DEL XV CGAC Y DEL V CGGA

Fundada el 10 de marzo de 1543, **La Antigua Guatemala fue declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en el año 1979**. Esta bella y mágica ciudad colonial guarda casi quinientos años de historia, con un clima privilegiado y una excepcional vista hacia los volcanes de Fuego y Acatenango. Los principales atractivos turísticos de la Antigua son El Palacio de los Capitanes Generales, El Convento y Arco de Santa Catalina, La Plaza Mayor, El Museo de Jade, La Antigua Catedral de Guatemala, el museo de la Universidad de San Carlos, la Ruta Santa del Hermano Pedro, entre otros. La ciudad también es rica en artesanías tales como tejidos típicos, cerámica, productos de plata y oro, cerería, productos metálicos, dulces típicos y gastronomía. Para llegar a La Antigua Guatemala desde la Ciudad de Guatemala debe tomar la carretera CA-1, saliendo por la Calzada Roosevelt, pasando por San Lucas Sacatepéquez y girar hacia la derecha. La Antigua está situada a 40 Kilómetros del centro de la ciudad capital

XV Congreso Geológico de América Central. V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales.



<https://www.visitcentroamerica.com/visitar/la-antigua-guatemala/>

Información adicional:

geologiausac@gmail.com	Síguenos en Facebook	
comunidadesga@gmail.com		

XV Congreso Geológico de América Central. V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales.



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 (España)

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>

Caverna del arte

GLORIOSO SUPERVIVIENTE

Por: Soco Uribe

Es representante patrio de la mesa nacional.

Ha trascendido en el tiempo este famoso manjar.

Y, aunque sus inicios fueron para algunos tenebrosos, eso no le resta en nada, de que sea tan sabroso.

Moctezuma y los mexicas, asiduos consumidores, lo ofrendaban a sus dioses con la carne de traidores.

(hagamos una pausa)

Ya me imagino los platos que se podrían preparar en las épocas actuales, y la deuda externa pagar.

Se llenaría todo el valle, del Anáhuac, por supuesto. Se vendería por millones, colocando un macropuesto.

(Continuemos...)

Ya después de la conquista,

los frailes que recabaron recetas de los mexicas, negaron fuese de humano.

Aseguraban se hacía con perro domesticado, el llamado xoloitzcuintle, que era de consumo humano.

Pero ahora lo que importa es que en México es orgullo, fortalece identidad al aumentar su consumo.

El maíz cacahuazintle, ingrediente imprescindible de este platillo famoso, es esencia insustituible.

Al ser hervido, hace magia. Revienta como una flor suelta espuma blanquecina y adopta cualquier sabor.

¡Hablo del rico pozole! ya lo habrán adivinado, un digno representante de nuestro arte culinario.

Legado de mis ancestros, obra maestra prehispánica, sobrevives valerosa

a la comida chatarra.

Los pozoles son variados, depende quién los prepare, la región y los productos, y ahí es donde está el detalle. Hay pozole que es blanquito, en el sur muy afamado; el más popular y clásico según censos realizados.

Cabeza y trozos de puerco sirven para preparar el caldo de un buen pozole y su carne deshebrar.

¡La de usted no! la del puerco. Ponga toda su atención. es un arte prepararlo sobre todo, en la cocción.

Se cuece el maíz en agua con sal y hierbas de olor, varios ajos machacados para un grandioso sazón.

Ya en los platos pozoleros, pon lechuga rebanada, rabanitos fileteados, orégano y piquín molidos más la cebolla picada.

Con gotitas de limón, la magia está terminada. Mas si agregas aguacate será toda una chulada.

Me olvidé de las tostadas que acompañan al pozole. Compre tres bolsa de veinte sin esperar que le sobren.

Mis antecesores fueron los creadores del pozole, bendita obra maestra de colores y sabores.

Hoy en día, pueden probar pozoles verdes y rojos que del blanco son variantes además, de un rico antojo.

Al rojo le da color el chile ancho y el guajillo. Una mezcla deliciosa de secos reconocidos.

También se le agrega puerco, a esa bendita cocción, aunque algunos le echan pollo al no tener otra opción.

El rojo es mi predilecto, era el rey de las reuniones. Al comerlo tengo en mente a mis tres grandes amores.

El rico pozole verde alegre su fama extiende. en Guerrero es popular y en toda Tierra Caliente.

Se muele el tomate verde,

con pepas de calabaza, le agregan el epazote y unas hojas de espinaca.

Si no tuviera espinacas para darle más color, los rabitos de cebolla serían una buena opción.

Lo que no puede fallar, es el chile jalapeño para darle ese picor que le encanta a los costeños.

Si le quieren agregar trocitos de chicharrón y un poquito de aguacate, ¡suculenta selección!

Sé que me van a pedir, los costeños del Pacífico, que nombre al suyo también: el pozole de mariscos.

En las costas de Jalisco, de Nayarit y Colima (y un poquito más arriba) su caldo base es distinto y varía la proteína.

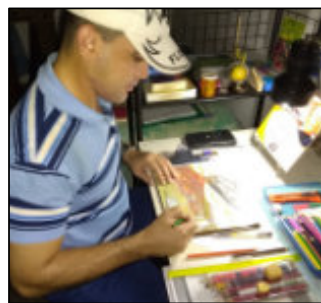
El caldo es de camarón combinado con manteca, la cual debe ser de puerco; así, la mezcla es perfecta.

También al cacahuazintle se le añade camarón, callo de almejas, pescado y trocitos de abulón.

Si no tiene la costumbre de comer esta delicia, sugiero tenga cuidado y la borre de su lista.

Otra cosa que sugiero: quite usted el abulón. Que su estómago no sufra todo un mes la digestión.

Ya sea en el centro o al sur, al norte, oriente o poniente, el pozole es en mi México, “glorioso superviviente”



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

FOLDS

Folds are some of the most common geological phenomena you see in the world - a geological fold occurs when planar (usually sedimentary) layers are curved and/or bent, permanently deformed due to outside pressure. Folds' sizes can vary from microscopic to mountain sized.

<https://www.britannica.com/science/fold>

<https://www.zmescience.com/science/geology/geological-folds/>

<https://www.geolsoc.org.uk/ks3/gsl/education/resources/rockcycle/page3574.html>

<https://www.nagwa.com/en/explainers/924150408952/>

<https://geoexpro.com/folds-and-folding-part-ii/>

<https://geologyscience.com/geology-branches/structural-geology/folds-in-structural-geology/?amp>

https://wiki.seg.org/wiki/Structural_fold

<https://www.easternct.edu/cunninghamw/ees-356-teaching-resources/structuralgeologyphotoglossary.html>

<https://openpress.usask.ca/physicalgeology/chapter/13-2-folds/>

<https://viva.pressbooks.pub/physicalgeologylab/chapter/folds/>

<https://www.geologyin.com/2015/02/types-of-folds-with-photos.html>

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



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

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

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

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



Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Geología Médica

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



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>

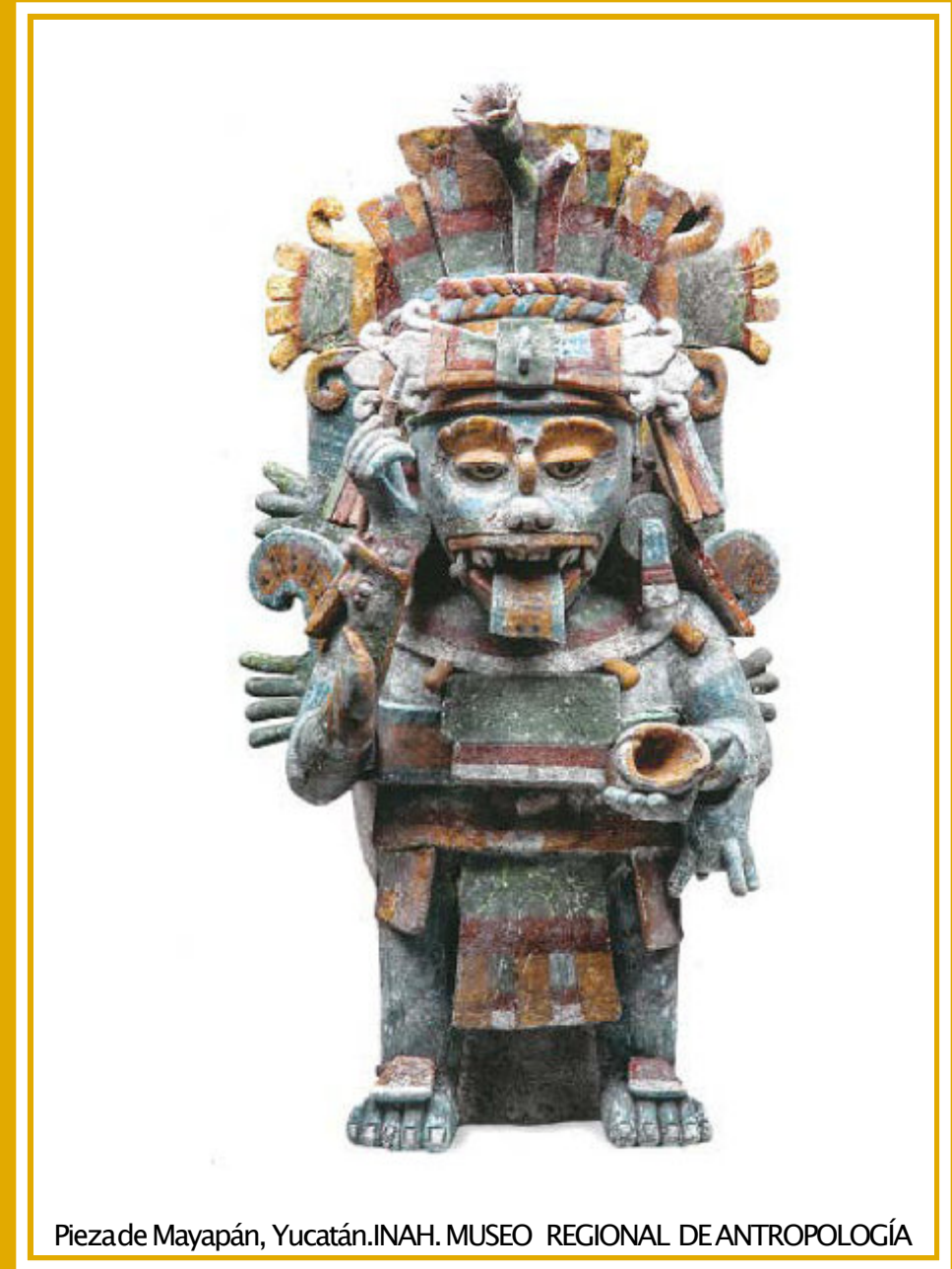


Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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



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



Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA

¿QUIERES COLABORAR CON NOSOTROS?

ENVÍANOS UN CORREO A:

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