

**MAYO
2024**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



MAYO
2024



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 desear 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: Fotografía del eclipse total de sol, Mapimí, Durango, México, con protuberancias de Hidrógeno Alfa visibles. Telescopio Seestar S50, Triple óptica Apocromática 50mm, Sensor IMX462, Resolución 1920x1080, Localización y rastreo GoTo GPS, Filtro interno UV/IR, Filtro solar externo, luz visible. Imagen de **Pilar Viridiana Rangel Ruiz**, Diseñadora gráfica.

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 obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra por la UNAM en 2024. Su geo-pasión es entender las causas y consecuencias de la tectónica. Actualmente, su trabajo 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 was 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

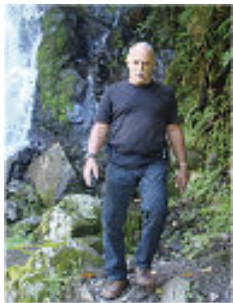
COLABORADORES



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 Sánchez. Más de 5 décadas dedicadas a la geología de Cuba occidental y central. Cartógrafo en los macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central y editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II. Autor/coautor de 23 unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico. Es el descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de Operaciones de Geotec, S.A.; dirigió exploraciones de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá y Perú para Juniors canadienses. Country Manager de Big Pony Gold de Utah y Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró prospectos de oro en el basamento cristalino de Uruguay y en los Estados de Santa Catarina y Mato

Grosso del Norte. El Ministro de Comercio e Industrias lo nombró Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá. El Banco Interamericano de Desarrollo le encargó de redactar el Proyecto de Geología y Minería y parte de su Misión Especial para su entrega al Gobierno panameño. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del BGS 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.

geodoxo@gmail.com



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

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



Marisol Polet 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, Centroamérica 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



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.

ensilvacruz@gmail.com



Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

Profesionista inclinada a la Geología aplicada a obras de ingeniería civil y a riesgos geológicos desencadenados por fenómenos antrópicos y naturales. Experiencia en

levantamientos geológico-estructurales, logeo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

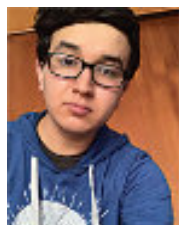
gleon.laura@gmail.com



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

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

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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>





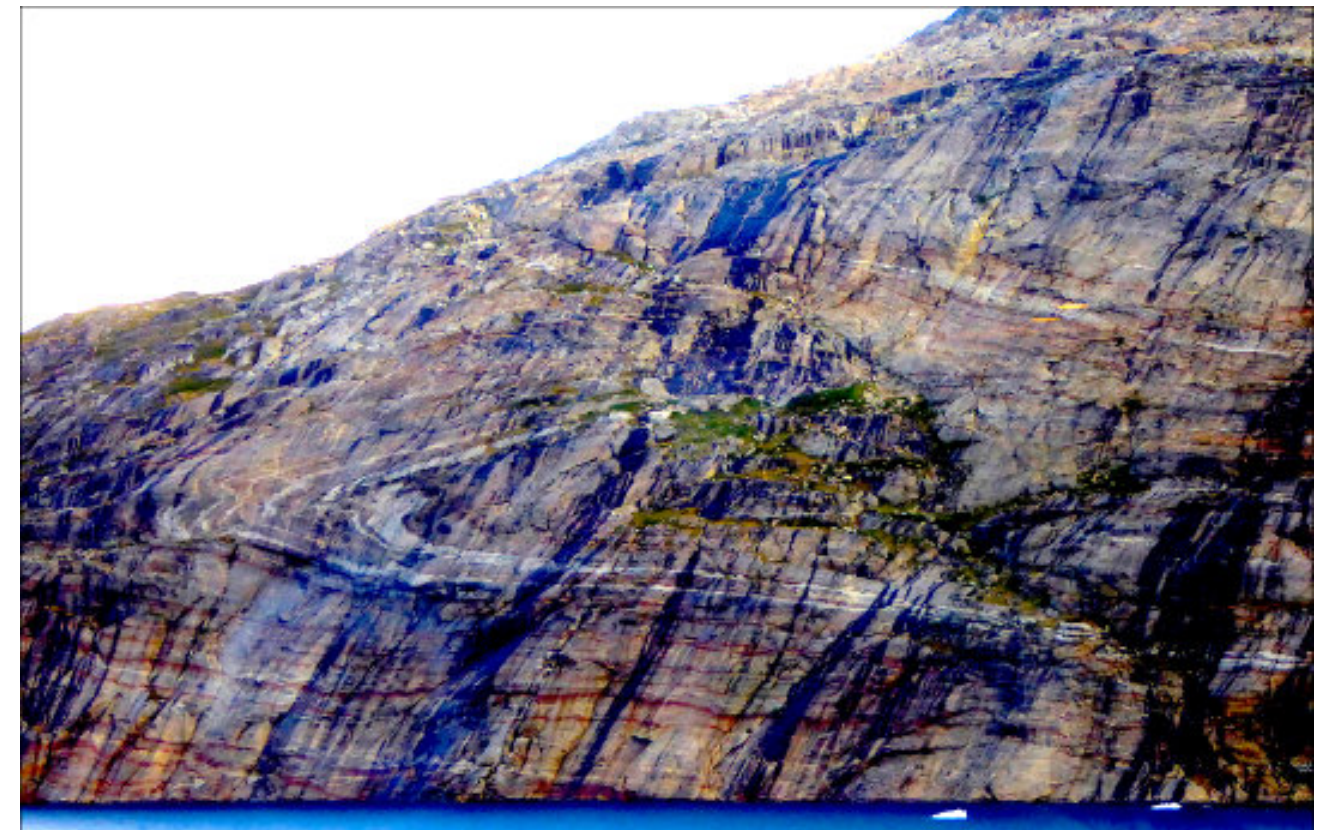
Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

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

Apreciables lectoras/res,

Esperando se encuentren muy bien, les tenemos un mensaje especial. En primer lugar, nos gustaría agradecerles su atención, apoyo, entusiasmo, buenos deseos, retroalimentación y constante colaboración. Desde febrero de 2021 hasta este ejemplar, se cumplen 40 números de publicaciones mensuales de la Revista Maya de Geociencias (RMG) de manera ininterrumpida. Cada número de la RMG ha estado construido con el esfuerzo de todas/dos, desde las pequeñas aportaciones de las/los estudiantes colaboradores, hasta los grandes manuscritos de las 15 Ediciones Especiales. Lo que comenzó siendo una aventura editorial empujada a través de la pandemia del COVID-19, se convirtió en un fenómeno de difusión y divulgación de las geociencias a nivel Latinoamérica y gran parte del mundo. En segundo lugar, queremos comunicarles que los editores hemos decidido tomar dos meses de pausa para meditar, reflexionar y reestructurar la RMG con el fin de brindarle a toda la comunidad de geociencias mejoras en la revista, así como en sus redes sociales, etc.; esto, considerando que todo proceso en el tiempo sufre cambio, como una oruga atravesando su etapa de crisálida para finalmente metamorfosearse en una mariposa.

No obstante, en estos próximos dos meses de pausa, los editores seguiremos recibiendo trabajos a fin de agregarlos a la lista de próximos números (i.e., el siguiente número será en agosto de 2024), así que, si han planeado compartir material para próximos números de la RMG podrán mandarnos su material como se solía hacer de manera recurrente. Además, tanto la página web como la de Facebook quedarán abiertas/accesibles a fin de asistir las necesidades de consulta de números previos de la RMG, o posteo de algún comentario o comunicado especial.

Junto con el resto de las/los colaboradores de la RMG, nos sentimos honrados de haber contribuido en estos últimos tres años y cuatro meses con “un granito de arena” en la difusión y divulgación de las geociencias en México, Latinoamérica y el mundo. Esperamos compartir más de esta aventura con ustedes en esta nueva etapa que tenemos de marcha en el camino.

Atentamente,

Los editores de la Revista Maya de Geociencias.

Dear Readers

In the hope that you are doing well, we have this special message. In the first place it is our pleasure to thank you for your attention, support, enthusiasm, good wishes, feedback and constant collaboration. From February 2021 up to this issue we have produced 40 uninterrupted monthly issues of the Revista Maya de Geociencias (RMG.) Each issue of the RMG has been constructed through the efforts of us all, from the smallest contribution by our collaborating students, up to the large manuscripts in our 15 Special Editions. What began as an editorial adventure carried through the COVID-19 pandemic, has become a phenomenal means of diffusion and divulgation throughout Latin America, as well as a large part of the entire world. Secondly, we wish to inform you that the editors have decided to take a two month pause to meditate, reflect and restructure the RMG in order to provide improvements to the Revista for the entire geoscience community, as well as to social networks, etc; since every process undergoes change over time, much as a caterpillar passes through the stage of a chrysalis to finally emerge as a butterfly.

However, in these next months during this pause the editors will continue to receive contributions with the goal of including them in future issues (the next issue will be in August, 2024), and if any of you have planned to share material for upcoming issues of the RMG, please send this material to us as you have in the past. Moreover, the web page, as well as the Facebook page, will remain open and accessible to provide access to previous issues of the RMG, and for posting commentaries or special communications.

Together with the other collaborators of the RMG, we feel honored to have contributed over these last three years and four months with our “grain of sand” to the diffusion and divulgation of the geosciences in Mexico, Latin America and the world, and we hope to share this adventure with you in the new stage that is on the way.

Attentively,

The editors of the Revista Maya de Geociencias

CONTENIDO

**MAYO
2024**

Semblanzas.....	12
Miscelanea de imágenes.....	23
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	25
Los libros recomendados.....	34
Temas de interés.....	36
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	51
Notas geológicas.....	54
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	106
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	107
Revista enseñanza y comunicación de las Geociencias.....	108
Explora Expo 2024.....	109
XV Congreos Geológico de Centroamérica.....	110
La casa del océano Ártico.....	113
Caverna del Arte.....	114
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	116
Moeraki Boulders, New Zelaqnd.....	119
Asociaciones geológicas hermanas.....	120

Natalia Borísovna Sázhina

Natalia Borísovna Sázhina, la primera geofísica en Cuba.

Varias geofísicas cubanas se dedicaron a la gravimetría. Entre otras, podemos mencionar a: Adriana Villarnovo; Minerva Rodríguez; Verania Bello Dávila; María Caridad Rifa Hernández; Iraida Bueno Navarro; Magaly Fuentes Rodríguez, Bárbara Polo González entre otras. Ellas aportaron innovación y nuevos conocimientos a este método, como pocos, reinado por la matemática superior y un sentido especial del objeto geológico a estudiar. Entre 1967 y 1968, el geofísico ruso Iván Kireev adiestró a dos graduadas de matemática de la Universidad de la Habana: las doctoras Adriana Villarnovo e Isabel Chillón, en las complejas correcciones y equilibrios de los datos adquiridos en los levantamientos gravimétricos y mediciones de la balanza de torsión. Pero antes, una gravimetrista rusa de amplísima experiencia en el método había producido importante información gravimétrica en Cuba – Natalia Borísovna Sázhina.

La gravimetría fue el primer método geofísico aplicado en Cuba. Asombrosamente, las primeras mediciones, en 1928, fueron en el mar (y en algunos puntos costeros de la isla como el Morro de Santiago de Cuba y la base naval de Guantánamo) a bordo de un submarino, con una mujer a cargo de los tediosos cálculos matemáticos, Eleanor A. Lamson¹. Inesperadamente, las mediciones a bordo del USS S-21 en el Caribe y el Golfo de México registran valores extremadamente altos de la fuerza de la gravedad. Lo que llevo a revisar los modelos y las teorías geológicas existentes en esos momentos. Por tan altos logros científicos y tecnológicos, el holandés Félix Vening Meinesz y el petrólogo norteamericano Frederick Wright recibieron toda clase de honores, promociones y reconocimientos, pero no así la laboriosa Eleanor Annie Lamson. Un ejemplo típico, de invisibilización de la mujer de ciencias. Cinco años después, se realizan las primeras campañas de mediciones de la fuerza de la gravedad en tierra, gracias a un esfuerzo cooperativo del United States Coast and Geodetic Survey, la American Geophysical Union, y la empresa petrolera Atlantic Refining Company of Cuba². Entre esa fecha y 1958 las petroleras

internacionales llevaron a cabo levantamientos en todas las provincias, excepto la parte más oriental de la isla, algunos de ellos de alta precisión, pero no amarrados unos con otros.

La Dra. Natalia B. Sázhina va a tener una larga y muy exitosa carrera que la llevará a alcanzar el grado de doctora en ciencias, profesora titular, autora de varios libros de texto y activa participante en instituciones científicas internacionales como la Asociación Geofísica Internacional. Se graduó en 1936 en el Instituto de Petróleo de Moscú. Recién graduada trabajo de topógrafa en la primera brigada de adquisición sísmica bajo contrato con la empresa francesa Schlumberger. Los soviéticos tenían la intención de conocer lo más posible sobre la nueva tecnología, así que todos los trabajadores ayudantes, excepto el cocinero, eran jóvenes geofísicos recién graduados de los institutos de Moscú y Bakú. Por la noche, luego de las agotadoras jornadas de trabajo, los muchachos a la luz de un mechón se reunían a discutir sobre la novedosa técnica que solo conocían teóricamente. Luego de las discusiones tomaban cuidadosa nota de todos los elementos técnicos incluyendo los circuitos electrónicos. En la tarea fueron sorprendidos por los ingenieros franceses que lejos de enfadarse, se dedicaron por las noches a impartirles algunas clases. Al final, la empresa dejó la estación, cables y receptores de regalo a los soviéticos.

En los años antes de la guerra, Natalia comienza a trabajar en la adquisición de datos gravimétricos y variométricos con la balanza de torsión en la cuenca del Dniéper – Donetsk y en los trabajos para probar en el campo los primeros gravímetros de cuarzo³. Luego, comienza a trabajar como docente en varias instituciones producto de la cual es la creación del libro de texto “Prospección gravimétrica” en cooperación con el profesor Nikolái P. Grushinsky que va a tener varias ediciones incluyendo traducciones al inglés y al español.⁴

A finales de los años cincuenta, pasa a trabajar en el Laboratorio de Investigaciones científicas para la geología de países extranjeros (NIL Zarubezhgeologia) sobre

cuestiones generales de los campos gravimétricos a nivel global y la confección de mapas de vastas regiones del planeta con fines geológicos. Para esto era preciso resolver varias cuestiones relacionadas no solo con la interpolación pura matemática sino también en la racionalidad de la representatividad en los mapas⁵. En la institución científica del Ministerio de Geología de la URSS Sázhina va a publicar mapas de norteamérica⁶, Australia⁷, África⁸, Antártida⁹ y América del Sur¹⁰, una obra de proporciones colosales

Cuba.

El instituto Zarubezhgeologia comienza su colaboración con Cuba como parte del contrato con el Ministerio de Geología de la URSS en 1961. Esta cooperación comienza con la adquisición de varias líneas sísmicas regionales marinas en el norte de la isla con el barco de investigaciones sísmicas Vladimir Obruchev y otros levantamientos locales en los mares de la parte central de Cuba. Pronto se hizo evidente la necesidad de contar con mapas gravimétricos unificados pues los levantamientos anteriores se habían realizado a diferentes niveles. Una primera aproximación fue realizada por el Instituto Cubano de Recursos Minerales generando un mapa gravimétrico en escala 1: 1 000 000¹¹. El mapa concluido en 1963, adolecía de algunos defectos técnicos. Por tal razón, se encargó al grupo de trabajo de mapas gravimétricos de Zarubezhgeologia encabezado por Natalia Sázhina, la confección de un nuevo plano. En la compilación del

nuevo mapa, se incorporaron varios gravimetristas: Stanislav Petrovich Ipatenko, Serguei Shijov y Yuri U. Ovchinikov. Esta vez, se tomó mucho más cuidado en la nivelación de los levantamientos y el tratamiento de los errores sistemáticos, utilizando operadores matemáticos. Finalmente, se pudo mejorar la exactitud de las isolíneas resultando en un mapa de anomalías de Bouguer simple, en escala 1:500 000 que se culmina luego de dos años de trabajo en 1968. El mapa en cinco hojas y con escala de color, se publica en la Unión Soviética en 1969¹². A diferencia de la compilación de O. Soloviev que utilizó una reducción de 2,67 g/cm³, el nuevo mapa se hace con una reducción de 2,3 g/cm³. La mayor parte de las anomalías gravimétricas eran esencialmente las mismas con pequeñas diferencias en su posición. Una nota explicativa se publica en 1971¹³.

El nuevo mapa y el mapa gravimétrico de Norteamérica, confeccionados ambos bajo la redacción de N. Sázhina, junto a los datos del sondeo sísmica profunda de los mares adyacentes, permitieron, por primera vez, estimar el espesor de la corteza terrestre de la Isla de Cuba y zonas cercanas. La parte central de Cuba y plataforma de Bahamas, tienen estructura de la corteza terrestre de tipo continental, con espesor de 28- 32 km. A este mismo tipo se puede atribuir la corteza terrestre en las tres provincias occidentales, donde se estima un aumento considerable y brusco del espesor de la corteza terrestre (hasta 8 km) en comparación con los sectores colindantes del Caribe.

¹The gravity measuring cruise of the US submarine S- 21 By F.A. Vening Meinesz, Netherlands Geodetic Commission, Amersfoort, Holland and F. E. Wright Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, D. C. With an appendix on computational procedure By Miss Eleanor A. Lamson U. S. Naval Observatory, Washington, D.C Publications of the United States Naval Observatory. Second Series Volume XIII – Apendix I Department Navy United States of América Government Printing Office Washington 1930.

²Dickerson, Roy E Basic gravity-survey of Cuba. Transactions, American Geophysical Union, Volume 21, Issue 2, p. 213-224, 1940; Swick, C. H. Recent progress in gravity-work. Transactions, American Geophysical Union, Volume 15, Issue 1, p. 53-56 Pub Date: 1934

³Sázhina, N. B. Results of gravitational variometric work in the central part of the Dnepr-Donets Valley [in Russian] : Razvedka Nedr, vol . 10, No. 5, pp. 39-48, Moscow, 1940.; Lukavchenko, P. I., and Sajina, N. B., Ising's quartz gravimeter and results of observations made with it in the Ivanovsk region [in Russian]: Razvedka Nedr, vol. 10, No. 9, pp. 37-46, Moscow , 1940.

⁴Grushinsky N. P y Sázhina N.B. “Prospección gravimétrica Moscú. Editorial. Nedra, 1966, 454 páginas.; N. Sázhina, N. Grushinsky. Gravity prospecting / Moscow: MIR Publ., 1971.; N. Sázhina, N. Grushinsky. Prospección gravimétrica Editor: Moscow: Mir Publishers 1971; Гравитационная разведка [Текст]: [учебник для геофиз. спец. техникумов] / Н. П. Грушинский, Н. Б. Сажина. - 3-е изд., перераб. - М.: Недра, 1981. - 391 с.: ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 386. - 1.10 р. УДК 550.831(075.32); Grushinsky N. P, Sázhina N. B. Prospección gravimétrica. Libro de texto para los estudiantes de las especialidades geofísicas en los técnicos. 4ª edición, ampliada y rectificada. Moscú. Editorial Nedra. 1988. Serie; Educación media.

⁵Sázhina N.B. Primer ratsionalnogo vybora secheniya isoanomal dlya gravimetricheskikh kart Razvedochnaya i promyslovaya geofizika, No 26 pag 40-44, 1959.

⁶T. P. Baskova, E. V. Butaeva, I. K. Drundina, N. B. Sázhina. Mapa gravimétrico de Norteamérica en escala 1: 5 000 000, Nii Zarubezhgeologia, 1969.; Sázhina N. B. (Redactora principal) Gravimetricheskaya karta Severnoi Ameriki. Reduktsia Buge. Mashtab 1 1:5 000 000, 6 hojas, Ministerstvo geologii SSSR, VNII Geofizika, NIL Zarubezhgeologia, 1970.

⁷Sázhina N.B. Gravitatsionnoe pole Avstralii i okruzhayushikh morei, Soobshenia GAISH, 1972, No. 174, 29-53 pag.; Grushinskii N.P., Sázhina N.B. Gravimetriceskaya karta Avstralii, Indonezii y okruzhayushikh morei, Anomalii v reduksii buge. Mashtab 1:5 000 000, 5 hojas. Ministerstvo geologii SSSR, NIL Zarubezhgeologia, GAISH, 1980.

⁸Sázhina N.B. Gravimetriceskaya karta Afriki. Reduksia Buge. Pervii variant, Mashtab 1:5 000 000, 5 hojas. Ministerstvo Geologii SSSR. NIL Zarubezhgeologia, 1975.

⁹Grushinskii N.P., Sázhina N.B. Gravimetriceskaya karta Antartidi, Anomalii v svobodnom vosdukhe. Mashtab 1:5 000 000, 5 hoja. Ministerstvo geologii SSSR, NIL Zarubezhgeologia, GAISH, 1978.

¹⁰Sázhina N.B. Gravimetriceskaya karta Yuzhnoi Ameriki, Na sushe reduksia Buge, na more – reduksia v svobodnom vosdukhe. Mashtab 1:5 000 000, 5 hoja. Ministerstvo geologii SSSR, NIL Zarubezhgeologia, 1983. Sázhina N.B. Gravimetriceskaya karta Afriki, Na sushe anomalii Buge, na more – reduksia v svobodnom vosdukhe. Mashtab 1:5 000 000, 10 hojas. Ministerstvo geologii SSSR, VNII Zarubezhgeologia, 1984.

¹¹Soloviev, O.N., Skidan, S.A., Pankratov, A.P., Skidan, I.K., y Judoley, C.M., 1964. Comentarios sobre el Mapa Gravimétrico de la Isla de Cuba. Tecnológica, 2 (4): 20-27.

¹²Sázhina, Natalia Borísovna; Ipatenko, Stanivlav Petróvich; Ovchinnikov, Yuri, et al. Mapa gravimétrico de Cuba a escala: 1: 500000. Ministerio de Minería, Combustible y Metalurgia de Cuba. Ministerio de Geología de la URSS. Laboratorio Científico Investigador de la Geología de los Países Extranjeros. NIL Zarubezhgeología, 5 hojas, 1969.

¹³Ipatenko, S., N. B. Sázhina, 1971, Sobre el levantamiento gravimétrico en Cuba: Ministerio de Minas, La Habana, Cuba 14 p.; Ipatenko, Stanivlav Petróvich; Sázhina, Natalia Borísovna. Informe sobre el levantamiento gravimétrico en Cuba. Serie de levantamientos gravimétricos. Ministerio de Minería. Archivo ONRM. 1971, pp. 1 - 7.



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

Clarence Edward Dutton

Clarence Edward Dutton (May 15, 1841 – January 4, 1912) was an American geologist and US Army officer. Dutton was born in Wallingford, Connecticut on May 15, 1841. He graduated from Yale College in 1860 and took postgraduate courses there until 1862, when he enlisted in the 21st Connecticut Volunteer Infantry; he fought at Fredericksburg, Suffolk, Nashville and Petersburg. He was elected as a member to the American Philosophical Society in 1871.[1]

In 1875, he began work as a geologist for John Wesley Powell and, after 1879, for the U.S. Geological Survey (USGS).[2] Working chiefly in the Colorado Plateau region, he wrote several classic papers, including geological studies of the high plateaus of Utah (1879–80), the Cenozoic history of the Grand Canyon district (1882), and the Charleston, South Carolina, earthquake of 1886. As head of the division of volcanic geology at the USGS, he studied volcanism in Hawaii, California, and Oregon. He helped coordinate the scientific response to a large earthquake in the Mexican state of Sonora in 1887.

In 1878, he was one of the ten founders of the Cosmos Club.[3] He was elected a member of the National Academy of Sciences in 1884.

In 1886, Dutton led a USGS party to Crater Lake, Oregon. His team carried a half-ton survey boat, the Cleetwood, up the steep mountain slope and lowered it 2,000 feet (610 m) into the lake. From the Cleetwood, Dutton used piano wire with lead weights to measure the depth of the lake at 168 different points. The survey team determined the lake was 1,996 feet (608 m) deep. The currently-accepted maximum depth figure, measured by sonar, is 1,943 feet (592 m).[4]

In a footnote to an 1882 review in the American Journal of Science, Dutton coined the term "isostasy". He later stated: "In an unpublished paper I have used the terms isostatic and isostacy (sic) to express that condition of the terrestrial surface which would follow from the flotation of the crust upon a liquid or highly plastic substratum – different portions of the crust being of unequal density." [5][6] Thus, he realised that there is a general balance within the Earth's crust, with lighter weight blocks coming to stand higher than adjacent blocks with higher density, an idea first expressed by Pratt and Airy in the 1850s. Dutton elaborated these ideas in his address to the



Philosophical Society of Washington in 1889.[7] When this was printed in 1892, the term isostasy was formally proposed, Dutton having, on the advice of Greek scholars, changed the 'c' to an 's'.

Dutton was a close associate of John Wesley Powell, G.K. Gilbert, and William Henry Holmes at the USGS. He was an energetic and effective field geologist: in 1875–1877 Dutton's field party mapped 12,000 square miles (31,000 km²) of the high plateaus of southern Utah, an area of rugged topography and poor access.

Dutton had a distinctive flair for literary description, and is best remembered today for his colorful (and sometimes flamboyant) descriptions of the geology and scenery of the Grand Canyon region of Arizona. "Dutton first taught the world to look at that country and see it as it was... Dutton is almost as much the genius loci of the Grand Canyon as Muir is of Yosemite" – Wallace Stegner, Beyond the Hundredth Meridian.

In 1891 he retired from the USGS to serve as commander of the arsenal of San Antonio, Texas; then as ordnance officer of the department of Texas. After retiring from the Army in 1901, he returned to the study of geology. Dutton spent his last years at the home of his son in Englewood, New Jersey.

Notable publications

1880, Report on the Geology of the High Plateaus of Utah. U.S. Geog. and Geol. Survey of the Rocky Mountain Region, vol. 32, 307 pp. and atlas.

1882, Tertiary History of the Grand Canyon District. U.S. Geol. Survey Monograph 2, 264 pp. and atlas.
1884, Hawaiian Volcanoes. U. S. Geol. Survey, 4th Ann. Rpt., pp. 75–219.
1889, The Charleston Earthquake of August 31, 1886. U.S. Geol. Survey, Ann. Rpt. 9, pp. 203–528.
1889, On Some of the Greater Problems of Physical Geology. Bull. Phil. Soc. Wash., 11:51–64. Proposed the new term isostasy.
1904, Earthquakes, in the light of the new seismology

References

1. "APS Member History". search.amphilsoc.org. Retrieved 2021-04-28.
2. "Clarence Edward Dutton: 1841-1912" (PDF). United States National Academy of Sciences Biographical Memoir: 137. 1958. Retrieved 28 June 2022.
3. Oehser, Paul H. (1960). "The Cosmos Club of Washington: A Brief History". Records of the Columbia Historical Society, Washington, D.C. 60/62: 250–265. JSTOR 40067229.
4. Facts and Figures about Crater Lake
5. Dutton, Clarence (1882). "Physics of the Earth's crust; discussion". American Journal of Science. 3. 23 (April): 283–290. Bibcode:1882AmJS...23..283D. doi:10.2475/ajs.s3-23.136.283. S2CID 128904689.



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

6. Orme, Antony (2007). "Clarence Edward Dutton (1841–1912): soldier, polymath and aesthete". Geological Society, London, Special Publications. 287 (1): 271–286. Bibcode:2007GSLSP.287..271O. doi:10.1144/SP287.21. S2CID 128576633.
7. Dutton, Clarence (1889). "On some of the greater problems of physical geology". Bulletin of the Philosophical Society of Washington. 11: 51–64.

Further reading

Stegner, Wallace (1954). Beyond the Hundredth Meridian: John Wesley Powell and the Second Opening of the West. University of Nebraska Press. ISBN 0-8032-4133-X (and other reprint editions).
Stegner, Wallace. (1936). Clarence Edward Dutton: An Appraisal. University of Utah Press. ISBN 978-0-87480-865-0.
wikisource-logo.svg This article incorporates text from a publication now in the public domain: Gilman, D. C.; Peck, H. T.; Colby, F. M., eds. (1905). "Clarence E. Dutton". New International Encyclopedia (1st ed.). New York: Dodd, Mead.

Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Clarence_Dutton

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

Antonio Ornés Díaz

PEQUEÑA NOTA BIOGRÁFICA

Antonio Ornés Díaz (1874-1958) nace en la población de El Valle -actual parroquia de Caracas-, el 16 de noviembre de 1874. Hijo de Félix Ornés Sosa comerciante, nativo del departamento normando de Orne (A. Singer, *com. pers.*, 2024 y con ascendencia francesa y Luisa Díaz León, canaria y de oficios del hogar.

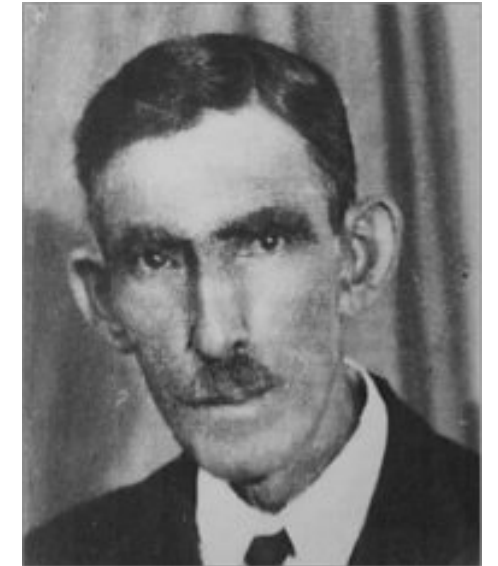
Sus primeras letras las recibe en un plantel local, haciendo luego sus estudios secundarios bajo la tutela del ingeniero Agustín Aveledo (1837-1926), distinguido educador y colaborador técnico de *Vargasia* órgano informativo de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas y quién dirigió los destinos del Colegio Santa María, cercano a la Plaza Bolívar, teniendo como compañeros a ilustres exponentes de la intelectualidad nacional: Lisandro Alvarado, José Gi Fortoul, Laureano Vallenilla Lanz y Luis Razetti. Teniendo a uno de sus docentes al alemán Adolfo Ernst, radicado en Venezuela desde 1868. (Rodríguez A., 2021: 1).

Antonio Ornés Díaz, fue el padre del ingeniero Antonio Ornés Rodríguez, presidente *ad honorem* de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS, en 1984, fallecido en el cargo entre el 8 y el 12 del mismo año (A. Singer, *com. pers.*, 2024).

Su educación universitaria y actividad profesional

Matemático (Araujo, L. 2016), cosmógrafo y astrónomo por vocación, requerirá cursar estudios de ingeniería para la aplicación de los temas vocacionales que le son propios, tarea que acomete en 1895 a los 25 años de edad en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, concluidos en 1898, mas por razones económicas no pudo acreditarse el título. A ello le sigue una larga cadena de trabajos docentes en diversos liceos del país.

Por su profundo conocimiento de la astronomía participa como topógrafo en la comisión que levantó el Primer Mapa Físico y Político de Venezuela bajo la dirección del Ingeniero Felipe Aguerreverre (1846-1934), técnico en ferrocarriles, docente universitario, funcionario público y



académico (Röhl, 1990: 413). Dicho mapa es publicado en 1928 (Drenikoff y Moreau, 2016).

Entre 1918 y 1919, Ornés entra a formar parte del personal auxiliar del Observatorio Cagigal antes de ser nombrado subdirector adjunto del Dr. Luis Ugueto, director de entonces del Observatorio Cagigal. Este cargo fue desempeñado sin interrupción por él desde 1920 hasta 1932 en que renuncia al cargo en 1932, de resultas de la destitución de un nuevo director, el botánico Henri Pittier.

Los datos que a continuación se presentan, han sido extraídos y gentilmente cedidos por el geomorfólogo y docente universitario Andre Singer en 2024 partiendo de publicaciones de edición propia, de la familia Ornés Ferrer a la que él pertenece.

Una anécdota proveniente de su hija, Carmen Teresa Ornés, es traído a colación cuando como astrónomo se refiere a la presencia insólita en terrenos de Cagigal de un botánico, así exclamaría: *¿Qué hace un yerbatero en Cagigal?* (A. Singer, *com. pers.*, 2024).

Nunca será tarea fácil aceptar y entender que entre naturalistas multifacéticos en cuanto al tratamiento de cualquier disciplina no hubiese opiniones disímiles por su presencia en determinada institución, cuando al intervenir

uno de ellos, en el campo de experticia del otro, ello fuese motivo de algún chascarrillo.

DOS SISMOS CARAQUEÑOS

El ingeniero Antonio Ornés, se distinguirá en una faceta muy especial, fuera de su cotidianidad, el estudio de los terremotos. Es así que elabora 2 artículos dedicados a la sismología caraqueña los cuales serán publicados en el diario *El Universal*.

Una nota del mes de febrero del año 1943 escribe «sobre un sismo ocurrido el día 27 que relaciona con asentamientos del subsuelo en El Paraíso después de las lluvias». Si bien el artículo es reimpresso recientemente en Altez y Rodríguez (2009: 198-1999), lo relativo al efecto de sitio, no aparece en el artículo de prensa. Queda una duda aún no resuelta.

Una «predicción sísmica» cuya fecha está fijada para el 7 de agosto de 1950, se basada en el análisis de un trabajo contentivo de 13 sismos históricos catastróficos en el cual expresa: «...ellos se alternan a intervalos cercanos a 30 años en los Andes; en el Sistema Central de la Costa y en el flanco oriental del país, por estar interrumpido el Sistema de los Andes por el Abra de Aroa frente a Barquisimeto y el sistema central de la Costa por el Abra de Barcelona. Estas abras impiden que las ondas sísmicas pasen de una región a otra en forma catastrófica y por consiguiente, podemos estar tranquilos relativamente hasta las proximidades de 1980 en que nos llegue a nosotros su turno... Huelga decir que el turno no ha llegado». (A. Singer, com. pers., 2018).

Un interesante detalle

Es de importancia señalar que Antonio Ornés presuntamente habría integrado, una comisión para elaborar una disposición legal municipal en Caracas relativa a prohibir edificios altos por razones sísmicas en los años 1936-1940 (Ramón Tovar com. pers. a Andre Singer, 2008).

Esta sería sin duda, una de las primeras iniciativas escasamente conocidas y cuya puesta en ejecución se ignora al incluir de alguna forma, normativas sísmicas en ordenanzas edilicias caraqueñas (Singer, com. pers., 2023).

RECONOCIMIENTOS AL DOCENTE Y CIENTÍFICO

En 1945 Antonio Ornés Díaz, recibió la *Medalla de Honor de la Instrucción Pública* por su labor de investigador y docente. Supo darles fuerza y empeño a los tópicos

vocacionales de su interés universitario, pero también trabajó en sismología, la que apenas hacía presencia activa instrumental “reciente” -eran los años 30’s en el O. el Cagigal.

Fallece en Caracas el 1° de diciembre de 1958.

A TÍTULO DE REFLEXIÓN

Personajes y fechas de quienes concurren en la vida de Ornés, dieron su personal aporte en los primeros años de la sismología instrumental directa o indirectamente. En el caso de los segundos con el auxilio de artefactos ya vetustos por los años y cuya utilidad fenecería mucho antes del año 31’.

Instalada nueva maquinaria, durarían hasta que una «novedosa» instrumentación sería traída al país la que sería colocada y empleada por el sismólogo Günther Fiedler a comienzos de 1955.

AGRADECIMIENTOS

Mi muy especial consideración al profesor Andre Singer Perrein, docente, amigo y jefe en mis primeros años del Departamento de Ciencias de la Tierra, por habernos puesto al alcance al material documental y fotográfico propiedad de la familia. Sin ellos hubiese sido imposible esta breve nota. Existen en dichos libros otros intereses, pero no es el espacio y el tiempo para hacerlos públicos.

BIBLIOGRAFÍA

Altez R. y Rodríguez, J. A. (2009). *Catálogo sismológico venezolano del siglo XX. Documentado e ilustrado*, 1: 556 pp.

Araujo, L. (2016). *Antonio Ornés Díaz. Matemáticos Venezolanos*, <https://matematicosvenezolanos.wordpress.com/page/2/>, [Documentación en línea], (marzo 15, 2024).

Drenikoff, I. y Moreau, A. (2016). *Cartografía venezolana*. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, https://www.cervantes_virtual.com/portales/portal_nacional_venezuela/cartografia/, [Documentación en línea], (marzo 15, 2024).

Rodríguez Arteaga, J. A. (2021). *Geología de Venezuela en 34 personajes*. BHGcV, 137: 348 pp. <https://lnkd.in/e7ypWqV>, [Documentación en línea], (marzo 15, 2024).

Röhl, E. (1990). *Historia de las ciencias geográficas en Venezuela*. Fundación Banco Unión, 514 pp.



Fachada frontal del Observatorio Cagigal, ubicada el Loma Quintana o Colina del Observatorio (Fuente propia).



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

Pioneras en la geología petrolera de Cuba.

Ana Luisa Betancourt Morales. (1924-2005). Petróloga.

Rafael Tenreiro Pérez
Melbana Energy Limited

Antes de 1959, la industria petrolera en Cuba era, no solo predominantemente de profesionales extranjeros, sino también abrumadoramente masculina. La situación cambió en ambos sentidos con la creación de la primera empresa petrolera nacional y en breve tiempo geólogos cubanos y varias mujeres ocuparon puestos como profesionales y altas responsabilidades en el funcionamiento de la empresa. La plantilla del Instituto Cubano del Petróleo contó con cuatro geólogas cubanas: Ana Luisa Betancourt Morales, María Elena Ibarra Martín, Otmara Avello y Luisa Lopez Baluja. Ellas ayudaron a sentar las bases de los laboratorios de paleontología y mineralogía del Instituto Cubano del Petróleo (ICP) creado el 23 de noviembre de 1959, como dependencia del Departamento de Industrialización del Instituto Nacional de Reforma Agraria. El Departamento de Industrialización se transformará con posterioridad en el Ministerio de Industrias (Ley 932 del 23 de febrero de 1961). El Instituto Cubano del Petróleo y el Instituto Cubano de la Minería más tarde se fundirán en el Instituto Cubano de Recursos Minerales por la Ley 983, del 9 de noviembre de 1961. Este nuevo instituto unificó las diferentes especialidades de las geociencias en la exploración tanto de minerales sólidos como petróleo. El Departamento Científico del ICRM tenía grupos de paleontología, petrografía y mineralogía dedicados fundamentalmente a la actividad del petróleo.¹

Unos de los primeros pasos que dio la Dirección del ICRM fue la formación de geólogos ayudando decisivamente a la creación de la Escuela de Geología en la Universidad de la Habana. Geólogos y mineros que laboraban básicamente en el ICRM y otras dependencias del Ministerio de Industrias conforman el claustro de profesores de la escuela. De esta forma, las doctoras Ibarra y Betancourt comenzaron a simultanear su trabajo en el petróleo con la enseñanza en la Universidad. Años más tarde, con la formación e incorporación de los nuevos profesionales, se quedaron solo con la actividad académica.

Ana Luisa Betancourt Morales. (1924-2005). Petróloga.

Ana Luisa Betancourt Morales nació el 28 de abril de 1924 en Santiago de Cuba en una familia de veteranos de la Guerra de Independencia (1895-1898). Era hija de Arturo



Betancourt Manduley, abogado y Primer Teniente del Ejército Libertador, y Ana Dolores Morales Naranjo. Ambos nacidos en la antigua provincia de Oriente, en Holguín y Mayarí, respectivamente.² Siendo Ana Luisa una niña, el matrimonio se traslada hacia la Habana. En 1940 inicia estudios de enseñanza media superior en el Instituto del Vedado, del cual se gradúa como Bachiller en Ciencias y Letras en 1941. Ese mismo año, ingresa en la Universidad de La Habana (UH) en la Carrera de Ciencias Naturales. Se destaca en Cristalografía y Mineralogía y en 1943 es designada alumna monitorea auxiliar de Mineralogía, trabajando estrechamente con su mentor el Dr. René San Martín y Sáenz. Obtiene el título de Doctora en Ciencias Naturales el 22 de diciembre de 1945.

Inicia su vida laboral en la misma Universidad de la Habana apoyada por la recomendación del Dr. San Martín, pero sin salario, impartiendo el curso de Microscopía. Obtiene por oposición el cargo docente de profesora adscrita de Mineralogía y Cristalografía en 1946. En 1948 se compromete con Paulino Antonio Ricardo Neira Barreiro. Contraen matrimonio en 1949. Su vida personal no interrumpe sus actividades profesionales. En 1950 obtiene el diploma de Instructor en la Universidad de La Habana. En 1959, al triunfo de la Revolución, comienza a ejercer como Auxiliar Práctico de Laboratorio en la Comisión de Fomento Nacional. Entre 1959 y 1960 da clases de Mineralogía a auxiliares geólogos en el Laboratorio Isaac Corral, curso auspiciado por el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA). En 1960 ocupa el cargo de

Petrógrafa Auxiliar en el Instituto Cubano del Petróleo (ICP). En 1961 participa en la fundación del ICRM, prestándole asesoría hasta 1963, en proyectos sobre serpentinitas, asbesto de serpentina, arenas sílices y petróleo, entre otros.

Reinicia su labor docente en la Universidad de La Habana en la nueva Escuela de Geología, fundada en 1962. En la UH atiende además los cursos de la Facultad de Ciencias. Entre 1963-1965 funge como directora del Departamento de Mineralogía y Petrografía, responsable del museo y laboratorio de la Escuela de Geología hasta su traslado a la Universidad de Oriente en 1965. Con posterioridad imparte clases en tres Facultades de la Universidad de La Habana: Geografía, Pedagogía y Geofísica (Tecnología), en las disciplinas Mineralogía y Petrografía, hasta fines de 1967. Entre 1967 y 1975 ejerce funciones docentes como directora del Departamento de Geología de la Escuela de Ingeniería Geofísica y Profesora de Mineralogía de la Facultad de Tecnología hasta 1988. De 1978 a 1981 es Miembro Comisión Metodológica Central, Instituto Superior Politécnico de la Habana (ISPJAE). De 1979 a 1981

María Elena Ibarra Martín. Paleontóloga. (1932-2009).

La Doctora María Elena Ibarra Martín nació el 27 de diciembre de 1932, en Santiago de Cuba. Desde 1959 fue investigadora y luego jefe del Laboratorio de Paleontología y Petrografía, Instituto Cubano del Petróleo y luego en el Instituto Cubano de Recursos Minerales, donde realizó investigaciones micropaleontológicas sobre foraminíferos planctónicos para establecer correlaciones estratigráficas en las perforaciones petroleras hasta 1968.⁴

Desde 1962, profesora de la Universidad de La Habana contribuyendo a formar varias generaciones de biólogos y paleontólogos. Esta importante científica ocupó importantes responsabilidades entre ellas la Sociedad Cubana para la Protección del Medio Ambiente. Fue miembro de la COMARNA y Secretaria Científica del Consejo Científico Nacional para la Conservación de plantas y animales, profesora de Zoología de Vertebrados y de Anatomía Comparada de Vertebrados. Jefe de varios proyectos de Conservación de Fauna (cocodrilos, reptiles, tortugas y manatíes). Miembro de varias sociedades científicas nacionales e internacionales.

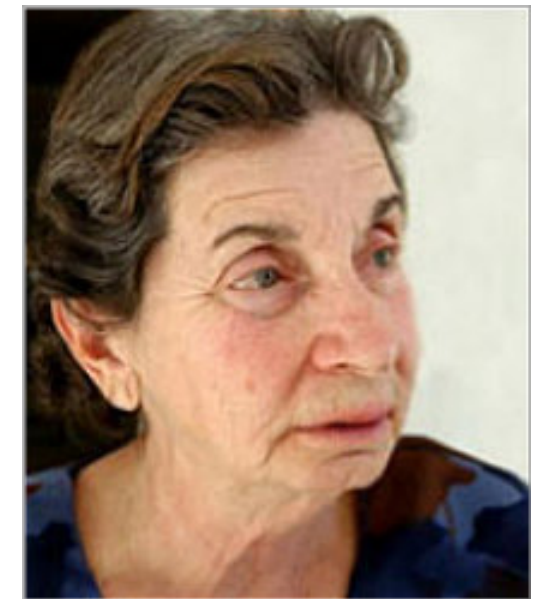
Fue impulsora de importantes proyectos investigativos dirigidos a la protección del medio ambiente y a la formación y desarrollo de la conciencia ambientalista en la población. Su labor científica se encuentra reflejada en la publicación de más de una decena de artículos

Miembro Comisión Planes y Programas, Ministerio de Educación Superior. Se acoge a la jubilación en junio de 1988.

Distinciones recibidas

- 1970. Orden Nacional "Frank País".
- 1980. Orden y medalla "250 Aniversario de la Universidad de La Habana".
- 1983. Distinción "René Ramos Latour", del Sindicato Nacional de Trabajadores de la Industria Química y Metalúrgica.
- 1983. Medalla "Por la Educación Cubana", en la Academia de Ciencias.
- 1983. Certificado del Honor Laboral
- 1988. Miembro de Mérito de la Sociedad Cubana de Geología.

La Dra Ana Luisa Betancourt falleció en noviembre de 2005 a la edad de 81 años.³



especializados y de más de 40 trabajos presentados en eventos de carácter nacional e internacional. Es considerada, entre alumnos e investigadores, como mentora abnegada y consagrada investigadora que lucha permanentemente a favor de la naturaleza en beneficio de la humanidad.

Recibió múltiples reconocimientos entre los que se pueden citar los siguientes:

- Distinción por la Educación Cubana
- Orden "Rafael María de Mendive"

- Profesora de Mérito de la Universidad de La Habana
- Medalla XXX Aniversario de la Academia de Ciencias de Cuba
- Premio al resultado que más ha contribuido a la Protección del Medio Ambiente.
- Medalla y Placa "250 Aniversario de la Universidad de La Habana"
- Medalla y Placa "270 Aniversario de la Universidad de La Habana"
- Medalla "Hazaña Laboral", Medalla "XXX Aniversario de la Academia de Ciencias de Cuba"
- Premio para un Maestro de la FEU
- Premio Nacional por el Medio Ambiente
- Hija Ilustre de Santiago de Cuba por sus aportes al Medio Ambiente
- Premio Internacional de Medio Ambiente otorgada por DAOO en Brasil

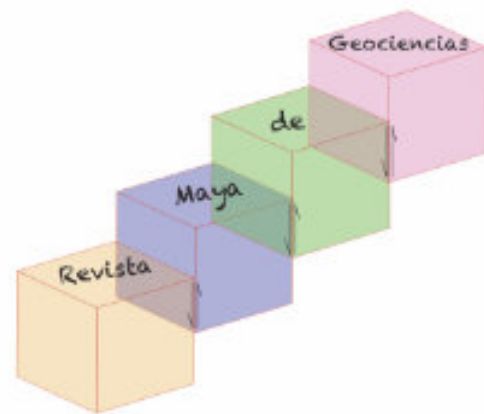
- Medalla 280 Aniversario de la Universidad de La Habana.
- Miembro activo de varios Comités, entre ellos: Junta Consultiva de Pesca del MIP, Comité Oceanográfico Nacional de Cuba, Comité Nacional del MAB, Cátedra "Felipe Poey" de la Universidad de La Habana, Tribunal Nacional de Categorías Docentes en Biología, Comisión Central Metodológica de la Universidad de La Habana, Comisión Nacional de Ciencias Básicas del MES. Más de una vez se ha reflejado en diferentes publicaciones uno de sus más importantes legados: el Programa de conservación de tortugas marinas en la península de Guanahacabibe en el extremo más occidental de nuestro archipiélago. Fruto de la gestión de esta científica, el Programa no solamente ha salvado de la muerte segura a cientos de ejemplares, sino que también contribuyó en buena medida a la educación ambiental de la comunidad que rodea el punto adonde las hembras de esta especie acuden a desovar. El 5 de mayo de 2009, falleció esta importante científica de una dolencia cardíaca.

¹Casanovas Casanovas, Eugenio D. 2017. Los inicios del Servicio Geológico Nacional y la Oficina Nacional de Recursos Minerales. Taller de Historia de la actividad geológica en Cuba GEO13-O2 XII Congreso de Geología (GEOLOGÍA'2017)

²Ana Luisa Betancourt Morales. Ecured. http://www.ecured.cu/Ana_Luisa_Betancourt_Morales#S.C3.ADntesis_biogr.C3.A1fica

³López Fernández, Magdalena; Torres Díaz, Mariela y Neira Betancourt, Lino Arturo, 2011. Ana Luisa Betancourt Morales: profesional de las geociencias. Taller "Mujer, Geociencias y Sociedad" GEO10-O1 IX Congreso Cubano de Geología (GEOLOGIA'2011) Cuarta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEOCIENCIAS'2011. Memorias en CD-Rom, La Habana, 4 al 8 de abril de 2011. ISBN 978-959-7117-30-81

⁴Vera Salazar, Yamina. La doctora María Elena Ibarra Martin. Revista Somos Jóvenes Agosto del 2009 pp 38-40



Hay una mujer al principio de todas las grandes cosas.

Alphonse de Lamartine.

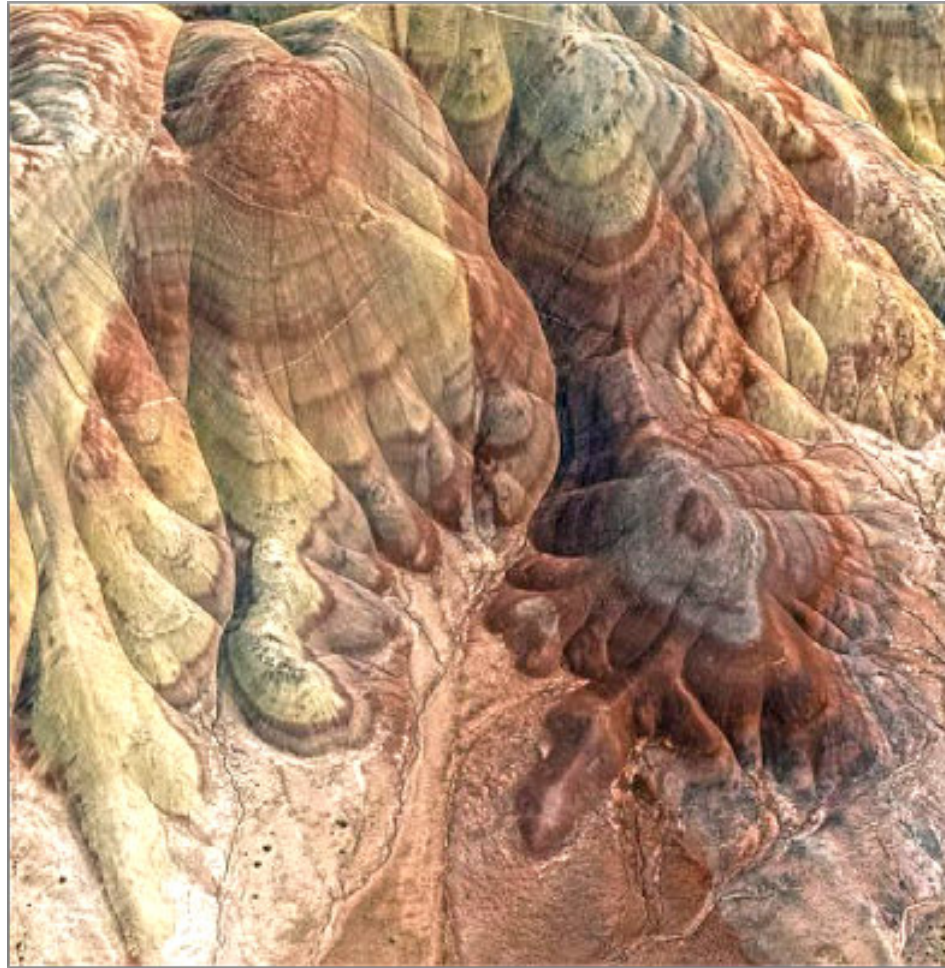
Miscelanea de Imágenes



Ruiz E. (2022). La Geoda Gigante de Pulpí. [Fotografía]. Traveler. España. Las geodas son un grupo de minerales que se disponen en cavidades donde se forman cristales. Esta geoda es llamada "La Geoda gigante de Pulpí" está localizada en el interior de la Mina Rica, situada en la ladera oriental de la Sierra del Aguilón, en la pedanía de Pilar de Jaravía, ubicada en España. Es la geoda más grande en Europa. La cavidad de esta geoda gigante mide alrededor de los 11 metros cúbicos y sus cristales de yeso llegan hasta los 2 metros de largo. Se cree que el enorme tamaño de estos cristales de yeso se debe a fluctuaciones de temperatura en escalas temporales largas durante su formación. Otra teoría indica que hubo un canibalismo entre los cristales por así decirlo, donde los cristales más pequeños se disuelven dentro de la sopa química y sus componentes son absorbidos o canibalizados dentro de los cristales más grandes, ayudando a la formación de estos enormes cristales.



Fundación Aequae. (2021). La catarata submarina de Isla Mauricio. [Fotografía]. Fundación Aequae. Isla Mauricio. La isla Mauricio esta ubicada en el Océano Índico, al este de Madagascar, es parte del grupo de las Mascareñas. Esta isla se caracteriza por su cascada submarina, pero ¿Es una cascada submarina en realidad? Para ser exactos no lo es, este espectáculo solamente es un efecto óptico. El movimiento de las corrientes oceánicas empuja los depósitos de arenas y limos formando la ilusión de una cascada, este constante movimiento cambia los colores del agua, obteniendo así gamas de color azul, verde, blanco y pardo, como resultado da la sensación de que la cascada cae al interior del océano.



Vista aérea del monumento Nacional de John Day, Oregon (EE.UU.)

Nota: Geology and Geologists. (s.f). "Fotos" [Grupo de Facebook]. Facebook. Recuperado el 16 de Abril de 2024 de https://www.facebook.com/groups/435393759811906/?multi_permaLinks=25896010676656864&ref=share.

Ha habido volcanes en el área de Oregón durante 30 millones de años, haciendo explotar enormes cantidades de cenizas en el cielo. El viento llevó la ceniza hasta donde ahora se encuentra el Monumento Nacional de Lechas Fósiles de John Day. Esta ceniza volcánica enterró los pantanos y los bosques. La erosión tallada barrancos en las suaves capas de ceniza y, con el tiempo, creó el paisaje rayado de las Colinas Pintadas. Las capas amarillas y rojas deben su color a los minerales de hierro en la ceniza volcánica, mientras que las manchas oscuras borrosas son los restos de la vegetación muerta.



Nota. Rosa del desierto encontrada en el desierto de Túnez [Fotografía], por Lura Peña, 2022, Cinconoticias (<https://www.cinconoticias.com/rosa-del-desierto-piedra/>). CC BY-SA 3.0

Ejemplo de Rosa del Desierto. Se trata de una variedad de yeso denominada de esa manera debido a su parecido a una rosa procedente de desiertos. Consiste en la formación de cristales lenticulares, constituidos por agregados aplanados, entrecruzados de yeso que durante su formación engloban granos de arena. Para que su formación se pueda dar, es necesario dos condiciones; Un yacimiento evaporítico en profundidad y un clima árido.

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Andrea Baza Varas

Aplicación de tecnologías avanzadas para la caracterización del depósito de vertidos mineros de la bahía de Portmán, Murcia (España).

Universitat de Barcelona, Memoria de Tesis Doctoral, Mayo 2023.

Sustentante: **Andrea Baza Varas**.

Directores de Tesis: *Dr. Miquel Canals* y *Dr. Jaime Frigola*.

Resumen

La afectación de ambientes costeros por vertidos mineros con altos contenidos metálicos procedentes de la explotación de sulfuros constituye un problema de alcance mundial. Aunque la mayoría de residuos mineros son almacenados y gestionados en tierra, en determinadas localidades buena parte de los mismos acaba llegando a las costas y al lecho marino, tanto directa —es decir, a propósito, puesto que representa una opción de vertido rápida y barata— como indirectamente.

Esta Tesis Doctoral contribuye al conocimiento de los depósitos de vertidos mineros costeros y submarinos, más inaccesibles y mucho menos conocidos que los depósitos acumulados en tierra. Nos hemos centrado en el depósito de vertidos mineros de la bahía de Portmán en La Unión, Murcia, formado por la acumulación de unos 57 millones de toneladas de residuos vertidos a lo largo de 33 años (1957-1990) de actividad minera.

En primer lugar, hemos abordado la caracterización multiparamétrica de los depósitos, mediante el análisis de testigos recuperados en la plataforma continental interna. Se han medido sistemáticamente las propiedades físicas (densidad, susceptibilidad magnética y velocidad de las ondas P) y geoquímicas (composición elemental) de los materiales, con el fin de determinar su variabilidad interna y documentar la evolución del área submarina afectada, así como las consecuencias medioambientales asociadas como, por ejemplo, la extinción local por enterramiento de las praderas de la fanerógama *Posidonia oceanica*, endémica del mar Mediterráneo.

En segundo lugar, se examina el estado de oxidación de dos elementos químicos clave: el arsénico (As) y el azufre (S), valiéndonos para ello de un útil tan potente como el Sincrotrón ALBA. El primero, especialmente, tiene una gran relevancia ecotoxicológica. Sin descartar del todo la hipótesis clásica de que algunos minerales sulfurados del As poco estables presentes en el depósito de residuos, como el oropimente (As_2S_3) y el realgar (AsS), procediesen de las menas explotadas —para lo que sería también necesario que hubiesen sobrevivido al tratamiento por flotación ácida—, postulamos la hipótesis de la formación postdeposicional in situ, avalada por los datos proporcionados por el sincrotrón y por la presencia de compuestos orgánicos sulfurados en el mismo depósito, debidos a la actividad de bacterias sulfatoreductoras. La presencia de estos minerales en el depósito tiene importantes consecuencias en relación con la movilidad y la biodisponibilidad del As, puesto que su formación reduce la liberación de este elemento al medio circundante.

Las contribuciones de esta Tesis Doctoral deberían ser tenidas en cuenta en la toma de decisiones por parte de los organismos competentes acerca de las posibles acciones de remediación ambiental. Algunas acciones ya fueron puestas en práctica desde la finalización de la actividad y de la acumulación de los vertidos mineros asociados (en tierra), pero fueron paralizadas debido a la gran controversia generada. Además, deberían incluirse también como posibles acciones la no actuación o una actuación blanda de remediación. Esta Tesis Doctoral aporta una nueva visión que suma posibilidades de actuación para la remediación ambiental de la zona. Al respecto, durante la elaboración de la Tesis Doctoral ha habido un intercambio fluido con la Demarcación de Costas de Murcia, del MITECO, la cual ha apoyado y facilitado en todo momento las investigaciones realizadas, incluso en lugares de acceso restringido. El caso de estudio de Portmán podría servir de referente para otros lugares del mundo —que no son pocos— afectados por problemáticas semejantes.

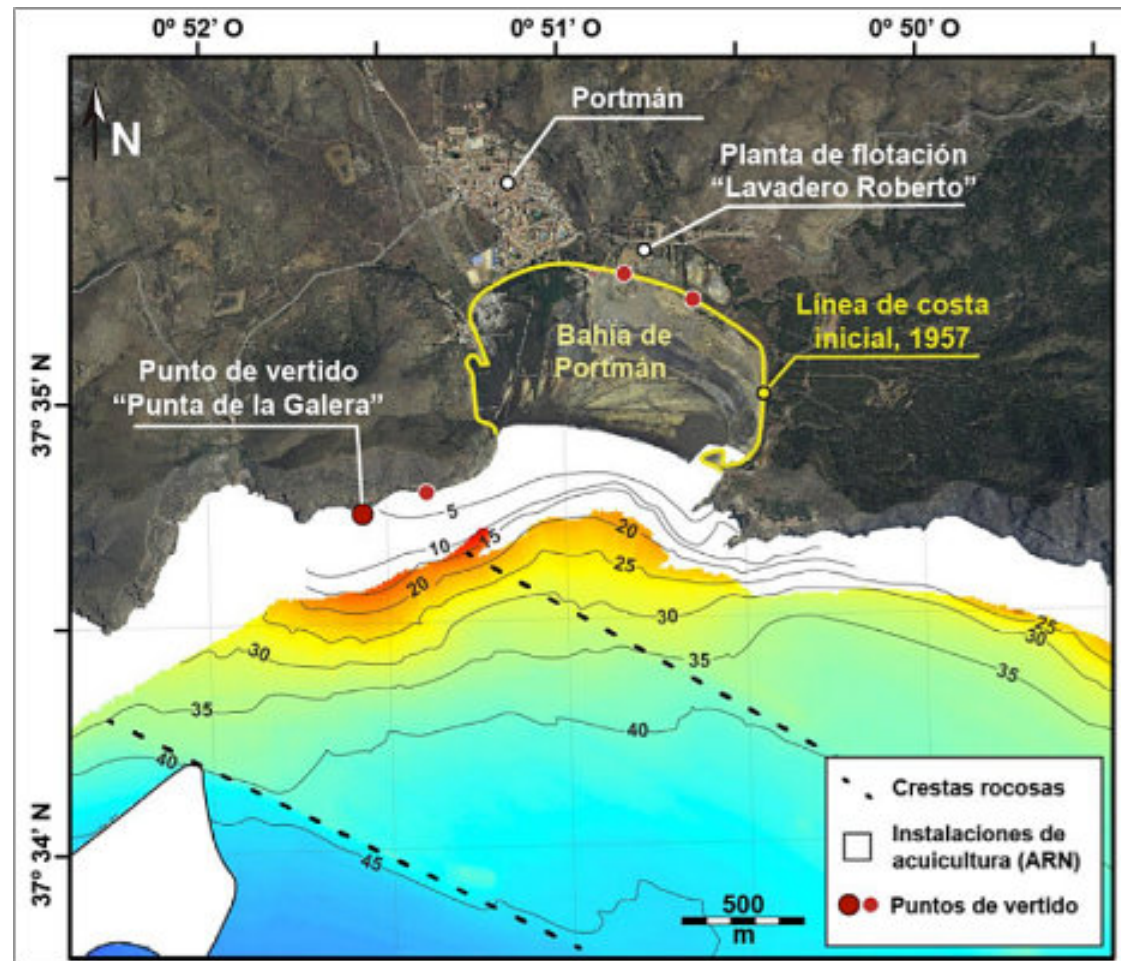


Figura 1.1. Mapa batimétrico general frente a la actual bahía de Portmán, confeccionado a partir de datos obtenidos durante la campaña oceanográfica NUREIEV-3. El área entre la línea de costa inicial de 1957 (línea amarilla) y la línea de costa actual ilustra el avance de unos 600 m de la misma debido al vertido de residuos mineros. También delimita la parte emergida del depósito de relaves, la mayor parte del cual se sitúa bajo el agua. Las líneas negras discontinuas corresponden a las crestas rocosas descritas en el texto principal. La imagen terrestre es una ortofotografía del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), vuelo 25/08/2011. ARN: Área restringida a la navegación. Isóbatas en metros. Los puntos rojos pequeños indican puntos de vertido secundarios utilizados a lo largo del tiempo, mientras que el punto rojo más grande sitúa el principal lugar de vertido, indicado como “Punto de vertido” en la figura (modificado de Baza-Varas et al., 2022).

Detección de ceniza volcánica de erupciones del Popocatepetl utilizando radar meteorológico

Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis que para optar por el grado de: Maestro en Ciencias de la Tierra.

Enero 2023.

Sustentante: **Eder Luis Salazar Díaz.**

Director de Tesis: *Dr. Adolfo Magaldi Hermosillo.*

Resumen

En México, la caída de ceniza emitida por el volcán Popocatepetl es un peligro constante en cinco estados del país. La ceniza volcánica puede causar daños en redes de comunicación, infraestructura urbana, aeronáutica, transporte, energía, cuerpos de agua y campos de cultivo, esto último impacta directamente la distribución de agua potable y alimentos. Otro efecto adverso, de la ceniza de origen volcánico, es en la salud pública, incrementando los problemas respiratorios sobre las poblaciones. Debido a la cercanía del volcán Popocatepetl a ciudades y regiones de alta densidad poblacional, principalmente a la Ciudad de México (CDMX), se firmó un convenio de colaboración entre el gobierno de CDMX y la UNAM. Uno de los propósitos de este convenio fue la instalación de un radar meteorológico en el Altzomoni. Este trabajo tiene como principal objetivo el uso de este radar meteorológico para la detección y caracterización de las cenizas emitidas por el volcán Popocatepetl. Se determinaron y obtuvieron las alturas de la nube de cenizas, tomando en cuenta la curvatura de la Tierra y la desviación de haz del radar por efectos de la difracción atmosférica. Se implementó un modelo con seis tipos de reflectividades teóricas asociadas a tamaño y concentraciones de ceniza, con lo que se distinguen diferentes diámetros (ceniza fina y gruesa) y concentraciones (ligera, moderada e intensa) de la ceniza volcánica presente en la nube emitida por el volcán. Lo anterior, es de vital importancia para el seguimiento en tiempo real de las emisiones del volcán, ayudando a minimizar el riesgo en el espacio aéreo y dar aviso oportuno a las poblaciones vulnerables.

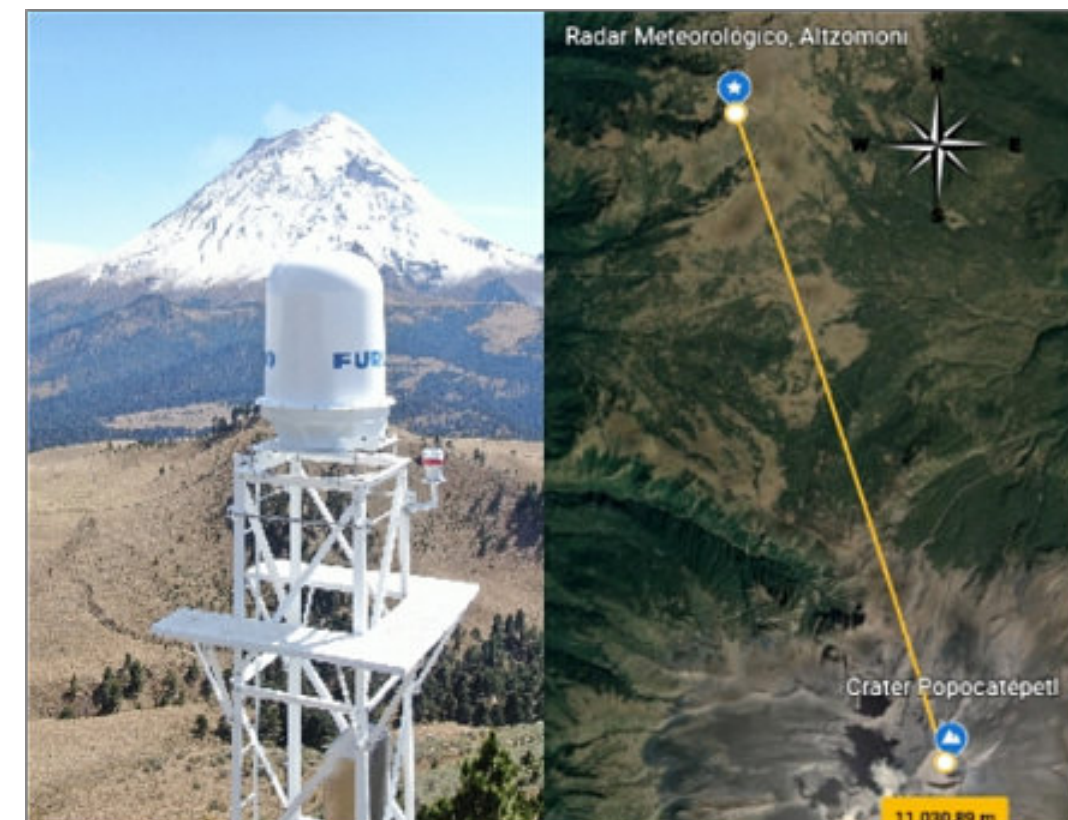


Figura 1.1. Fotografía del radar meteorológico utilizado y (izquierda). Mapa de la localización del radar con espacio respecto al volcán Popocatepetl (derecha).

Cronoestratigrafía de dinoflagelados tropicales durante el Neógeno.

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias, 2024.

Sustentante: **Francy Milena Carvajal Landinez.**

Director de Tesis: Dr. Javier Helenes Escamilla.

Resumen

El avance del conocimiento en bioestratigrafía en áreas tropicales durante el Neógeno puede potenciarse mediante el estudio de los quistes de dinoflagelados y sus bioeventos. Tradicionalmente se han utilizado métodos cualitativos para su estudio. Sin embargo, para obtener datos más consistentes sobre este tema, en este trabajo utilizamos un análisis cuantitativo y probabilístico sobre una base de datos palinológicos del sur del Golfo de México, para identificar eventos de quistes de dinoflagelados durante el Neógeno. Analizamos datos de seis pozos, incluidas 1,005 muestras de núcleos y recortes de perforación, marcando un cambio con respecto a los métodos de análisis cualitativos convencionales. Con este enfoque cuantitativo a través del programa RASC, obtuvimos la Secuencia Óptima de Clasificación (Ranking Optimum Sequence: ROS) y la comparamos con diez bases de datos publicadas en sitios tropicales durante el Neógeno. La secuencia óptima identificó once especies de dinoflagelados como marcadores de edad, incluyendo Impagidinium patulum, Lejeunecysta hyalina, Spiniferites bulloideus, Homotryblium floripes, Nematospaeropsis balcombiana, Selenopemphix brevispinosa, Spiniferites pseudofurcatus, Cyclopsiella elliptica, Lejeunecysta cinctoria, Palaeocystodinium golzowense y Cordosphaeridium cantharellus. Con base en estos resultados, proponemos la secuencia de bioeventos de quistes de dinoflagelados más probable y sugerimos tres conjuntos "Cantharellus" (Oligoceno a Mioceno temprano), "Hyalina" (Mioceno) y "Patulum" (Mioceno medio a Pleistoceno). Estos conjuntos pueden facilitar la identificación de la mayoría de los pisos estratigráficos durante el Neógeno en áreas tropicales. La comparación con las bases de datos muestra que el Golfo de México y los sitios tropicales comparten el 60 % de las especies, lo que permite calibrar la edad de la secuencia óptima y permite inferir una posible afinidad provincial. Además, encontramos un dominio de quistes de dinoflagelados autótrofos durante el Neógeno en océanos tropicales. Esta tendencia refleja la abundancia actual de quistes gonyaulacoides en áreas tropicales y subtropicales, que ha persistido desde la era Jurásica.

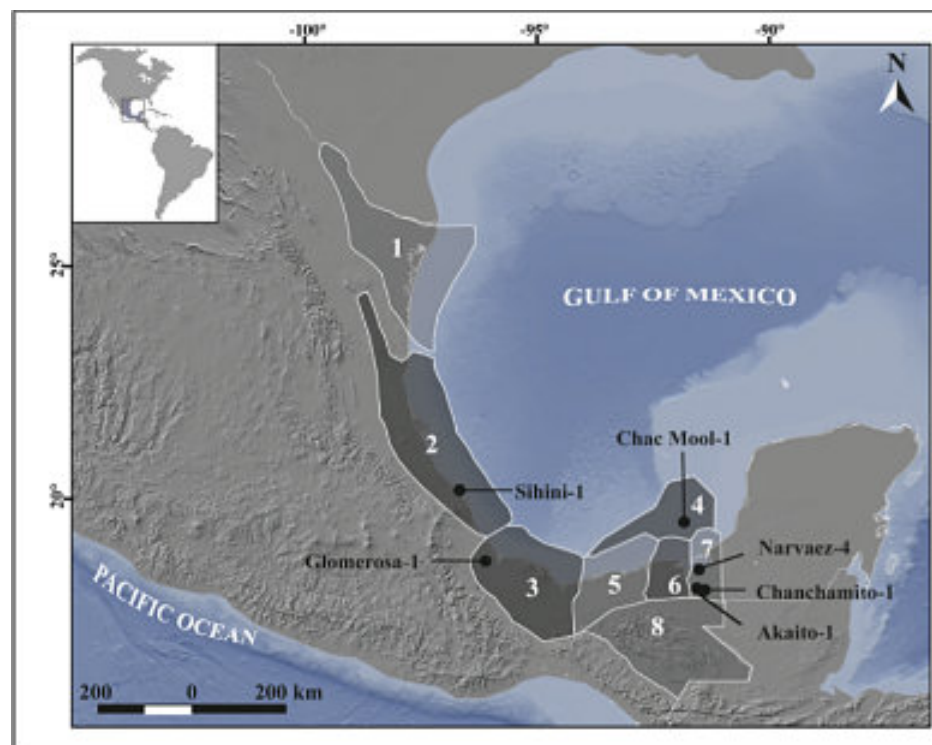


Figura 1.1. Cuencas cenozoicas en el Golfo de México y pozos seleccionados para este estudio: 1. Burgos 2. Tampico-Misantla (Sihini-1) 3. Veracruz (Glomerosa-1) 4. Plataforma Campeche (Chac Mool-1) 5. Salina del Istmo 6. Chiapas-Tabasco 7. Macuspana (Narvaez-4, Chanchamito-1, Akaito-1), 8. Sierra de Chiapas.

Los montes marinos en la placa de Cocos y modelación de datos gravimétricos en la zona de Fractura Tehuantepec

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, 2024.

Sustentante: **Rodrigo Navarro León.**

Director de Tesis: *Dr. Juan García Abdeslem.*

Resumen

Para documentar la distribución de montes marinos en la Placa de Cocos, hemos utilizado datos de la General Bathymetric Chart of the Oceans, para calcular el tensor del gradiente de la batimetría en 20 sectores, cada sector abarca un área de 500 por 500 km en una malla regular con nodos a cada 500 m. En cada nodo obtenemos un tensor simétrico de orden tres, cuyos elementos están constituidos por derivadas de segundo orden en tres direcciones ortogonales, del cual obtenemos sus valores propios para calcular sus invariantes. Los mapas del segundo y tercer invariante nos permiten detectar cambios en la batimetría asociados a la presencia de montes marinos. Adicionalmente, utilizamos la batimetría para definir con la mejor precisión posible la cima de los montes marinos encontrados. Considerando un radio de búsqueda de 25 y 50 km, calculamos el punto medio y azimut entre cada dos montes marinos y buscamos una dirección preferencial mediante un diagrama de rosas. De un total de 3091 montes marinos encontrados en la región estudiada, 1754 corresponden a la placa de Cocos y que dos tercios de estos se alinean en trayectorias circulares que van de la Dorsal del Pacífico Oriental hacia la Trinchera Meso Americana. Se interpreta que estos fueron originados en la Dorsal del Pacífico Oriental, en tanto que un tercio de los montes marinos que no siguen la trayectoria circular corresponden a vulcanismo intraplaca. Al ser subducido, un monte marino deja de ser visible en la batimetría y es posible que un monte de gran tamaño constituya una aspereza, que deforme la corteza que subduce y que afecte la ocurrencia de terremotos de gran magnitud. Este parece ser el caso de un monte marino, inferido a partir de la modelación inversa de una anomalía de gravedad positiva, que ha entrado a la zona de subducción en la plataforma continental de Chiapas.

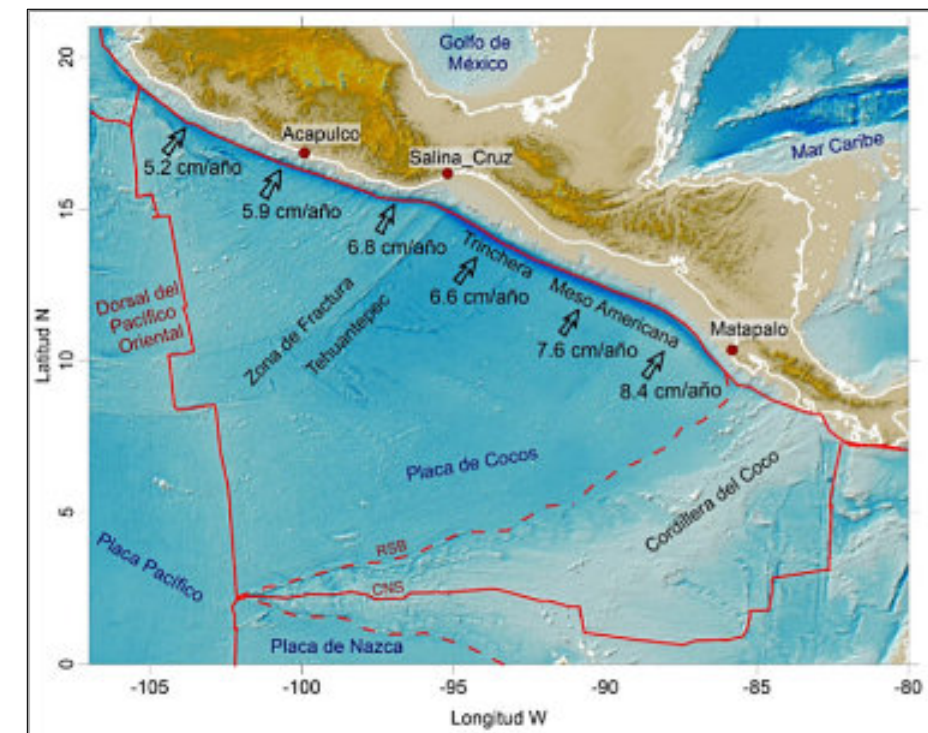


Figura 1.1. Topografía y batimetría de la zona de estudio (GEBCO, 2020), las velocidades relativas entre la placa de Cocos en subducción con la plataforma Continental tomadas de Pardo y Suárez (1995). Límites de la placa de Cocos de acuerdo a Manea et al. (2013); (Meschede et al., 2000); (Naif et al., 2015).



Contents lists available at ScienceDirect

Marine and Petroleum Geology

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



Diagenetic evolution and origin of cements of the Cretaceous carbonates in the Akal Block, southeast Gulf of Mexico

Juan Manuel León-Francisco^{a,b,c,*}, Karem Azmy^{b,**}, José Manuel Grajales-Nishimura^d

^a Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 04510, Mexico

^b Department of Earth Sciences, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, A1B 3X5, Canada

^c Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Mexico City, 07730, Mexico

^d Seminario Universitario sobre Investigación en Hidrocarburos, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 04510, Mexico

ARTICLE INFO

Keywords:

Gulf of Mexico
Akal block
Carbonate diagenesis
Dolomitization
Geochemistry

ABSTRACT

The Cretaceous succession of deep marine facies (580 m-thick) of the Akal Block, southeast of the Gulf of Mexico, is dominated by lime mudstones that have been extensively affected by dolomitization. Petrographic examination, including cathodoluminescence (CL), and microthermometry reveal three phases of dolomitization that occurred as replacement and pore-/fracture-filling cements. These are (1) an early replacement dolomicrite (D1, <50 μm) with dull orange CL, (2) eu- to subhedral dolomite (D2, 60 μm–150 μm) with distinctive cloudy cores (dull CL) and clean edges (non-luminescent to dull CL), and intercrystalline porosity (6 %), and (3) anhedral vug-/fracture-filling dolomite (D3, 200 μm–500 μm) exhibiting CL zonation. The mean δ¹⁸O values of those dolomitesshow a trend of slight decreasefrom D1 to D3 (D1 =0.0 ±1.3‰ VPDB, D2 = 0.2 ±1.1‰ VPDB, D3 = 1.2 ±1.6‰ VPDB), which reflects the influence of progressiveburial. The low Sr contents(101 ±29 ppm) of D1, along with its near-micritic grain size and estimated δ¹⁸O_{D1fluid} of parent dolomitizing fluid (3.6‰–1.9‰ SMOW), support early-stage dolomitization at low temperature of near-surface conditions from solutions of mixed meteoric and seawaters. The higher estimated δ¹⁸O_{fluid} values of D2 and D3 (3.0–13.9‰ SMOW) are expected for fluids in burial settings of high temperatures. The homogenization temperatures of the primary two-phase fluid inclusions of D2 (T_h =99.1 ±7.9 °C) and D3 (T_h =89.5 ±11.2 °C) suggest precipitationat deeper burial settings, which is also consistent with their lower Sr contents (80 ±14 ppm and 98 ±33 ppm, respectively). The lower mean T_h value of D3 than that of D2 likely reflects the influence of tectonic uplift that affected the Akal Block. The shale-normalized (REE_{SN}) patterns of the dolomites mimic that of modern seawater and those of D1 and D2, in particular, coincide with that of the lime mudstones (C1), thus suggesting that C1 was their precursor and also D3 originated almost from the same parent fluid that its geochemical composition evolved with progressive burial. The latest fracture-filling calcite cement (C2) postdated D3. The investigation of the products of burial diagenesis, such as fracturing, dissolution, and dolomitization events and their relationship with the tectonic uplift of the Akal Block allows a better understanding of the factors controlling the quality of Cretaceous reservoir rocks.

1. Introduction

The Akal Block is a part of the Cantarell Field, which is one of the most important oil fields in the world and the most prolific oil-producing field in southeastern Mexico, with a production peak of 1.157 MMbpd (Santiago-Acevedo, 1980; Santiago and Baro, 1992; Limón-Hernández et al., 1999). The Cantarell is made of a geologically complex structure including the Akal, Nohoch, Chac, and Kutz blocks. The Akal Block is the

most significant since it has represented up to 90% of the national hydrocarbon reserves in Mexico (Aquino-López and Ortega-González, 2001). It produces oil from various stratigraphic levels, including the Kimmeridgian, Lower Cretaceous, Upper Cretaceous, and the Cretaceous-Paleocene boundary (Limón-Hernández et al., 1999; Grajales-Nishimura et al., 2000).

Most of the previous studies on that area focused on the sedimentology, stratigraphy and petrophysics characteristics of the Upper

Cretaceous-Paleocene (K-Pg) carbonate breccia attributed to a meteorite impact that caused the Chicxulub structure (e.g., Grajales-Nishimura et al., 2000; Grajales-Nishimura, 2001; Martínez-Ibarra, 2009). However, the diagenetic evolution of the Cretaceous pelagic carbonates may still need better understanding. The studies on the diagenetic history of the Cretaceous interval are very few (e.g., Lamadrid, 2009) particularly because most of the work has been focused on the characterization of fractures in the southeastern basins (Monroy, 2012; Prieto-Ubaldo et al., 2012, 2017).

This study aims to better understand the diagenetic evolution of the Cretaceous Akal carbonates with a focus on the origin and nature of the cement (dolomites and calcites) using a multi-technique approach of combined petrography (including cathodoluminescence and fluid-inclusion microthermometry) and geochemistry (elemental and stable C- and O-isotopes). The main objectives of the current study are:

- To investigate the diagenetic characteristics of the Cretaceous carbonates of the Akal Block,
- To establish the paragenetic sequence of the multiple diagenetic events, and
- To investigate the origin and nature of the cement phases, their parent diagenetic fluids and their integration with the basin tectonics to better understand the evolution of the Cretaceous Akal Block reservoir characterization.

2. Geological settings

The Akal Block is located in the Campeche Sound, offshore of the Southeastern Mexican Basins in the Gulf of Mexico and ~80 km northwest of Ciudad del Carmen, Campeche (Fig. 1). It consists of an allochthonous anticline, delimited to the west by a normal fault (Kutz Fault) and to the east by a reverse fault (Sihil Fault) that separates it from the underlying autochthonous Sihil Block (Fig. 1, Shunshan et al., 2011).

Three main tectonic events occurred in the Campeche Sound (Mitra et al., 2005): (1) an extensional event from the Triassic to Early Cretaceous, (2) a compressional episode during the Miocene that generated the greatest tectonic deformation of the Cantarell Field, and (3) an extensional event from the Pliocene to the Holocene.

The extensional event (1) that led to the opening of the Gulf of Mexico in the Late Triassic-Early Jurassic (Salvador, 1987, 1991) is believed to have occurred in two main phases. The first was related to the rupture of Pangea in the Triassic-Middle Jurassic and the second was the rotation of the Yucatán Block to its current position that occurred during the Late Jurassic to Early Cretaceous (Marton and Buffler, 1999; Salvador, 1991; Pindell and Kennan, 2009; Hudec et al., 2013; Eddy et al., 2014; Nguyen and Mann, 2016; Kenning and Mann, 2021). This extension event resulted in normal faulting that displaced the Tithonian and Kimmeridgian units in the study area (Mitra et al., 2005).

The Cantarell Field structure was shaped by compression (2) during the Miocene, thus separating the autochthonous Sihil Block from the allochthonous Akal Block by the Sihil Fault on a Callovian-Oxfordian

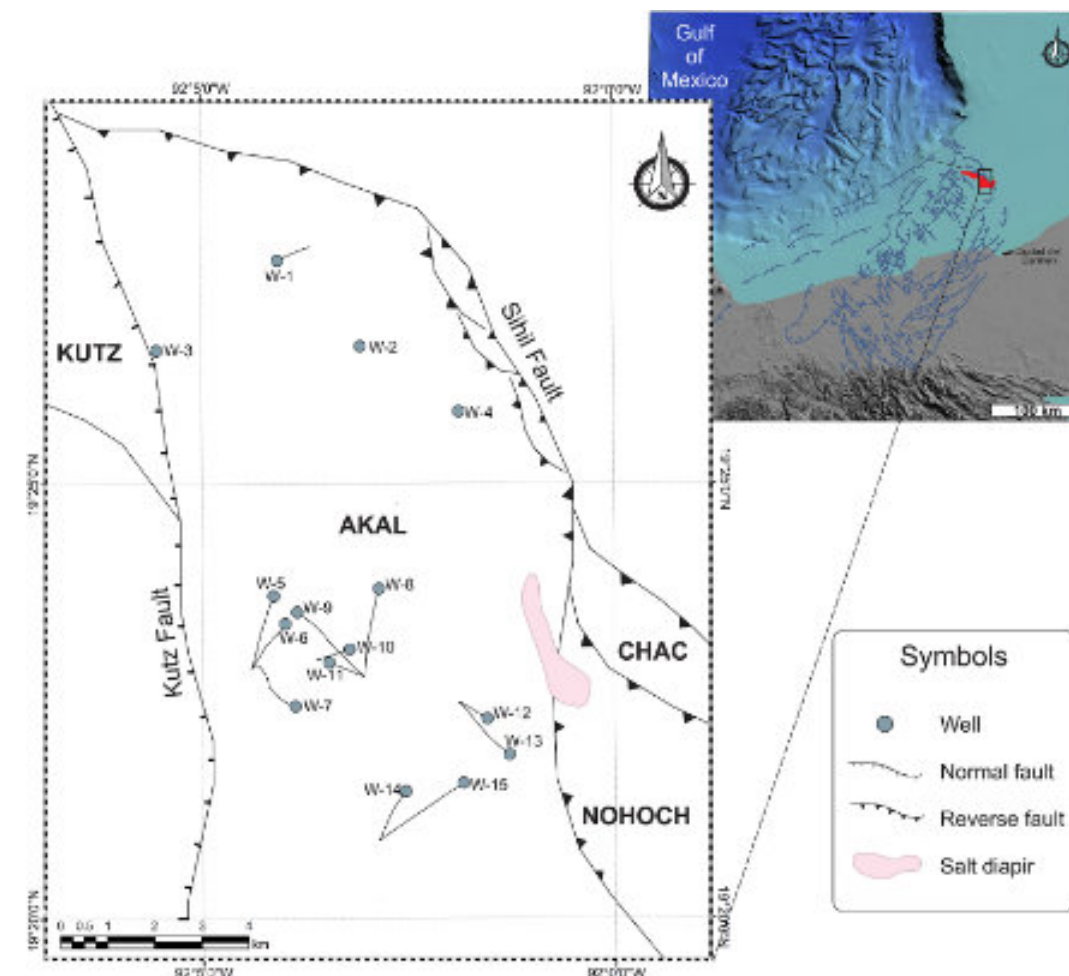


Fig. 1. Map of the study area showing the location of the sampled wells in the Akal Block of the Campeche Sound, southeast Gulf of Mexico (modified from Pacheco-Gutiérrez, 2002).

* Corresponding author. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 04510, Mexico.

** Corresponding author.

E-mail addresses: jleonfrancis@mun.ca (J.M. León-Francisco), kazmy@mun.ca (K. Azmy).

<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2024.106827>

Received 13 December 2023; Received in revised form 29 February 2024; Accepted 25 March 2024

Xenarthra Pilosa del Neógeno del Ecuador : sistemática, distribución estratigráfica, paleobiogeografía y paleoambientes

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

Sustentante: **José Luis Román Carrión.**

Director de Tesis: *María Paloma Sevilla.*

Resumen

El aislamiento prolongado del subcontinente de Sudamérica por casi 100 millones de años permitió el desarrollo de una fauna de mamíferos propia que se vio afectada hace unos 3 millones de años por los movimientos migratorios norte-sur y sur-norte ocurridos como consecuencia del cierre del istmo de Panamá, proceso conocido como Gran Intercambio Biótico Americano (GABI). Entre esta fauna característica se encuentran el superorden de mamíferos placentados de los Xenartros (osos hormigueros, armadillos y perezosos), caracterizados por peculiaridades anatómicas exclusivas del grupo. Los perezosos se agrupan en el suborden Folívora, perteneciente al orden Pilosa, y comprende perezosos arborícolas con representantes actuales y fósiles, y los perezosos terrestres, exclusivamente fósiles. El rico registro fósil de perezosos terrestres en Sudamérica muestra la diversidad que alcanzó el grupo manifestada por el amplio rango de tamaños, tipo de dietas y de locomoción. Su evolución y patrones de distribución estuvieron condicionados por la orografía, clima y migraciones, aún no plenamente esclarecidos.

La presente Tesis Doctoral aborda la revisión de material conocido de perezosos fósiles de Ecuador, incrementando los datos existentes con nuevo material recogido en 6 localidades del Mioceno y Pleistoceno, contribuyendo con ello a ampliar el registro de esta fauna fósil, aportando nuevos datos que sirvan para esclarecer la historia evolutiva de los Xenarthra - Pilosa.

Por medio de un exhaustivo trabajo bibliográfico previo, en esta Tesis Doctoral se han podido reunir los datos correspondientes al conjunto de material de perezosos gigantes depositados en colecciones y repositorios de Historia Natural del Ecuador. Estos fósiles se han revisado utilizando criterios de anatomía comparada actualizada y morfometría, además de completar la información geológica y cronológica de las localidades de procedencia. La investigación desarrollada también ha incluido trabajo de campo que ha permitido ampliar el registro con material nuevo, que, aunque bastante fragmentario, ha proporcionado información adicional de interés sirviendo de base para describir y resaltar las diferencias anatómicas entre las especies del Mioceno y las del Pleistoceno.

Entre los resultados obtenidos en esta tesis, cabe señalar la importancia identificada por su potencial fosilífero, especialmente de Xenarthra y Notoungulata, de la cuenca intramontañosa de Nabón al sur del Ecuador, una de las cuencas testigo del último segmento de cordillera andina que al levantarse dio origen a la cuenca Amazónica. El trabajo de prospección y recolección realizado en esta cuenca para la tesis ha permitido ampliar el registro ecuatoriano de pilosos con nuevos fósiles hallados en dos localidades. Estos nuevos registros cuentan con una base estratigráfica precisa y dataciones absolutas. El estudio detallado de este nuevo material ha puesto en evidencia que se trata de especies diferentes a las correspondientes al material descrito en localidades miocénicas de otras regiones de Sudamérica, como Colombia, Venezuela o Perú. Después de un intervalo sin vertebrados fósiles correspondiente al Plioceno, durante el cual la región estuvo afectada por un importante volcanismo, los depósitos del Pleistoceno tardío cuentan de nuevo con registro de Xenartros pilosos.

En esta tesis también se ha abordado el estudio detallado del milodonte *Oreomylon wegeneri* de los valles interandinos del norte del Ecuador, que ha permitido corroborar su naturaleza endémica con características diferentes al resto de especies sudamericanas. El análisis filogenético realizado considerando estos rasgos anatómicos propios han permitido establecer su parentesco con los grupos que colonizaron Centro y Norteamérica.

La revisión y síntesis realizada sobre el registro de Megalonychidae en el Litoral ecuatoriano ha permitido concluir que al menos una especie de este grupo habitó esta región, aunque el carácter fragmentario de sus fósiles no permite de momento asignarlos a una especie en particular.

Finalmente, el trabajo de revisión y actualización taxonómica de los fósiles de Pilosos de los Andes ecuatorianos ha puesto de manifiesto la asignación errónea a la familia Mylodontidae de un cráneo que ha sido reasignado a *Ahytherium* sp., familia Megalonychidae, después de su estudio anatómico detallado y la obtención de un molde interno de su cavidad craneal.

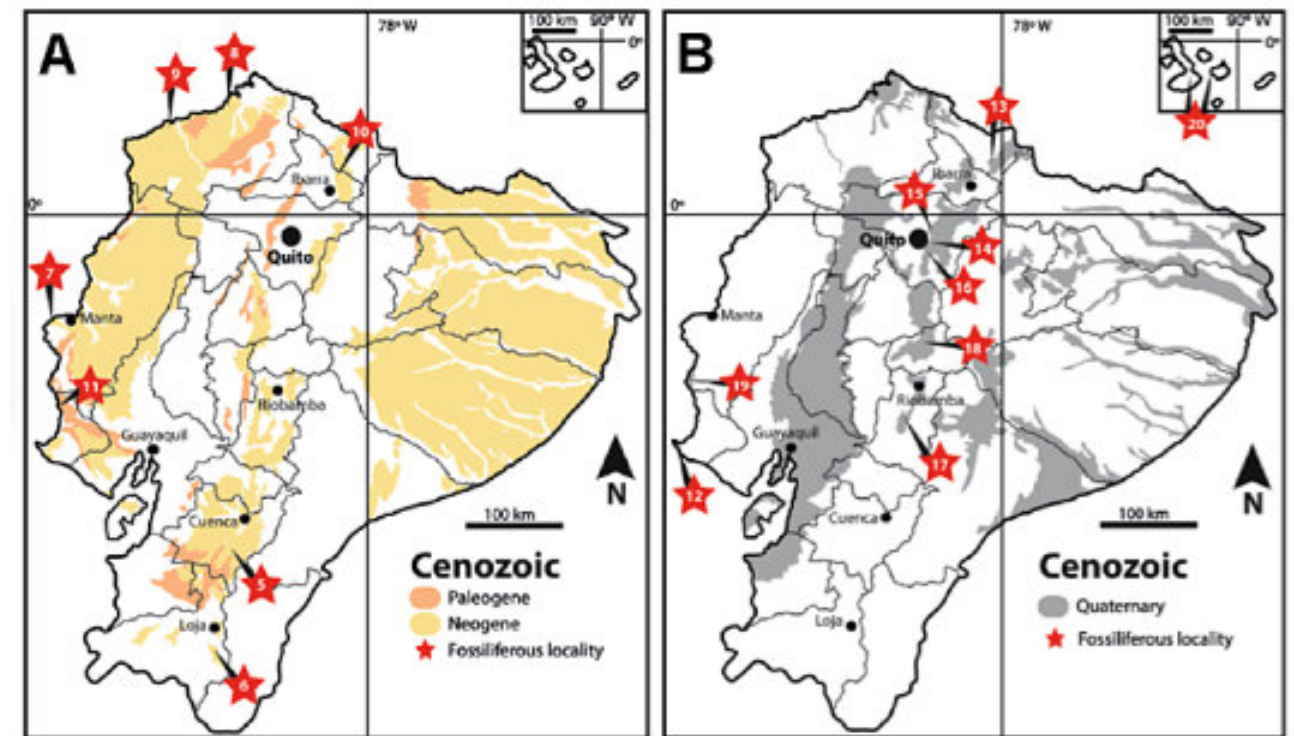
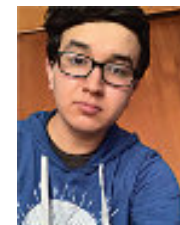


Figura 1.1. Mapa de Ecuador con todas las provincias actuales, distribución de rocas sedimentarias y volcánico-sedimentarias a lo largo del Cenozoico basado en Inigemm (2016) así como las localidades-regiones fósiles (estrellas rojas) más importantes para macrofósiles; A, Cenozoico (Paleógeno-Neógeno), localidades: 5. Cuencas Nabón-Cuenca-Girón, 6. Región de Loja, 7. Región de Cabo San Lorenzo, 8. Región de Las Peñas, 9. Región de Súa, 10. Cuenca del río Chota, 11. Región de Montañita / Olón; B, Cenozoico (Cuaternario), localidades: 12. La Carolina - Región Tanque Loma, 13. Región Bolívar, 14. Río Chiche, 15. Calderón, 16. Alangasí, 17. Quebrada de Chalán, 18. Región Chimborazo, 19. Machalilla, 20. Islas Galápagos. Tomado de Cadena y Román (2018).

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

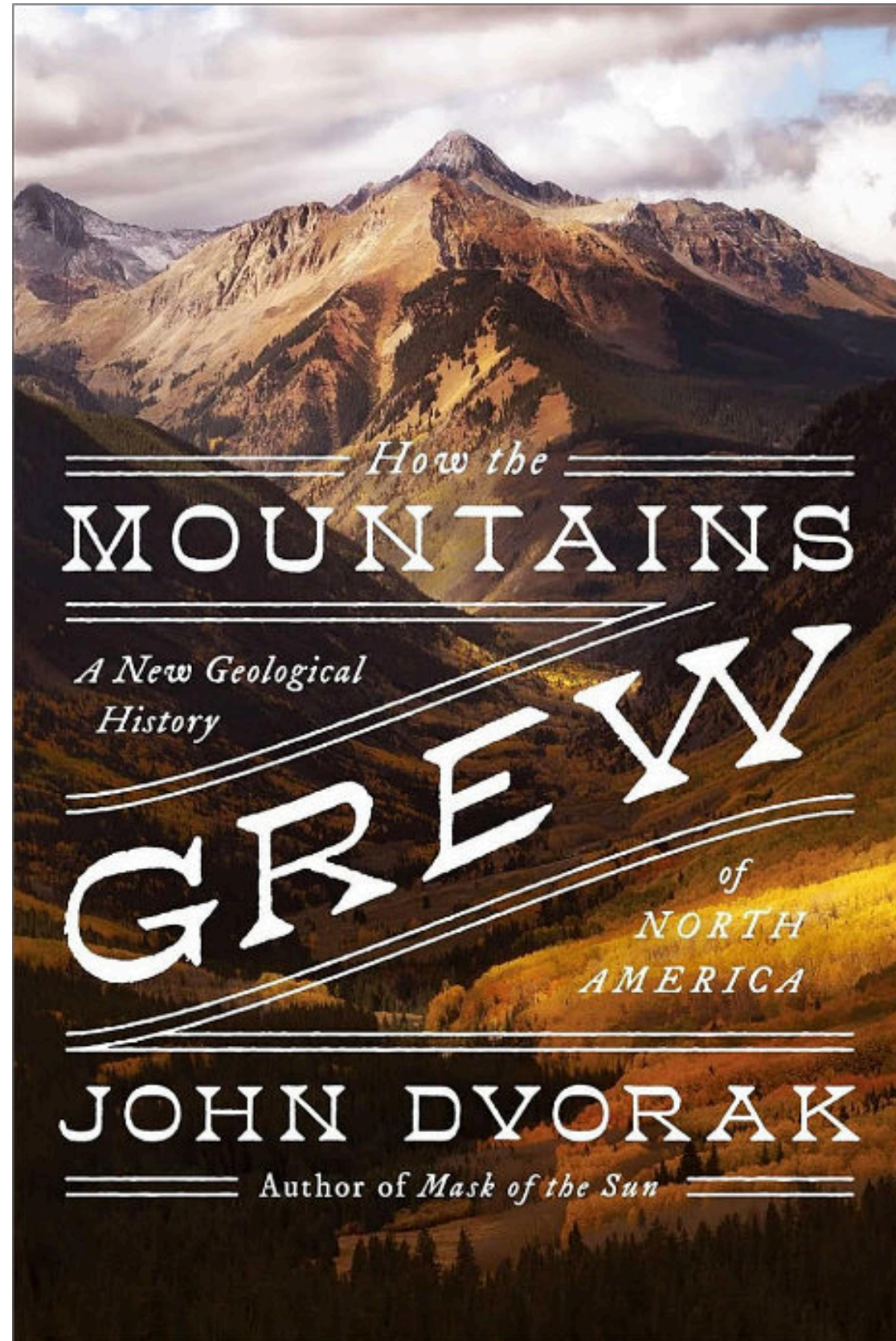


Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

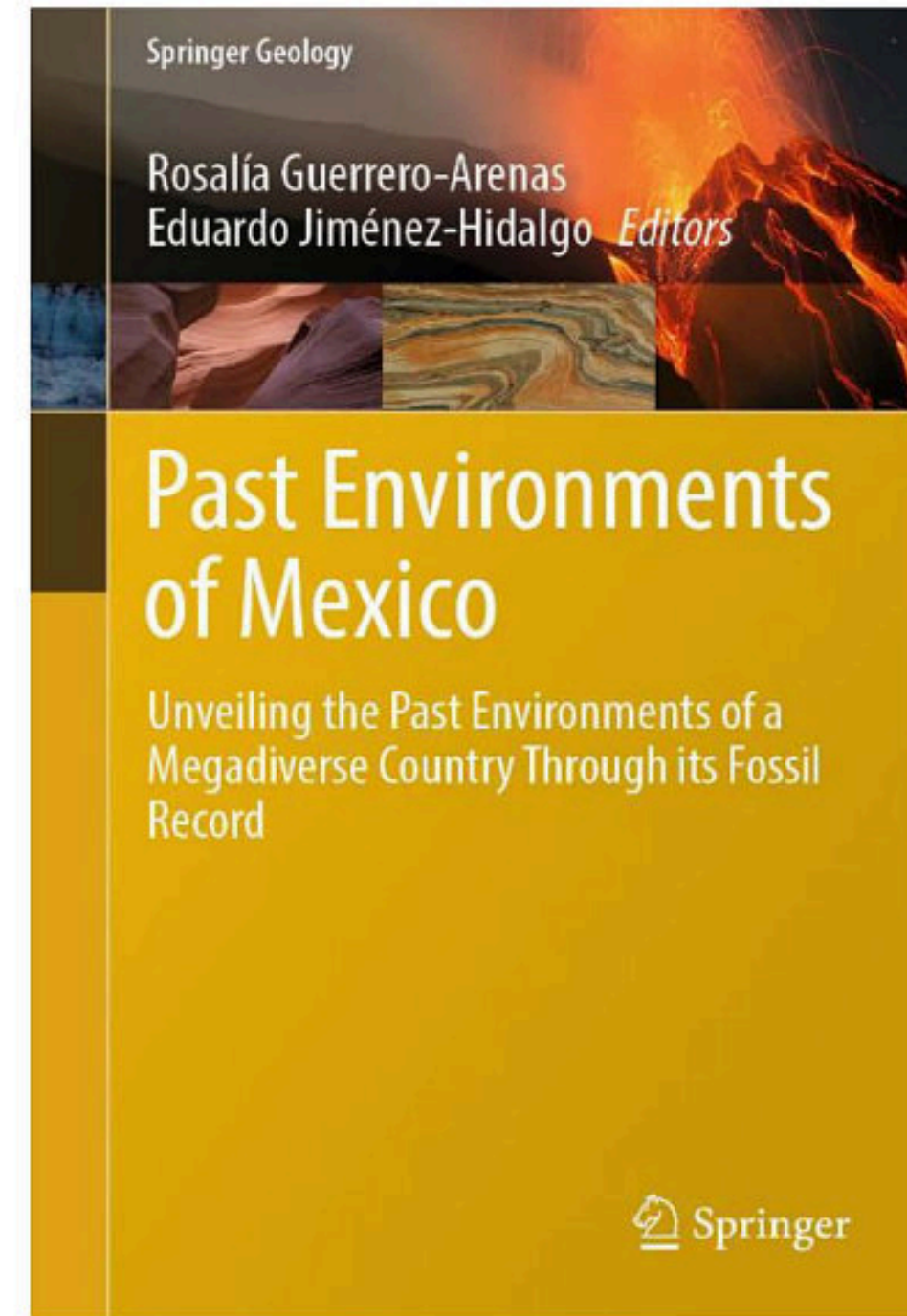
entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com

https://www.amazon.com/How-Mountains-Grew-Geological-History/dp/1639362150/ref=sr_1_1?crid=6UBUMYY33389&dib=eyJ2IjojMSJ9.ivps3jmvL_BDLhpUqurQYDs1Mlx3qVeo-V2ITmvJCzhE890ksCLOY_f8rWlwVyz-.McGkaFMnqVgT-wgxZ6y5IZKJ_9Q_f4VCam59vb-HcyE&dib_tag=se&keywords=how+the+mountains+grew+by+john+dvorak&qid=1712256002&sprefix=how+the+mouna%2Caps%2C221&sr=8-1



<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-51034-2>



ISBN 978-3031510335

Mexico is a biodiverse country. The dynamics of environments from Mexico played a crucial role in the history of North American biota. This book analyzes the paleoenvironmental conditions using several biological groups and various methods. This book also demonstrates how this information is specifically used to elucidate Mexico's past environments and habitats (terrestrial, freshwater, and marine). This book fills an existing editorial gap since much of the information is dispersed in several bibliographic sources.

The authors are active paleontologists in diverse Mexican universities and research centers. Their research activities contribute to the knowledge of the Mexican biota through geologic time.

TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. ¿Cómo podemos reducir el uso de gas residencial?

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Académicos y expertos en cambio climático coinciden en que el proceso de descarbonización es complejo y no debe ser abordado desde un único ángulo. Diferentes industrias tienen distintas necesidades energéticas, esto permite que en algunos casos se pueda reemplazar por completo una fuente de energía primaria que emite gases de efecto invernadero por otra que esté exenta de emisiones, en otros casos, en los que todavía no hemos sido suficientemente afortunados, debemos conformarnos con transformar el proceso de aprovechamiento energético mediante mecanismos más amigables con el ambiente, aunque no estén libres de emisiones; y por último, están los procesos para los que no hemos encontrado ningún tipo de alternativa viable al momento. Uno de los sectores que más fácilmente puede aprovechar las energías renovables es el de la electricidad, cada día vemos cómo la extensión de plantas fotovoltaicas y parques eólicos está en aumento, las hidroeléctricas y plantas geotérmicas de gran magnitud están prácticamente en todos los lugares donde hay potencial, la instalación de mini hidroeléctricas está en aumento, y en el peor de los escenarios, antiguas termoeléctricas de carbón están ahora consumiendo en su lugar gas natural para reducir la liberación de CO₂ a la atmósfera.

Se estima que un 15% de la demanda de gas natural en los Estados Unidos tiene fines residenciales¹, si además tenemos en cuenta la proporción de gas que se utiliza en generación eléctrica en el país, que está alrededor del 38%², y que un 39%³ de esa electricidad va a los hogares, tendremos que añadir otro 15% del total del gas disponible solo para uso residencial. Latinoamérica tiene demandas de gas para su uso dentro de los hogares bastante similares: América del Norte y Central consumen un 19%, la Región Andina un 17%, el Cono Sur un 14% y el Caribe un 17%⁴; pero, el mix eléctrico latinoamericano utiliza un poco menos de gas que en los Estados Unidos, estando cerca del 30%⁵ (en Latinoamérica la electricidad proviene en un 65% de hidrocarburos⁴, frente al 60% en los Estados Unidos², sin embargo, la demanda energética

per cápita es menor, por lo que las emisiones per cápita son también más pequeñas).

Si bien el gas natural es el hidrocarburo más libre de emisiones de CO₂ durante la combustión por su bajo contenido de carbono con respecto al hidrógeno, en sí mismo sí se compone de uno de los gases con mayor impacto en el efecto invernadero: el metano, que, aunque tiene una vida media en la atmósfera menor que el CO₂, es mucho más eficiente para bloquear la radiación que necesitamos que salga del planeta, de manera que las filtraciones de este gas son bastante perjudiciales para el ambiente. Ahora, estos gases no solamente son nocivos para el ambiente sino también para la salud de las personas, por lo que actualmente en algunos países, como Canadá, se están implementando pautas para mantener estándares de calidad del aire dentro de los hogares que limiten el contenido de sustancias tóxicas, como el dióxido y monóxido de carbono, comúnmente liberados por equipos que utilizan gas natural para combustión como cocinas, secadoras de ropa, calentadores de agua y sistemas de calefacción.

Con todo lo anterior, si pudiéramos prescindir del gas natural en nuestros hogares y en la generación eléctrica, implementando más fuentes energéticas limpias, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera no sería nada despreciable. Hoy les presentaré alternativas para distintos equipos que tenemos en casa y normalmente funcionan con gas:

Cocina. Contamos con dos alternativas que para ayudar a contrarrestar el calentamiento global dependen de qué tan limpio es el mix eléctrico, tenemos la cocina eléctrica y la de inducción, ambas funcionan con electricidad, por lo que en su consideración debe valorarse si la generación eléctrica utiliza fuentes limpias en una proporción alta, de otra manera, no se estaría utilizando gas en casa, pero sí se estarían generando emisiones en otro lugar. Frente a estas dos opciones, las cocinas de inducción son preferidas por muchos porque tienen una impecable eficiencia, el 99% de la energía es transferida a los alimentos, además, expertos en cocina mantienen que estas cocinas tienen una respuesta casi instantánea cuando se necesita variar la temperatura; sin embargo, aunque las cocinas eléctricas convencionales no tienen esas eficiencias tan altas (más cercanas al 39% – 64%⁶), al final, debido al tipo de tecnología utilizada (electromagnetismo en las de

inducción frente a calentamiento mediante una resistencia eléctrica en las tradicionales), el ahorro de electricidad de las inducción con respecto a estas últimas es de apenas un 10%⁷, de manera que ambas son muy buenas opciones para reemplazar las cocinas de combustión de gas. Es importante también anotar que las cocinas de inducción son bastante costosas frente a los otros tipos, requieren recipientes de cocción que contengan materiales ferromagnéticos para transferir el calor, y además el usuario debe aprender a utilizarlas y ajustar los tiempos y temperaturas de cocción ya que su manejo es diferente al de las cocinas tradicionales. Otra razón, que es en muchos casos la causa principal por la cual muchos hogares están abandonando las cocinas a gas, es debido a que libera gases que desmejoran la calidad del aire al interior, expertos concuerdan en que la emisión de subproductos como dióxido de nitrógeno y formaldehído pueden conducir a la inflamación de vías aéreas y empeorar síntomas en niños con asma⁸.

Sistema de calefacción. La primera recomendación es reemplazar la calefacción que quema gas por un sistema de bomba de calor geotérmica, que a pesar de ser una de las alternativas más amigables con el ambiente, requiere realizar el pozo captador de calor (de 1 a 2 m de profundidad para trayectorias horizontales o entre 10 y 15 m para verticales), la segunda sería una bomba de calor hidrónica, que aprovecha la energía térmica de fuentes de agua cercanas, pero, que también requiere de la construcción de pozos y la instalación de tubería dentro del recurso hídrico, como última opción, si simplemente no es posible realizar las perforaciones por el tipo de edificación o limitaciones del terreno, o no se desea realizar trabajos tan drásticos, también se puede instalar una bomba de calor de aerotermia (que aprovecha la energía térmica del aire). Para tener una idea de lo formidables que son las bombas de calor, sus coeficientes de rendimiento (COP, *coefficient of performance*) son: 6 para la geotermal, 4 para la hidrónica y 3 para la de aerotermia⁹, esto quiere decir que, para el caso puntual de la bomba geotérmica, por cada kW de electricidad que utiliza de la red, genera 6 kW de calor. Esto se consigue por el aprovechamiento de fuentes de calor renovable externas, nuestros sistemas de calefacción tradicionales no cuentan con esto y sus eficiencias están normalmente entre el 85% y el 90%, bastante por debajo de los que tienen las bombas de calor.

Calentadores de agua. El agua caliente sanitaria también puede conseguirse con la implementación de bombas de calor, así, el sistema estaría a cargo de la climatización y del mantenimiento de agua caliente en nuestros hogares, una razón más para instalar cualquiera de las opciones descritas anteriormente. La siguiente alternativa es reemplazar el calentador a gas por uno eléctrico, ahora, en este caso no podemos esperar conseguir algún ahorro

monetario, especialmente en regiones donde la electricidad es bastante costosa, como regla general, se favorece el uso de calentadores de agua eléctricos para hogares ubicados en regiones frías con menos de 3 habitantes o en los que el agua no se consume en simultáneo porque estos cuentan con un almacén de agua caliente de máximo unos 300 litros, que una vez se consume, se procede al llenado y calentamiento, un proceso que toma tiempo, al contrario de los calentadores a gas, que entregan agua caliente ininterrumpida, y la razón por la cual se recomienda en zonas frías es porque los calentadores de gas deben hacer un esfuerzo extra para calentar las tuberías, demandando más energía. La última opción para considerar es utilizar captadores de calor fototérmicos, que utilizan la energía térmica del sol para calentar un fluido que procede a ser utilizado para calentar el agua sanitaria, no es el sistema favorito de muchos porque utilizan áreas donde en su lugar se pueden instalar paneles fotovoltaicos, bastante más versátiles y duraderos.

Secadoras de ropa. La tarea del secado de ropa es por lo menos controversial, evidentemente, la primera opción es sencillamente no usarlas, o al menos reducir su utilización, y si es imprescindible en el hogar en algunos casos, se sugiere utilizar una secadora eléctrica. Si bien las secadoras de gas son más eficientes y realizan su trabajo en menor tiempo, son más costosas, tienen una instalación más compleja, requieren condiciones especiales, como una salida de ventilación, y además deben ser revisadas por un especialista periódicamente.

Una de las industrias más sencillas para descarbonizar es la de la generación eléctrica, las energías sostenibles libres de emisiones de gases de efecto invernadero están ganando terreno, siguiendo esa tendencia, si reemplazamos los equipos de combustión de gas en nuestros hogares por los aquí recomendados, podríamos llegar a disminuir el consumo de una cifra cercana al 15% del gas natural total que se usa en el planeta. Además, ese metano que se dejaría de utilizar para combustión podría ser reformado con vapor para obtener hidrógeno mediante procesos limpios que garanticen la captura de CO para que no sea liberado a la atmósfera. No solo eso, también tendríamos un aire más limpio en nuestras casas y seríamos menos dependientes de las condiciones políticas internacionales, que han demostrado en los últimos años ser críticas para mantener la seguridad de la distribución de gas a precios justos. Basados en todo lo anterior, podemos concluir que el reemplazo de equipos de gas en los hogares es uno de los esfuerzos que más valen la pena para mitigar el efecto invernadero y el impacto del calentamiento global a cercano y mediano plazo.

¹Administración de Información Energética de los Estados Unidos (EIA por sus siglas en inglés). Natural Gas Explained. Use of Natural Gas, 2022. <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/use-of-natural-gas.php>

²Penn State Collage of Earth and Mineral Sciences. Natural Gas. <https://www.e-education.psu.edu/ebf301/node/471>

³Administración de Información Energética de los Estados Unidos (EIA por sus siglas en inglés). U.S. Energy facts explained. <https://www.eia.gov/energyexplained/us-energy-facts/>

⁴Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Situación del consumo energético a nivel mundial y para América Latina y el Caribe (ALC) y sus perspectivas. <https://sielac.olade.org/>

⁵Castrejón, D. Revista Común, Dossier Crisis Climática. La matriz energética de América Latina en el contexto actual y la transición energética. 2022. <https://revistacomun.com/blog/la-matriz-energetica-de-america-latina-en-el-contexto-actual-y-la-transicion-energetica/>

⁶Treehugger. Electric vs. Induction Cooktop: Which Is Greener? <https://www.treehugger.com/electric-vs-induction-cooktop-5443061>

⁷Thomas, M. Carbon Switch, Is Induction Really Better? <https://carbonswitch.com/is-induction-really-better/>

⁸National Asthma Council, Australia. Gas stoves and asthma in children. <https://www.nationalasthma.org.au/living-with-asthma/resources/patients-carers/factsheets/gas-stoves-and-asthma-in-children>

⁹Junkers Bosch. COP bomba de calor: medir el coeficiente de rendimiento. <https://www.junkers-bosch.es/conocimiento/aeroterminia/medir-el-coeficiente-de-rendimiento-de-una-bomba-de-calor-de-produccion-de-ac/>



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.

ensilvacruz@gmail.com

A TRUE GEOLOGICAL MYSTERY - SCIENTISTS CAN'T FIND THE VOLCANO RESPONSIBLE FOR THE BIGGEST ERUPTION 559 YEARS AGO

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



THE DAY THE SUN TURNED BLUE

During 10 October 1465, the day of the hotly anticipated wedding of King Alfonso II of Naples. with the sophisticated Ippolita Maria Sforza, a noblewoman from Milan, as she entered the city, the crowds gasped. Before them was a sight so strange and beautiful, it was like nothing they had ever seen before. The crowd weren't staring at the bride, they were looking up at the sky. Though it was the middle of the day, the Sun had turned deep blue, plunging the city into a subtle darkness. Rumours began to spread: was it a solar eclipse? As the early dusk spread over, others suggested it could be a consequence of the weather. After all, they'd had a particularly wet autumn and some claimed they had seen a thick, humid fog rise up into the sky.

In Germany, Matthias von Kemnat, a historian of Heidelberg, wrote in 1475 a chronicle about Elector Frederick I of the Palatinate, covering the years 1452 till 1475. As he was appointed by Frederick I as an astrologist, it is no surprise he was interested not only in the glorification of his lord's military successes, but also in celestial phenomenas. Without precise dating, he mentions that at the time Emperor Frederick ruled, the sun has been seen blue many times a day and a cross was spotted in the moon as well as many more miracles in the sky (Bauch, 2015).

Angelo de Tummullis, a notary of Naples, who recalled in his Notabilia temporum, written around 1470, a very unusual behaviour of the sun in 1465: *"But on the 14th of September around the 20th hour the sun's color changed to blue from noon until the evening the sun was of blue color and hardly shone within fog and haze. And this endured for ten days, accompanied by silence and calm of the air without any breeze. There were no clouds in the air or over the mountains, just this haze without any movement"* (Bauch, 2015)

This was just the beginning. In the months that followed, European weather went crazy. In Germany, it rained so heavily that corpses surfaced in cemeteries. In the town of Thorn, Poland, the inhabitants took to travelling the streets by boat. In the unrelenting rain, the castle cellars of Teutonic knights were flooded and whole villages were swept away.

Few years later, Europe was hit by a mini-ice age. Fish froze in their ponds. Trees failed to blossom and grass didn't grow. In Bologna, Italy, heavy snow forced locals to travel with their horses and carriages along the frozen waterways. During 1466, in February there was a lot of snow and a hard winter in Switzerland, but in Northern Italy the lack of snow even in January was as remarkable as was the strong rain in March. In Bologna there were no six days of good weather in a row from

mid-October 1467 till February 1468, it was all wet. Italy experienced further flooding's in autumn 1467, when strong rainfall all over Northern Italy caused the river Po and its tributaries become so violent that bridges were destroyed in Piacenza and elsewhere. During 1468, enormous masses of snow in Switzerland and in April and May it was so cold around Metz that seeds did not sprout. It became so cold that grapes could not ripen until the end of September. Such a cold and wet summer, followed by an early, cool and rainy autumn is confirmed by many sources also from Germany (Bauch, 2015).

In Switzerland, severe snowfalls had started even two weeks earlier and at the end of October 1468, after a short thawing period, even more snow came and interrupted communications and transport until the end of February 1469. The same heavy winter is reported from Flanders and Lorraine, where it lasted 19 weeks from Christmas of 1468 until May 1469. The ice destroyed all the watermills along the Moselle River. The citizens of Glogau in Silesia took advantage of the Oder River freezing over for three months, as they used this new route to transport wood into the city. On the other hand, many fish suffocated in the breeding ponds under the ice, leading to a scarcity in Silesia. The Mediterranean witnessed an almost Central European winter in early 1470, bad weather in Spain did not end until 25 March. Central Italy experienced a last attack of the winter with lots of snow even in Tuscany in March 1470 (Bauch, 2015).

THE 'UNKNOWN ERUPTION'

What King Alfonso II and Ippolita Maria wedding party witnessed, may have been more extraordinary than anyone imagined. Many thousands of miles away in the tropics, a giant volcano was making geological history. This was an eruption so big, it produced an ash cloud which enveloped the Earth and led to the coolest decade for centuries. In terms of scale, it surpassed even the 1815 eruption of Tambora, which unleashed energy equivalent to 2.2 million Little Boy, the name of the atomic bomb used in the bombing of the Japanese city of Hiroshima on 6 August 1945 during World War II. Traces of the eruption have been found from Antarctica to Greenland.

The fact is, scientists can't find the volcano that did it. That the 'unknown eruption' (Figure 1) happened is undisputed, and like most mega-eruptions, it vaporized vast quantities of sulphur, which was blasted into the

atmosphere and eventually snowed down on the poles as sulphuric acid. There it was locked into the ice, forming part of a natural record of geological activity that spans millennia. There's no other event capable of doing this, short of an asteroid impact.



Figure 1. The "unknown eruption" would have produced a column of ash several miles high. Source: Science Photo Library.

SEARCHING FOR THE CULPRIT

Archaeologists visiting Tongoa, in Vanuatu, contributed with the first clues to this mystery, when they heard tales of a massive volcanic eruption that split an island and scattered its inhabitants. All that was left of the ancient volcano was a crater roughly one kilometer hidden beneath the ocean, and a thick layer of ash on Epi and Tongoa. It was known as Kuwae (Figure 2). Stories placed Kuwae's eruption between 1540 and 1654 AD.

Scientists didn't know about the 15th-Century eruption until the 1980s, when they discovered a spike of acidity from around that time in cores taken from polar ice. Suddenly, for those investigating Kuwae, it looked like they were onto something. Early estimates of the eruption's date were based on the number of tribal chiefs who had reigned since it happened and placed it at between 1540 and 1654 AD.

The final clincher appeared to come when a team of French geologists visited the island to take a closer look.

Based on the size of the crater, they estimated that Kuwae's eruption had released vast quantities of magma, enough to fill the Empire State Building 37 million times over, and shot debris 48 km into the sky. This would have included three times more sulphate than the eruption at Tambora, more than enough to have a global impact on the climate.

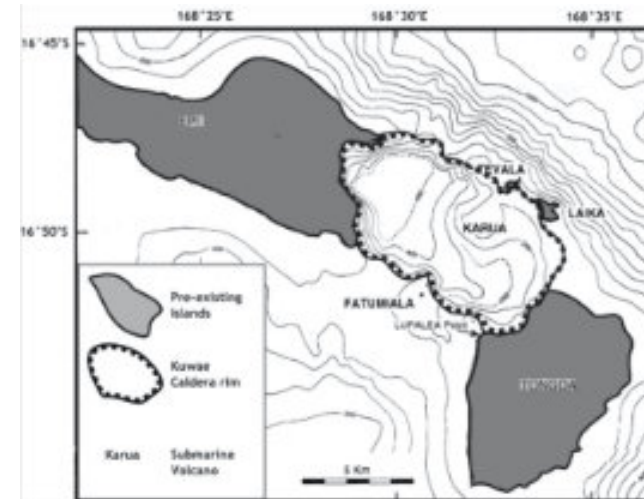


Figure 2. The Kuwae caldera rim, located between Epi and Tongoa islands (Vanuatu). Source: Nemeth et al. (2007).

Scientists began to refer to the 15th-Century eruption as the "Kuwae event" and the theory was gathering momentum. Barely more than a decade after the French study on Kuwae's eruption, a team of scientists returned to the islands surrounding the crater, led by Karoly Nemeth, an environmental scientist from Massey University, New Zealand, they searched for evidences of an explosive eruption capable of altering the global climate, but they didn't find any.

Truly gigantic eruptions have columns at least 25 km tall, which allows them to inject sulphur directly into the upper atmosphere and means they tend to spread debris over a wide area. To find out how spectacular Kuwae's was, all they had to do was look for the fallout. Nemeth concluded that there's no doubt that there are volcanic deposits, but their extent isn't what you'd expect from a truly massive eruption. Nemeth et al. (2007), also stated that instead of breaking apart in a single, massive burst, the volcano actually erupted several times, on a much smaller scale.

Then in 2012. Dr. C. Plummer and his team, studying an ice core from Antarctica revealed a big surprise. The sample was from a site known as Law Dome, which is famous for its unusually high snowfall. It's a favorite

spot for climate research, since the thick ice makes it easier to distinguish individual, annual layers. Plummer et al. (2012) constructed the most accurate record of every major volcanic eruption for the last 2,000 years yet. The authors found that the 15th-Century spike in the record wasn't caused by a single eruption after all, but two. Besides, the earliest of these was in 1458, much later than the eruption at Kuwae. In the conclusions, the authors urged others to be cautious in making links like the "Kuwae event".

The riddle of the missing volcano wasn't over yet. A year later, another study by Cole et al. (2013), confirmed their results, and six years after that, the latest study by Hartman et al. (2019), re-confirm that the data obtained, using volcanic glass properties from 1459 C.E. volcanic event in South Pole ice core, dismissed Kuwae caldera as a potential source of a major climate disrupter.

But if the eruptions didn't happen at Kuwae, where did they happen?

In order to have a truly global impact, it's likely that the eruptions happened in the tropics. That's because above the tropics, rising air can pull the volcanic cloud higher into the atmosphere where it lingers for many years. This debris is also likely to spread out over a wider area, since high winds tend to pull air from the equator to the poles. Since Tambora (which is responsible for an equivalently sized eruption) was 4,300 meters high before it erupted, they were probably on the large size. For obvious reasons, the culprits have probably long vanished underwater. But the mystery of the 15th Century eruptions isn't over yet.

CONCLUSIONS

The strangest aspect of this story, though, is that scientists are still clueless about where the volcano was located, beyond that it erupted in the tropics. Because of this, it has become known as the "Unknown Eruption".

Perhaps the most pertinent piece of knowledge it can be extracted from all the studies of the geological events of the 15th century is how much we don't know, or more precisely, how much we still have to learn. After numerous conclusions were reached with apparent certainty, further studies only revealed that they were conclusions based on coincidence, not causality.

REFERENCES

Bauch, M. (2015) The day the sun turned blue. A volcanic eruption in the early 1460s and its possible climatic impact – a natural disaster perceived globally in the late Middle Ages? In Schenk, Gerrit J. (Ed.), Historical Disaster Experiences. A Comparative and Transcultural Survey between Asia and Europe, Heidelberg.

Cole-Dai, J., Ferris, D., Lanciki, A., Savarino, J., Thieme, M. & McConnell, J. (2013). Two likely stratospheric volcanic eruptions in the 1450s C.E. found in a bipolar, subannually dated 800-year ice core record. Journal Of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 118, 7459–7466. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jgrd.50587>

Gorvet, Z. (2017) The massive volcano that scientists can't find. BBC News. <https://www.bbc.com/future/article/20170630-the-massive-volcano-that-scientists-cant-find>

Hartman, L.H., Kurbatov, A.V., Winski, D.A. et al. (2019). Volcanic glass properties from 1459 C.E. volcanic event in South Pole ice core dismiss Kuwae caldera as a potential source. Sci Rep 9, 14437 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50939-x>

Nemeth, K., Cronin, S. & White, J. (2007) Kuwae Caldera and Climate Confusion. The Open Geology Journal, 1, 7-11 https://www.researchgate.net/publication/253907273_Kuwae_caldera_Vanuatu_and_climate_confusion

Plummer, C., Curran, M., van Ommen, T., Rasmussen, S., Moy, A., Vance, T., Clausen, H., Vinther, B. & Mayewski, P. (2012) An independently dated 2000-yr volcanic record from Law Dome, East Antarctica, including a new perspective on the dating of the c. 1450s eruption of Kuwae, Vanuatu. Clim. Past Discuss., 8, 1567–1590.

https://www.researchgate.net/profile/Tessa-Vance/publication/258612996_An_independently_dated_2000-yr_volcanic_record_from_Law_Dome_East_Antarctica_including_a_new_perspective_on_the_dating_of_the_c_1450s_eruption_of_uwae_Vanuatu/links/540391850cf2c48563b02ec3/An-independently-dated-2000-yr-volcanic-record-from-Law-Dome-East-Antarctica-including-a-new-perspective-on-the-dating-of-the-c-1450s-eruption-of-Kuwae-Vanuatu.pdf



jcasas@geologist.com

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 37 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 51 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Caribbean Journal of Earth Sciences and Journal of Geological Engineering; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración en la revista AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la 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 (2003-2024), en la misma universidad. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

Eclipse Total de Sol Abril 8, 2024:

Instituto de Geociencias-UNAM; Presente en la zona de la totalidad*

Alejandro Carrillo-Chávez

Instituto de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla Qro, México 76230.

Correo electrónico: ambiente@geociencias.unam.mx

* En Memoria del Sr. Felipe López Ibarra QEPD (5 de febrero de 1949 - 7 abril 2024), Sr. Padre de nuestro buen amigo Felipe López.

Sin duda alguna, un eclipse total de sol es uno de los espectáculos más hermosos y maravillosos que podemos observar a simple vista. El sol es tan brillante que no puede ser observado directamente, si se dirige la vista al Sol por unas fracciones de segundo existe el riesgo de provocar graves quemaduras en nuestros ojos (de ahí las advertencias de usar filtros autorizados para ver el sol en las fases parciales de un eclipse de sol). Sin embargo, cuando la trayectoria de la luna, en su órbita alrededor de la tierra, coincide con la línea tierra-sol, la luna bloquea por algunos minutos el disco solar, literalmente se hace una noche a mediodía, se ven algunas estrellas en el cielo y se puede apreciar en todo su esplendor la atmósfera solar o corona solar. La corona solar no es visible ni con filtros solares debido a que su brillo es mucho menor que el brillo solar. Actualmente existen dispositivos astronómicos para observar y estudiar la corona solar, estos se denominan coronógrafos. Pero observar la corona solar a simple vista es una experiencia única y no es comparable con las imágenes de un coronógrafo. Todas las culturas antiguas como Mesopotamia, China, India, Mayas, Aztecas, etc. registraron los eclipses solares y algunos calcularon las fechas en que podrían volver a verse. En este artículo se presenta una breve descripción de los elementos de la “Geometría Astronomía” (Mecánica Celeste básica) necesarios para calcular fecha, hora, duración y trayectoria de un eclipse total de sol, y finalmente se narra la experiencia del grupo del Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla que vivió la

totalidad del eclipse solar en la línea central en el desierto de Durango-Coahuila este pasado 8 de Abril.

Geometría Astronómica

Aquí no hablaremos de todos los detalles de la geometría astronómica que se combinan para tener un eclipse total de sol. Ese tema puede leerse en detalle en muchos libros de astronomía. Solamente mencionaremos algunos de los elementos de los sistemas Sol-Tierra y Tierra-Luna que se combinan para tener un eclipse total de sol. En la Figura 1a se puede apreciar la Tierra y su trayectoria alrededor del sol (línea azul), esta línea forma una elipse y el plano de esta se denomina la “Eclíptica”. Si el plano de la trayectoria de la luna alrededor de la Tierra (zona gris, otra elipse) coincidiera con el plano de la eclíptica, tendríamos un eclipse de sol cada dos semanas aproximadamente. Pero este no es el caso, el plano de la elipse del sistema Tierra - Luna forma un ángulo de unos 5 grados de inclinación con respecto a la eclíptica (elipse del plano del sistema Sol -Tierra), esto se ve en la Figura 1b. Los dos puntos en donde ambos planos coinciden se llaman “Nodos Lunares”. Ahora bien, el plano de la elipse Tierra - Luna se bambolea (por decirlo de alguna manera) como un trompo en rotación, y como consecuencia, los nodos lunares van cambiando de posición durante los 12 meses del año. La combinación de la posición de estos planos y el bamboleo del plano Tierra - Luna produce que unas dos veces al año se forme un alineamiento aproximado entre el Sol, Luna y Tierra, Figura 1c. Decimos aproximado porque si fuera perfecto (una línea, estrictamente hablando), los eclipses solares serían siempre sobre el ecuador. Este tampoco es el caso y se dan eclipses solares desde el polo norte y hasta el polo sur. Como ejemplo, el eclipse total de sol del 11 de Julio de 1991 inició en el Océano Pacífico central, tocó tierra por el sur de la península de Baja California, continuó por la parte este central de México, Centro América, y terminó en la zona central del Amazonas (este eclipse sí pasó por el ecuador). Pero, como comparación, el próximo eclipse total de sol del 12 de Agosto del 2026 iniciará cerca del polo norte, pasará por Islandia y terminará al sur de España. Con el

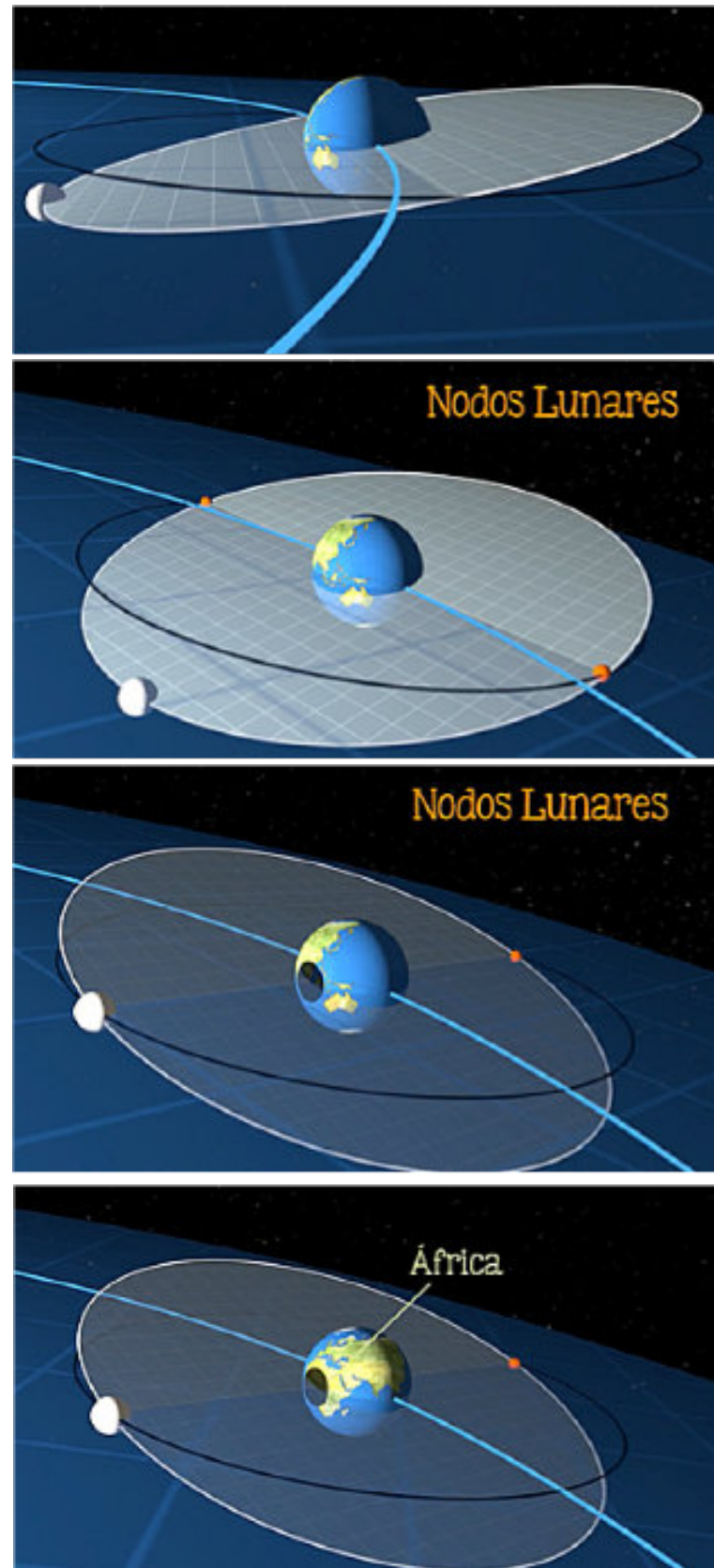


Figura 1a. Diagrama parcial de la eclíptica (plano de órbita Tierra-Sol) y de plano de órbita Luna-Tierra. El Sol, no visible, estaría del lado izquierdo. Figura 1b. Intersección (Nodos Lunares) entre Eclíptica y plano órbita Luna-Tierra (zona sombreada). Figura 1c. Bamboleo de plano de la órbita Luna-Tierra y cambio de posición de los Nodos Lunares para producir alineamiento Sol-Luna-Tierra, eclipse solar. Figura 1d. El bamboleo de órbita Luna-Tierra y el giro de la Tierra produce eclipses solares en diferentes partes del planeta. **Figuras 1a, 1b, 1c y 1d (en orden).**

hecho de que la sombra de la Luna roce alguna parte de la superficie de la Tierra, se considera un eclipse de sol en alguna parte de la Tierra. Otro factor muy importante para determinar el tipo de eclipse de sol (anular o total, o híbrido, anular en una zona y total en otra), y su duración el caso de que sea total (desde unos segundos hasta 7 minutos), es la combinación de las distancias entre Sol - Tierra y Tierra - Luna. Como ya mencionamos ambos movimientos son elípticos, lo cual significa que hay veces que el sol está más lejos o más cerca de la Tierra (su tamaño relativo es más grande o más pequeño), y lo mismo sucede con distancia Luna y Tierra, más cerca o más lejos en la órbita (vemos la Luna más grande o más pequeña). Quizás hemos escuchado o leído en las noticias que cierto mes es de "SuperLuna", esto se da cuando hay Luna llena (completamente iluminada) y en su posición más cercana a la Tierra. La combinación de estas posiciones entre Sol -Tierra y Tierra - Luna, y cuando los nodos lunares coinciden con la línea Sol - Tierra causan

que los tamaños relativos del Sol y Luna varían ligeramente (vistos desde la tierra). Y esto produce que la sombra de la Luna sobre la Tierra sea más grande, más pequeña, o incluso que la sombra no la toque la superficie de la tierra (eclipse anular de sol). Pero cuando la sombra lunar si toca y se proyecta sobre la Tierra podemos tener eclipses total de sol (podemos observar la corona solar). Finalmente, nuestro planeta tiene su movimiento de rotación diario, que no está sincronizado en el giro de la Luna, y eso produce que la sombra de la Luna sobre la Tierra se proyecte en cada eclipse sobre diferentes partes del planeta (América, Asia, Europa, etc., Figura 1d). La sombra de la luna se desplaza sobre la superficie de la Tierra a una velocidad aproximada de 1,700 km/hr (combinación de velocidades de traslación de la Luna y rotación de la Tierra). Todos estos factores se combinan para producir un eclipse total de sol como el del 8 de Abril del 2024 (que también pasó por el ecuador en su sección suroeste). La Figura 2 muestra la trayectoria de la sombra

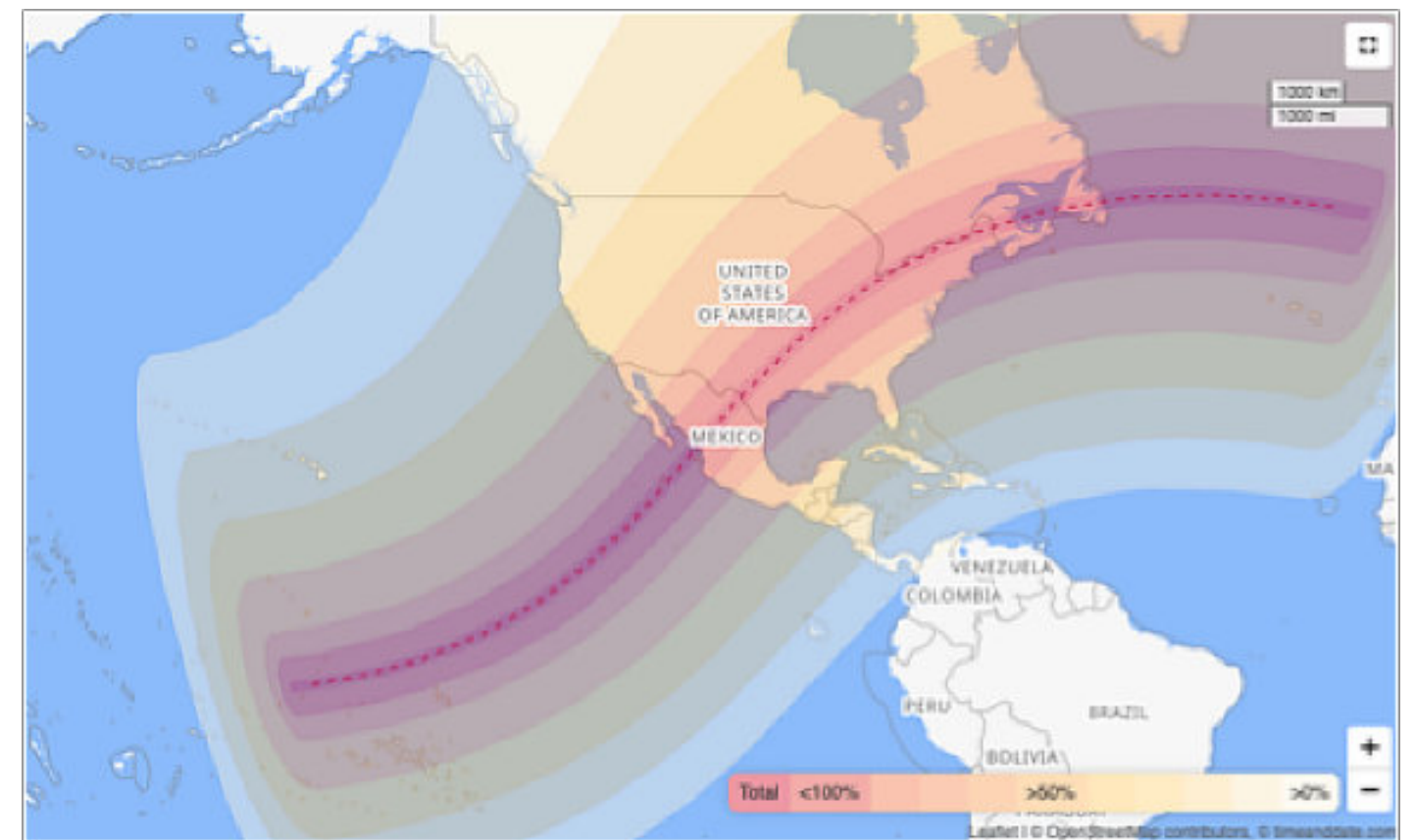


Figura 2. Trayectoria del Eclipse Total de Sol del 8 de abril de 2024. La línea roja punteada es el centro de la totalidad. (<https://www.timeanddate.com/eclipse/map/2024-april-8>)

de la luna sobre la superficie de la Tierra. Esta sombra de la Luna inicia su proyección sobre la superficie de la Tierra desde el oeste y se desplaza hacia al este (a 1,700 km/hr aprox). En la porción oeste de la trayectoria el eclipse de sol se ve al amanecer, en la parte central de la trayectoria se ve a mediodía y finalmente la sección este de la proyección de la sombra se encuentra en el atardecer. La trayectoria de la sombra sobre la Tierra no es recta por la sencilla razón de que no se puede dibujar una línea recta sobre una superficie curva (superficie de la Tierra). Pero, dejando atrás todos estos detalles técnicos de la Geometría Astronómica y la Mecánica de los eclipses de Sol, pasemos ahora a la narración de la experiencia sensorial de estar bajo esa sombra de la Luna y poder observar la corona solar por algunos minutos.

Así se vivió el eclipse en la zona de la totalidad

Aquí se narra la experiencia durante el eclipse total de Sol del 8 de Abril del 2024, en la línea central de la trayectoria de la totalidad cerca de Bermejillo, Desierto de Durango - Coahuila, del Dr. Alejandro Carrillo Chávez, investigador del Instituto de Geociencias, UNAM Campus juriquilla (aficionado a la astronomía) y 8 buenos amigos y colegas del "Grupo de Perforación de Núcleos de Hielo para estudios de Geoquímica Ambiental Glaciar en Pico de

Orizaba e Iztaccihuatl" (Jehú Hinojosa, Adán Castillo, Samael Oliver, Valeria Quezada , Raúl Gomez, Wenjing Guo, Julio Zacatzi, Ines Martí Fernández, Raúl Campos (Rulas) y Felipe López. Este último (Felipe López) fue avisado, una hora después de que llegamos a Bermejillo, desde Querétaro, que su Señor Padre, el Señor Felipe López Ibarra, había fallecido, Felipe y Rulas tuvieron que regresar inmediatamente a Querétaro, 11 horas de manejo puesto que no había vuelo comercial disponible ni autobús al momento. Dedicamos este manuscrito y narración a la memoria del Sr. Padre de Felipe QEPD, y le damos un fuerte abrazo y nuestros mejores sentimientos. Ánimo Felipe, tu papá dio lo mejor en la vida y te dejó el mejor ejemplo a seguir.

Todo la experiencia inició el domingo el domingo 7 de abril del 2024, en dos vehículos desde Juriquilla, Querétaro a las 5 am. El grupo de la Cd. de México: Sama, Raul, Julio, Vale, Ines y Wenjing, nos vería en Torreón. La primera opción para instalar campamento base era el poblado de Tlahualilo al noreste de Torreón, pero al final conseguimos alojamiento en Bermejillo, Durango, norte de Torreón, gracias a nuestro buen amigo el Sr. Lucio Luna. Ambas localidades de Tlahualilo y Bermejillo se encuentran a pocos kilómetros de la línea central del eclipse (Figura 3).



Figura 3. Detalle de la trayectoria de la sombra de la luna en la zona Torreon-Bermejillo-Tlahualilo (Coahuila-Durango). La línea roja punteada es el centro de la totalidad. (<https://www.timeanddate.com/eclipse/map/2024-april-8>)

Desde días antes el pronóstico meteorológico para Torreón, y zonas aledañas, indicaba "mayormente nublado", lo cual es poco común en esa zona desértica. El domingo en la noche continuaba medio nublado y pocas estrellas se veían. El lunes 8 de abril amaneció nublado, el sol no se veía y la nubosidad era general. No comentamos mucho entre nosotros sobre el clima, pero se sentía cierta nostalgia en el ambiente y entre nosotros por la nubosidad. A las 9:30 am nos dirigimos al sitio seleccionado como "Campo Base-Eclipse", a unos 8 km este-sureste de Bermejillo y básicamente sobre la línea central (Figura 4). En este espacio abierto (desierto) teníamos una vista 360 grados al horizonte. Instalamos

campamento, sobre, sillas, alimentos y bebidas hidratantes, armamos toldo de sombra, telescopio, cámara, preparamos filtros y calibramos relojes. La Figura 4 muestra la zona seleccionada, (círculo rojo) con la información geográfica y datos de tiempo del eclipse en el punto. Esta información fue extraída del sitio público de internet "TimeandDate" (<https://www.timeanddate.com/eclipse/map/2024-april-8>), el cual ofrece información muy valiosa sobre eventos astronómicos para aficionados.

A las 11 am, hora del primer contacto o inicio de la parcialidad, la nubosidad general continuaba y no se observaba el sol. Prácticamente desde 11 am y hasta

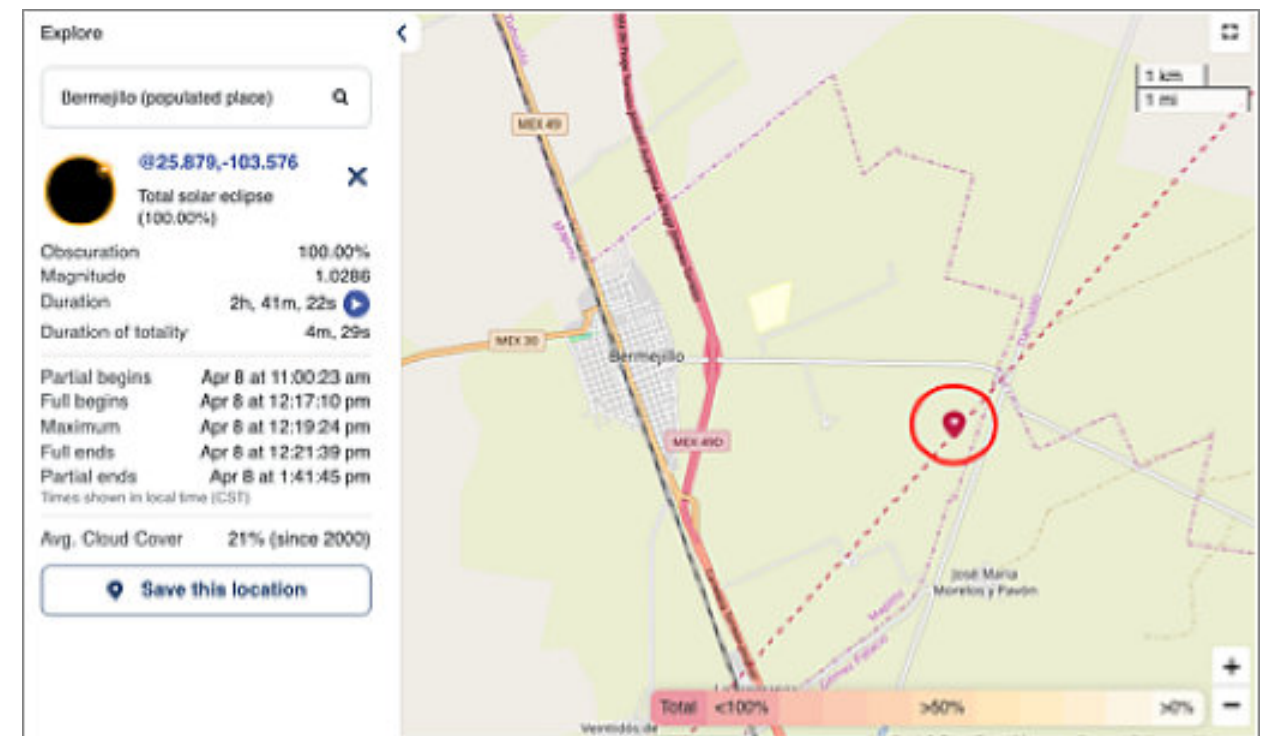


Figura 4. Detalle de la ubicación del Campamento Base-Eclipse (centro de círculo rojo) a unos 8 km al este de Bermejillo, Durango. La tabla de la izquierda da las coordenadas geográficas del sitio y los datos técnicos del eclipse (tiempo de inicio de parcialidad, totalidad, final de totalidad, final de parcialidad y duración total de la totalidad). (<https://www.timeanddate.com/eclipse/map/2024-april-8>)

12:15, toda la parcialidad, la silueta del sol se observó en intervalos de pocos segundos o minutos y se tomaron muy pocas fotografías de la parcialidad con el marco de la nubosidad, lo cual le dio un efecto muy especial y hermoso también. Durante la parcialidad Sama hacía sonar su caracol, invocando a la divinidades del Teteocan para

alejar la nubosidad. Y....., !!!...funcionó...!!!, un par de minutos antes de la totalidad se pudo observar la impresionante sombra de la Luna acercándose desde el sur-este. El estar en un espacio abierto en el desierto, se creó una sensación muy especial entre nubes, luz, sombra, ambiente en general. La razón de que se despejara algo el

cielo, aparte del sonido del caracol de Sama e intervención de las divinidades del Teteocan, fue una combinación de los siguientes efectos atmosféricos. La temperatura disminuyó drásticamente unos 8 grados aproximadamente (en algunos segundos), se escucharon aullidos de coyotes, canto de aves, se observaron aves volando, etc. La marcada disminución de temperatura durante la totalidad causa efectos atmosféricos interesantes: cambio del punto de condensación, % de humedad, vientos asociados, etc., todo esto causó que la nubosidad disminuyera y se observará la totalidad por los 4 minutos 29 segundos. Reloj en mano, uno de nosotros nos alertaba sobre el inicio de la totalidad; ¡dos minutos...!, ¡un minuto...!, ¡30 segundos...!, ¡10...!, ¡5...!, ...ahí está! Los gritos de emoción y júbilo explotaron, la corona solar aun con cierta nubosidad - bruma se pudo apreciar muy bien. Más gritos de emoción, júbilo, brincos, lágrimas, balbuceos y el sonido jubilante, y de agradecimiento a la divinidad, del caracol de Sama inundaron el ambiente. Se sentía el frío, el viento, la emoción, la energía, emociones combinadas, emociones combinadas, definitivamente un momento increíble y único. Pudimos fotografiar la corona solar, aun con un porcentaje de humedad y bruma en el ambiente. Sin embargo, se apreció la corona solar en todo su esplendor, y los hermosos efectos ópticos asociados: anillo de diamante entrante y saliente, perlas de Baily, la forma de la corona, la cual depende la actividad magnética del sol, y las impresionantes explosiones solares (Sun Flares), y por supuesto algunas estrellas brillantes cerca de la corona.

Todo el horizonte presentó un efecto muy especial, un atardecer a 360 grados y con tonalidades rojizas, rosas, amarillas, etc., por toda la nubosidad presente. Nos dimos cuenta que, de haber tenido un día normal en el desierto, el cielo totalmente despejado y muy bajo porcentaje de humedad, las fotos de la parcialidad y totalidad hubieran sido muy claras, pero NO hubiéramos tenido la incertidumbre, la emoción, los efectos de la parcialidad

entre las nubes, la explosión de la visión de la corona entre nubosidad, el descenso de temperatura ni el espectacular efecto de un amanecer-atardecer a 360 grados alrededor con todo ese espectro de hermosos colores presentes. Sin duda alguna, un maravilloso regalo del universo, una experiencia única, muy especial e inolvidable.

Pasados los 4:29 de la totalidad, volvió el día después de la medianoche. Pero la sensación de éxtasis y júbilo aún flotaban en el ambiente, todos queríamos comentar algo sobre lo vivido: la corona, la sombra, colores de las nubes, las flamas del sol (sun flares, por cierto mucho más grande que el tamaño de nuestro Planeta, el anillo de diamante, etc. Por cierto, durante el anillo de diamante nuestro buen amigo Sama dejó de hacer sonar el caracol y se le propuso a su novia Vale, con un sencillo, pero profundo "...te quieres casar conmigo...". Más emoción y gritos de júbilo. Agradecidos al cielo, al Sol, a la Tierra, a la Luna, al desierto, a las nubes, a la Geometría Astronómica y a la Mecánica Celeste, y agradeciendo el compañerismo y amistad en ese momento, nos quedamos aún más de una hora comentando, hidratándonos, viendo las fotos en los celulares y felicitando a Sama y Vale, a quienes deseamos lo mejor de la vida siempre. Después de eso empezamos a levantar campamento para regresar a nuestros respectivos hogares, pero aún con una extraña sensación de éxtasis. Bien valen la pena 24 horas de manejo por unos minutos de "Gloria Celestial". Podemos repetir una y un millón de veces "Sin duda alguna, un eclipse total de sol es uno de los espectáculos más hermosos y maravillosos que podemos observar a simple vista".

Las Figuras 5 a 10 presenta un mosaico de algunas fotografías de la Gloria Celestial, y una breve descripción. Crédito de Fotos, todos los participantes.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Sr Lucio Luna, su esposa la Sra Ana Lilia Soto y a su hijo Javier Luna Soto por su hospitalidad y apoyo en Bermejillo.



Figura 5. Campo Base Eclipse.



Figura 6. Parcialidad a un 75% vista entre las nubes.



Figura 7. Vista del horizonte y cielo nublado al inicio de totalidad, y efecto amanecer-atardecer 360.



Figura 8. Corona solar y flamas del sol (sun flares zona naranja-rojo en la sección derecha arriba y abajo).



Figura 9. Detalle de Corona Solar y flamas del sol (sección derecha abajo).



Figura 10. Fotografía de la Corona Solar con las flamas solares a través del ocular del telescopio, se aprecia la cámara montada en el telescopio (derecha), parte del campamento y parte del horizonte con el efecto amanecer-atardecer 360.



Figura 11. Todo el grupo.



Dr. Alejandro Carrillo-Chávez. Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inicó 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 la 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



Fig. 1. Highly fractured, tectonized, and weathered metasediments of the Neranleigh-Fernvale Group (Permian) at Old Cleveland Road, Carindale, southern Brisbane. Rocks include fine brown-yellowish sandstones, siltstones, shales, and whitish to light gray claystones, mottled in ocher, pale red and purple hues. Siltstones, shales and claystones show reddish, reddish brown and pinkish spots. The sandstones are highly fractured, have pink veins and/or are mineralized with quartz of hydrothermal origin. Traces of dissolution are evident as well as ocher-colored fractures and veins, filled with ferruginous oxide. (Photograph by J. Porras, 2024).



Fig 2. Tilted devonian metasedimentites of the Neranleigh-Fernvale Group at Adelaide Street, downtown Brisbane (Australia). These rocks, along with the Bunya phyllite, are one of the oldest rocks in Brisbane. The retaining wall at the bottom of the outcrop was built of 226-million-year-old volcanic tuff (Brisbane tuff) quarried in the city for years. (Photograph by J. Porras, 2024).



Vista del corte en el frente de explotación en el cerro testigo, de la masa de kaolinita coronada por el sinter silíceo. San Francisco Ixtacamaxtitlán (Edo. de Puebla, México). Fotografías del **Dr. Jordi Tritlla Cambra**.



Fragmento del sinter silíceo, constituido esencialmente por niveles estratificados de ópalo, con abundante porosidad cavernosa. En algunos casos se observan restos de vegetación y grietas por desecación del gel de sílice en épocas de poca actividad hidrotermal. San Francisco Ixtacamaxtitlán (Edo de Puebla, México).



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

Breve reseña de los resultados en la Exploración y Producción de gas en la Región Norte de México 1993 - 2007

Alfredo E. Guzmán
Abril, 2024

Introducción

Esta nota es un resumen de los retos y resultados de la exploración y la producción de gas en la Región Norte de Pemex E&P durante el período de 1993 a 2007.



Fig 1. Cuencas sedimentarias de la Región Norte de Pemex E&P

Durante este período México alcanzó la máxima producción de aceite, pero el gas empezaba a ser insuficiente, por lo que se instruyó a la Región Norte concentrar sus esfuerzos en la exploración y producción de gas, ya que la región cuenta con varias provincias gasíferas.

Porqué el interés en el gas en la Región Norte

La producción de aceite en México, de mediados de los años 1990's a mediados de los 2000, estaba entre 2.5 y 3.4 millones de barriles diarios (MMbd), mientras la Región Norte producía menos de 100 mil bd, por lo que a Pemex no le preocupaba que produjera más aceite, pero sí el que incrementara su producción de gas.

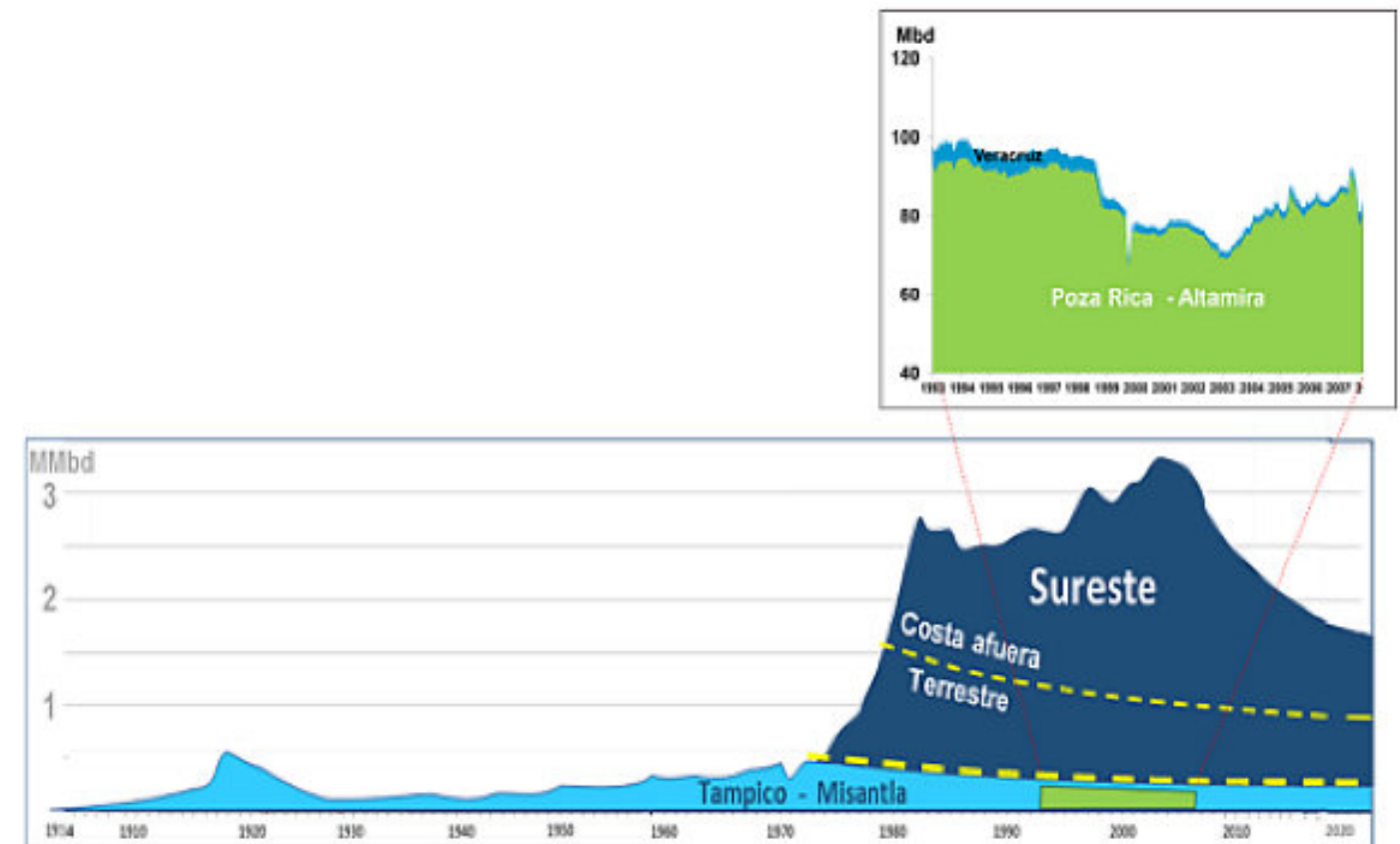


Fig. 2. Producción de aceite de México 1904 - 2023 y de la Región Norte 1993 - 2007

La producción de gas en México

La producción de gas en México inició con el asociado a los yacimientos de la cuenca de Tampico – Misantla, a partir de 1945 se le sumó el gas no asociado recién descubierto en la cuenca de Burgos y en los años 1980's se duplicó con el gas de los campos del Sureste. A partir de 2010, poco después de que el aceite empezara a declinar, también empezó a declinar el gas y lo mismo sucedió con el gas no asociado de la Región Norte. Hasta ese momento los requerimientos de gas importado habían sido mínimos, sin embargo una vez que empezó a decaer la producción, empezó a ser insuficiente requiriéndose cada vez más mayor importación para poder cubrir la demanda nacional.

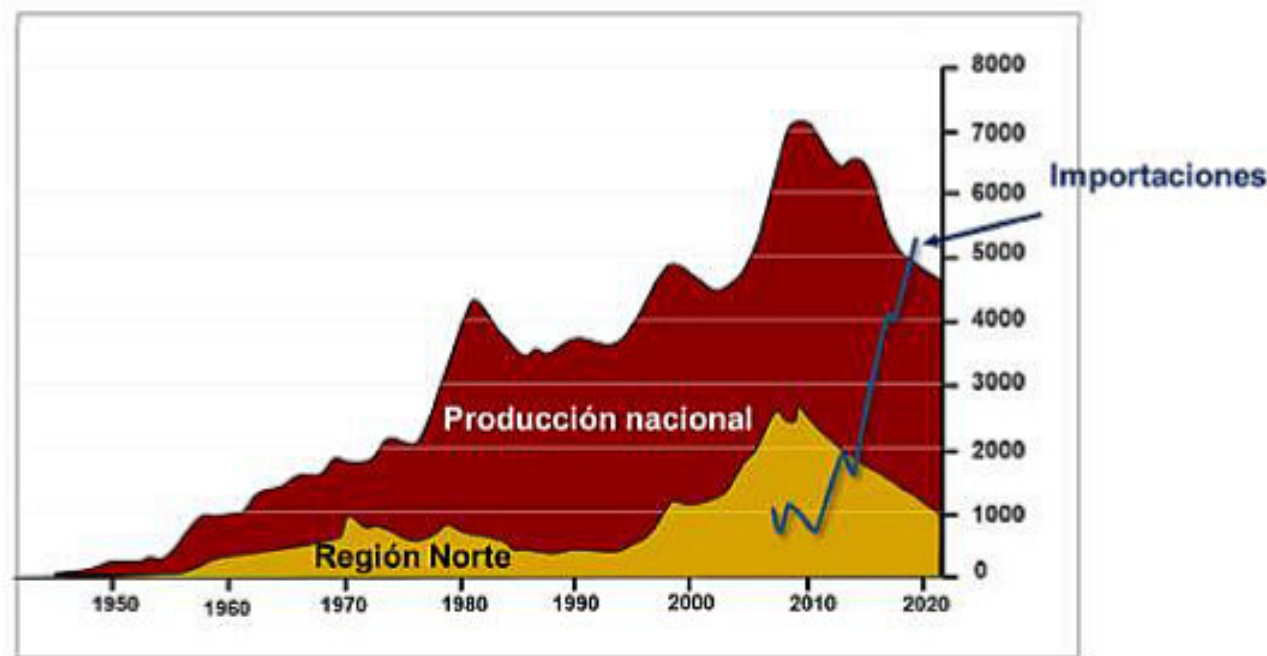


Fig. 3. Producción histórica de gas en México 1945 - 2023

Estado de la producción en la Región Norte antes de 1993

A raíz del descubrimiento de los yacimientos del Sureste en los 1970's, se abandonó prácticamente la Región Norte, se dejó de explorar y de desarrollar y la producción cayó:

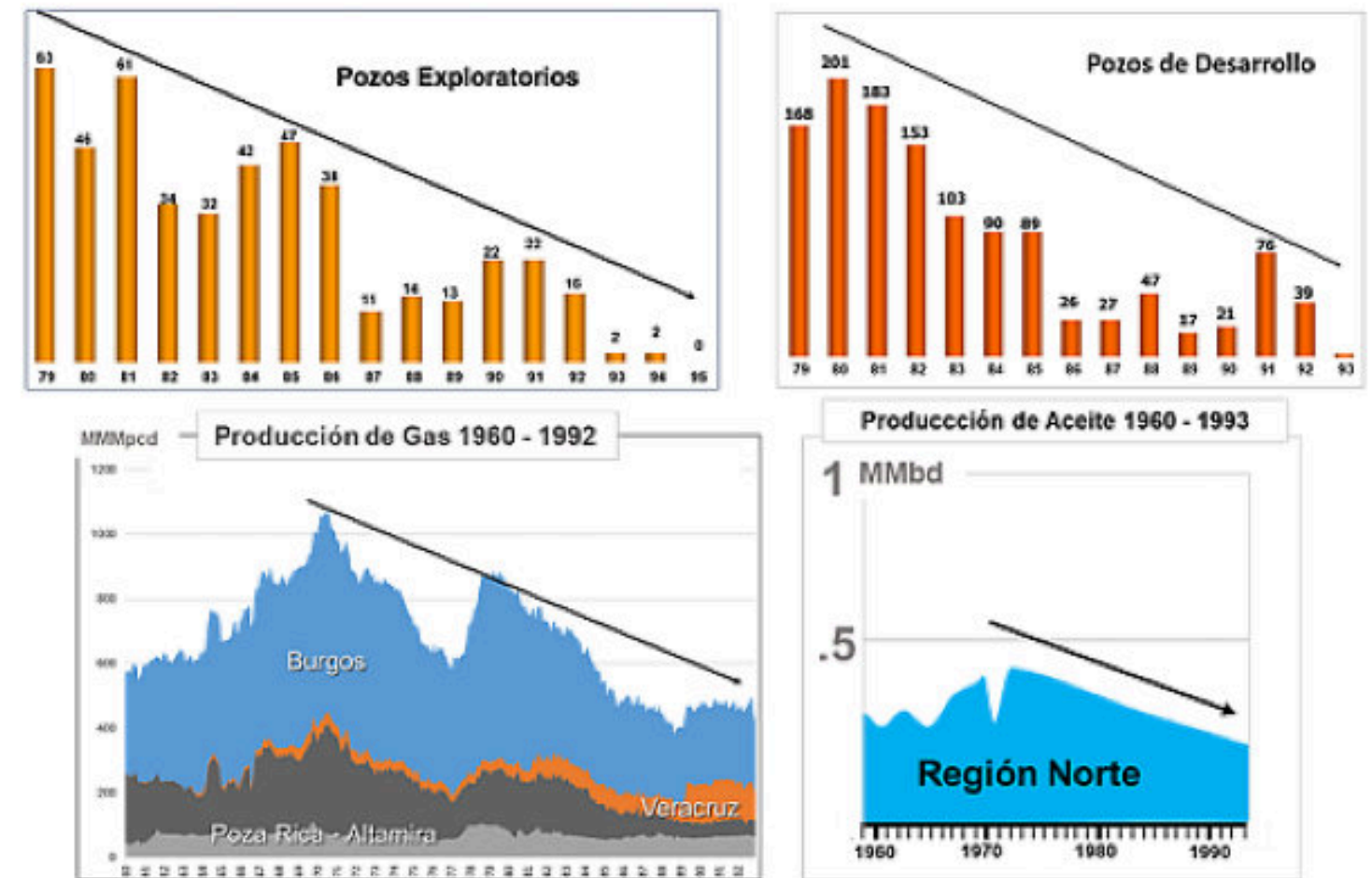


Fig. 4. Pozos exploratorios y de desarrollo 1979 - 1995 y producción de gas y aceite 1960 - 1993 en la Región Norte de Pemex E y P.

Lo que se pensaba de la Región Norte en 1992

En el Plan de Negocios de Pemex E&P de 1992 se planteaba como acción estratégica "racionalizar" la Región Norte:

PEMEX - Exploración y Producción

del plan integral de trabajo para implantar la nueva estrategia en el área de Producción y consta de cuatro elementos (Cuadro 3.15):

- 1) Definición de los lineamientos para la nueva metodología.
- 2) Difusión e implantación de la nueva metodología para la documentación de la cartera de proyectos a desarrollar en 1993.
- 3) Diseño de un proceso que asegure una lista exhaustiva de proyectos.
- 4) Establecimiento de los sistemas tecnológicos y de información para implantar la nueva metodología.

En resumen la metodología proporciona las siguientes líneas de acción estratégica:

- ✓ Desarrollo de una cartera de proyectos completa para los campos principales descargando el rezago de documentación de proyectos en el corto plazo, y utilizando recursos externos contratados
- ✓ Documentación y valuación de los proyectos de Explotación por campo en sustitución de los proyectos de Explotación Regionales
- ✓ Análisis de una gama amplia de opciones de explotación para cada campo
- ✓ Énfasis regional de acuerdo a las siguientes prioridades:
 - ◊ Expansión en la región Marina
 - ◊ Optimización de la región Sur
 - ◊ **Racionalización en la región Norte.**
- ✓ Análisis económico de los proyectos de gas.

Racionalización y desincorporación de actividades no fundamentales

Las actividades operativas del área de Producción se categorizan de la siguiente manera:

- ✓ Actividades críticas que se realizarán por administración:
 - ◊ Desarrollo y administración de yacimientos:
 - Modelo de simulaciones

Racionalización de la Región Norte

Fig. 5. Página del Plan de Negocios de PEP de 1992 donde se planteaba la "racionalización de la Región Norte"

Proyectos para gas de la Región Norte

Con el objeto de evaluar el potencial de gas de la Región Norte se conformaron nueve proyectos, cinco terrestres y cuatro en la plataforma continental del Golfo de México:



Fig. 6. Proyectos para gas de la Región Norte

Producción de gas en la cuenca de Burgos en 1993

Dado que la producción de gas en la Región Norte iba en picada, en 1993 la Dirección General de PEP empezó a considerar cerrar el Distrito Frontera Noreste (DFNE) responsable de las cuencas de Burgos, Sabinas, Chihuahua, California y Golfo de Cortés. Las tres últimas nunca tuvieron producción, aunque a finales de los años 1970's - principios de los 1980's, se encontró gas en el desierto de Vizcaíno y en el Golfo de Cortés pero éste no se consideró comercial y a la luz de los descubrimientos del Sureste no hubo interés en ellos.

La cuenca de Burgos, habiendo alcanzado en 1970 una producción máxima de 620 MMpcd (millones de pies cúbicos diarios), estaba en franca declinación, para finales de 1993 había caído a 183 MMpcd, insuficientes para mantener un centro de trabajo en Reynosa.

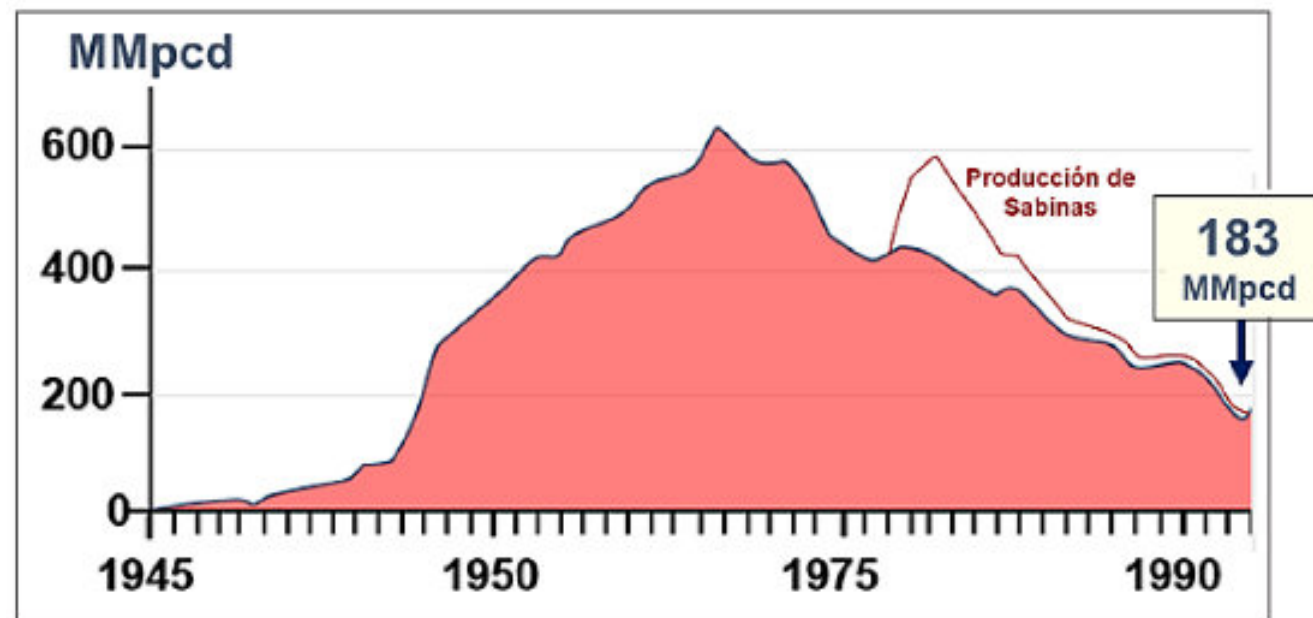


Fig. 7. Producción de gas en la cuenca de Burgos 1945-1993

Propuesta del Proyecto Integral de la Cuenca de Burgos

Con el fin de subsanar el problema del DFNE, el Director General de PEP pidió ideas, se le recordó que se acababa de terminar el "Proyecto Colibrí" donde se diseñaron las funciones de las áreas sustantivas de la recién creada Pemex Exploración y Producción y en las funciones de planeación se estudió el concepto de trabajo con equipos multidisciplinarios integrados y se le propuso revisar lo que se estaba haciendo en el sur de Texas con esa filosofía de trabajo, concretamente en el campo McAllen Ranch y en diciembre de 1993 instruyó a la Región Norte crear el "Proyecto Integral de la Cuenca de Burgos" con el objetivo de revertir la situación de la baja producción en la cuenca.

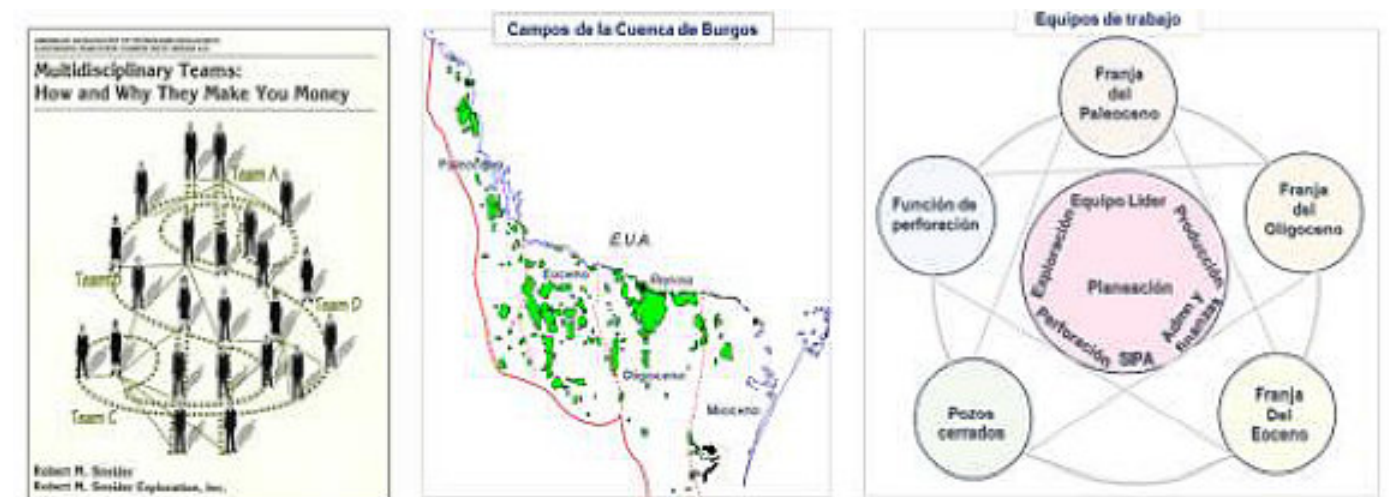


Fig. 8. La conformación de Equipos Multidisciplinarios Integrados para desarrollar el proyecto se basó en conceptos publicados por la AAPG y se basó en la edad de los yacimientos por una parte y por la otra en optimizar las funciones de la perforación.

Que se logró en Burgos

Fueron muchos los rubros en los que el proyecto tuvo éxito, pero a final de cuentas el objetivo principal, la producción, creció 9 veces al pasar de 183 a 1,600 MMpcd:

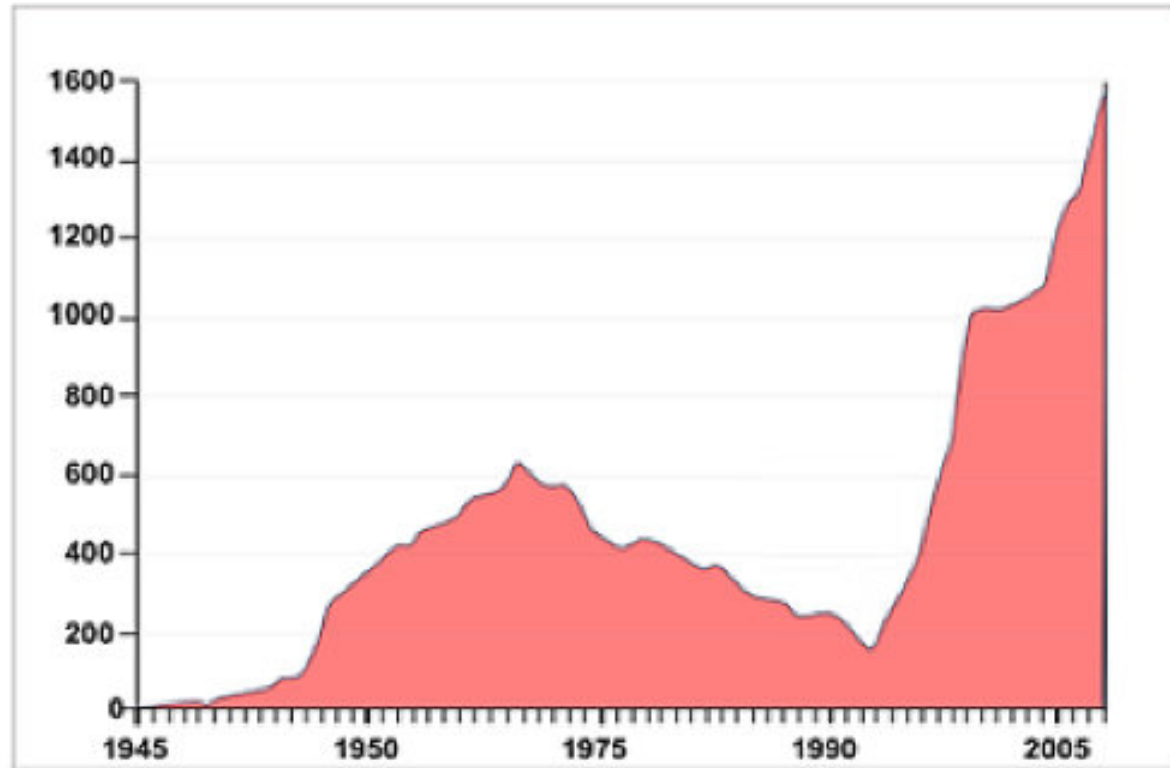


Fig. 9. Crecimiento de la producción a partir de la creación del Proyecto Integral de la Cuenca de Burgos

Principales rubros en lo que se obtuvieron resultados favorables:

- trabajo en equipo,
- reservas,
- localizaciones,
- nuevas oportunidades,
- prácticas de perforación,
- fracturamiento hidráulico,
- "commingling" de yacimientos
- producciones iniciales,
- costos,
- optimización de infraestructura,
- seguridad y medio ambiente,
- etc., etc.

Producción de gas en Veracruz

Para el año 2000 Burgos ya estaba en pleno crecimiento, sin embargo, Veracruz, otra de las cuencas productoras de gas en la región Norte, no lograba subir de 150 MMpcd, por lo que se empezaron a buscar formas de incrementar su producción, tratando en la medida de lo posible replicar lo hecho en Burgos.



Fig. 10. Cuenca Terciaria de Veracruz

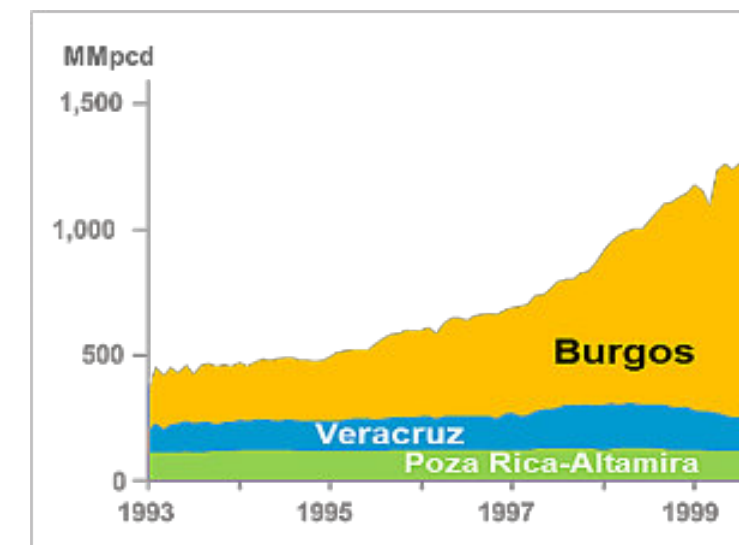


Fig. 11. Producción de gas Región Norte 1993 – 2000

Propuesta para el caso de la producción en Veracruz

En Veracruz no se habían hecho descubrimientos importantes en más de 30 años. Al igual que en Burgos, nos enfocamos en los procesos de las funciones sustantivas, empezando por la exploración, concretamente con la sísmica 3D, resultando evidente de que, a diferencia de Burgos, la aplicación de atributos sísmicos de frecuencia y amplitud permitían la detección directa del gas:

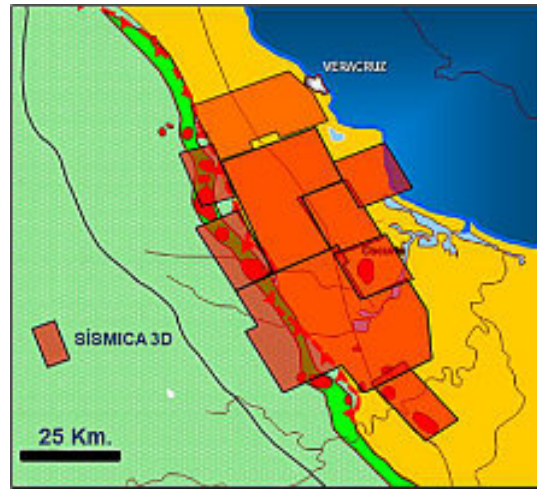


Fig. 12. Cubrimiento con Sísmica 3D en la cuenca

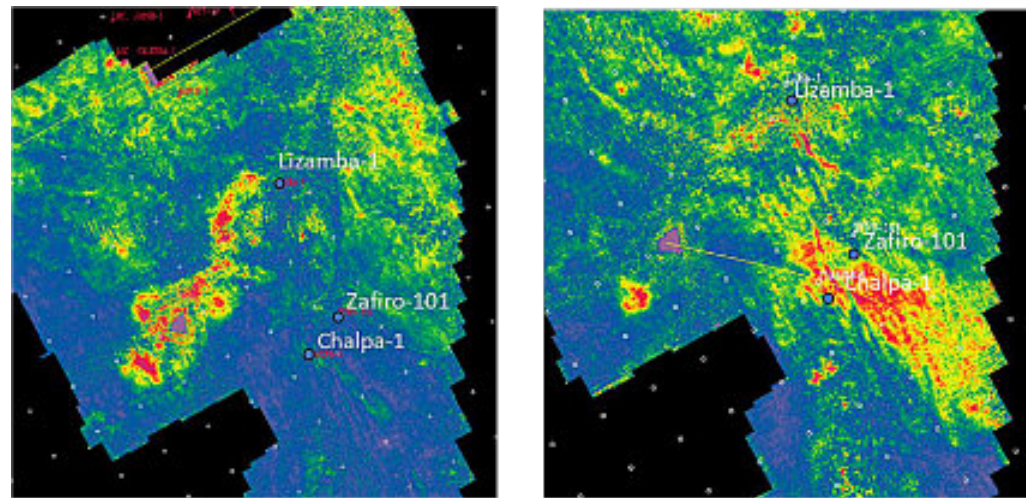


Fig. 13. Detección directa de gas con base en atributos sísmicos

Factores de éxito para Veracruz

La detección del gas en forma directa resultó en una cadena de descubrimientos:

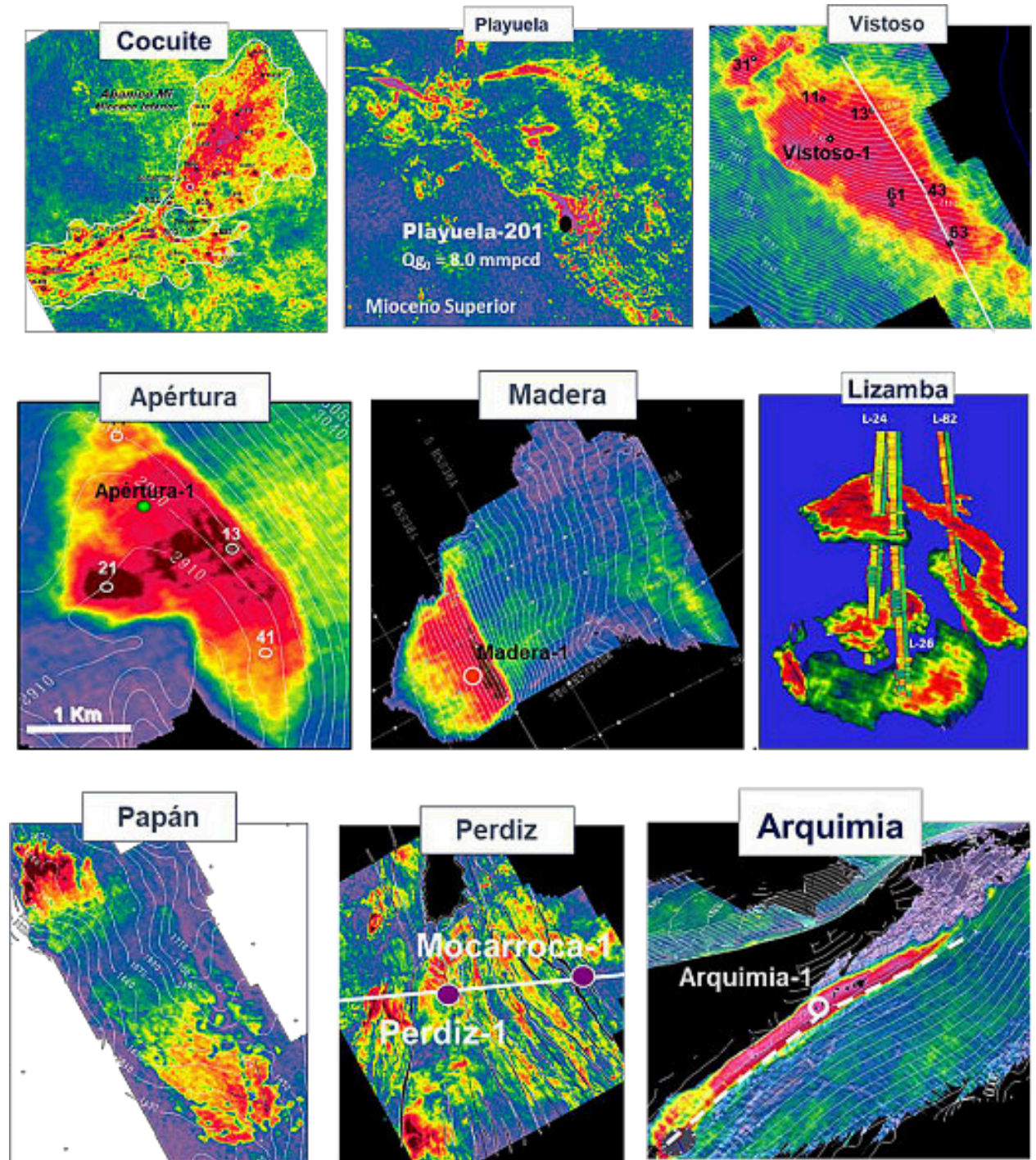


Fig. 14. Campos de gas en la Cuenca Terciaria de Veracruz detectados directamente con base en el análisis de anomalías de amplitud y frecuencia en la sísmica 3D

El caso del campo Arquimia

Gracias al contacto a través de las asociaciones profesionales, nos dimos cuenta de que en Trinidad y Tobago en pozos con características similares a las de los de Veracruz, producían hasta 200 MMpcd de gas, por lo que nos enfocamos, al igual que ellos, en usar tubería de revestimiento ranurada en la terminación de pozos horizontales, obteniendo, como en el caso del campo Arquimia, flujos hasta de 87 MMpcd, que requirieron hasta 4 quemadores para sus pruebas de producción.

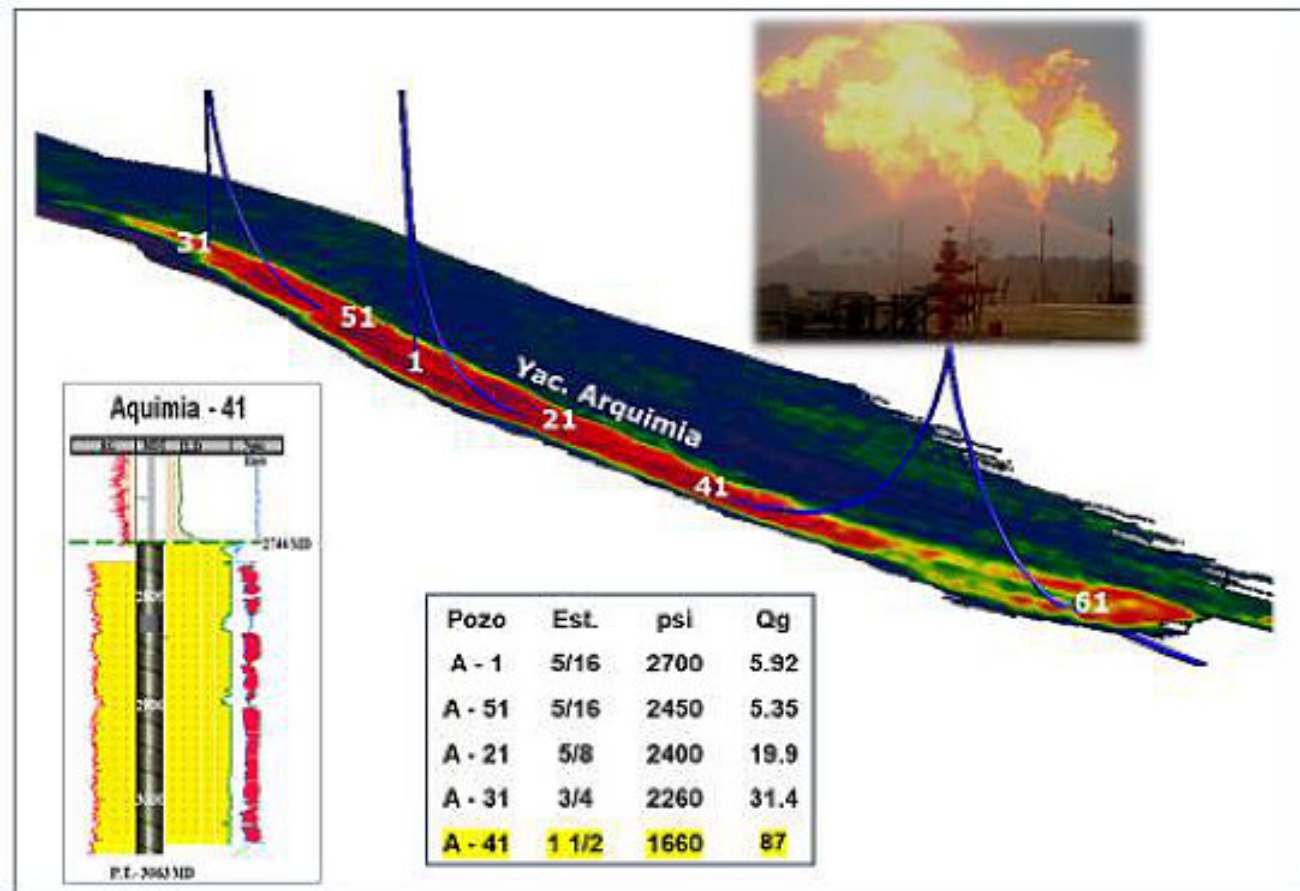
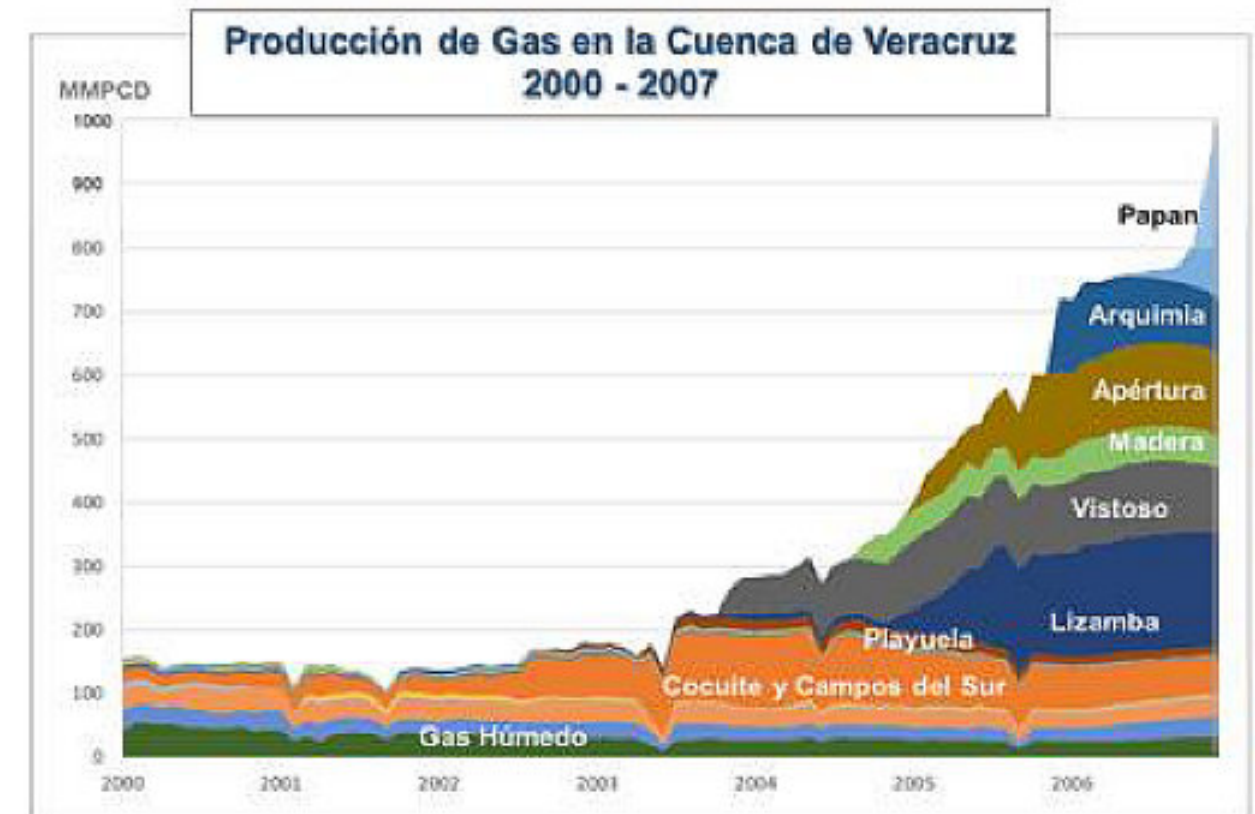


Fig. 15. Arquimia fue el primer campo de gas en México donde para la terminación se utilizó tubería de revestimiento ranurada en un pozo horizontal.

Lo que se logró en la cuenca de Veracruz

De menos de 150 MMpcd que producía en 2002, para principios de 2007 la cuenca de Veracruz estaba produciendo 780 MMpcd y tenía 359 MMpcd más a boca de pozos ya terminados en espera de instalaciones, para un total de 1,140 MMpcd.



Campo	Pozos	MMpcd
Apertura	3	20.6
Lizamba	18	79
Arquimia	9	156.4
Papán	8	95.7
Expln.	3	7.7
Total	41	359.4

Fig. 16. Campos desarrollados y pozos terminados (41) en espera de instalaciones, sin considerar Perdiz que ya estaba descubierto. A partir de enero de 2007 hubo cambios administrativos en la Región y en la cuenca y la producción nunca llegó a los mil millones de pies cúbicos diarios.

El caso del campo Perdiz

Cuando se descubrió Perdiz también se visualizó una estructura profunda que asumimos era mesozoica. Ésta fue probada varios años después ya que la instrucción era concentrarnos en el gas. Se le nombró campo Ixachi.

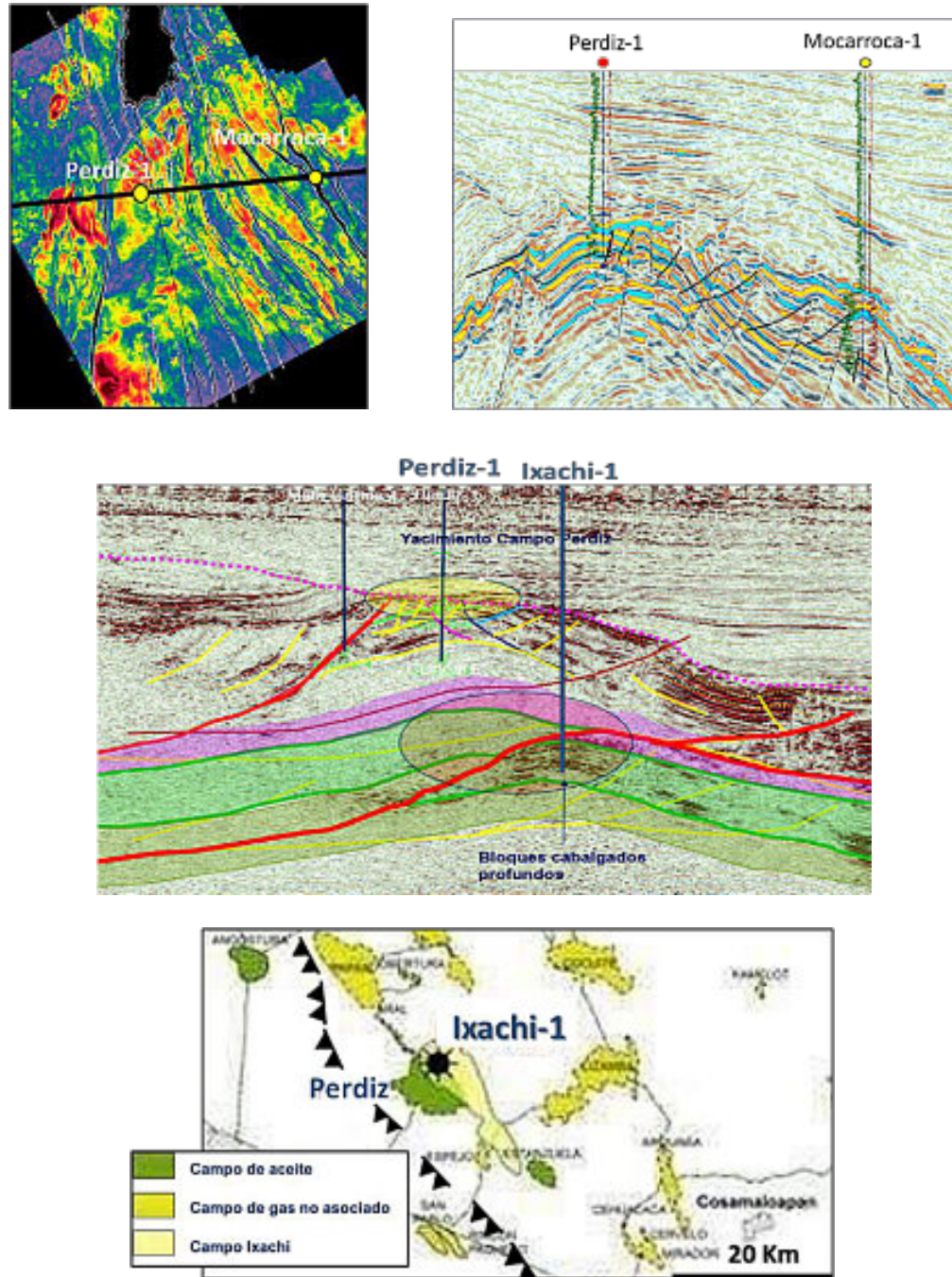


Fig. 17. El campo Ixachi debajo de Perdiz.

Gas en la Plataforma Continental

Además de Burgos y Veracruz se exploró la plataforma continental con objetivos para gas no asociado con cuatro proyectos: Delta del Bravo, Lamprea, Lankahuasa y Veracruz Marino, obteniéndose excelentes resultados:

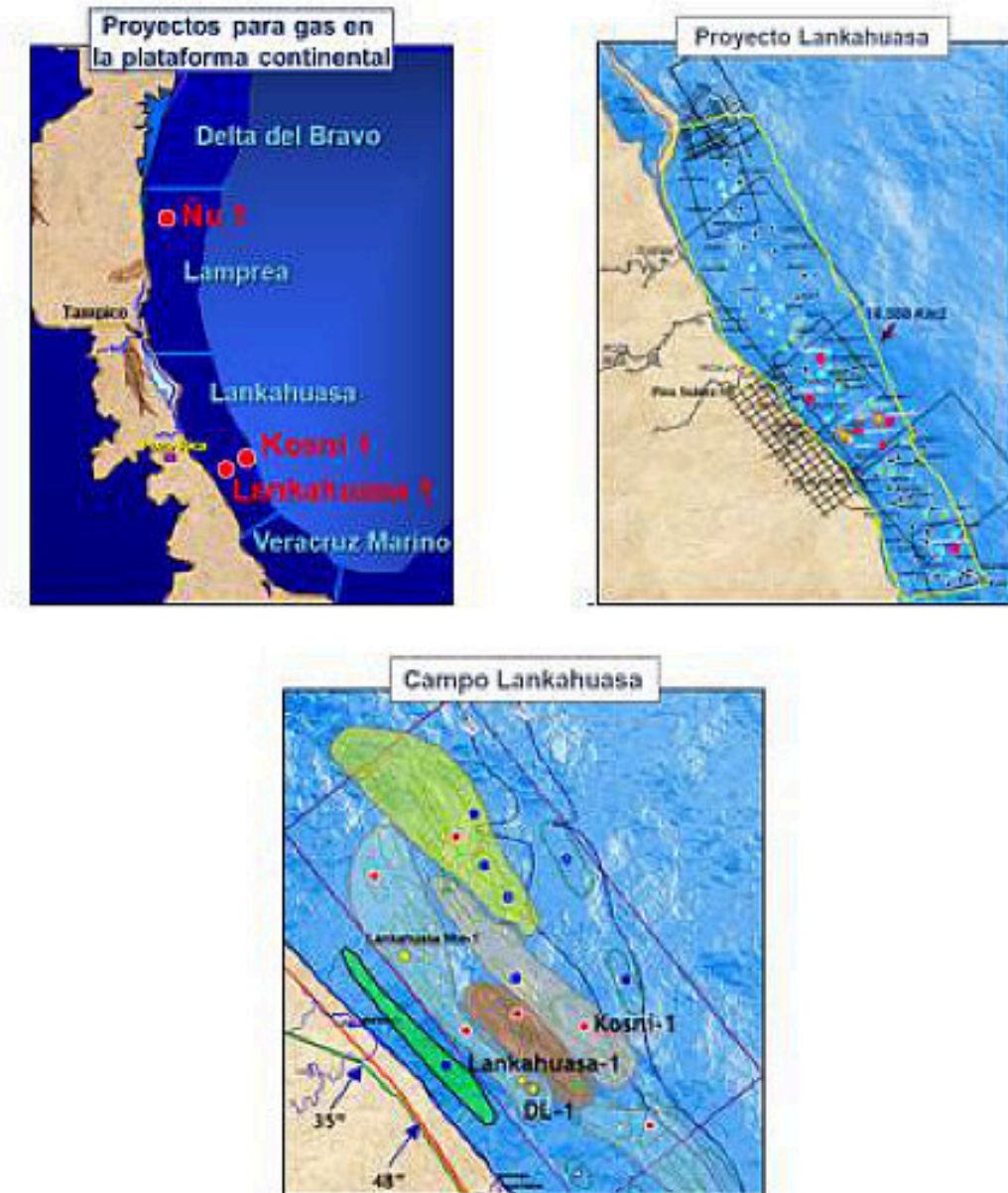


Fig. 18 Proyectos exploratorios para gas no asociado en la plataforma continental del Golfo de México y ubicación del campo Lankahuasa

Proceso exploratorio en el Proyecto Lankahuasa

El pozo Lankahuasa-1 encontró gas seco dulce probándose seis arenas de baja resistividad de un total de 16, incorporando reservas 3P por 801 mil MMpc, posteriormente se descubrió el campo Kosni con 110 mil MMpc (3P) al este.

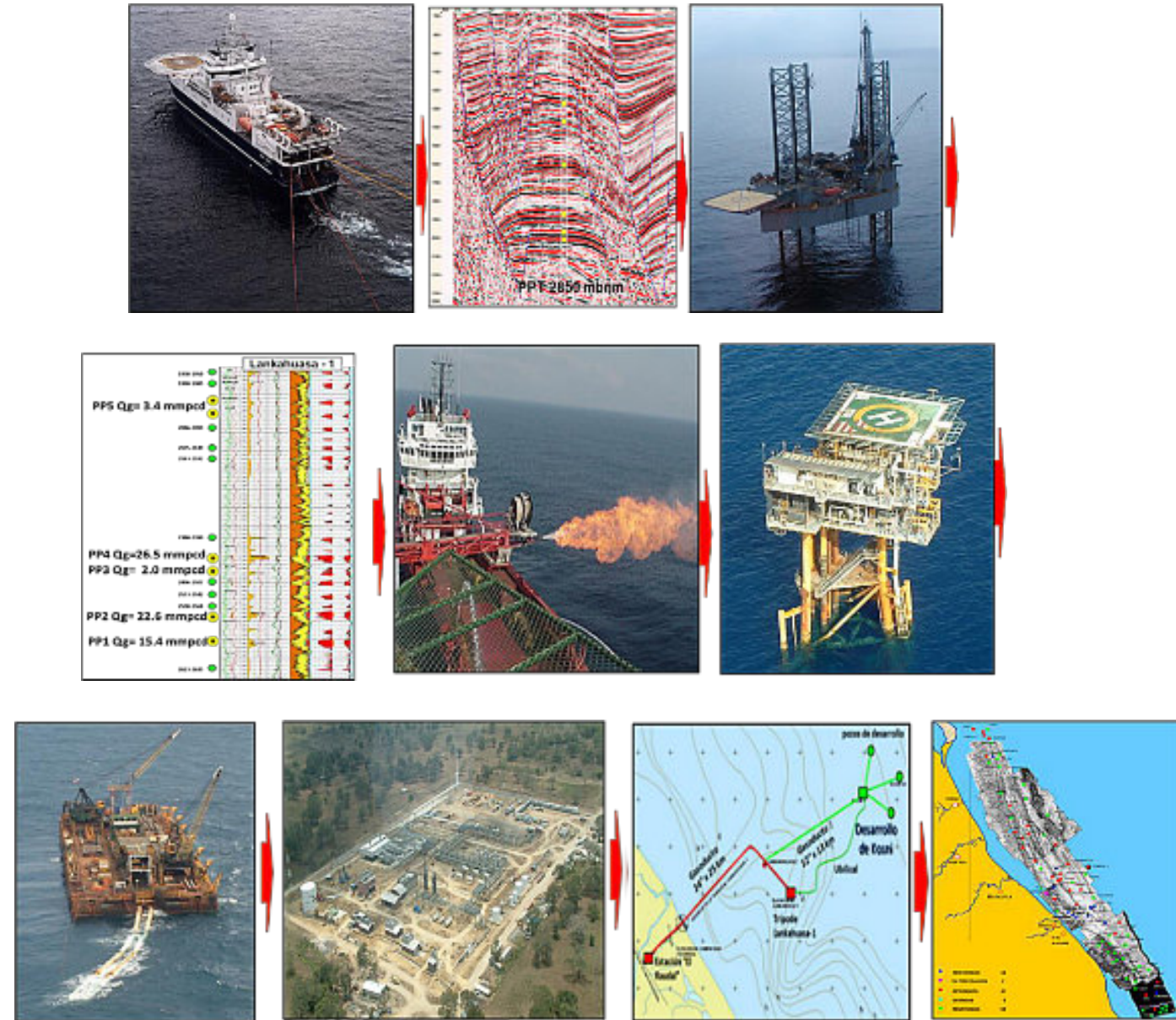


Fig. 19. Ilustración gráfica del proceso de exploración y desarrollo llevado a cabo en el Proyecto Lankahuasa. El desarrollo de Kosni se suspendió al igual que la exploración del play, quedando pendiente de evaluar decenas de estructuras.

Consideraciones finales

El crecimiento de la producción de gas de la Región Norte rebasó a la Región Sur en junio de 2004 y a las regiones marinas, juntas en diciembre del mismo año:

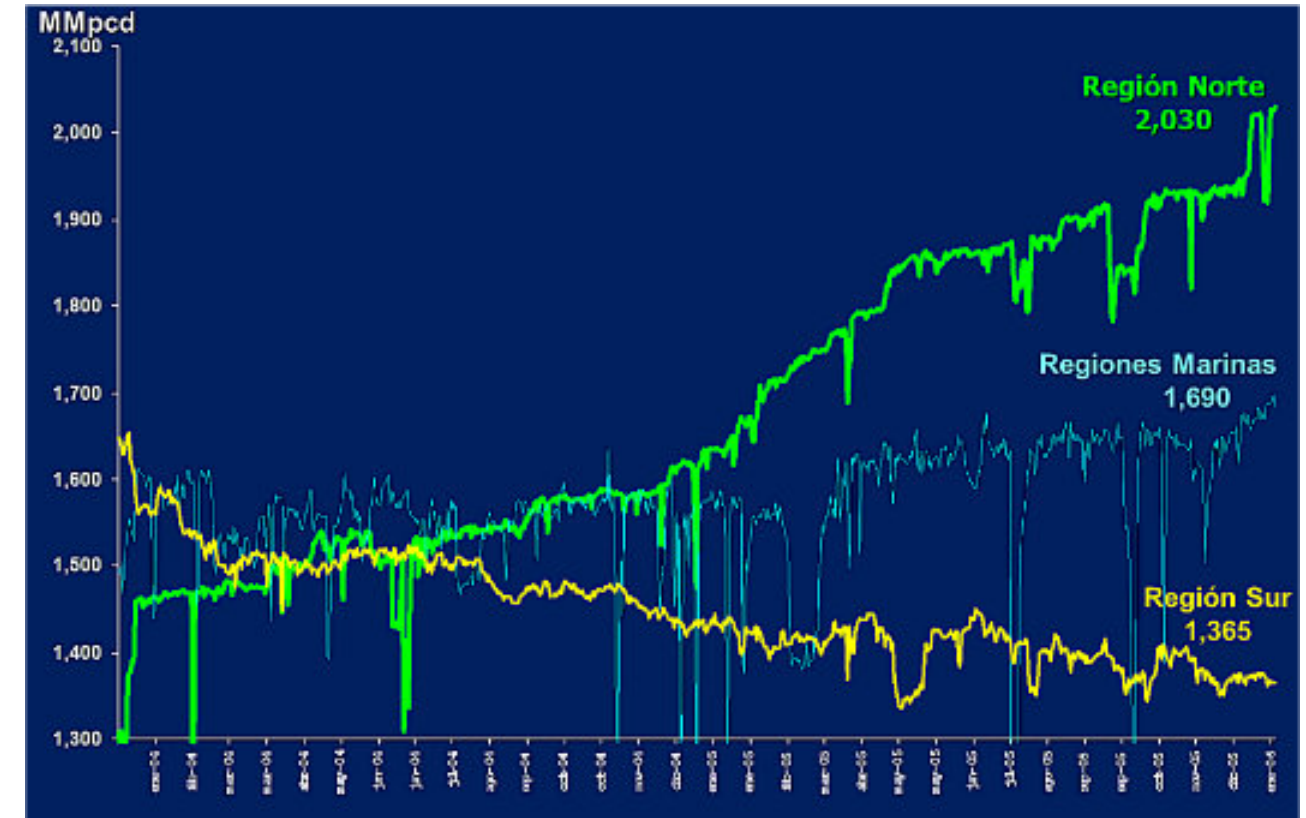


Fig. 20. El crecimiento de gas de la Región Norte llegó a ser el 40% de la producción total nacional.

La misión estratégica de la Región Norte de "Descubrir y Producir Hidrocarburos", generando riqueza para México y asegurando su seguridad energética, se cumplió plenamente al haberse incrementado la producción de gas de 500 a 2,500 millones de pies cúbicos diarios.

Adicionalmente, el Proyecto Chicontepec que también fue suspendido, contemplaba llegar a producir 600 mil bd de aceite lo que dada su riqueza en gas asociado hubiera significado varios miles de millones de pies cúbicos más.

El gas de la región era fuente de abastecimiento para el Centro Procesador de Gas de Poza Rica así como para las plantas de generación eléctrica de Poza Rica y Tuxpan y le generaba a la empresa (y al país) un beneficio económico muy importante:

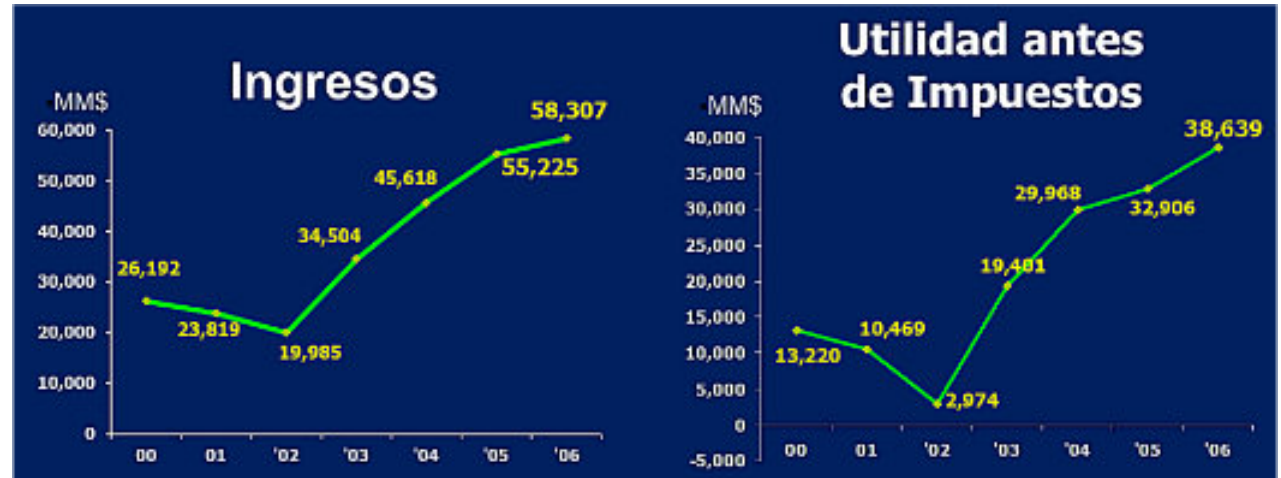
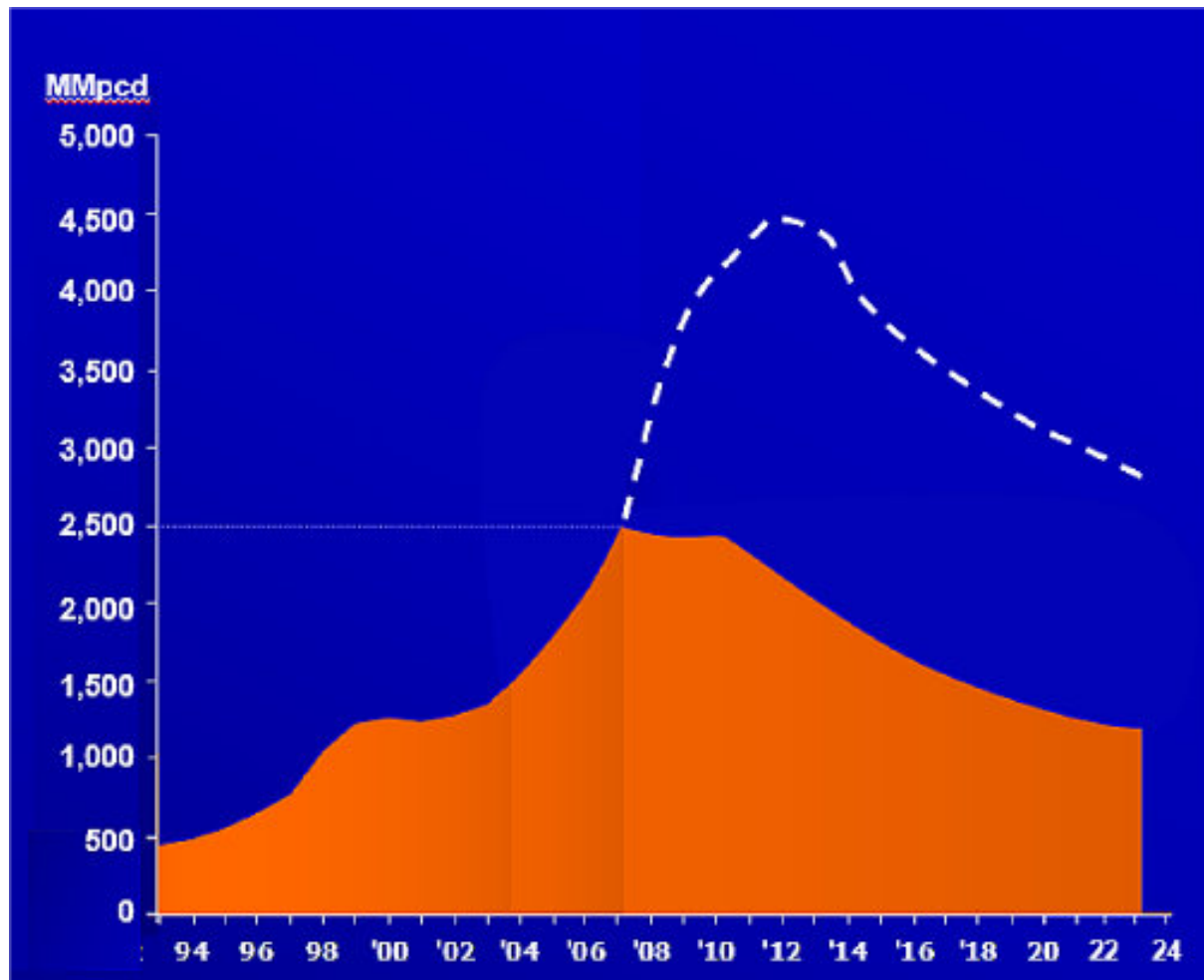


Fig. 22. Importancia económica del gas de la Región Norte de 2000 a 2007

Para 2005 Veracruz y Burgos ya tenían el primer y tercer costo de extracción más bajo del de todos los Proyectos de Pemex E&P con 2.42 y 3.71 US\$ / bpce respectivamente.

Actualmente Pemex tiene un fuerte déficit en su producción de gas y la importación sigue en aumento. Pemex y el país tendrían un gran beneficio si volvieran a enfocarse en el gas de la Región Norte.

Es importante señalar que los resultados obtenidos fueron resultado del esfuerzo, dedicación, compromiso y creatividad del personal de exploración, yacimientos, producción, perforación, instalaciones, planeación y apoyo administrativo de la Región Norte que hicieron suyos los proyectos y los hicieron una realidad.

A 2007 se tenían reservas de gas identificadas y proyectos en ejecución en Burgos, Veracruz y la plataforma continental (que esta abandonada) que hubieran permitido alcanzar 4,500 millones de pies cúbicos diarios y el potencial adicional ya identificado preveía poder producir aún más, bajo un escenario sin limitación de recursos. Sin embargo toda la atención y recursos desde 2007 se centraron en el aceite mientras el gas de la región ha seguido declinando. La Región Norte podría estar produciendo más de la mitad de los 5,600 MMpcd que se importan diariamente.

ALFREDO EDUARDO GUZMÁN

Nació en la Cd. de México y obtuvo sus grados de licenciatura (1971) y maestría (1973) en Geología en Texas Tech University.

Su experiencia laboral la inició en el Instituto Mexicano del Petróleo (1972 – 1973), continuando en Pemex Exploración y Producción (1974 – 2007), en la Comisión Nacional de Hidrocarburos (2009 – 2010) y en diversas empresas internacionales de exploración y producción (2008 – 2021)

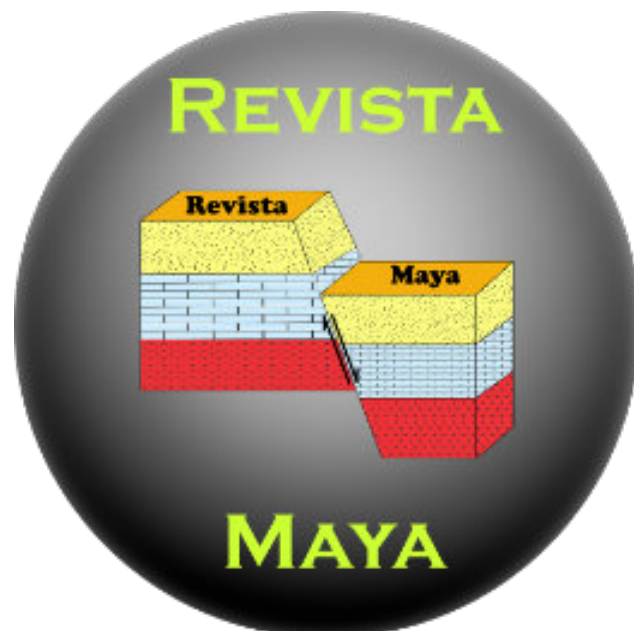
Es miembro de la AAPG, desde 1967 donde fue vicepresidente internacional y candidato a la presidencia; de la AMGP, donde fue presidente de la Delegación Poza Rica y presidente nacional; de la AIPM donde fue presidente de la Delegación Poza Rica y es Académico de Número de la Academia Mexicana de Ingeniería.

Múltiples premios y reconocimientos.

Ha sido catedrático en las universidades:

- Texas Tech, 1971 - 1972
- De Sonora, 1979 - 1980
- Autónoma de Chihuahua, 1982 - 1984
- Autónoma de San Luis Potosí, 1986 - 1989

Y es autor, coautor y ha sido conferencista de cientos de publicaciones y presentaciones.



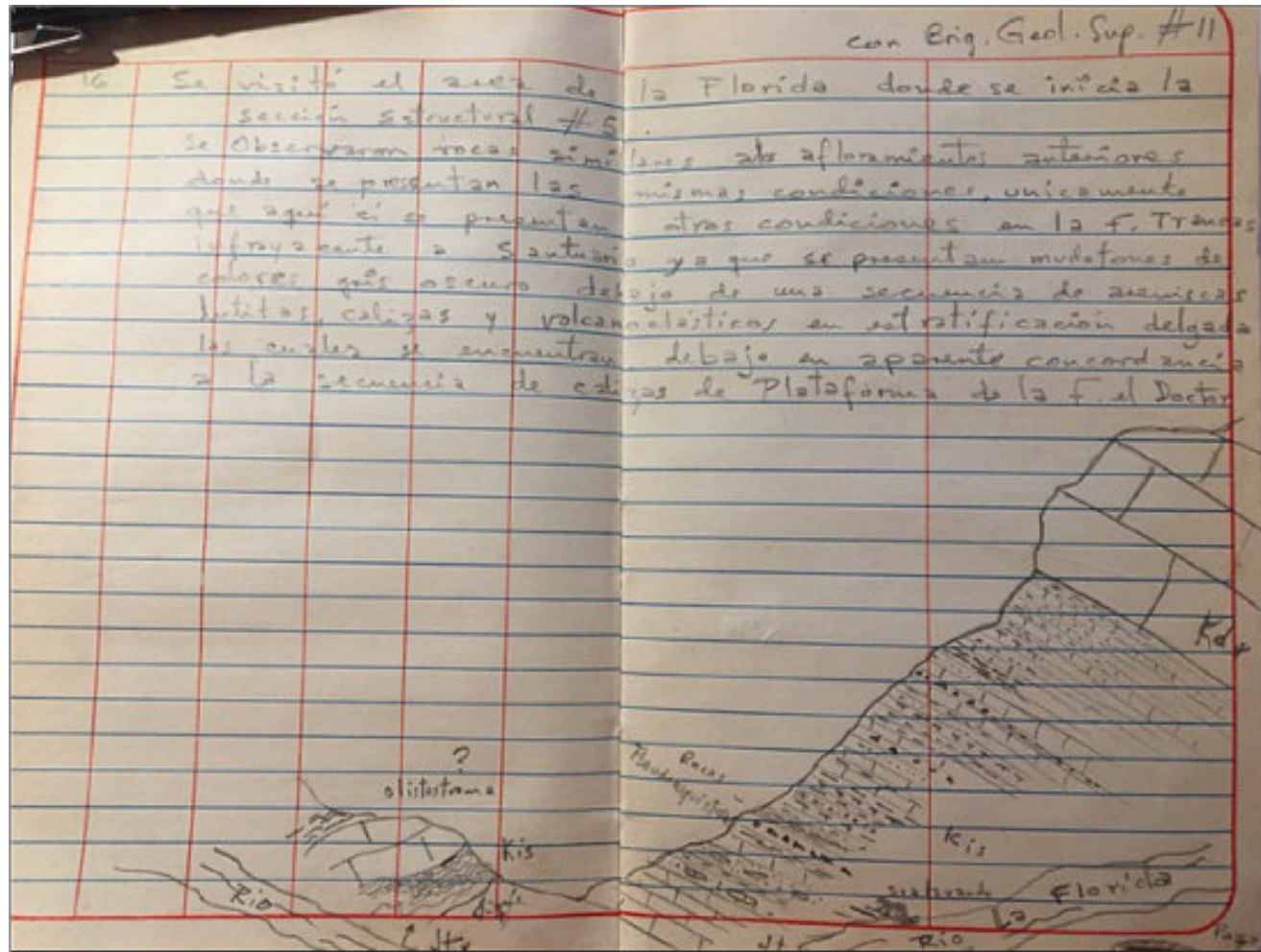
“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



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 lcnofósiles 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.



AREA DE SAN JOAQUIN, QUERETARO.

Cañón del rio La Florida.

Localidad, La Florida, Qro.

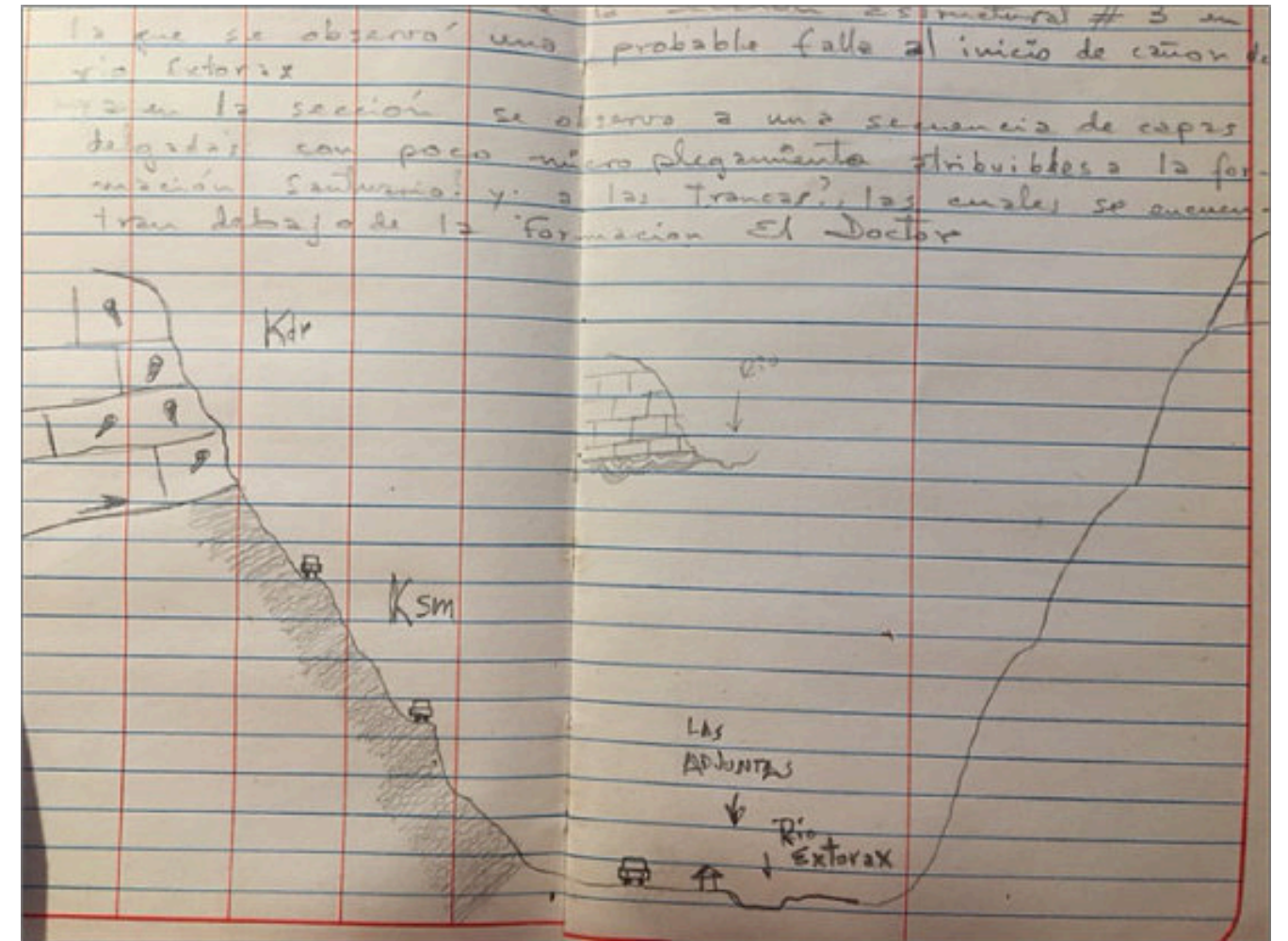
Título, Cañón del Rio La Florida.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo como supervisor de trabajos de Geología de superficie desarrollados por las brigadas geológicas se visitó a la No.11.

En este recorrido se recorrió el área de La Florida, en la cual se observaron secuencias de las formaciones; el Doctor de edad Cretácico Medio, Santuario del Cretácico Inferior y parte de la cima de la Formación Las Trancas de edad Jurásico superior.

Descripción del Dibujo. Como se observa en la figura se tiene el recorrido del trabajo exploratorio en el rio de La Florida, en la que se presentan en la base del afloramiento, a rocas de tipo volcánico representados por una intrusión de un dique y en forma yuxtapuesta se encuentran las rocas de calizas arcillosas tipo mudstones con intercalaciones de lutitas de color gris oscuro a negro en capas intra plegadas del Jurásico tardío de la Formación Las Trancas, estas se encuentran debajo de la secuencia compuesta de capas delgadas de calizas arcillosas, areniscas, lutitas y capas de volcánico-clásticos de la Fm. Santuario del Cretácico temprano, y encima de estas secuencias se tiene a las calizas de color gris claro y crema en capas gruesas de la Fm. el Doctor que se presenta en capas de 0.50 a 2 m., con restos de microfósiles.

Se observa también en el extremo inferior izquierdo de la figura, la presencia de un banco calcáreo entre las secuencias de la Formación Santuario.



AREA DE SAN JOAQUIN, QUERETARO.

Olistolito Las Adjuntas,

Localidad, Las Adjuntas, Cañón del Rio Extorax.

Título, Olistolito Las Adjuntas, Qro.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo como supervisor de Geología de superficie de los trabajos desarrollados por las brigadas geológicas se visitó a la No.11.

En este recorrido se visitó el área de la población de Las Adjuntas que se ubica en el área del rio Extorax, donde forma un cañón.

Descripción del Dibujo. En esta figura se visitó un tramo de la sección estructural No. 3 en la cual se observó un posible resbalamiento de un gran bloque de calizas de plataforma de la Formación El Doctor en el inicio del cañón.

Aquí es probable que sea un posible Olistolito. Aunque también podría ser una posible falla.

En estos afloramientos se tiene debajo de estas calizas de plataforma a una secuencia de capas delgadas con algo de micro plegamientos atribuidas a las formaciones Santuario y posiblemente las Trancas del Cretácico temprano y Jurásico tardío, aunque por su grado de alteración podría ser la Mezcala del Cretácico tardío estas secuencias corresponden a rocas de un ambiente sedimentario profundo batial.



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 CATACTERICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS". CDMX. VIA ZOOM

San Juan Raya, Puebla, ¡Donde los dinosaurios, dejaron huella!

Manuel Cruz-Castillo

instituto Mexicano del Petróleo

El pueblo de San Juan Raya se encuentra a 28 km en línea recta al surponiente de la ciudad de Tehuacán, Puebla, en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Es un pueblo con un atractivo geológico debido a que allí se encuentran numerosos microfósiles y huellas de dinosaurios.

Este pueblo también posee un Museo Paleontológico Comunitario que se recomienda visitar con alguna de las excursiones que organiza la AMGP CDMX o de manera personal, al visitarlo se contribuye con la economía local, ya que la comunidad vive del ecoturismo.

La Reserva

En 1998 el valle de Tehuacán – Cuicatlán fue declarado reserva de la biosfera. Las reservas de la biosfera son lugares reconocidos por la UNESCO en los que se busca encontrar el equilibrio entre hombre y su entorno, son espacios representativos de un ecosistema valioso, son territorios que se consideran adecuados para la conservación en los que la población local es la protagonista, **no** son espacios naturales protegidos.

El Museo

Los museos comunitarios se denominan así debido a que son creados, desarrollados y administrados por la comunidad.

El Museo Comunitario de San Juan Raya, es un buen ejemplo de un museo administrado por la comunidad, en este museo los comités administrativos son asignados y cambiados cada año en las asambleas comunitarias del pueblo. Aquí se alberga una colección de conocimiento geológico y paleontológico del Cretácico Inferior de dicha región, conocimiento muy importante desde el punto de vista de los microfósiles. La colección que se exhibe fue colectada por los habitantes del pueblo a lo largo de los años y por diferentes generaciones.

El Museo Comunitario se abrió en 2002 en una primera etapa. Y en 2010, en una segunda etapa, se abrió la primera sala del Museo Paleontológico San Juan Raya.

Este es un museo abierto, el registro fósil se puede apreciar en las vitrinas bajo techo y también en los alrededores del lugar, como es el caso de las **huellas de dinosaurios** y el **Sendero de las turritelas**, en el Parque Ecológico "Turritelas".

Las rocas

En los alrededores del poblado, afloran unas rocas sedimentarias marinas del Cretácico Inferior que poseen un contenido macrofaunístico muy abundante. La fauna está formada en su mayor parte por gasterópodos, pelecípodos y corales; en menor cantidad, existen equinodermos, braquiópodos, esponjas, amonites e icnofósiles, entre ellos, huellas de dinosaurios... Cabe recalcar que estas son la huellas de dinosaurios más australes para toda Norteamérica. A estas rocas se les conoce como formación San Juan Raya.

La **formación San Juan Raya** (Aptiano) es una sucesión de lutitas gris verdosa y grauvacas lítica con intercalaciones de lutita calcárea, que en ocasiones estuvo cubierta por aguas calientes poco profundas que se extendían desde la zona de playa hasta más allá de los parches arrecifales. En la base de esta formación hay calizas de color gris, compactas con intercalaciones de arenisca calcárea de color gris y lutitas gris verdoso, esta parte de la formación San Juan Raya es conocida como Miembro Agua del Burro (Barremiano superior) que a su vez se correlaciona con otro miembro de la formación San Juan Raya, el Miembro Agua del Cordero (Barremiano superior – Aptiano inferior), pero esta nomenclatura ya está en desuso por lo que se sugiere ya no seguir utilizándola.

La formación San Juan Raya no cumple con todas las condiciones para ser una formación formal, por lo que el Servicio Geológico Mexicano la escribe con "f" minúscula y no con "F" mayúscula. Esto no quiere decir que las rocas no puedan ser una formación geológica formal, sólo necesita que más especialistas reúnan los datos

necesarios para cumplir con los requisitos del código de nomenclatura estratigráfica.

El recorrido a cielo abierto

Cuando se llega al pueblo, los visitantes son enviados al museo comunitario que se encuentra bajo techo, allí se aprende además de geología y paleontología, aspectos relacionados con la cultura Popoloca (de la región de la Mixteca Alta Poblana) y palabras como: Turritelas, Saurópodos y Terópodos.

Después de observar las vitrinas llenas de información geológica, paleontológica y vernácula se está listo para hacer cualquier recorrido, ya sea a pie, en bicicleta o a caballo, según los gustos y costumbres del visitante.

El Parque ecológico "Turritelas". Se encuentra 1km al sur del Museo, se entra por un puente colgante y es un recorrido en 8 por una vereda en un lomerío, allí se puede observar la gran variedad y cantidad de fósiles que yacen en el lugar de forma natural, los fósiles se encuentran en numerosas cantidades, y son los clastos de las areniscas y conglomerados de la región, se puede observar, valga la redundancia: Turritelas, esponjas, Trigonias, gasterópodos, bivalvos, pectínidos, y rudistas.

Después de este recorrido, se pasa al afloramiento que los Saurópodos.

Huellas de Saurópodos (dinosaurios de cuatro patas)

El afloramiento de los saurópodos se encuentra a 460m al sur del Museo, en un arroyo a un lado del puente colgante que lleva al Parque ecológico "Turritelas".

¿Qué es un Saurópodo?, fueron dinosaurios de cuatro patas, cuyas huellas tienen cinco dedos, las impresiones manuales de este grupo son robustas y con una forma general de herradura o redonda, donde los dedos son difusos ya que son significativamente más pequeños que el resto de la huella.

El afloramiento de los Saurópodos es una grauvaca lítica. En su superficie presenta 64 paleoicnitas, aquí hay huellas traseras como delanteras, las huellas traseras son

redondeadas a subredondeadas con una región plantar ancha y sin impresión dactilar, estas huellas son de entre 23 y 54cm. Las huellas delanteras tienen morfología de medialuna, son más anchas que largas con tamaños de 16-38cm. La estimación de la cadera de estos dinos según la zancada es de 2.5-3m. En total se observan 5 rastros bien definidos, 3 dinos pasaron hacia el sur y 2 pasaron hacia el noreste.

Después de visitar estos afloramientos cercanos al pueblo se puede pasar a los más alejados.

Huellas de Terópodos (dinosaurios de 2 patas)

El afloramiento de los Terópodos se encuentra a 4.5km al noreste del Museo, en la barranca Zapotitlán.

¿Qué es un Terópodo?, fueron dinosaurios bípedos, cuyas huellas están impresas con tres dedos, donde el dedo central es más largo que los laterales, las impresiones son esbeltas y el talón es agudo.

El afloramiento de los Terópodos presenta 53 paleoicnitas, con tres morfotipos diferentes, que según la zancada; las alturas correspondientes a la cadera de los dinosaurios que las dejaron son de entre 1.6-2.3m, de 1,5 a 1.7m y de 0.7m (dinosaurio de 2m de largo). Existen 6 rastros, pistas o rutas, o pasaron por allí seis dinos en una marcha de tipo caminata, 4 con dirección al sureste y 2 con dirección al noreste.

Huellas de Reptiles (afloramiento vertical)

El afloramiento de los reptiles se encuentra en el arroyo conocido por los habitantes como "arroyo seco" que es un tributario al arroyo Zapotitlán, y es una pared inclinada 78 grados, con 12m en la base y 8.5m de alto, contiene 174 icnitas de quelonios (tortugas), cocodrilos, pterosaurios (reptiles voladores), probables lepidosaurios (lagartos) y terópodos que vivieron hace 110 millones de años. Las huellas de los pterosaurios de esta afloramiento son de entre 4 y 16cm y son una importante evidencia de estos reptiles voladores.

El afloramiento de los reptiles es un estrato de arenisca calcárea de 50cm de espesor que contiene gran cantidad

de ostreidos y gasterópodos, laminación cruzada y grietas de desecación, evidencia de una zona de playa o de marea baja; este estrato alterna con lutitas gris verdoso.

A 50m de este afloramiento se encuentran troncos de árbol fosilizados de aproximadamente 20 cm de diámetro, estos troncos fueron arrastrados hacia la zona marina.

El tiempo

Un viaje al pasado como el anteriormente descrito se puede vivir en el pueblo de San Juan Raya en 1 o 2 días, según a la hora que se llegue al lugar, si se llega muy temprano, se podrá hacer el recorrido en un día, pero si no, se podrá realizar en 2 días, lo cual no es un problema ya que en el pueblo existen cabañas y cuartos para alojamiento; es una experiencia inolvidable, que se recomienda realizar para así apoyar la cultura paleontológica y la economía de los museos comunitarios de nuestro México querido. ¡No dejes de aprovecharla!

Bibliografía consultada:

Buitrón, B. E. y Barceló-Duarte, Jaime. 1980. Revista del Instituto de Geología, Univ. Nal. Autón. México. Vol. 4, núm. 1, p. 46-55.

Hernández-Ocaña, M. I.; Quiroz-Barroso, S. A.; y Sour-Tovar, F. 2015. Tafonomía y Paleoecología de las ostras de la Formación San Juan raya, Aptiense del sureste de Puebla, México. Boletín Geológico y Minero, 126 (1), p. 37-62.

Galicia, Efraín S. 2015. El desierto que fue mar. Cienciorama, pp 1-11.

Gío Argáez, Raúl; y Gómez Espinosa, Catalina. 2012. Paleoicnología del Cretácico Temprano en San Juan Raya, Puebla. Gaceta de la Unión Geofísica Mexicana, Vol. II, No. 2, pp 12-16.

González-Arreola, Celestino. 1974. Phylloceras del creácico inferior de San Juan Raya-Zapotitán, Estado de Puebla, Méx. Bol. Soc. Geol. Mexicana XXXV, pp. 29-37.

Jiménez Hidalgo, Eduardo; Bravo Cuevas, Víctor; Castañeda-Salmerón, Aldo y Castañeda Posadas, Carlos. 2015. El Registro de Huellas de Dinosaurios del Estado de Puebla. En: El Registro Paleobiológico del Estado de Puebla, coordinador: Carlos Castañeda Posadas, capítulo 6, pp. 187-209.

Rojas Zúñiga, Alejandra y Gío Argáez, F. 2016. Museos Comunitarios de México y la Paleontología. Estudio de caso: formación San Juan raya, Puebla, México. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones, 3, p. 21-32.

Serrano-Brañas, Claudia Inés; and Centeno-García Elena. 2014. Paleoenvironmental interpretation using fossil record: San Juan Raya Formation, Zapotitlán basin, Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. V. 31, núm. 1, p. 1-13.



Foto 1. Izquierda: un terópodo da la bienvenida a los visitantes al Museo Paleontológico. Derecha, los guías del Museo Paleontológico, habitantes de la comunidad San Juan Raya.



Foto 2. El famoso Parque Ecológico "Turritelas". Detalle de las Turritelas como vestigios de un mar productivo.



Foto 3. Los fósiles como clastos de areniscas o de conglomerados; a la derecha, dos Trigónias.



Foto 4. Izquierda: el afloramiento de los Saurópodos. Derecha: el afloramiento de los Terópodos.

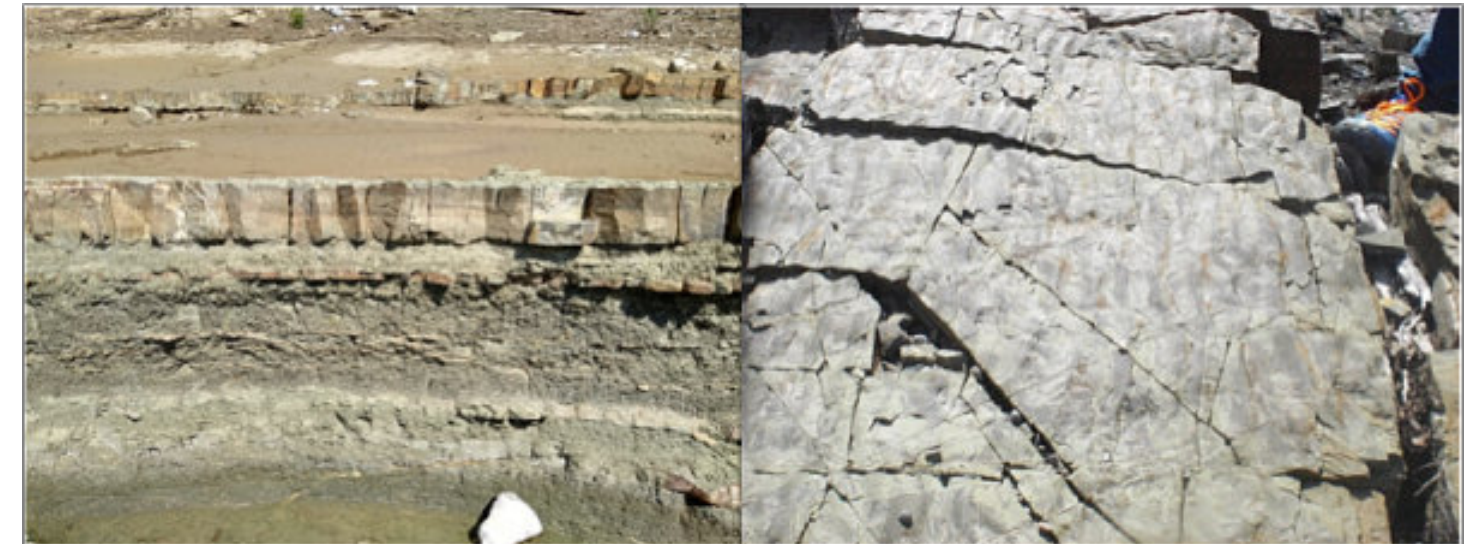


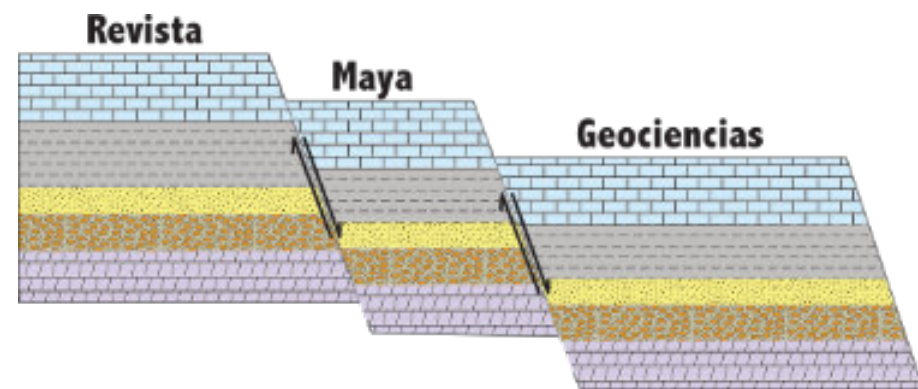
Foto 5. La formación San Juan Raya, el estrato más grueso tiene 30 cm de espesor. Derecha, rizaduras en la formación San Juan Raya, vestigios de una playa cretácica.



Foto 6. Lente de ostras en la formación San Juan Raya de 30 cm de espesor, evidencia de submarea. Derecha, atardecer en el poblado de San Juan Raya.



El M. en C. **Manuel Cruz Castillo** es Tecnólogo en el Instituto Mexicano del Petróleo en la Gerencia de Productos para la Exploración. Tiene 25 años de experiencia en la industria geológica-petrolera y ha trabajado las ramas de la geología microestructural, el riesgo geológico en instalaciones petroleras y la sedimentología de rocas clásticas y carbonatadas. Fue presidente de la AMGP-CDMX de 2016 a 2018 y ha ocupado diferentes cargos en esa delegación, así como en la Sociedad Geológica Mexicana.



El mundo real es mucho más pequeño que el de la imaginación.

Friedrich Nietzsche

EL PENSAMIENTO GEOLOGICO DE LEONARDO DA VINCI

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Leonardo da Vinci

Leonardo nació en Vinci (Italia), el 15 de abril de 1452, como hijo ilegítimo de Piero, un notario de esa población, establecido en Florencia; y de Caterina Lippi, una joven labradora. En esta situación, Leonardo no recibió una educación clásica formal en latín y griego. Hasta la edad de 12 años, Leonardo vivió con sus abuelos y su tío Francisco en Vinci, pero en 1464, su padre lo llevó a vivir a Florencia. Durante los primeros años vivió con su padre, el cual le proporcionó una educación rudimentaria, y lo ayudó a conseguir algunas comisiones y oficios de aprendiz.

Cuando cumplió 14 años, su padre le consiguió un trabajo de aprendiz con uno de sus clientes, Andrea del Verrocchio (1435-1488), en uno de los más famosos talleres de arte de Florencia. Verrocchio entrenó a Leonardo con un riguroso programa que incluía: estudios de anatomía, técnicas de dibujo, mecánica, y estudio de la luz. En el taller, los temas de discusión incluían disección, música, poesía y filosofía (ISAACSON 2017). Su instrucción bajo la tutela de Verrocchio, se caracterizó por un fuerte entrecruzamiento de disciplinas como: Matemáticas, Arte, Música, Ingeniería, Geometría y Ciencias Naturales, lo cual explica claramente la versatilidad y el conocimiento integrador que exhibió Leonardo durante su vida. En el año de 1482, Leonardo, ya bien establecido como un reconocido maestro pintor, abandona Florencia.

Fue principalmente entre Florencia y Milán, donde vivió de 1482 a 1499, y donde se desarrollaron la mayor parte de sus observaciones y conocimientos de lo que más

tarde se conocería como geología. Tras una breve estancia en Venecia, Leonardo regresó a Florencia en 1500 y, tras servir a César Borgia (1475-1507) en Cesena, regresó a Florencia en 1503, cuando empezó a trabajar en su obra más reconocida, La Mona Lisa. A partir de entonces su vida transcurrió entre las ciudades de Florencia, Milán y Roma. En 1516 Leonardo finalmente se trasladó a Amboise, Francia, donde trabajó y vivió al servicio del rey Francisco I. Allí murió el 2 de mayo de 1519, a la edad de 67 años.

Los Libros de Anotaciones de Leonardo

Como descendiente de una larga dinastía de notarios en su región, Leonardo da Vinci (Figura 1), tenía un instinto natural para llevar registros, listas, anotar observaciones, ideas y bocetos, por lo que, a lo largo de su vida, hacer anotaciones fue para él algo natural. A principios de la década de 1480, luego de su llegada a Milán, comenzó a llevar cuadernos de notas de manera bastante regular. Algunos de ellos comenzaron como hojas sueltas del tamaño de un periódico tabloide. Otros eran pequeños volúmenes encuadernados en cuero o pergamino, del tamaño de un libro de bolsillo o más pequeños, que llevaba consigo para tomar notas en el campo (ISAACSON 2017).

Estos pequeños libros que llevaba siempre, a veces junto a hojas más grandes de su estudio, se convirtieron en un registro de todas sus múltiples pasiones y obsesiones. Como ingeniero, Leonardo perfeccionó sus habilidades técnicas, dibujando mecanismos ingeniosos y complejos. Como artista, esbozó ideas y realizó de manera disciplinada, bocetos preparatorios de sus obras. Como

funcionario de la corte, anotaba desde diseños de vestuario, hasta inventos para crear escenarios para obras de teatro y de esparcimiento de la realeza. Garabateados en los márgenes de las hojas de sus cuadernos, hacía listas de tareas pendientes, registros de gastos y bocetos de personas que en algún momento captaron su atención (ISAACSON 2017). A medida que su estudio científico se hizo más serio, llenó páginas y páginas con esquemas, observaciones sistemáticas y tratados sobre temas como anatomía, el vuelo, arte, la luz, el agua, la mecánica y las rocas.

Al recopilar tal mezcla impresionante y variada de ideas, Leonardo seguía una práctica que se había hecho popular en la Italia del Renacimiento, que era llevar a todas partes un cuaderno de bocetos conocido como *zibaldone* (palabra vernácula italiana para designar un libro o "un montón de cosas"). Sus cuadernos son el testimonio más sorprendente de los poderes de la observación y la imaginación humana, jamás plasmado en papel. Las más de 7.200 páginas que sobreviven hoy día, probablemente representan alrededor de una cuarta parte de lo que Leonardo realmente escribió durante su vida (ISAACSON 2017). Los cuadernos de Leonardo preservados hasta nuestros días, son el sorprendente registro documental de un genio que demostró el valor de la creatividad aplicada al conocimiento.

Sin embargo, como es habitual en Leonardo, hay un elemento de misterio involucrado en sus páginas. Rara vez coloca fechas y para colmo, gran parte de su orden cronológico se ha perdido. Tras la muerte de Leonardo, muchos de los volúmenes fueron desmontados y las páginas más interesantes fueron vendidas o reorganizadas en nuevos códices por diferentes coleccionistas, entre los que destaca el escultor italiano Pompeo Leoni (1533-1608).

Una de las muchas colecciones reorganizadas, es el Códice Atlanticus, ahora en la Biblioteca Ambrosiana de Milán. El código consta de 2238 páginas recopiladas por Leoni, a partir de diferentes cuadernos que Leonardo usó entre 1480 y 1518. El Códice Arundel, ahora en la Biblioteca Británica, contiene 570 páginas de los escritos de Leonardo de la misma época y fue ensamblado por un coleccionista desconocido en el siglo XVII. Por el contrario, el Códice Leicester contiene 72 páginas, principalmente sobre geología y estudios del agua, que han permanecido juntas desde que Leonardo las compuso alrededor de 1508 a 1510. Existen unos veinticinco códices y colecciones manuscritas de páginas

de cuadernos en Italia, Francia, Inglaterra, España y Estados Unidos. Determinar el orden y las fechas de muchas de las páginas, es una tarea que se ha hecho difícil, porque Leonardo, a veces regresaba para completar las partes no utilizadas de una página o agregar algo a un viejo cuaderno que había dejado a un lado tiempo atrás. Al principio, Leonardo registró principalmente ideas que consideraba útiles para su arte e ingeniería. Por ejemplo, el primer cuaderno conocido como Paris Ms. B, iniciado alrededor de 1487, contiene dibujos de posibles submarinos, barcos de guerra propulsados por vapor, así como algunos diseños arquitectónicos para ciudades e iglesias. Se interesó en el funcionamiento de miles de cosas, no sólo en el cómo, sino también en el por qué.



Figura 1. Icónico autorretrato de Leonardo da Vinci, c.1512 (Biblioteca Real de Turín). Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ChalkEx.jpg>

Como el buen papel era costoso, Leonardo intentó utilizar cada borde y esquina de la mayoría de las

páginas, amontonando todo lo posible en cada hoja y mezclando elementos aparentemente aleatorios de diversos campos. A menudo cuando volvía a una página, meses o incluso años después, añadía nuevas ideas o reflexiones, escritas en su conocido estilo de imagen especular. Leonardo compuso todos sus códices con una escritura especular o en espejo, donde el texto está escrito al revés, destinado a ser leído de derecha a izquierda. La razón de esto pudo haber sido un intento de mantener sus notas privadas en secreto, dificultando la lectura para terceras personas. Ocasionalmente, Leonardo declaró su intención de organizar y refinar las anotaciones de sus cuadernos para convertirlas en trabajos publicados (ISAACSON 2017). Sin embargo, su aguda tendencia a la procrastinación, se convirtió en su estilo de vida, donde su incapacidad para finalizar tantas y tantas obras, se hizo algo común en él.

El Códice Leicester

El Códice Leicester (Codex Leicester o Código Leicester), es una compilación de textos y dibujos realizados por Leonardo Da Vinci y recopilados entre 1508 y 1510. Contiene 18 hojas de pergamino, cada una doblado en dos. El resultado son 72 páginas, con una serie de más de 300 ilustraciones dibujadas con tinta. El Códice Leicester también es conocido como Código Hammer, ya que ambos nombres hacen referencia a sus anteriores propietarios.

El tema principal del código es el agua y sus propiedades, pero también trata una amplia variedad de temas, incluyendo anatomía, meteorología, hidráulica, cosmología, geología, paleontología y otros temas técnicos y científicos, junto con algunos escritos autobiográficos y relatos de viajes, todo apoyado por ilustraciones y dibujos. La obra es una muestra del interés de Leonardo por el mundo que lo rodeaba, así como su creencia en la necesidad de explicarlo todo mediante una observación rigurosa. Como tal, este código es un claro precursor de la revolución científica de los siglos XVII y XVIII.

En 1717, Thomas Coke (1697-1759), primer conde de Leicester, compró el código al pintor italiano Giuseppe Ghezzi (1634-1721), quien lo había descubierto entre los libros y papeles del escultor italiano Guglielmo Della Porta (1515-1577), aparentemente primer dueño de esta obra de Leonardo da Vinci. Los descendientes de Coke, lo conservaron durante más de dos siglos y medio en su mansión solariega de Holkham Hall, Norfolk, Inglaterra.

En una subasta efectuada en 1980, el código pasó a manos del gran coleccionista de arte y magnate petrolero estadounidense, Armand Hammer, quien adquirió el manuscrito en una subasta en Londres por 5,6 millones de dólares. Posteriormente el 11 de noviembre de 1994, fue comprado por el conocido millonario y filántropo William Henry Gates III (Bill Gates), por la cantidad récord de 30,8 millones de dólares, a través de la casa de subastas Christie's, en Nueva York, convirtiéndose en la obra escrita más costosa del mundo. Gates continuó refiriéndose a este código como el Código Leicester.

Leonardo da Vinci no solo fue un gran pintor, ingeniero, científico, escultor, arquitecto e inventor. Como vamos a ver en los siguientes capítulos, Leonardo también fue un brillante geólogo, deducción que se puede hacer analizando algunos de sus códigos y sus dibujos. La mayor parte de las afirmaciones y observaciones que se conocen de Leonardo sobre geología y paleontología se encuentran principalmente contenidas en el mencionado Código Leicester.

Leonardo el Geólogo

Como geólogo, Leonardo da Vinci se anticipó a los científicos de los siglos XVIII y XIX que demostraron que la Tierra es mucho más antigua de lo que decía el libro del Génesis. Cuando alrededor de 1800 los pioneros científicos reconocieron los fósiles como restos de animales antiguos y analizaron los procesos que crean y erosionan las rocas, llegaron a una serie de conclusiones que de una u otra manera condujeron a la teoría de la evolución de Charles Darwin (1809-1882), y a una crisis de las creencias cristianas sobre el origen de la vida. Pero, sorprendentemente, este investigador autodidacta llamado Leonardo da Vinci, estudió y descubrió muchas de estas ideas claves, cientos de años antes.

Leonardo expresó muchas de sus observaciones naturalistas directamente en sus bocetos y pinturas. Registró numerosos elementos geológicos, entre ellos lechos de ríos, sucesiones estratigráficas, estructuras sedimentarias, fósiles, icnofósiles y procesos de meteorización (VAI 2003, BAUCON 2010). El conocimiento geológico de Leonardo quedó documentado incluso en sus primeros dibujos, como el famoso boceto de un "Paisaje con cascada" (*Landscape with Waterfall*), en la región del río Arno (Figura 2), fechado el 5 de agosto de 1473 (día de Santa María de las Nieves, como anota Leonardo en el boceto), cuando se encontraba de visita en Vinci. En ese entonces,

Leonardo tenía solo 21 años, y el boceto revela un realismo geológico sorprendente: rocas tanto masivas como finamente estratificadas, que a la vista del paisaje están modeladas por la erosión fluvial con una fidelidad impresionante, con estructuras de erosión, coexistiendo con formas sedimentarias (DOMINICCI 2017).

El análisis forense realizado en 2019 de su “Paisaje con cascada” mostrado en la figura 2, reveló las propiedades químicas de la tinta utilizada por Leonardo. Al parecer, utilizó para su boceto, dos tintas muy distintas, una tinta a base de pigmentos de hierro y otra tinta a base de pigmentos de carbón. Este descubrimiento sugiere que Leonardo no dibujó el paisaje de inmediato, sino que lo modificó repetidamente, añadiendo detalles mucho más tarde, como las capas de roca. Por lo tanto, es poco probable que el dibujo muestre un paisaje real, sino que Leonardo lo utilizó para esbozar sus observaciones e investigaciones geológicas realizadas a lo largo de los años (FERRETI et al. 2020). Las capas sedimentarias, visibles sobre la cascada, están dibujadas de forma geológicamente correcta. Las capas de lo que hoy sabemos son depósitos turbidíticos, formados originalmente por deslizamientos submarinos, se encuentran comúnmente en afloramientos rocosos de los Apeninos y probablemente sirvieron de modelo para muchas de las pinturas de Leonardo, llegando incluso a explicar el posible origen de estas rocas. Leonardo acertadamente asegura en sus escritos que a medida que el agua fluye, erosiona las rocas más antiguas, y los sedimentos se transportan a lagos y océanos. Los sedimentos que se acumulan en el océano como capas, pueden contener conchas marinas, y pueden elevarse posteriormente por fuerzas desconocidas, hasta formar montañas. En suma, Leonardo da Vinci argumentó que los procesos naturales dieron forma a la superficie de la Tierra durante largos períodos de tiempo, esto mucho antes de que los geólogos del siglo XIX introdujeran este principio fundamental de la geología moderna.

Años después Leonardo no deja de maravillarse en sus bocetos con elementos geológicos (Figura 3). El boceto conocido como: “Una ladera con un afloramiento de roca estratificada” (*A hillside with an outcrop of stratified rock*) c.1510-1513, fue probablemente dibujado en las cercanías del Lago de Como. Realizado en tiza negra, pluma y tinta, tiene un tamaño de 18,5 x 26,8 cm (Número 161 de Melzi), y se encuentra actualmente en la Galería Uffizi de Florencia. El dibujo consta de la cima de una colina con rocas estratificadas saliendo del suelo, así como montones de rocas fragmentadas en el fondo

derecho. Leonardo tenía un profundo conocimiento de los procesos geológicos y escribió acerca de las inmensas fuerzas que formaron las cadenas montañosas y los enormes períodos de tiempo durante los cuales se erosionaron.



Figura 2. Boceto del Paisaje con cascada, del valle del río Arno, hecho por Leonardo da Vinci (1473). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Study_of_a_Tuscan_Landscape.jpg



Figura 3. Paisaje rocoso en la Grigna (Lago de Como), hecho por Leonardo da Vinci (c. 1510-1513). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codice_Windsor_F_12394_di_Leonardo_da_Vinci_ritrae_le_rocche_delle_Grigne_del_Lago_di_Como.jpg

En el ya mencionado Códice Leicester, Leonardo trata conjuntamente acerca del agua y de los fósiles extraídos de rocas que estuvieron largo tiempo bajo el agua. Para Leonardo, el agua es el agente responsable de las transformaciones terrestres, tanto a corto como a largo plazo, al igual que la sangre en las venas del cuerpo humano. En el macrocosmos de Leonardo, los huesos y la sangre corresponden a las rocas y el agua en la naturaleza.

Leonardo efectuó espectaculares bocetos y representaciones de ríos meandriformes, de una manera tan analítica y consciente que denota no solo un conocimiento de la hidráulica y de la geomorfología, sino también del contexto geológico (VAI 1995). También analizó tipos diferentes de flujos de agua, como se documenta en muchos bocetos, en su mayoría en el Códice Windsor. Leonardo entendió correctamente la sedimentación en términos de clasificación por tamaño y la redondez de los granos transportados por ríos.

Un famoso boceto es el mapa de la ciudad de Imola, con el paso del río Santerno por el sur (en visión aérea). Leonardo dibujó este mapa en 1502, cuando se encontraba a cargo de diseñar las fortificaciones para la ciudad de Imola, ordenadas por Cesar Borgia (1475-1507). En este mapa, Leonardo muestra detalladamente trazados los meandros del río y todo su sistema sedimentario, que sugiere un completo entendimiento del proceso de erosión/sedimentación del sistema fluvial. De la misma forma, muestra de una manera científicamente rigurosa y delicada, los depósitos de barras de meandros, la erosión del río, su migración lateral y los cambios en la posición de la corriente principal de meandro a meandro (Figura 4). En el mapa original, pequeños puntos son visibles en las adyacencias del cauce principal, representando los sedimentos depositados por el río. Para resaltar el cauce principal, utiliza un color azul con diferentes tonos de sombreado, para generar, según su analogía, un parecido sorprendente entre el flujo de los cursos de agua del río y el flujo de sangre en las venas del cuerpo, un testimonio exquisito de cómo Leonardo veía el agua como la representación de las venas de la Tierra viva.

En cuanto a los fósiles, Leonardo escribió en el Códice Leicester, probablemente su concepción del origen de las conchas de los moluscos, lo que le indujo a adoptar tonos fuertes hacia los partidarios de hipótesis opuestas: “suficiente de los testimonios de cosas nacidas en aguas marinas y luego encontradas en las altas montañas, lejos de tales mares” (f. 31r). Y otra vez escribe: “Y si se dijera que estas conchas han sido y se siguen creando constantemente en lugares como estos por la naturaleza de dichas localidades y por la potencia de los cielos de esos lugares, tal opinión no puede existir en cerebros que posean un extenso poder de razonamiento, porque los años de su crecimiento (de los fósiles) están contados en las cubiertas exteriores de sus caparazones; y los mismos se ven tanto pequeños como grandes, y estos no hubieran podido crecer sin alimentarse, ni alimentarse sin

moverse, y aquí no estarían en capacidad de moverse” (MacCURDY 1955, CIOPPI y DOMINICCI 2018).



Figura 4. Río Santerno y parte de la ciudad de Imola, c.1502, mostrando los meandros del río y sus depósitos sedimentarios (Códice Windsor RCIN 912284). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo-da-vinci-maps_Imola.jpg

En otro folio del Códice Leicester (32v), tras una descripción de la historia del Mediterráneo, Leonardo relata el fenómeno de la erosión y el resurgimiento de las tierras, concluyendo que los procesos de erosión prevalecerán sobre los procesos de restauración de los continentes o tierras emergidas. Deduce que de manera natural, la erosión de la tierra será tan rápida y poderosa, que ya no podrá ser restaurada por el levantamiento de nuevos terrenos. La masa terrestre se aplanará y el océano la sumergirá, y al hacerlo, el agua retomará su antigua ubicación de la que había sido expulsada (LAURENZA 2015): “y así seguirá hasta que toda la tierra descubierta sea arrastrada al mar por el Nilo y por los ríos que desembocan en él. Y así la tierra que está situada entre los ríos que ahora desembocan en el Mediterráneo será llevada al Océano [...]; así es como el mar volverá a cubrir los lugares donde antes estaban las raíces y bases de los montes, y cubrirá la tierra”. (fol. 32v). La figura 5, muestra el folio 31r del Códice Leicester, donde pueden

verse algunos bocetos de Leonardo con respecto a su concepción de La Tierra.

Leonardo tuvo interesantes y sorprendentes ideas sobre la geología y los fósiles, que pueden resumirse en:

- Las conchas de moluscos que aparecen en las cimas de las montañas y los esqueletos de peces encontrados en capas dentro de las cuevas, deben ser restos de animales que hace mucho tiempo nadaban en esos lugares cuando estaban cubiertos por el mar. La afirmación de que fueron arrastrados hasta allí por el diluvio bíblico, es para Leonardo una explicación completamente insatisfactoria e inadecuada. Así, el pensamiento de Leonardo, expresa que la superficie de la Tierra ha ido cambiando con el tiempo, quedando tierras emergidas donde antes había mar.
- La fuerza natural más poderosa para Leonardo, es el movimiento del agua de los ríos. El agua ha esculpido los rasgos más grandes del paisaje natural terrestre, un proceso que debe haber llevado un tiempo inimaginable.
- Los procesos naturales que han dado forma a nuestro planeta son lentos e implacables, y no son producto de un acto instantáneo divino como se describe en el Génesis.

A pesar de que algunas citas de los cuadernos de notas de Leonardo lo muestran con frecuencia desconcertado frente a muchos problemas básicos de la ciencia, no se limitó a pensar en estas cosas en abstracto: hizo una investigación real, y con experimentación, cuando era posible. En el tiempo que vivió en Milán como artista de la corte de Ludovico Sforza (1452-1508), Duque de Milán, Leonardo estaba convenientemente cerca de los Alpes, lo cual le permitió caminar con frecuencia por las montañas y subir a la cima del Monte Rosa. En sus notas describe acerca de la exploración de una cueva de la montaña, donde encontró enormes huesos fósiles, y revela que se volvió famoso en la región, debido a su interés particular por las rocas.

Las primeras notas escritas sobre temas geológicos se encuentran en su descripción de la mencionada cueva, explorada en 1486, coincidiendo con su trabajo como ingeniero en Lombardía para el mencionado Duque de Milán. De las más de 7.000 páginas de notas de Leonardo, que sobreviven hoy en día, la mayoría están fechadas entre 1470 y 1519. Algunas contienen observaciones sobre afloramientos y sus rocas, realizadas durante sus viajes por Toscana y Romaña. Como ingeniero supervisó la construcción de grandes canales de irrigación, atravesando las rocas y sedimentos

de los Apeninos y del Valle del Po. Su interés por las rocas era tan conocido en la época, que incluso le llevaban fósiles para que los dibujara durante su estancia en Milán. Leonardo describe en uno de sus cuadernos como unos campesinos de la región, le llevaron de regalo un saco lleno de conchas que habían encontrado en la montaña.

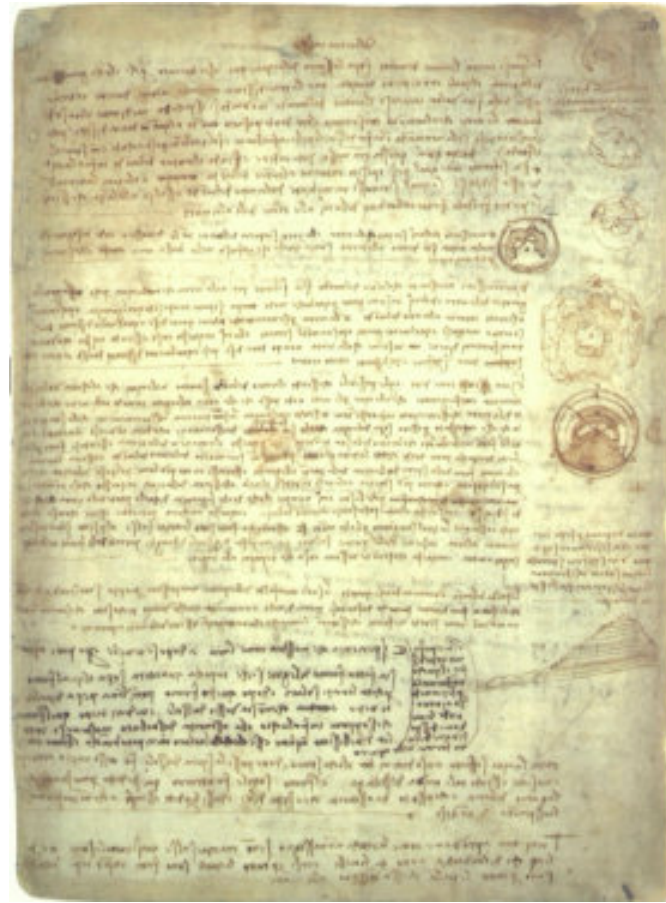


Figura 5. Códice Leicester, fol.36r. c. 1506-1510. Fuente: FERRETI et al. (2020).

Leonardo da Vinci fue uno de los primeros naturalistas en comprender el origen de las rocas sedimentarias y reconocer los fósiles como restos y rastros petrificados de antiguos animales vivos, como escribe en sus notas personales: "...entre una y otra capa de roca, se encuentran los rastros de los gusanos que se arrastraban por ellas cuando [las capas] aún no estaban secas" (FERRETI et al. 2020).

Las ideas y observaciones de Leonardo da Vinci sobre los orígenes de los fósiles y las rocas sedimentarias permanecieron dormidas durante más de un siglo. Sin embargo, al utilizar sus conocimientos geológicos para mejorar y resaltar sus pinturas, probablemente inspiró a toda una generación de pintores posteriores. Las notas

de Leonardo sobre fósiles se descubrieron en 1690, aunque fueron relativamente desconocidas hasta por lo menos 1717, cuando fueron compradas por el conde de Leicester (Códice Leicester).

Es poco probable que científicos de renombre, precursores de conceptos geológicos, como Nicolás Steno (1638-1686) o James Hutton (1726-1797) conocieran de la existencia de los códices de Leonardo. Sin embargo, Charles Lyell (1797-1875), cita en un breve párrafo, la explicación que da Leonardo sobre la fosilización de conchas marinas (LYELL 1872, Volumen 1, Capítulo 3, p. 20). LYELL (1872) donde escribe: "No fue sino hasta la primera parte del siglo XVI, que los fenómenos geológicos comenzaron a atraer la atención de las naciones cristianas. En ese período surgió en Italia una controversia muy animada sobre la verdadera naturaleza y origen de las conchas marinas y otros fósiles que se encuentran abundantemente en los estratos de la península. El célebre pintor Leonardo da Vinci, que en su juventud había planeado y ejecutado algunos canales navegables en el norte de Italia, fue uno de los primeros que aplicó sólidos razonamientos a estos temas. Da Vinci decía que el lodo de los ríos, había cubierto y penetrado en el interior de conchas fósiles, en una época en que éstas todavía se encontraban en el fondo del mar cerca de la costa" y cita textualmente a Leonardo: "Ellos dicen que estas conchas se formaron en las montañas y colinas por la influencia de las estrellas; pero yo pregunto ¿en qué parte de las montañas y colinas están las estrellas formando conchas de distintas edades y especies? y ¿cómo pueden las estrellas explicar el origen de la grava, ocurriendo a diferentes alturas y compuesta de guijarros redondeados como por el movimiento del agua corriente; ¿o de qué manera puede tal causa explicar la petrificación en los mismos lugares de hojas fósiles, algas y cangrejos marinos?"

Basado en estas ideas de Leonardo, posteriormente publicadas por Lyell en 1872, es muy probable que para finales del siglo XIX, el conocimiento de los códices, ya se había filtrado en el mundo de los naturalistas británicos y europeos (RICKETTS 2023).

Las observaciones, argumentos e interpretaciones de Leonardo sobre los fósiles de conchas de moluscos, podrían resumirse con las siguientes frases:

- Si las conchas fueran formaciones minerales que se generan dentro de las rocas como se ha postulado, ¿por qué no se están formando ahora?

• ¿Por qué se mezclaron conchas de moluscos completas y articuladas, con fragmentos visiblemente rotos? No tiene sentido que una gran cantidad de moluscos crecieran con las conchas rotas.

• Leonardo reconoció que ciertas capas de conchas se encontraban a ambos lados de un valle, por lo que debieron formar en algún momento, parte de una misma capa continua. Esta conclusión es realmente fascinante porque se adelanta al enunciado de continuidad lateral de las capas propuesto por Nicolás Steno en 1699, más de 150 años después.

• Las conchas de moluscos se encuentran tanto en capas sucesivas, como en capas separadas; por lo que éstas no podrían haberse depositado durante un evento único del Diluvio Universal. De ser así todas las conchas de moluscos estarían concentradas en una sola capa.

• Leonardo reconoció como anillos de crecimiento, las superficies exteriores de las conchas de algunos moluscos, lo cual permitía inferir su edad. Si hubieran crecido incrustados en la roca, como era la explicación de esa época, ¿qué comían? ¿o como se movían para buscar alimento?

• Leonardo observó que los moluscos vivos están asociados con rastros de gusanos, y que esta asociación también estaba presente en las capas de rocas; por lo que esta observación y conclusión, probablemente es la primera descripción de rastros de fósiles como estructuras orgánicas.

• Da Vinci conocía muy bien la interacción del agua con los sedimentos (Códice Leicester, 13B, f.24r). Observó que los moluscos vivos estaban asociados con sedimentos transportados por el agua y que las versiones petrificadas, mostraban características similares.

Leonardo igualmente diferencia entre fósiles de animales marinos como mariscos, peces, cangrejos, corales; de los organismos terrestres como las hojas de las plantas, y lo menciona en un pasaje sobre el proceso de cementación de las rocas: "Cuando la naturaleza llega a generar rocas, genera una cualidad de humor viscoso, y cuando éste se seca, congela dentro de sí todo lo que encierra; y no los convierte en roca, sino que los conserva dentro de sí en la forma en que los encontró. Y debido a ello, se pueden encontrar hojas enteras dentro de rocas originadas en las raíces de las montañas que tienen esa mezcla de varias especies, justo, así como las dejaron allí las crecidas de los ríos, como fueron generadas durante la estación de otoño, y después de las cuales los lodos de las sucesivas inundaciones las cubrieron nuevamente. Y estos luego estos lodos se conectaron con este humor y se convirtieron en rocas, en capas con grados de

inclinación, según la inclinación de ese lodo” (CIOPPI y DOMINICCI 2018).

Probablemente durante su estancia en Venecia (hacia 1500), Leonardo quedó impresionado por los fósiles de la “Piedra Roja” veronesa (formación geológica denominada Caliza Amonítica Roja). Estos depósitos, mucho más antiguos que los de las conchas de las colinas toscanas y piacentinas, fueron para Leonardo una nueva fuente de conocimiento y razonamiento, al hacer las siguientes inferencias acerca del origen de estas rocas: “La piedra roja de las montañas de Verona contiene conchas, todas entremezcladas que han pasado a formar parte de esta piedra, y sus valvas han quedado selladas por el cemento del que se formó la piedra, y porciones de ellas han quedado separadas del resto de la masa de piedra que los encerraba, porque la cubierta exterior de la concha intervino, e impidió que coalescieran; y en otros casos este cemento ha petrificado la vieja cubierta exterior rota de las conchas” (CIOPPI y DOMINICCI 2018).

La “Piedra Roja” pertenece a la Formación Amonítica Roja de la Serie Jurásica Toscana (Edad Sinemuriana-Pliensbachiana). El nombre Rosso Ammonitico (Figura 6), se utilizó por primera vez en el norte de Italia para indicar rocas calcáreas de ambiente pelágico, que estaban muy extendidas en el antiguo océano Jurásico de Tetis. Está formada por capas calcáreas, de color rosa o gris rosado y capas calcáreas de color rojizo con aspecto nodular, que se alternan con finos niveles de lutitas y margas. La roca, que contiene una cantidad variable de pigmento hematítico, se clasifica como biomicrita. Los amonoideos suelen dominar la macrofauna, seguidos por belemnites y braquiópodos, mayormente visibles en las superficies de las capas. Los tipos de microfacies características son: lutitas bioturbadas ricas en fósiles, mudstones de radiolarios y wackestones de foraminíferos/radiolarios. El Rosso Ammonitico es una facies pelágico-hemipelágica formada en profundidades submarinas de 100 m a 300 m (MARTIRE et al. 2006).

La Teoría de La Tierra

El Códice Leicester contiene anotaciones sorprendentes y laboriosas de cómo la Tierra poseyó una historia que comprendió cambios tanto locales como globales y que ocurrieron durante largos períodos de tiempo. A escala local por ejemplo, Leonardo examinó cómo en la antigüedad, el mar Mediterráneo cubría tierras que ahora son montañas, por ejemplo, en Toscana y el norte de Italia (LAURENZA 2015). A escala global, según Leonardo, la tierra seca en el hemisferio norte no había

existido desde siempre, sino que surgió de las aguas, a causa de un evento catastrófico en una era muy remota y luego continuó cambiando de una manera menos catastrófica (CAPRA 2007). En ambos casos, los fósiles marinos incrustados en las capas de rocas en lo alto de las montañas, fueron correctamente interpretados por Leonardo como restos de animales, y le proporcionaron la evidencia de estos cambios.

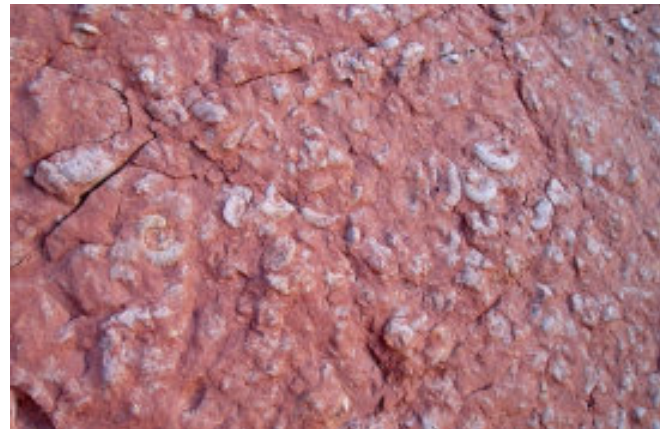


Figura 6. Ammonites fósiles en capas del Rosso Ammonitico.
Fuente: Stefano Cuzzilla en <https://www.alexstrekeisen.it/english/sedi/ammoniticorosso.php>

LAURENZA (2015), nos menciona un ejemplo sorprendente de las investigaciones de Leonardo sobre el origen de la forma actual de la Tierra con su disposición de las tierras emergidas y los océanos, que se encuentra en el folio 36r del Códice Leicester (Figura 5). En primer lugar, Leonardo sostiene que el mundo subterráneo se ve afectado por esos mismos fenómenos de erosión acuática que los filósofos clásicos y medievales habían postulado principalmente en la superficie terrestre, esforzándose también por demostrar que dentro de la tierra hay una enorme cantidad de agua móvil. Los autores medievales habían calculado, que la esfera de agua era diez veces mayor que la esfera de la Tierra, por lo que Leonardo sostiene que la extensión del océano junto con el agua evaporada es insuficiente para explicar esta sorprendente diferencia, concluyendo entonces que es necesario que parte del agua resida dentro de cavidades subterráneas (LAURENZA 2015).

Las Capas de Rocas Sedimentarias

Nicolas Steno fue el primero en publicar en 1699, sobre los estratos geológicos y los cuatro principios básicos de estratificación. También describió el proceso de formación de estratos por la erosión de las rocas, el transporte por gravedad, fluidos y la sedimentación, así

como la posible incorporación de animales y plantas durante estos procesos. La similitud entre las observaciones de Steno y las realizadas por Leonardo más de 150 años antes, es impresionante (FERRETI et al. 2020). En algunos aspectos, Leonardo fue en esencia un sedimentólogo en el estricto sentido, y mucho más preciso que Nicolás Steno, como lo documenta la siguiente descripción de Leonardo, en el Códice Leicester, folio 6v: “Cuando un río brota de entre montañas deposita gran cantidad de piedras de gran tamaño [...] Y estas piedras aún conservan alguna parte de sus ángulos y lados; y a medida que va en su curso lleva consigo las piedras menores con los ángulos más desgastados, y así las piedras grandes se hacen más pequeñas; y más adelante se deposita grava primero gruesa y luego fina [...] hasta que al final la arena se vuelve tan fina que casi parece agua [...] y esta es la tierra blanca (arcilla) que se utiliza para hacer cántaros” (FERRETI et al. 2020).

Leonardo fue experto en numerosas disciplinas, dándose a conocer universalmente, pero fue precisamente en el cambio de la disposición de los cuerpos rocosos en el espacio y el tiempo, donde encontró el estímulo perfecto para su mente polifacética. La intensa investigación de estos elementos alimentó sus fascinantes viajes mentales, siempre abiertos al enriquecimiento y la reconsideración, como lo demuestran sus libros, sus dibujos y toda su obra. Al culminar un extenso discurso sobre el transporte continuo de sedimentos desde los ríos hacia el mar, y hacia “el centro de gravedad de la Tierra”, menciona la subdivisión de los sedimentos en clases granulométricas, diciendo: “esa parte de la Tierra se ha alejado del centro del mundo más que se ha vuelto más ligero”. Leonardo también infiere de su observación de los estratos de roca, los procesos de sedimentación que las rigen: “los diferentes espesores de los estratos de las rocas son creados por las diferentes inundaciones de los ríos, es decir, cuanto mayor y más inundaciones” (FERRETI et al. 2020). Estas capas son prácticamente omnipresentes en la cadena de los Montes Apeninos, donde hoy emergen sucesiones de turbiditas, consistentes en alternancias de capas de areniscas gradadas producto de corrientes de turbidez, y niveles arcillosos pelágicos y hemipelágicos.

En el Códice Atlanticus folio 77v, Leonardo agrega aun mas observaciones y conclusiones acerca de su comprensión del proceso sedimentario: “Las corrientes de los ríos mueven diferentes tipos de materia y que a su vez son de distintos pesos; y se alejan más de su lugar en

proporción a que sean más ligeros, y permanecerán más cerca de el fondo en proporción a que sean más pesados, y se llevarán a una mayor distancia cuando sean impulsados por aguas de gran potencia” (MacCURDY 1955); y luego continua: “¿Y cómo me explicarán el hecho de que los guijarros estén todos pegados y acostados en capas a diferentes altitudes sobre las altas montañas? Porque allí se encuentran guijarros de diversas partes, llevados desde varios países o regiones al mismo lugar por los ríos en sus cursos; y estos guijarros no son más que pedazos de roca que han perdido sus bordes afilados por haber sido rodados una y otra vez durante mucho tiempo, y de los diversos golpes y caídas que han sufrido durante el paso de las aguas que los han traído hasta este lugar” (MacCURDY 1955).

Su impresionante descripción de la sedimentología en ambientes fluviales, combinada con su representación realista de las capas de rocas sedimentarias en sus pinturas, su comprensión del origen de los fósiles y su distribución en dichas capas de rocas, demuestran sin lugar a dudas, que Leonardo tenía un conocimiento moderno e integrado de los estratos como cuerpos de rocas sedimentarias (CAPRA 2007). En sus escritos, Leonardo, sin embargo, nunca utilizó el término estrato o estratificación. Esto no es sorprendente, porque estrato es una palabra latina y Leonardo debido a su formación original, escribía en italiano, no en latín. Solía referirse a las rocas estratificadas como *pietre faldate*, sin embargo, el significado de *falda*, es el de un cuerpo delgado con una continuación lateral muy extensa, por lo tanto, el termino empleado y la descripción, son correctos en su idioma original.

Superposición de los Estratos y Correlaciones

La visión de Leonardo sobre la organización vertical y lateral de los cauces, basada en comparaciones de los lados de los valles esculpidos por los ríos, fue también extremadamente correcta y esencialmente equivalente a la que años después publico Nicolás Steno (LAURENZA 2018). La redacción de Leonardo en el folio 10r del Códice Leicester se explica por sí sola y no necesita más comentarios: “Cómo todos los ríos han cortado y dividido a los miembros de los grandes Alpes unos de otros; y esto se revela por la disposición de las rocas estratificadas, en las que desde la cima de la montaña hasta el río se ven los lechos de un lado del río correspondientes con los del otro. Cómo los lechos (pietre faldate) de las montañas se forman por toda la variedad de barros, superpuestos uno a uno a causa de las crecidas de los ríos. Cómo se forman los diferentes espesores de los lechos, por diferentes tipos

de inundaciones, es decir inundaciones mayores o menores. Cómo entre los lechos todavía podemos reconocer las huellas dejadas por los gusanos que se movían entre estos lechos cuando aún no estaban secos. Cómo todo el barro marino aún conserva moluscos, y las conchas se petrifican junto con el barro” (FERRETI et al. 2020).

Esta visión de Leonardo, si se quiere herética y profana para su tiempo, contrasta enormemente con la visión bíblica de un planeta estable e inmutable desde que Dios lo creó. Sorprendentemente, y como ya se mencionó, la mayoría de las conclusiones de Leonardo se basaron en la observación de los fósiles marinos presentes en las montañas. Bajo esta perspectiva, para Leonardo, los ríos son los vasos sanguíneos del cuerpo terrestre, que dan vida y muerte a los sistemas montañosos.

Leonardo y los Fósiles

Alrededor de 1480, cuando tenía 28 años, Leonardo da Vinci registró lo que pudo haber sido un acontecimiento fundamental en su vida. Al escribir sobre sus viajes para contemplar la naturaleza, contó una experiencia dentro de una cueva en la campiña toscana, la cual dejó reflejada en el Códice Arundel, folio 155r: “después de vagar una cierta distancia entre rocas colgantes, llegué a la entrada de una gran caverna... [y después de algunas dudas entré] atraído por el deseo de ver si podría haber algo maravilloso dentro...”

En el siguiente folio 156r, describe lo que perfectamente podría interpretarse como un fósil de ballena incrustado en las paredes de la cueva: “Oh poderoso y alguna vez viviente instrumento de la naturaleza formativa, tu gran fuerza es inútil, debes abandonar tu vida tranquila para obedecer la ley que Dios y el tiempo dieron a la naturaleza creadora. De nada sirven tus ramificadas y robustas aletas dorsales con las que persigues a tu presa, abriéndose camino, rompiendo tempestuosamente con el pecho las olas del mar. Oh, cuántas veces se vio huir aterrorizado a los cardúmenes de delfines y grandes atunes ante tu furia insensata, mientras azotabas con aletas veloces y ramificadas y cola bifurcada, creando en el mar brumas y tempestades repentinas que azotaban y sumergían a los barcos!”. La interpretación de lo observado por Leonardo, no debe sorprender: ETHERIDGE (2019), asegura que ya en el siglo XIX se habían descubierto al menos cuarenta fósiles de ballenas en el área alrededor de las regiones de Asti y Turín, y además se habían desenterrado docenas más en la región de Toscana y más al sur. En 1995, algunas áreas

de la región de Emilia Romagna, fueron designadas como parte de la Reserva Geológica Piacenza; y la riqueza de fósiles marinos del Plioceno en la región, han llevado a algunos a llamarlo *il golfo delle balene*, o el golfo de las ballenas.

Leonardo también ofrece en sus escritos una de las explicaciones más brillantes y vívidas del proceso de fosilización: “los fósiles son organismos que estaban vivos cuando estaban sumergidos en el barro, que luego se secaron y, con el tiempo, se petrificaron en las rocas”. Si bien Leonardo no empleó la palabra “fósil”, la misma se utiliza en esta recopilación en su sentido contemporáneo, representando lo que para Leonardo eran restos petrificados o rastros de organismos que alguna vez estuvieron vivos. El término fósil, no estuvo en uso sino hasta principios del siglo XVII (ETHERIDGE 2019). También en el Códice Leicester folio 10r, Leonardo escribe lo siguiente: “Y dentro de los lechos [...] y dentro de las piedras, se encuentran conchas aisladas y de dos en dos, como las que dejó el mar, enterradas vivas en el barro, que luego se secó y con el tiempo se petrificaron.” (FERRETI et al. 2020).

Asimismo, Leonardo, en el Manuscrito F, folio 79 y 80, del mismo Códice Leicester escribe: “Cuando la inundación de ríos fangosos descargó lodo fino sobre los animales que viven bajo las aguas, cerca del mar, los animales fueron afectados por dicho lodo y obligados a morir, ya que los mismos no que tenían que comer. Y a medida que el mar bajó, con el tiempo este lodo se [...] convirtió en piedra, y las porciones de conchas, como sus animales, ya se habían consumido, se llenaron nuevamente de lodo en lugar de estos. Y así, al transformarse en piedra todo el lodo circundante, también este lodo que quedó dentro de las conchas algo abiertas [...] esto también se convirtió en piedra. Y de esta manera, todas estas conchas quedaron atrapadas entre el tope y la base de la capa, es decir, entre lo que las rodeaba y lo que encerraban dentro de las conchas” (MacCURDY 1955, FERRETI et al. 2020).

Leonardo también cuestionó a quienes proponían un origen astral de los fósiles, con un enfoque tafonómico sorprendente: Dice Leonardo en el Códice Leicester, folio 9r: “Para aquellos que afirman que las conchas nacen [...] lejos de los mares [...] a aquellos les responderemos que [...] esto no puede suceder [...] si no fuera por animales que tienen el mismo tamaño y edad, ni uno viejo con uno joven, ni uno con cubierta exterior y otro sin cubierta, ni uno rota y otro entero, uno lleno de arena de mar, y otros

con fragmentos de conchas gruesas y finas dentro de las conchas enteras, que se preservaron” (FERRETI et al. 2020).

A pesar de una identificación tan vívida del mecanismo básico de fosilización, de Leonardo apenas se conservan unos pocos dibujos de fósiles, aparte de un pequeño boceto en el folio 25r del Códice I, archivado en el Instituto de Francia (Figura 7), mostrando lo que pudiera ser una huella de la bioturbación interpretada como *Paleodictyon* (Figura 7), un rastro fósil en forma de red hexagonal, típico de depósitos turbidíticos (MONACO 2008). Pero Leonardo nuevamente proporcionó en sus escritos una idea clara de lo que vio y de lo que concluyó, cuando escribió en el Códice Leicester, folio 10r lo siguiente: “Cómo entre las distintas capas de rocas aún se pueden encontrar las huellas de los gusanos que se arrastraban sobre ellas cuando aún no estaba seca”. Esta es otra observación que llevó a Leonardo a reconocer que las huellas dejadas por organismos (icnofósiles), son un signo de actividad, sobre y dentro de los sedimentos, producido por gusanos limnivoros u otros organismos marinos en una fase de calma post-depositacional.

La peculiar morfología en forma de panal del *Paleodictyon* (Figura 7), se encuentra como se mencionó, en el folio 25r del Códice I, junto con varios otros fósiles incluyendo moluscos y gasterópodos, pero lamentablemente no hay leyendas que acompañen a estas figuras. La malla hexagonal representada por Leonardo en el Códice I, es a todas luces un icnofósil (y no sólo una figura geométrica aislada). Las siguientes razones son esgrimidas por BAUCON (2010) para demostrarlo:

1. La estructura está en una página del código, donde solo se muestran fósiles; y por lo tanto es muy probable que represente también un elemento que Leonardo considero como asociado a ellos.
2. Si la estructura hubiera sido solamente una figura geométrica o técnica, habría ido probablemente acompañada de alguna nota en los márgenes de las páginas, como ocurre normalmente con la mayoría de las observaciones técnicas y geométricas de Leonardo.
4. El Códice Leicester documenta que Leonardo tenía interés en pistas de fósiles y examinó estructuras de bioturbación durante sus exploraciones por las montañas, que asumió como huellas producidas por gusanos.

4. *Paleodictyon* se encuentra comúnmente en capas geológicas interpretadas como depósitos marino profundos en los Apeninos, los cuales fueron explorados extensamente por Leonardo en sus viajes. No es coincidencia que *Paleodictyon* haya sido reportado en numerosos horizontes de la Formación Marnoso-Arenacea del Mioceno (MONACO 2008), la cual aflora en la región.

En palabras de BAUCON (2010), Leonardo da Vinci se anticipó a los fundamentos de la icnología moderna, ya que, debido al redescubrimiento de estos bocetos y las interpretaciones realizadas por el genio de este gran hombre del Renacimiento, estamos obligados a reescribir la historia de la paleontología. Debido a las observaciones e interpretaciones que Leonardo plasmó en sus códigos, se le puede considerar merecidamente, el padre fundador de la icnología.

Entre su primera estancia en Milán en 1482, y su primer regreso a Florencia en abril de 1499, Leonardo pudo viajar, así como ver lugares y acontecimientos que ampliaron su visión de la naturaleza del mundo. Los frutos de su investigación geológica, ya sean rocas o fósiles, especímenes recolectados o afloramientos observados, incorporaron la concreción requerida por la mente de Leonardo para dar forma a sus ideas y expresarlas en sus bocetos y textos. Encontró fósiles similares a los vistos en Toscana, pero ahora procedentes de los Apeninos Emilianos occidentales, hoy conocidos como el Estratotipo Piacenziano (termino utilizado para indicar el Plioceno medio). Durante su estancia en Milán, y mientras trabajaba en el proyecto del monumento ecuestre (“*Il Gran Cavallo*”), encargado por el Duque de Milán, Ludovico Sforza (1452-1508), Leonardo adquirió una gran selección de conchas fósiles que aún hoy día, abundan cerca de la localidad de *Castell'Arquato*, en la zona de Piacenza (Figura 8). Durante este tiempo, escribió: “En las montañas de Parma y Piacenza se ven aún adheridas a las rocas, multitud de conchas y corales llenos de agujeros de gusano, y cuando estaba haciendo el *Gran Caballo* en Milán, algunos campesinos trajeron a mi taller, un gran saco de lo que habían encontrado en aquellos lugares, y entre ellos había muchos fósiles que aún se encontraban en su condición original” (CIOPPI y DOMINICI 2018).

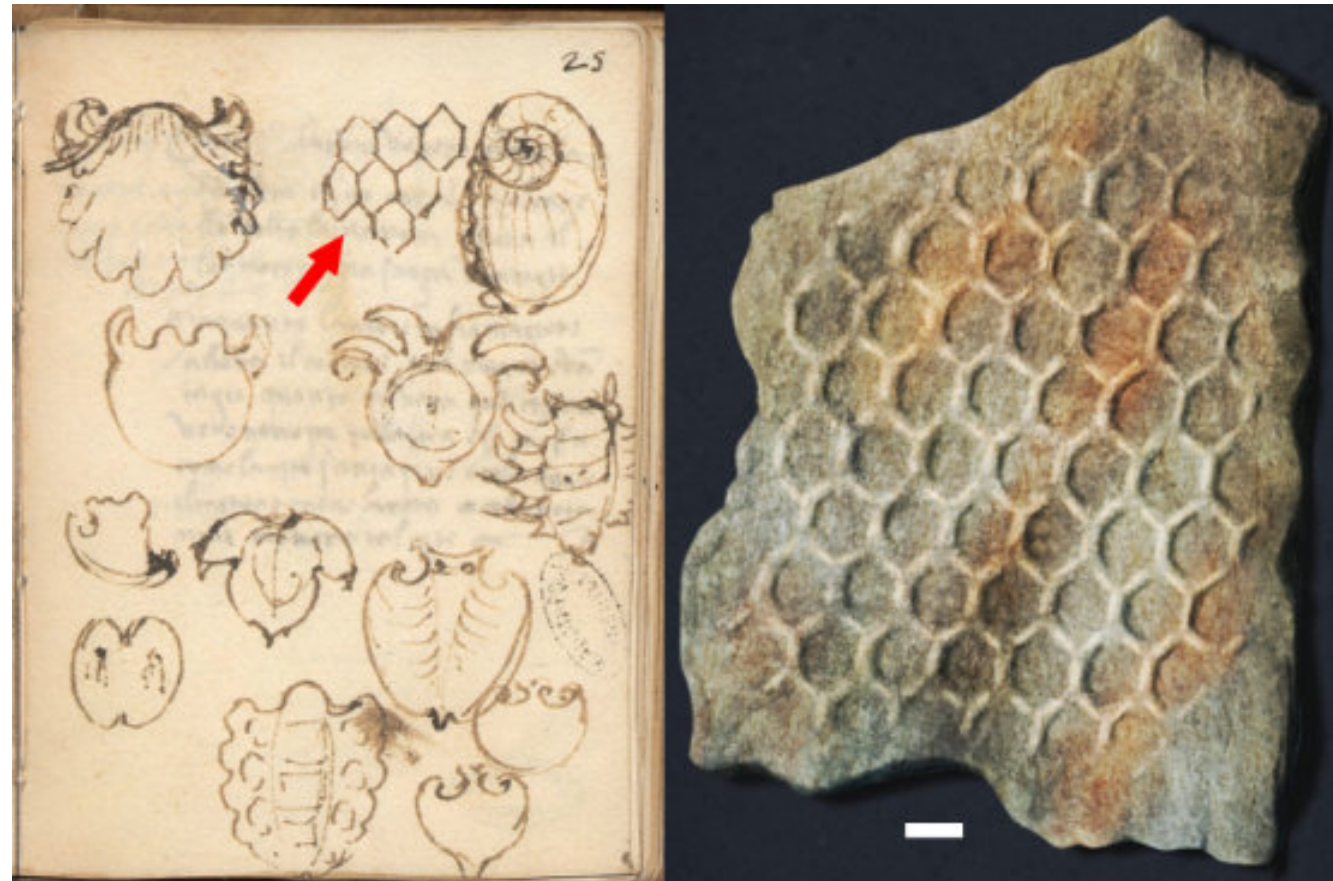


Figura 7. Reproducción del folio 25r del Códice I (izquierda). Leonardo representó varios fósiles, entre los que se encuentra el vestigio fósil del llamativo *Paleodictyon* (flecha roja). A la derecha, imagen de una capa de roca con marcas de *Paleodictyon*. Escala 1 cm. Fuente: BAUCON (2010).



Figura 8. Estrato portador de fósiles del Plioceno en el lecho del río Arda cerca de Castell'Arquato (Piacenza). Se observa en la figura una capa gradada con una base con fragmentos de conchas y guijarros que gradan hacia un tope arenoso. En primer plano, una serie de ejemplares aún articulados del fósil *Glycymeris inflata* mezclados con clastos de lutitas, un claro indicio de un evento sedimentario de gran energía, capaz de erosionar y transportar fragmentos de gran tamaño. Fuente: CIOPPI y DOMINICCI (2018).

Leonardo y el Diluvio Universal

Leonardo dedicó tiempo y atención al tema del Diluvio Universal de Noé propuesto por la Biblia, al punto que forma una parte importante del Códice Leicester, con páginas completas de texto dedicadas exclusivamente a este tema (FERRETI et al. 2020). Lo más notable es que Leonardo se opuso enérgicamente al Diluvio Universal, con profusión de argumentos basados por ejemplo en la simple consideración física de que un diluvio universal habría cubierto igualmente la Tierra esférica con un nivel uniforme de agua a la misma altura y sin gradiente hidrostático, y por lo tanto sin forma de que el agua fluyera hacia abajo o hacia los lados.

En el Códice Atlantic, folio 152a, Leonardo escribe: “Surge aquí una duda, y es si el Diluvio que vino en tiempos de Noé fue universal o no, y aquí parecerá que no por las razones que se señalarán. Tenemos en la Biblia que el mencionado Diluvio estuvo constituido por 40 días y 40 noches de lluvia continua y universal, y que tal lluvia levantó el agua sobre la montaña más alta del universo; y si es así [...] cubrió nuestra tierra de figura esférica, y dicha superficie esférica tiene todas las partes

igualmente distantes del centro de la esfera; estando la esfera hecha de agua en la mencionada condición, es imposible que el agua de arriba se mueva, porque el agua misma no se mueve, si no puede descender; Entonces, ¿cómo pudo desaparecer el agua del Diluvio, si aquí se demuestra que no tiene movimiento? Y si se fue, ¿cómo se movió, si no pudo remontar la corriente? Y aquí no hay razones naturales, por lo que es necesario para resolver esta duda, pedir ayuda al milagro, o decir que esta agua fue vaporizada por el calor del sol” (FERRETI et al. 2020).

Leonardo en varias ocasiones cuestionó el Diluvio Universal utilizando fósiles (*nichi* = moluscos), con un sorprendente enfoque tafonómico, destacando que una sola inundación habría producido una mezcla de conchas y no capas ordenadas de manera regular (DE LORENZO 1920). En el Códice Leicester, folio 8v, capítulo “del diluvio e de' nichi marini” (sobre el Diluvio Universal y las conchas marinas), Leonardo escribe: “Más adelante se depositó el barro en el que vivían las conchas, que iba subiendo gradualmente según los niveles del Rio Arno que desembocaba en el mar más o menos turbio. Y de vez en cuando el fondo del mar se eleva depositando estas conchas en capas, como se puede ver en el corte del monte Gonzoli, erosionado por el Arno y que está desgastando su base, en el que se ven las citadas capas de conchas. en arcilla azulada, junto con otros objetos marinos [...] Si las conchas hubieran sido transportadas por el diluvio de lodo, habrían estado mezcladas, dispuestas por separado en el lodo, y no en pasos y capas ordenadas, como las vemos ahora” (FERRETI et al. 2020).

Más tarde, en el mismo Códice Leicester, Leonardo niega una vez más el Diluvio, afirmando que una inundación debería producir un registro fósil en una sola capa. Por el contrario, la presencia de fósiles en varias capas superpuestas demostraba que su depósito ocurrió en diferentes tiempos. En el Códice Leicester, folio 10r: Leonardo continúa diciendo: “Y si la inundación las hubiera traído a tales lugares desde el mar, se encontrarían conchas en la base de un solo lecho, y no en la base de muchos, donde es posible enumerar la sucesión de los años [...] Y si se quiere decir que cuantas más inundaciones han producido estos lechos, y conchas debajo de ellos, sería necesario admitir que tal inundación ocurría todos los años.” (FERRETI et al. 2020).

Paradójicamente, en sus últimos años en Francia, Leonardo se dedicó a retratar imágenes de cataclismos y realizó una serie de once dibujos de poderosos diluvios, cada uno de los cuales muestra paisajes inundados por

grandes tempestades, quizás como reflejo subconsciente del conflicto interno entre sus ideas y las creencias tan arraigadas en el pueblo cristiano.

Las pinturas de Leonardo y la Geología

Leonardo estudió paisajes, fósiles y rocas no sólo para satisfacer su curiosidad personal sino también para mejorar el realismo de sus pinturas. Una interpretación geológicamente compleja se propone en la famosa pintura Santa Ana, la Virgen y el Niño (Figura 9), donde Leonardo detalla el fondo con una clara estratificación y con cantos de río redondeados, cerca de los pies de Santa Ana (Figura 9A), incluyendo también indicaciones de laminaciones onduladas más a la derecha (COCCIONI 2019). Esta pintura de Leonardo (expuesta en el museo Louvre, París, Francia), revela que la base sobre la que descansan los pies de las figuras del cuadro está formada por capas de roca ligeramente inclinadas hacia la derecha, casi como para acompañar y suavizar el saliente de las figuras en la misma dirección. La base estratificada, abajo a la izquierda, representa el elemento de la pintura que expresa la particular capacidad de Leonardo para observar detalles geológicos y, como lo revelan observaciones realizadas en las últimas décadas, constituye la primera representación detallada, realista y consciente de la formación de guijarros (Figura 9A), como consecuencia de la alteración, degradación y transporte por la acción erosiva episódica de las aguas del río; así como por la presencia de capas exhibiendo laminación ondulada (Figura 9B).

Según COCCIONI (2019), en la parte inferior de la base del cuadro se observa una alternancia de capas arenosas de color amarillo ocre y capas margosas de color gris azulado. En correspondencia con las capas arenosas, más resistentes a la erosión y por tanto más sobresalientes, los dos principales sistemas de fracturamiento resaltan en los perfiles escalonados, característicos según el mismo autor, de las paredes talladas por la erosión en la Formación Marnoso-Arenacea (Figura 10), una secuencia estratigráfica de turbiditas del Mioceno que constituye el marco de los Apeninos Toscano-Romañolo en el norte de Italia (DALL'OLIO et al. 2013), y que está formada por la alternancia monótona de capas de arenisca y margas. Una porción relativamente pequeña (10%), pero distintiva de la Formación Marnoso-Arenacea está compuesta de lechos de margas blancas, que pueden haber sido depositadas bajo la influencia de corrientes de contorno, y que por lo tanto son denominadas contornitas (DALL'OLIO et al. 2013).

En el verano del 1502, Leonardo entra al servicio de César Borgia (1475-1507), Duque de Valentinois y de Romaña, e hijo del Papa Alejandro VI; en calidad de "Prestantissimo et Dilectissimo Familiare Architecto et Ingengero Generale", para inspeccionar, estudiar y actualizar las fortificaciones de las ciudades y territorios recién conquistados por Borgia. En el verano de ese año estuvo primero en Urbino y luego en Romaña, donde tuvo la oportunidad de estudiar los estratos de la actual Formación Marnoso-Arenacea (Figura 10), que emergen en las escarpadas laderas de los valles del ducado y que pueden representar el modelo más probable usado por Leonardo para la base del cuadro Santa Ana, la Virgen y el Niño.

En la parte superior de la base, al pie de Santa Ana, se pueden observar varios guijarros más o menos redondeados debido a las diferentes degradaciones superficiales. De la capa de arenisca, pasamos a los guijarros casi esferoidales aún in situ, y a los guijarros aparentemente imbricados (Figura 9A), todavía atrapados entre dos capas menos alteradas. Asociaciones tan morfológicamente heterogéneas de guijarros rara vez se observan en un espacio tan pequeño como el representado en esta pintura. Es de suponer que Leonardo quiso inmortalizar en esta obra su precisa intuición científica diciéndonos: por la forma de los guijarros se puede reconocer su entorno de sedimentación (VAI 2003). En el lado derecho de la base, justo debajo del pie de la Virgen, se representan de forma muy realista, prominentes capas areniscas que se alternan con capas de margas. En las capas arenosas, y en particular en la más cercana al pie de la Virgen, Leonardo ilustra en forma de finísimos filamentos ocre amarillentos, las laminaciones onduladas en escala milimétrica (VAI 2003), que hoy día sabemos se forman por la acción de corrientes de turbidez en un fondo marino. Las capas de turbiditas representadas en el lado derecho de la base de la pintura de Santa Ana, la Virgen y el Niño, representan probablemente sucesiones incompletas de la famosa serie de Bouma (tipo Tc-e), comúnmente observables en los afloramientos de la Formación Marnoso-Arenacea (DALL'OLIO et al. 2013).

Para COCCIONI (2019) es legítimo pensar que los conocimientos adquiridos por el genio de Leonardo, relativos a hidráulica y a la depositación de sedimentos clásticos transportados por el agua, le habrían permitido comprender el mecanismo de formación de las ondulaciones de las corrientes y representar de manera realista en este marco, una estructura sedimentaria

como dicha laminación ondulada. Esto ocurrió más de cuatro siglos antes de que se comprendiera el proceso de sedimentación en aguas profundas.

Pero es sobre todo en sus obras maestras, mediante el uso de la pintura al óleo, donde Leonardo pudo proporcionar las imágenes más vívidas, como en La Virgen de las Rocas (Figura 11), cuyas dos versiones (Louvre, París y Galería Nacional de Londres, Inglaterra), han sido objeto de una disputa "geológica" (FERRETI et al. 2020), puesto que la pintura de la Galería Nacional, carece de la precisión geológica de la Virgen expuesta en el Museo del Louvre. Esto sugiere que la versión de la Galería Nacional, no fue pintada por Leonardo, sino probablemente por uno de sus estudiosos (PIZZORUSSO 1996). La geología plasmada por Leonardo en el cuadro del Louvre es extraordinaria. Leonardo, construyó en su cuadro una gruta con areniscas y ubicó rocas que parecen diabasas al fondo, cerca de la cabeza de la Virgen, ambas esculpidas por la erosión y cubiertas por la vegetación que habría crecido sobre este tipo de rocas (PIZZORUSSO 1996). Justo en la base, el Niño Jesús está sentado sobre impresionantes y vivaces rocas estratificadas (Figura 11), con incluso posibles evidencias de rastros de bioturbaciones, como ha sugerido BAUCON (2010).

Una pregunta que se han planteado varios estudiosos dentro del realismo geológico de las pinturas de Leonardo, es: ¿realmente hay referencias icnológicas en las pinturas de Leonardo? Como ya se analizó, existen estructuras similares a icnofósiles en la Virgen de las Rocas (Louvre) pero además también en otra pintura del mismo taller de Leonardo, la Virgen del Yarnwinder (Figura 12A). Esta obra, expuesta en la Scottish National Gallery, Edimburgo, Escocia (en préstamo de largo plazo por su dueño, el Duque de Buccleuch), muestra varias estructuras sinuosas en la superficie superior de un plano de estratificación (Figura 12B), que recuerdan trazas de Chondrites, tal como en el ejemplo mostrado en la figura 12C por BAUCON et al. (2022), en turbiditas del Cretácico tardío, en el área de Piacenza. Ciertamente, estos elementos son insuficientes para demostrar la intención del artista de representar rastros de icnofósiles, aunque seguramente los pudo observar en sus frecuentes viajes por las montañas. Igualmente queda abierta la posibilidad de que estas estructuras que semejan icnofósiles, pudiesen representar simplemente características geológicas inorgánicas o defectos en la preservación de los pigmentos y pinturas utilizados por Leonardo (BAUCON 2010).



Figura 9. Santa Ana, la Virgen y el Niño (1508-1510). Óleo sobre tabla de álamo, 168,4 x 126,3 cm. París, Museo del Louvre (Fotografía tomada por el autor). (A) Detalle de la figura, representando el proceso de meteorización y degradación de las rocas. (B) Detalle de la figura 9A. Representación de capas de turbiditas con laminación ondulada (interpretación resaltada en línea amarilla por el autor).



Figura 10. Alternancia de capas de turbiditas y contornitas de la Formación Marnoso-Arenacea. Valle del Savio (izquierda) y Castel del Rio (derecha). Fuente: COCCIONI (2019).

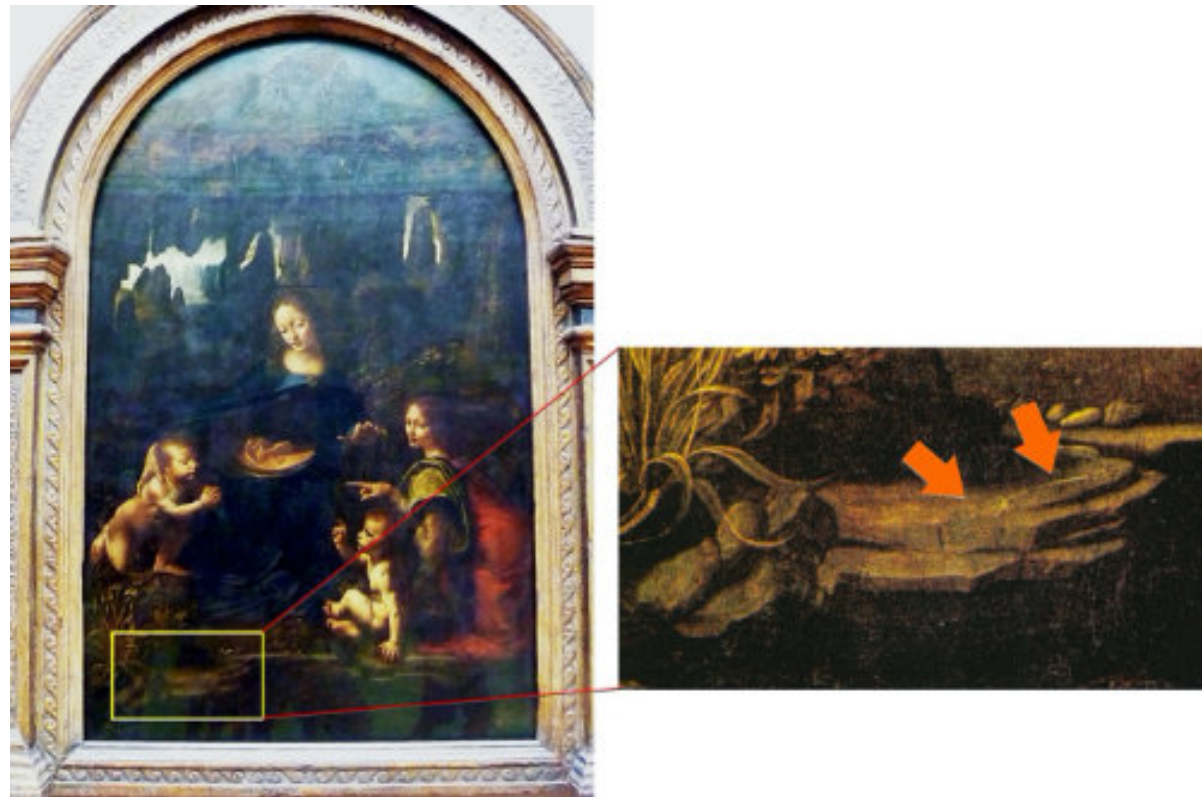


Figura 11. Virgen de las Rocas, Oleo sobre tabla, 199 x 122 cm. París, Museo del Louvre (Fotografía tomada por el autor). El rectángulo (izquierda) muestra la región correspondiente a la ampliación (derecha), donde las flechas naranjas muestran unas estructuras similares a icnofósiles.

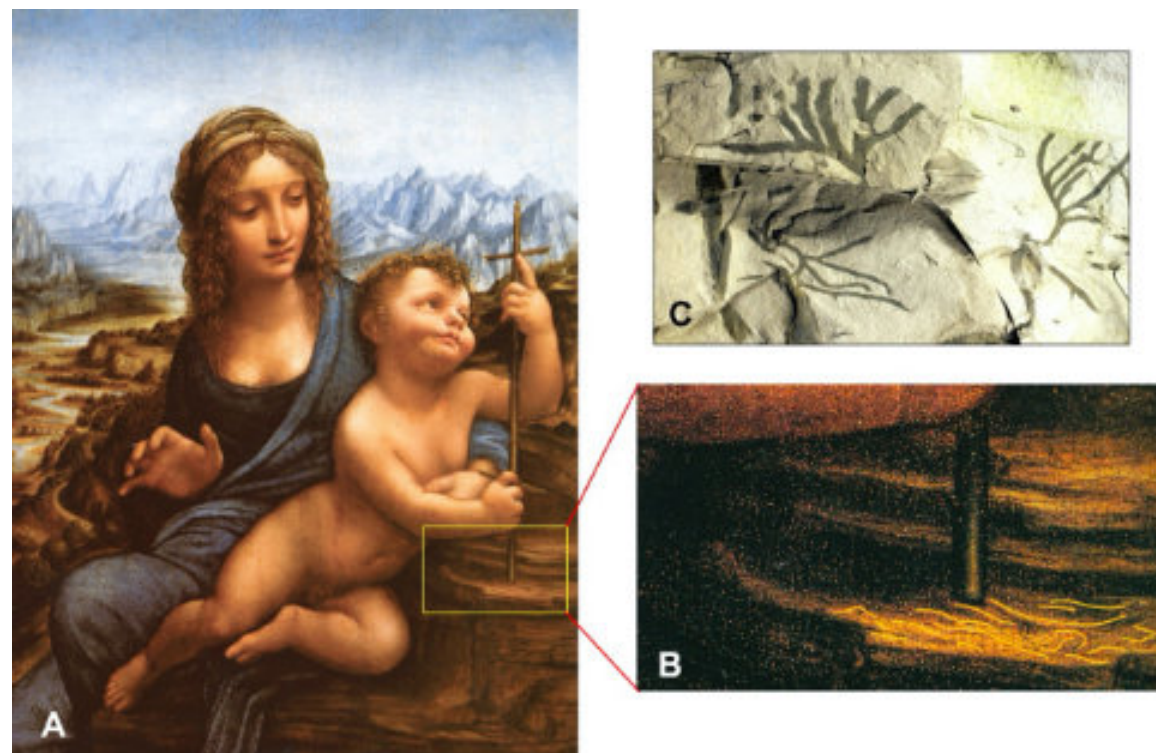


Figura 12. Leonardo da Vinci, La Madonna de Yarnwinder (c. 1499). (A) El rectángulo en la pintura muestra la región correspondiente a la vista ampliada a la derecha (B), donde se pueden interpretar estructuras en forma de trazas fósiles (resaltadas con líneas amarillas por el autor). Estas pistas fósiles recuerdan a trazas de Chondrites (C). Fuente: C (BAUCON *et al.* 2022), (A): https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Madonna_of_the_Yarnwinder.jpg

El final de Leonardo y su trascendencia

Luego de su muerte ocurrida el 2 de mayo de 1519, Leonardo fue enterrado en la Abadía de San Florentín, adyacente al *Chateau d'Amboise* (Francia), pero la localización de sus restos está rodeada de un aura de misterio. La Abadía fue demolida en 1806, y sesenta años después, el lugar fue excavado, encontrándose una colección de huesos, cuyas evidencias apuntan a pertenecer a Leonardo. El cráneo con ocho dientes y otros 13 huesos fue llevado a París en una caja de plomo, para ser mostrados al Emperador Napoleón III y, en 1874 fueron sepultados en la capilla de *Saint-Hubert* (Figura 13 izq.), construida entre 1491 y 1496, también adyacente al *Chateau d'Amboise*. La capilla contiene adentro una lápida de mármol con un medallón de bronce y su nombre grabado (Figura 13 der.). Hoy en día, existe un busto conmemorativo de Leonardo en los jardines del *Chateau*, rodeado por un seto semicircular (Figura 14). Esto marca el lugar donde fue enterrado dentro de la abadía original. Como siempre ocurrió con Leonardo, con su nacimiento, con su vida, su arte, y también con su muerte, un velo de misterio siempre lo rodeó.

Leonardo da Vinci es universalmente celebrado como el genio principal del Renacimiento. Su excelencia en el arte, con obras maestras reconocidas y aclamadas por toda la humanidad, ha oscurecido muchos de sus logros en otros campos. De hecho, Leonardo exploró en su vida muchas otras disciplinas, desde la ingeniería a la cartografía, desde la anatomía y la botánica, a la física del vuelo de las aves, desde la arquitectura militar y civil a la música y la escenografía, desde complicados artilugios para la guerra hasta conceptos revolucionarios en la física, hidrología y geología.

Lo que convirtió a Leonardo da Vinci en un genio y lo que lo destaca entre otros personajes brillantes de la historia, es su creatividad y capacidad de aplicar la imaginación al intelecto, así como su facilidad para combinar la observación y experimentación con la fantasía. La brillantez de Leonardo abarcó múltiples y variadas disciplinas, lo que le dio un profundo sentimiento y conocimiento de la naturaleza. La curiosidad insaciable y la experimentación continua de Leonardo nos recordaran por siempre, la importancia de pensar diferente.



Figura 13. A la izquierda, la Capilla de *Saint-Hubert*, Palacio de Amboise, Francia, donde están enterrados los posibles restos mortales de Leonardo da Vinci. A la derecha la lápida dentro de la capilla con su nombre (Fotografías tomadas por el autor).



Figura 14. Busto conmemorativo de los 350 años de la muerte de Leonardo da Vinci (1869), ubicado dentro de los jardines del *Chateau d'Amboise*, y que marca el lugar donde Leonardo fue enterrado originalmente. (Fotografía del autor junto a su hija Alexia).

Referencias

- BAUCON A. 2010. Leonardo da Vinci, the founding father of ichnology. *Palaios*, 25: 361-367. <https://doi.org/10.2110/palo.2009.p09-049r>
- BAUCON A., LO RUSSO, G., NETO DE CARVALHO, C. and FELLETTI, F. 2022. Chondrites-Cladichnus ichnocoenosis from the deep-sea deposits of Pierfrancesco (Cretaceous; Italy): oxygen- or nutrient-limited? *Rivista Italiana Paleontol. Strat.*, 128(1): 1-21 <https://riviste.unimi.it/index.php/RIPS/article/view/16972>
- CAPRA, F. 2007. *The Science of Leonardo*. Doubleday Pub. Group, New York. 328 pp.
- CIOPIPI E. and DOMINICI, S. 2018. Fossils and landscape forms in Leonardo's living Tuscany. In: Galluzzi, P. (Ed.), *Leonardo da Vinci's Codex Leicester: Water as Microscope of Nature*. Giunti, Firenze, 171-183 https://www.researchgate.net/publication/329389006_Fossils_and_landscape_forms_in_Leonardo%27s_living_Tuscany
- COCCIONI, R. 2019. I dettagli geologici di Leonardo. *Vivarte e-book*, Associazione Culturale L'Arte in Arte, Urbino, 1-6
- DALL'OLIO, E., FELLETTI, F. and MUTTONI, G. (2013). Magnetic-Fabric Analysis as a tool to constrain mechanisms of deep-water mudstone deposition in the Marnoso Arenacea Formation (Miocene, Italy). *Journal of Sedimentary Research*, 83: 170-182 <https://sites.unimi.it/paleomag/papers/Dall%27Olio%2B2013.pdf>
- DE LORENZO, G. 1920. Leonardo da Vinci e la geologia. N. Zanichelli, Bologna, 195 pp.
- DOMINICI, S. 2017. Ricomposizione del mondo in un paesaggio di Leonardo. *Giornale di bordo di storia, letteratura ed arte* 42-43: 1-18.
- ETHERIDGE, K. 2019. Leonardo and the Whale. In: Moffatt, C. & Tagliagambara, S. (Eds) *Leonardo da Vinci, Nature and Architecture*, Koninklijke Brill, 89-106. https://www.academia.edu/43213976/Leonardo_and_the_Whale
- FERRETI, A., VEZZANI, F. and BALINI, M. 2020. Leonardo da Vinci (1452-1519) and the birth of stratigraphy. *Newsletters on Stratigraphy*. 53(1): 1-17
- ISAACSON, W. 2017. *Leonardo da Vinci*. Simon & Schuster, New York, 599 pp.
- LAURENZA, D. 2015. Leonardo's Theory of The Earth: Unexplored Issues in Geology from the Codex Leicester. In: Frosini, F. and Nova, A. (Eds), *Leonardo da Vinci on nature – Knowledge and representation*. Marsilio Editori, 257-391
- LYELL, C. 1872. *Principles of Geology*. D. Appleton & Co, New York. 834 pp. <https://www.gutenberg.org/cache/epub/33224/pg33224-images.html>
- MacCURDY, E. 1955. *The Notebooks of Leonardo da Vinci*. George Braziller Ed., New York. 1246 pp.
- MARTIRE, L., CLARI, P., LOZAR, F. and PAVIA, G. 2006. The Rosso Ammonitico Veronese (Middle-Upper Jurassic of the Trento Plateaux): A proposal of Lithostratigraphic ordering and Formalization. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 112(2): 227-250

https://www.researchgate.net/publication/236132541_The_Rosso_Ammonitico_Veronese_Middle_Upper_Jurassic_of_the_Trento_Plateau_a_proposal_of_lithostratigraphic_ordering_and_normalization

MONACO, P. 2008. Taphonomic Features of Paleodictyon and other Graphoglyptid Trace Fossils in Oligo-Miocene Thin-Bedded Turbidites, Northern Apennines, Italy. *Palaios*, 23: 667-682. <https://www.fisgeo.unipg.it/pm520001/PDF/Monaco.pdf>

PIZZORUSSO, A. 1996. Leonardo da Vinci's Geology: The Authenticity of The Virgin of the Rocks. 19th EGU General Assembly, EGU2017, Proceedings from the conference held 23-28 April, 2017 in Vienna, Austria., p. 3073

RICKETTS, B. 2023. A timeline of stratigraphic principles: 15th-18th C. *Geological Digressions*. Recuperado el 15/01/2024 de <https://www.geological-digressions.com/tag/leonardo-da-vinci-fossils/>

VAI, G. B. 1995. Geological priorities in Leonardo da Vinci's notebooks and paintings. In: Giglia, G., Maccani, C., Morello, N. (Eds), *Rocks, Fossils and History*. Proceedings of the 13th INHIGEO Symposium, Pisa-Padova, 13-23

VAI, G.B. 2003. I viaggi di Leonardo lungo le valli romagnole: Riflessi di geologia nei quadri, disegni e codici. In: Leonardo, Machiavelli, Cesare Borgia: Arte, Storia e Scienza in Romagna (1500-1503). Roma, De Luca Editori d'Arte, 37-47



icasas@geologist.com

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 37 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 51 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Caribbean Journal of Earth Sciences and Journal of Geological Engineering; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración en la revista AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la 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 (2003-2024), en la misma universidad. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

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.

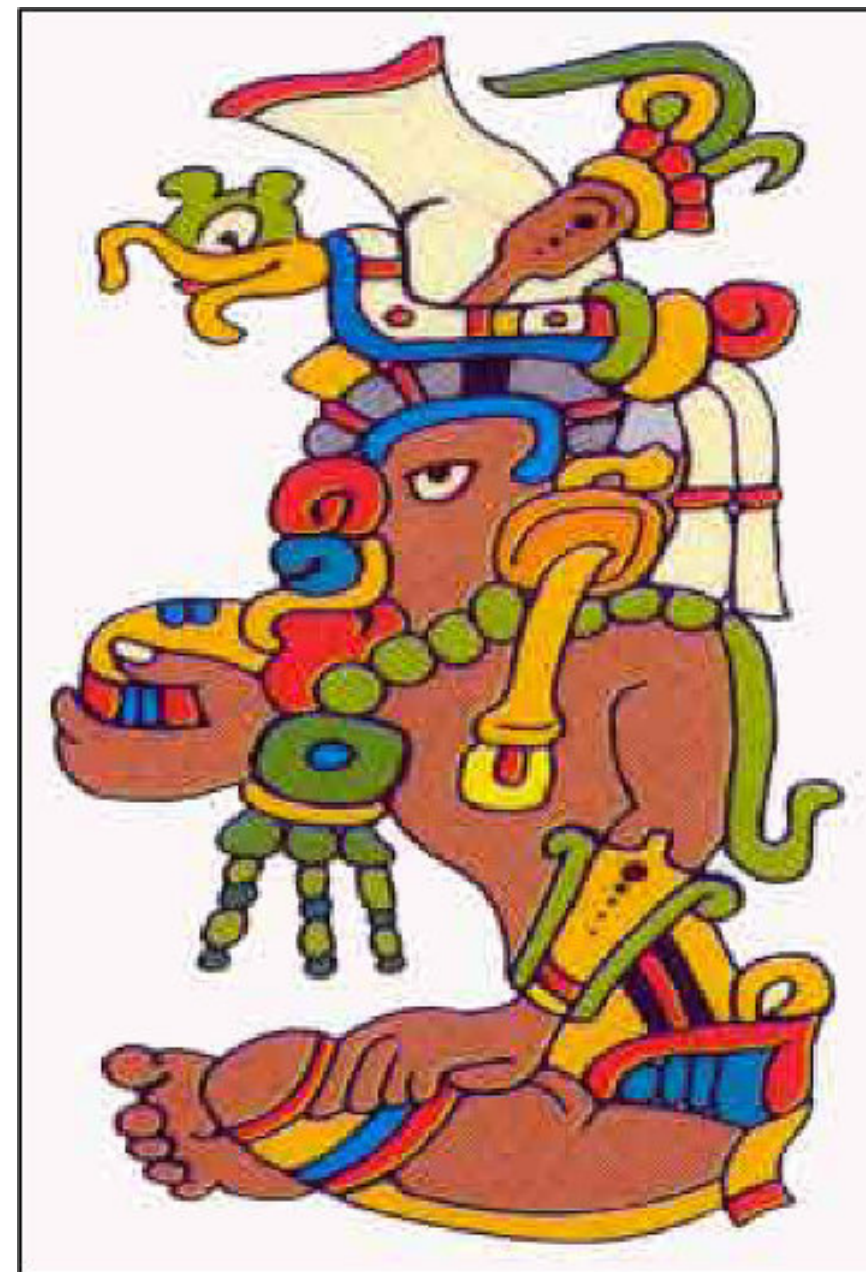
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

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 Geociencias.

MISCELÁNEOS

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



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

National History Museum of South Africa

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

GeoLatinas

¡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](#).

Escánelo!

O envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.
(*Esta iniciativa está abierta a todo género, raza, edad, etc.)

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

<http://encomunicacionct.geociencias.unam.mx/>

Revista
**ENSEÑANZA Y COMUNICACIÓN
DE LAS GEOCIENCIAS**

<http://encomunicacionct.geociencias.unam.mx/>

**NUEVO NÚMERO
DICIEMBRE 2023**

- Excursión geológica al Parque Ecológico de la Huasteca en Nuevo León, México, diseñada para estudiantes de primaria.
- Testimonio de un superviviente del megaterremoto registrado en Chile en 1960
- Estudio sobre la contaminación por ozono y su vínculo con el programa "Hoy no Circula" de la Ciudad de México
- Estudio petrológico del deterioro de un monumento histórico de la ciudad de Aguascalientes.
- Enseñanza de la Geografía con el Aprendizaje Basado en Problemas para Preparatoria.
- Propuesta de la UNESCO para combatir la desigualdad y la violencia de género en la enseñanza de la Geografía a nivel licenciatura.
- Importancia de los hongos y su compleja pero frágil relación con el cambio climático.





EXPLORA Expo 2024 will include:

- Stands area for E&P operating companies
- Theater for presentations of exploratory prospects and other business opportunities in the upstream sector
- Business Room
- Stands area for companies providing products and services
- Job Fair
- Networking Events

EXHIBITORS

EXPLORA Expo 2024 will offer a permanent stands space for operating companies and a theater with capacity for 100 people where E&P operating companies will be able to make presentations of their business opportunities for 20 minutes for interested companies and investors. This event offers the opportunity for companies in the upstream sector and investors to learn about all the new mature investment opportunities available in Colombia, while simultaneously offering exhibitors the opportunity to present their prospects to a large audience and drive traffic to their respective stands at no additional cost.



EXPLORA Expo 2024 will offer a commercial exhibition space where companies interested in offering their products and services can acquire a stand space. Service companies, investors and operating companies are welcome to sponsor this event that will bring together the most important executives and professionals of the Colombian E&P sector.

Visit our web page:

<https://exploraexpo.com>



JOB FAIR

EXPLORA Expo 2024 will offer a Job Fair area in order to provide a private space for job seekers to interact with companies human resources personnel and head-hunters looking to hire new talent as the industry strengthens.



¡All registered attendees at EXPLORA Expo 2024 will be able to attend and apply for job opportunities available on the job fair at no additional cost!

"EXPLORA Expo is a catalyst to negotiate partnership agreements and undertake new exploration and production projects."

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.

La casa del océano ártico

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

<https://www.britannica.com/place/Arctic-Ocean>

<https://www.worldatlas.com/articles/the-marginal-seas-of-the-arctic-ocean.html>

<https://earthclipse.com/science/geography/arctic-ocean.html>

<https://smartclass4kids.com/arctic-ocean-facts/>

<https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/arctic-ocean>

<https://www.britannica.com/summary/Arctic-Ocean>

<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05205-y>

<https://www.cia.gov/the-world-factbook/oceans/arctic-ocean/>

Compilado por **Uriel Franco Jaramillo**.



Caverna del arte

Cuento: La Gotera

(Autor: Claudio Bartolini)

Una tarde de invierno, mientras leía la biografía de Allan Kardec, el padre del espiritismo, me vinieron recuerdos de mi niñez, de aquella casa pequeña y humilde, donde mis hermanos y yo dormíamos los seis en un mismo cuarto. Siendo una casa vieja, requería de continuas reparaciones, en especial el techo. Durante la época de lluvias nuestros padres nos pedían que pusiéramos ollas y sartenes de metal o plástico para coleccionar el agua y evitar que la casa se inundase. El ruido ocasionado por las gotas al golpear tanto los recipientes, como el agua ya acumulada en los mismos, se había transformado en una sinfonía de barrio popular.

Prácticamente era imposible dormir, los diferentes sonidos y tonos del ruido de las goteras se metían en mi cabeza como el de una danza interminable. Empecé a tener pesadillas relacionadas con la lluvia, dormía pocas horas y prefería permanecer despierto. Por un tiempo, me acostumbré a ir al cine y a los festivales musicales, cuantas veces podía, porque me ayudaba a olvidarme del tema. No puedo negar que, vivir en la pobreza me permitió, inconscientemente desde luego, ser el dueño exclusivo de una imaginación infinita. Este monopolio del subconsciente, tiene la capacidad creativa de convertir los inolvidables sonidos de la lluvia de mi infancia, en los latidos de mi corazón, o en los maravillosos y sofisticados sonidos del universo; en particular el de los agujeros negros moviéndose por el espacio. Estoy seguro de que mis fantásticos sueños, podrían haber sido utilizados por Stephen Hawking, en el desarrollo de su teoría de la expansión acelerada del universo.

Un día de tantos, nuestro padre nos dijo muy contento que había conseguido un nuevo empleo. Ya no sería un lustrador de zapatos, sino el chamán del pueblo en el que nació. Estaba muy emocionado, tan solo de pensar que él podría curarme, de una vez por todas, por medio de la brujería.

Nos movimos al norte de la ciudad, a una casa modesta y en buenas condiciones, por lo que la lluvia en ese lugar no sería ya más un problema. Para mí, la situación no fue muy diferente, puesto que la naturaleza ya había hecho un trabajo irreparable dentro de mi cerebro. Mis pesadillas ya incluían sonidos, en los que había de todo; desde aquellos generados por las placas tectónicas y las tormentas geomagnéticas, hasta el hermoso sonido que producen las dunas de arena y de los glaciares de la Antártica. Desafortunadamente mi padre falleció poco después de nuestra mudanza y poco pudo hacer por mi salud.

Años después, cuando obtuve mi título de Licenciado en Espiritismo, decidí comprar una casa. El haber estado sujeto por tan largo tiempo a esta tortura mental, fue fundamental para elegir donde quería vivir. Así que me mudé a una ciudad ubicada en medio del desierto, donde solamente llovía de tres a cinco días al año. La casa de dos plantas tenía una excelente insulación, y la recámara principal estaba en el primer piso, puesto que no quería dormir cerca del techo.

Cuando empezó la estación de lluvias, no me preocupé mucho, dadas las condiciones excelentes de la casa. Para mí, era fundamental evitar aquellos lugares que tuvieran alguna relación con la lluvia, para poder olvidar los fantasmas que todavía deambulaban dentro de mi cabeza. Sin embargo, una noche, mientras dormía profundamente, me despertó de nuevo lo que parecía ser el ruido causado por una gotera. De momento, pensé que era una de esas pesadillas recurrentes de mi niñez y, sin prestarle atención, continúe con mi placentero sueño. Otra noche, sentí que caía una sola gota, para después deslizarse por una superficie al parecer inclinada. Pensé inmediatamente, en agua cayendo al techo y corriendo por las tejas, los ruidos me eran familiares. Después de esa experiencia, decidí usar varias almohadas que me permitieran, estar en posición casi vertical mientras dormía. Incluso intenté, sin éxito, dormir colgado del abanico mientras éste giraba.

En 1999, ya desesperado y frustrado por no encontrar una solución a mi problema, me interne voluntariamente en el hospital psiquiátrico de la ciudad, donde las mentes trastornadas parten para no regresar. Allí conocí los abismos de

la demencia humana, el lugar donde las almas se diluyen en lo infinito del universo. Durante los seis meses que estuve internado recibí una terapia psiquiátrica muy popular llamada "vuelve a la vida hermano". Consistía en la aplicación diaria de dos inyecciones de Olanzapina. Este medicamento me llevó a lo profundo del averno, donde presencié castigos inimaginables para todos aquellos que en vida creyeron en Dios. Incluso, en alguna ocasión, vi a Jesús de Nazaret pagando por sus pecados terrenales.

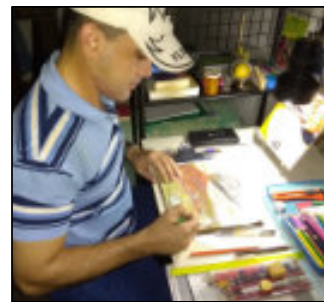
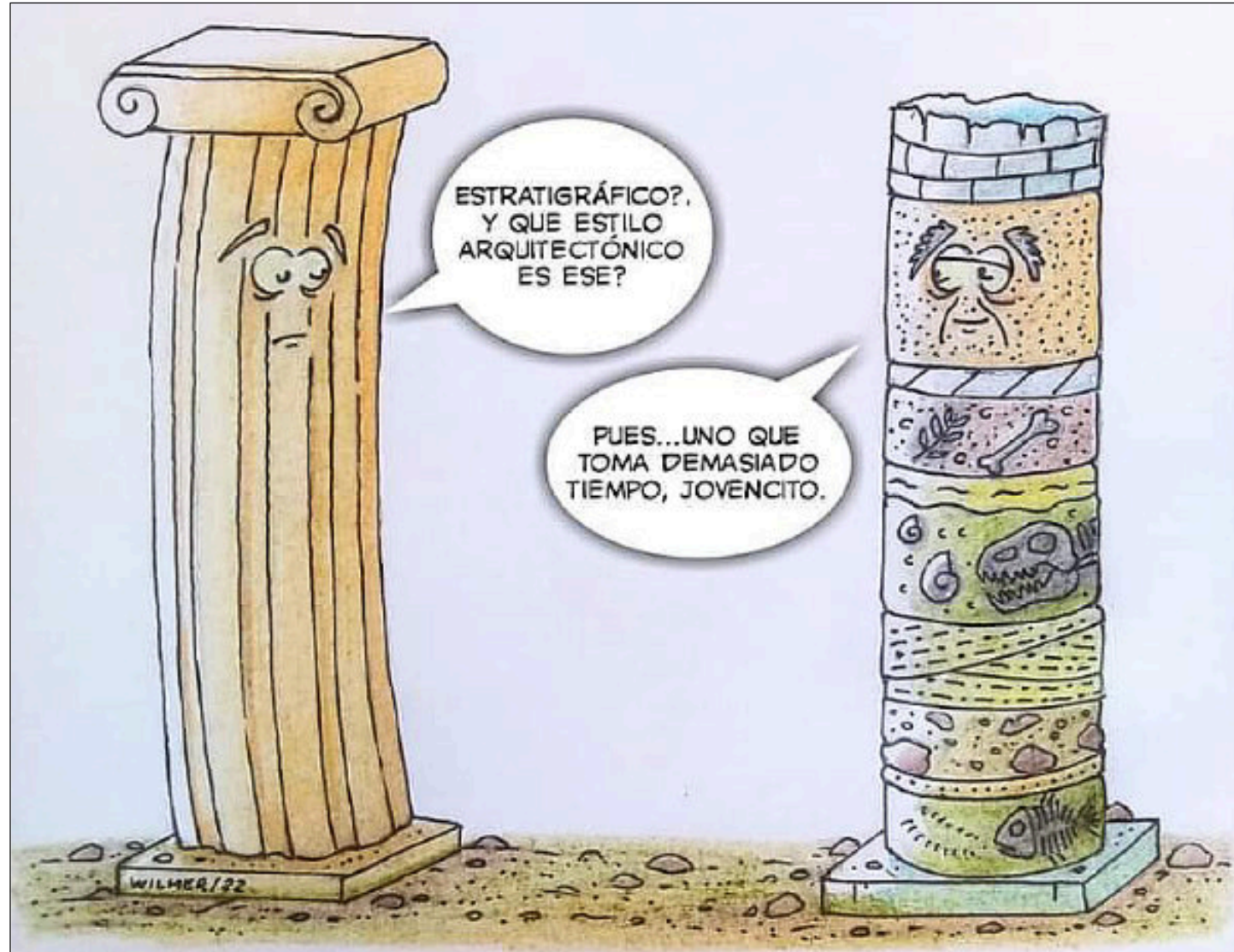
Tengo que reconocer, que mi estancia en el manicomio no fue una experiencia negativa. Hice tres buenos amigos a quienes todavía guardo estima y quienes hicieron que el tiempo volara. El primero fue, Sócrates González, un gran filósofo que se volvió loco cuando el libro que estuvo escribiendo por una década, listo para publicarse, su mujer, una atea consumada, lo tiró a la basura pensando que ésta era la Biblia. El segundo, llamado Galileo Martínez, era un prestigiado físico nuclear, quien invirtió toda su vida en demostrar que la Vía Láctea, el Sol y todos los planetas orbitaban alrededor de la Tierra. Un día antes de presentar su grandiosa investigación ante la Academia de Ciencias y Astronomía y después de un arduo y largo día de trabajo borró, por error, el proyecto de su estación de trabajo. El impacto que sufrió su mente fue inmediato. A partir de entonces, acusaba a Albert Einstein por el robo intelectual de su proyecto. Por último, mi amigo Picasso Ramírez fue un pintor muy popular y exitoso, quien estaba tan obsesionado con su trabajo que pintaba de día y de noche y prácticamente no dormía. Sin darse cuenta, que cuando su trabajo se intensificaba empezó, inadvertidamente, a platicar con sus obras, mismas que le decían cómo debía de pintar, los tonos y estilos a seguir, entre otros muchos detalles. Logró establecer una buena amistad entre él y sus pinturas; aunque, en ocasiones, había días de gritos y peleas airadas, debido a que las pinturas de El Greco y Miguel Ángel, gigantes universales, no lograban ponerse de acuerdo con él. Cuando su esposa se dio cuenta de la situación, era ya muy tarde y tuvo que internarlo nuevamente en el manicomio.

Recuerdo el día en que fui dado de alta. Eran las ocho en punto de la mañana, el día último de diciembre del 2000. Salí a la calle muy preocupado y mirando hacia el cielo, ya que algunos grupos de Evangelistas habían anunciado la destrucción del mundo por una lluvia de meteoritos gigantes, que se llevaría a cabo al inicio de nuevo siglo. De la misma forma, que las profecías milenarias de los Mayas establecían el fin del mundo para ese mismo año, debido a un gran fuego proveniente del espacio.

Pensé que lo mejor sería disfrutar de mis últimas horas en este miserable mundo, meditando y practicando yoga; pero, finalmente ganaron los pensamientos positivos, y me metí a la cantina: "La Vida No Vale Nada", donde pasé la noche disfrutando de botellas de Mezcal con gusano, mientras escuchaba mis canciones preferidas de José Alfredo Jiménez. Cuando salí de la cantina a la mañana siguiente, el primer día del siglo XXI, como mosca desorientada, caminando a gatas, y pensando que "la vida vale mucho", lo primero que vi en la calle fueron unos perros callejeros mostrando su impresionante esqueleto, pero jugando alegremente.....la vida continuaba.

Pasaron los años y nunca superé mi problema. En mis momentos de mayor desorden mental, contemplé la posibilidad de que removieran el tímpano de mis oídos, una solución radical pero al parecer muy efectiva. Quedaría sordo, pero la preocupación y la ansiedad terminarían. Consideré también una cirugía cerebral, influido por las teorías de mi admirado Sigmund Freud, para eliminar partes del cerebro sensibles al sonido, pero no tuve la valentía de llevarlos a cabo. Finalmente, dado que ninguna de mis técnicas nocturnas dio los resultados esperados y mi vida se desmoronaba sin remedio, decidí ir al médico. Tenía que hacer algo, iba camino a la locura a la velocidad de la luz.

El médico, especialista en medicina interna, sugirió una serie de análisis clínicos y una endoscopia para apoyar su diagnóstico. Una semana después regresé por los resultados, los cuales fueron una gran sorpresa. Los sonidos que me acompañan cada día de mi vida no provenían de nuestra vieja casa, ni de mi mente enferma, sino que son simple y sencillamente reales, y tienen un origen dentro de mí. El médico me explicó con gran detalle que tengo una úlcera grande y profunda en la parte superior del esófago, la cual sangra continuamente. Era obvio que las gotas de sangre caían, desde esa altura a diferentes velocidades, golpeaban mi estómago; luego se deslizaban por el esófago, cuando mi cuerpo estaba inclinado; produciendo, finalmente, los sonidos que atormentaron mi vida por tantos años.



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermandos 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

Frida Kahlo en Cartagena, Colombia. Fotografía de Claudio Bartolini, 2013.



**Iglesia San Francisco de Asís, New Mexico.
Fotografía de Claudio Bartolini, 2014.**



**Nopales en cielo nublado, Arizona.
Fotografía de Claudio Bartolini, 2021.**



Moeraki Boulders, New Zealand

The Moeraki Boulders are a unique geological phenomenon located on the Koekohe Beach in New Zealand. These boulders are large spherical stones that are scattered along the shoreline, creating an otherworldly sight. The Moeraki Boulders range in size, with some reaching up to 3 meters (10 feet) in diameter and weighing several tons. They are formed from sedimentary rock, specifically mudstone, and were originally formed around 60 million years ago during the Paleocene era.

<https://www.newzealand.com/us/feature/moeraki-boulders/>

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

<https://geologyglasgow.org.uk/iconic-sites/new-zealands-moeraki-boulders-2/>

https://www.nationalgeographic.com/travel/article/strange_planet_boulders_of_mao

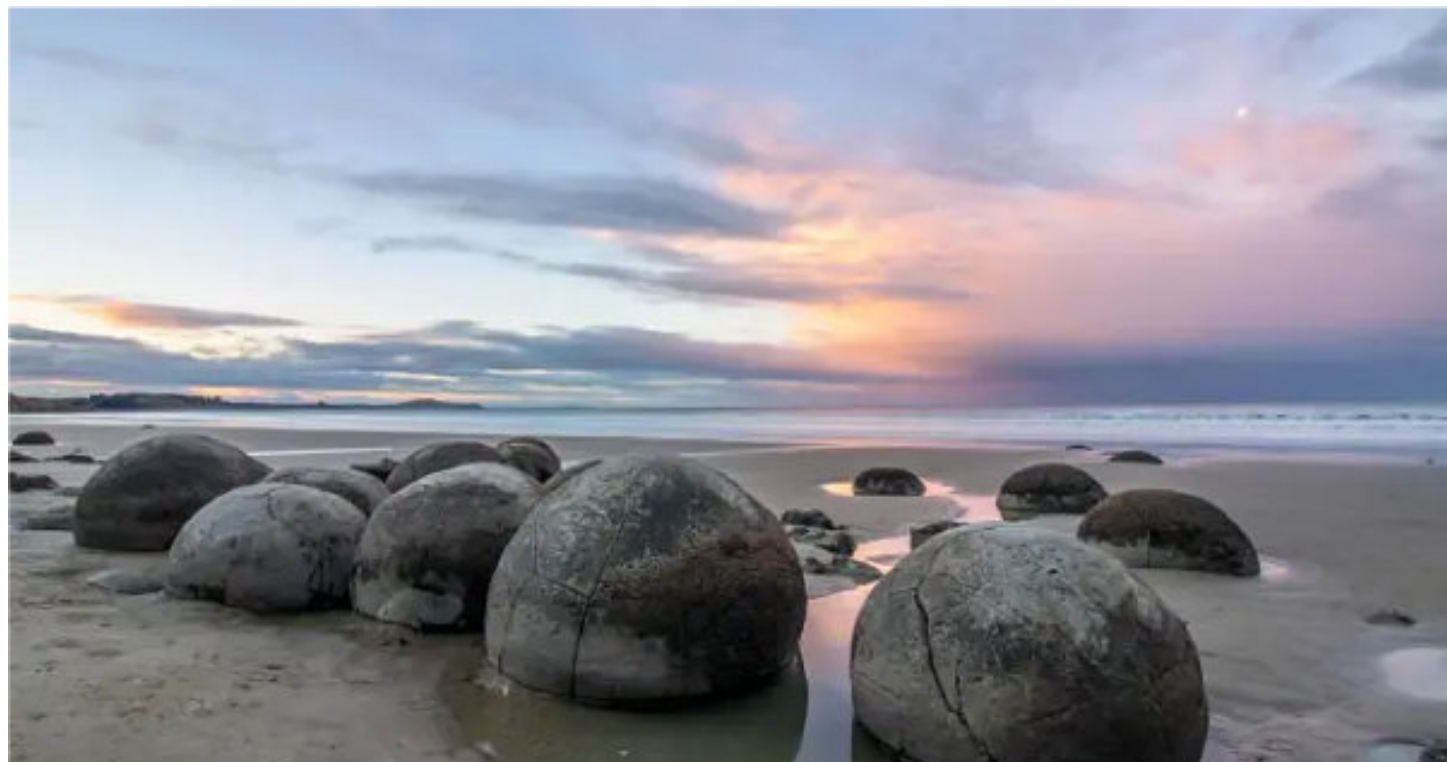
<https://www.nzgeo.com/stories/hooligans-gallstones/>

<https://destinationlesstravel.com/visiting-moeraki-boulders-in-new-zealand/>

https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g2136969-d9563069-Reviews-Moeraki_Boulders-Moeraki_Otago_Region_South_Island.html

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

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



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

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

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

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



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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



Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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





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