

**ABRIL
2022**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

It is okay....but they will have the last word!

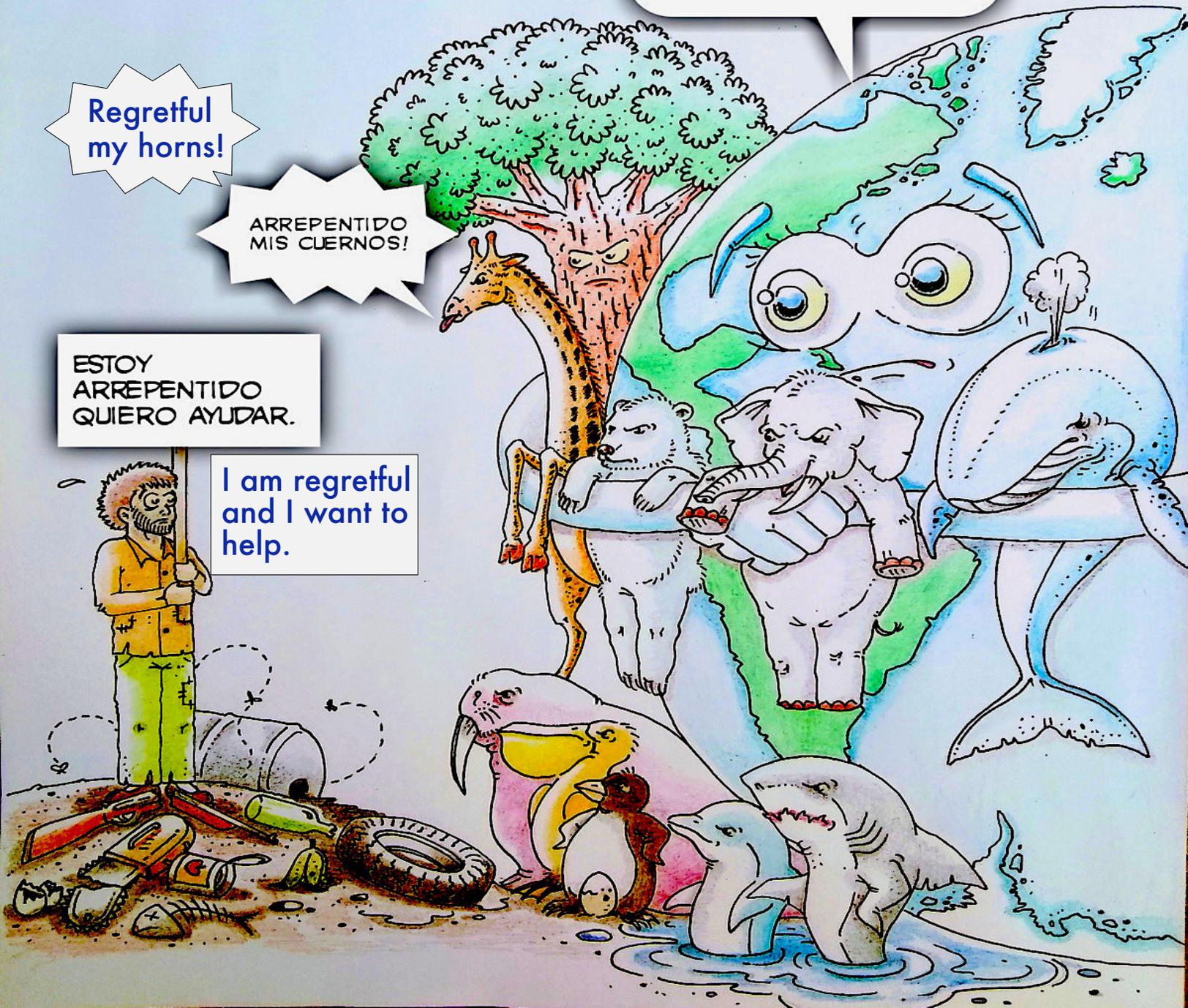
ESTÁ BIEN... PERO ELLOS TENDRÁN LA ÚLTIMA PALABRA!

Regretful my horns!

ARREPENTIDO MIS CUERNOS!

ESTOY ARREPENTIDO QUIERO AYUDAR.

I am regretful and I want to help.



ABRIL
2022



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comuníquese con cualquiera de los editores.

Las notas geológicas tienen como objetivo el presentar síntesis de trabajos realizados en México y en diferentes partes del mundo por jóvenes profesionales y prestigiosos geocientíficos. Son notas esencialmente de divulgación, con resultados y conocimientos nuevos, en beneficio de nuestra comunidad de geociencias. Estas notas no están sujetas a arbitraje.

**Es importante aclarar, que las opiniones científicas, comerciales, culturales, sociales etc., no son responsabilidad, ni son compartidas o rechazadas, por los editores de la revista.*

Portada de la revista: El ser humano, conmovido por los agravios cometidos al medio natural, las consecuencias de la contaminación ambiental y la pérdida de la diversidad biológica que él mismo ha causado, termina por redimirse y asumir su responsabilidad. La Madre Tierra le ofrece un nuevo comienzo, pero con la condición de que sean las especies afectadas quienes lo juzguen. Geo-caricatura de Wilmer Pérez Gil (Cuba).

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

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

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

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

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

Revista de divulgación
Geocientífica

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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

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

jhrosenfeld@gmail.com



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

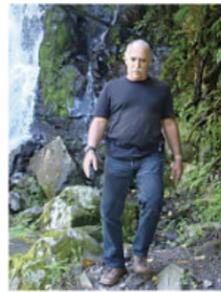
COLABORADORES



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

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

soaortuno@gmail.com



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

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

geodoxo@gmail.com



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

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



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

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

poletpinzon@gmail.com



José Antonio Rodríguez Arteaga es un ingeniero geólogo con 31 años de experiencia en investigación de geología de terremotos y riesgo geológico, asociado o no a la sismicidad. Es especialista en sismología histórica e historia de los sismos en Venezuela, recibiendo entrenamiento profesional en Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos, Bogotá, Colombia. En sus inicios profesionales y por 5 años consecutivos, fue geólogo de campo, trabajando en prospección de yacimientos minerales no- metálicos en la región centro

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

rafaelguardado2008@gmail.com



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

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

jonblickwede@gmail.com



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

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

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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

tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com



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

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

urielfranco.unam@gmail.com

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/>

Instrucciones básicas para los autores

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

Semblanzas: 3 páginas máximo.

Notas sobre pioneros de las geociencias: 4 páginas máximo.

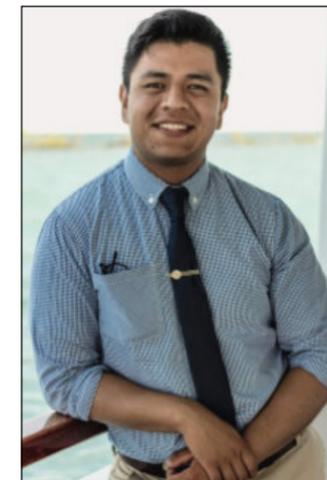
Los "temas de interés para la comunidad": 4 páginas máximo.

Notas geológicas: 10 páginas máximo.

¡Hola! Mi nombre es **Uriel Franco Jaramillo**. Nací en Tlalnepantla de Baz, Edo. Méx., el 31 de diciembre de 1996. Mi experiencia en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) comenzó en el 2016, ahí estaba, día uno, dando mi primer paso en un camino de 5 años, o al menos eso se suponía, “tenía el mundo en mis manos” y cada día me sentía especialmente motivado para caminar por Ciudad Universitaria (CU) y disfrutar de su belleza. Sin proponérmelo, me perdía constantemente, ya fuera caminando, en bicicleta o en las rutas del Pumabús (el transporte interno en CU); “me perdí muchas veces”, pero daba igual, gustoso bordeaba los límites del campus, maravillándome de la reserva del pedregal, y no pude estar más de acuerdo con lo que dijo el rector Rodolfo Brito Foucher en 1943 “este es el lugar más hermoso de la tierra, aquí será la Ciudad Universitaria”, aquí debía ser.

Ya por fin en la Facultad de Ingeniería (FI) y mientras esperaba nervioso que iniciara mi primera clase de la carrera, ojeaba mi plan académico, yo sería parte de la primera generación del nuevo plan de estudios 2016, y comparándolo con el anterior me preguntaba: ¿qué los había motivado a juntar la materia de cálculo y geometría en un solo curso? En los pasillos se comentaba que esas materias por separado solían ser el primer gran filtro para saber si la ingeniería era lo tuyo, por lo que, esta materia era cosa seria. En el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, donde realicé mis estudios de bachillerato, me gustó mucho el cálculo, y tanto más me gustó en la licenciatura que ni me imaginaba que lo iba a cursar dos veces, dos veces la materia de cálculo diferencial y geometría analítica, dos veces la de cálculo integral y dos veces más la de cálculo vectorial; rápidamente perdí la cuánta de las veces que los profes de ciencias básicas me animaron a estudiar contaduría, pero lejos de sentirme desanimado por sus comentarios, me convencí de que no podría tomar un proyecto ingenieril en mis manos en la vida real y sentirme apto, si no cuidaba de mis bases. A medida que aprendía matemáticas, también aprendía de mí mismo y de mi entorno. El universo es un diseño hermoso y complejo, y su diseñador también debía ser Un Gran Ingeniero, una especie de humildad cósmica se apoderaba de mí cada que tomaba un libro en mis tiempos de estudio.

¡Lo sé, lo sé! Poco he dicho de la ingeniería petrolera hasta ahora, la carrera que ahora estoy concluyendo en la FI, pero la verdad es que poco veíamos de eso en los primeros años, apenas una clase introductoria de 2 horas a la semana fue nuestro primer acercamiento al mundo de la ingeniería petrolera, en el cual pretendíamos desarrollarnos, aun así fue provechoso, ya que despertó mi curiosidad. Recuerdo que la reforma energética de



2013 era nuestro tema habitual, nos decían que nuestra paraestatal llevaba años dormida en sus laureles, y que ahora urgía que vinieran a enseñarnos cómo hacer las cosas en las áreas donde no teníamos *expertise*, lo cual hacía sentido para mí, también decían que nuestros retos actuales eran los campos maduros, las aguas profundas y los yacimientos no convencionales; la clase era en español pero por ratos no entendía nada de lo que decían, creo que en el grupo había un sentimiento generalizado. ¿Qué éramos nosotros frente a los retos de la modernidad en la industria? Afortunadamente, tuvimos el apoyo de los compañeros que ya llevaban más camino recorrido, recuerdo con especial aprecio a los muchachos del Petrobowl (<https://www.spe.org/en/students/petrobowl/>), un equipo representativo de la facultad que concursaba en un rally de conocimientos de la carrera con las mejores universidades a nivel mundial. Ese año se habían traído el primer lugar, por encima de las universidades de mayor prestigio en Estados Unidos y otras partes del mundo. Así que, sí se podía, porque ellos ya lo estaban haciendo y con pasos muy firmes. Mi segundo “gran coco” (esto es, gran reto) en la carrera fue la programación, herramienta vital en nuestros tiempos, que les ruego a todos los lectores adquirir con diligencia, es muy bonita, útil, y no es tan difícil como parece, ya un poco más encarrerado aprendí de la Geología, los procesos complejos y fascinantes de nuestro planeta, las teorías de cómo se origina el petróleo, y lo mucho que nos falta por explorar y entender de nuestro hogar al que llamamos Tierra.

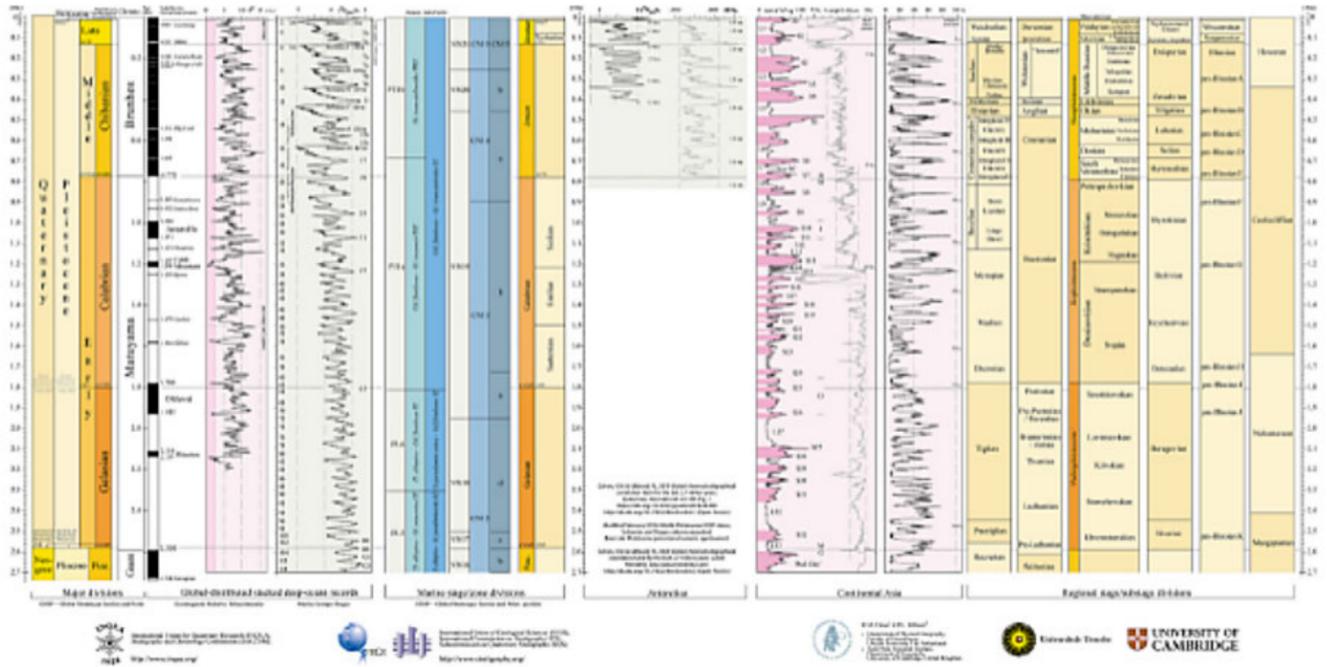
Así, me fui introduciendo al mundo de las Geociencias, hoy día en mi noveno semestre, sé que me apasiona mi sujeto de estudio, el yacimiento, su comportamiento complejo, su administración integral y sus áreas de oportunidades, mi materia favorita es la de simulación matemática de yacimientos, y también me gusta la conducción, el manejo y el transporte de los

hidrocarburos, además, constantemente hablamos de temas selectos a nuestra área de estudio, por ejemplo, la transición en el mundo a energías limpias y como los Ingenieros Petroleros somos un factor clave en este proceso, el comportamiento dinámico de la geopolítica, sus efectos en la industria y todo el mundo. Esta etapa universitaria está llegando a su fin, y estoy muy agradecido con Dios por haberla vivido tal y como fue, con todos sus altibajos, he disfrutado mucho del proceso codo a codo con mis compañeros y de la guía de nuestros magníficos profesores. No hay “experiencias buenas” y no hay

“experiencias malas”, sólo tenemos experiencias que nos enriquecen como seres humanos, ¡Sigamos adelante! les agradezco mucho por leer esta revista y compartir con nosotros la pasión por las geociencias.

Por último, quisiera comentarles que, como parte de mi servicio social en la FI estaré colaborando en la Revista Maya de Geociencias, aportando temas relacionados con la ingeniería petrolera, la transición energética, retos de la exploración y explotación de hidrocarburos, entre otros fascinantes temas.

International Commission on Stratigraphy: <https://stratigraphy.org/chart>



Estimados colegas,

Es un gran placer informarles que ya tenemos una página web para 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/>



CONTENIDO

ABRIL
2022

Semblanzas.....	11
Pioneros de las Geociencias	15
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	18
Los libros recomendados.....	26
Temas de interés.....	29
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	39
Notas geológicas.....	44
Misceláneos	
100 años Aniversario de la ESIA – IPN.....	84
Museos de historia natural.....	85
La casa de los bosques.....	86
Tesis selectas del 2020–21 – IPN.....	87
La caverna del arte.....	88
Glosario de términos geológicos.....	91
Carta al planeta: Diana Camila García Morales	92
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	93
Open source scientific software.....	94
Travertine Hot Springs: Pamukkale, Turkey.....	95
Curso en línea: Restauración Hidrológica y Forestal.....	96

SEMBLANZAS

Motonori Matuyama: (1884 - 1958)

Motonori Matuyama (b. Uyeda in U.S.A.) was the son of a Zen abbot, Tengai Sumiye. In 1910 he was adopted by the Matusyama family, whose daughter, Matsuye Matsuyama, he married. He altered the romanized spelling of his adoptive name in about 1926, in conformity with a then new convention of transliteration. Matuyama received his early education in the schools of Kiyosuye and Chōfu, then entered Hiroshima Normal College (now the University of Hiroshima), where he studied physics and mathematics, graduating in 1907. After a year of teaching at a junior high school in Tomioka, Matuyama entered the Imperial University in Kyoto to further his study of physics; he graduated in 1911, then took up postgraduate study of geophysics with Toshi Shida and astronomy with Shizō Shinjō. With Shida he began work on what became one of his chief fields of research, the determination of gravity by pendulum. Matuyama's first papers were written in collaboration with his teacher and constitute the third and sixth parts of Shida's "On the Elasticity of the Earth and the Earth's Crust" of 1912.

Matuyama was appointed lecturer at the Imperial University in 1913; three years later he was promoted to assistant professor of the Geophysical Institute. His doctoral dissertation, which he published in 1918, was entitled "Determination of the Second Derivatives of the Gravitational Potential on Jaluit Atoll," and contained the results of experiments performed with the Eötvös gravity-variometer to determine the depth of the atoll. Matuyama had spent a month on Jaluit with a collaborator, H. Kaneko, in February 1915; his paper was the first to suggest that the determination of microfeatures of the gravity field of the earth could reveal geological substructure. It became the basis for the development in Japan of the torsion-balance method of prospecting for underground minerals.

In 1919 Matuyama left Japan for the United States to study geophysics with T. C. Chamberlin at the University of Chicago. While there he conducted laboratory experiments on ice designed to illuminate the mechanics of glacial movement. His results were published in 1920 as "On Some Physical Properties of Ice." Chamberlin wrote an introductory note to the paper, in which Matuyama stated the conclusion:

These facts seem to show that gliding planes parallel to the base of each crystal are not the controlling factor in the deformation of ice and probably are not even an important factor. But instead, adjustment along the contact surfaces



of adjacent crystals and perhaps the development of planes of weakness in the constituent crystals parallel to their long axis seem more effective in the process of deformation.

Matuyama returned to Japan in December 1921; the following January he was appointed professor of theoretical geology at the Imperial University. He once again took up the determination of gravity by pendulum. As early as 1911, while he was still a postgraduate student, Matuyama had participated in the national gravity survey of the Imperial Japanese Geodetic Commission; from 1927 until 1932 he extended the survey to Korea and Manchuria. In October 1934 and October 1935 he made a survey of marine gravity, using the Vening-Meinesz pendulum apparatus mounted in a navy submarine, in the Japan Trench and the area surrounding it. During the same period he also determined the gravity of nine islands in the Caroline and Mariana groups and as part of his maritime survey of 1935 landed his equipment on Chichijima in the Bonin Islands to determine its gravity. He found the free-air anomalies in these ten islands to range between +214

and +357 milligal, a result consistent in magnitude with those established for other oceanic islands.

One aspect of Matuyama's research on gravity was dictated by the request put to the Japanese delegation by the International Union of Geodesy and Geophysics, probably at the meeting of 1936, to carry out a gravity survey in the water areas surrounding the Japan Trench. The sea bottom of the landward side of the deepest line of the trench is the site of strong earthquakes that produce tsunami waves on the Pacific coast of northeast Honshu. In examining the distribution of free-air anomalies over the trench, Matuyama discovered that in the region of the northeast Pacific coasts of Honshu and the Pacific coast of Hokkaido the axis of the negative minimum of anomalies does not occur just above the axis of the maximum depths of the trench, contrary to expectations, but rather shifts landward, while the two axes are almost coincident in the southern part of the trench along the east side of the Fuji volcanic range. (Matuyama's associate Naoiti Kumagai took up these results a few years later and discovered a clear correlation between the earthquakes that occur in this area and the isostatic anomalies of great magnitude that are also apparent there.)

Matuyama was further concerned with the study of distribution of various kinds of coral reefs in the South Seas. The peculiarity of this distribution had first interested him on his visit to Jaluit atoll in 1915; he noted that in the Mariana group such reefs are elevated above sea level, while in the Marshalls they exist as atolls, or have subsided completely. He theorized that the ocean floor in this area had tilted eastward, and recommended to the Japanese Association for the Advancement of Science that a research commission be appointed to study the tilt of the sea bed in this area. A committee was appointed in 1934, and research stations were established on Saipan and on Jaluit atoll; no reports of their observations were published, however.

The last of Matuyama's main areas of research was the remnant magnetization of rocks. The first specimen that he examined was a basalt block from Genbudō, Tazima, in western Japan; he then extended his investigation to thirty-six specimens of basalt, each taken from a different site in Japan, Korea, and Manchuria. He subjected each specimen to tests for remnant magnetization, using Gauss's analysis of the vertical component of the magnetic field of the earth originating within the earth. Matuyama published his results in a series of papers. The most important, published in 1929 and entitled "On the Direction of Magnetization of Basalt in Japan, Tyōsen [Korea] and Manchuria," offers his conclusion that "According to Mercanton the earth's magnetic field was probably in a greatly different or nearly opposite state in the Permo-Carboniferous and Tertiary Periods, as compared to the present. From my results it seems as if the earth's magnetic field in the present area has changed even reversing itself in comparatively short times in the Miocene and also Quaternary Epochs." This work was widely influential, and the term "Matuyama Epoch" was coined to indicate the paleomagnetic period—from about the late Pliocene to the middle Pleistocene—during which the direction of magnetic field of the earth is supposed to have been opposite to what it is at present.

Matuyama also wrote a series of early papers on seismology, a subject which he originally pursued with Shida, and a great number of miscellaneous papers and books addressed to laymen and students. He served the Imperial University as dean of the Faculty of Science from June 1936 until December 1937; he retired from teaching in 1944 and was made professor emeritus in 1946. In May 1949 Matuyama was appointed president of the University of Yamaguchi; the following year he was elected a fellow of the Japan Academy. He had a lifelong interest in the Noh drama, and organized Noh groups among his neighbors and colleagues in both Kyoto and Yamaguchi. He died following the onset of acute myelogenous leukemia.

BIBLIOGRAPHY

Matuyama's important papers include "Note on Hecker's Observation of Horizontal Pendulums" and "Change of Plumb Line Referred to the Axis of the Earth as Found From the Result of the International Latitude Observations," pts. 3 and 6, respectively, of Toshi Shida, "On the Elasticity of the Earth and the Earth's Crust," in *Memoirs of the College of Science and Engineering, Kyoto Imperial University*, 4, no. 1 (1912), both written with Shida; "Determination of the Second Derivatives of the Gravitational Potential on the Jaluit Atoll," in *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University*, 3 (1918), 17–68; "On Some Physical Properties of Ice," in *Journal of Geology*, 28 (1920), 607–631; "On the Gravitational Field at the Fushun Colliery, Manchuria," in *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, 2 (1924), 91–102; "Probable Subterranean Intrusion of Magma to the North of Sakurajima Volcano," in *Proceedings of the Third Pan-Pacific Science Congress (Tokyo, 1926)*, 782–783; "Torsion Balance Observation and its Value in Prospecting" [in Japanese], in *Tōyō-Gakugei-Zasshi*, 520 (1926), 476–494; "On the Subterranean Structure Around Sakurajima Volcano Considered From the State of Gravitational Fields," in *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, 4 (1927), 121–138; "Gravity Measurements in Tyōsen and Manchuria," in *Proceedings of the Fourth Pacific Science Congress (Djakarta, 1929)*, 745–747; "Study of the Underground Structure of Suwa Basin by Means of the Eötvös Gravity-Variometer," *ibid.*, 869–872; "On the Direction of magnetization of Basalt in Japan, Tyōsen and Manchuria," *ibid.*, 567–569, and in *Proceedings of the Imperial Academy of Japan*, 5 (1929), 203–205; "Subterranean Structure of Takamati oil Field Revealed by Gravitational Method," in *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, 7 (1930), 47–81, written with H. Higashinaka; "Relative Measurements of Gravity in Japan, Tyōsen and Manchuria Since 1921," in *Travaux. Association internationale de géodésie, Japan Report no. 2*, 11 (1933), 1–6; "Measurements of Gravity Over Nippon Trench on Board H. I. M. Submarine Ro-57. Preliminary Report," in *Proceedings of the Imperial Academy of Japan*, 10 (1934), 625–628; "Distribution of Gravity Over the Nippon Trench and Related Areas," *ibid.*, 12 (1936), 93–95; and "Gravity Survey by the Japanese Geodetic Commission Since 1932," in *Travaux. Association internationale de géodésie, Japan Report no. 2*, 12 (1936), 1–8.

Source: <https://www.encyclopedia.com/people/science-and-technology/geology-and-oceanography-biographies/motonori-matuyama>

In memoriam: Dr. Kenneth F. Clark (1933-2022)

Por Rodolfo Corona Esquivel

Instituto de Geología

Universidad Nacional Autónoma de México



El Dr. Kenneth F. Clark en la XXXIV Convención Internacional de Minería de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, la que tuvo lugar en Acapulco, Guerrero, del 19 al 22 de octubre de 2021. Fotografía proporcionada gentilmente por el Dr. Miguel Ángel Miranda Gasca.

Datos biográficos

El Dr. Kenneth F. Clark nació el 4 de abril de 1933 en Liverpool, Reino Unido, habiendo sido hijo de George Frederick Bruce y Celeste Clark. Debido a que su señor padre era un empleado de la *Shell Petroleum Company*, el Dr. Clark pasó los seis primeros años de su infancia en Venezuela, por lo que el español fue un segundo idioma materno y bien puede decirse que tuvo una relación con los recursos naturales terrestres durante su vida.

Habiendo regresado a Inglaterra en 1939, el Dr. Clark cursó la mayoría de sus estudios básicos en la *Birkenhead School* (1942-1952), donde destacó en los deportes de pista y campo, así como en el rugby, gracias a su constitución atlética; posteriormente, obtuvo el grado de *BSc* en la *Durham University*. A continuación, trabajó durante cuatro años en exploración minera en el oriente y el sur de África con la *Anglo American Corporation of South Africa Ltd.* Después, realizó sus estudios de posgrado en la *University of New Mexico*, en Albuquerque, habiendo obtenido el grado de *MSc* en 1962 y el de *PhD* en 1966. Los requerimientos de especialidad (*minor*) en minería y metalurgia los efectuó en la *Colorado School of Mines*. En 1962, el Dr. Clark regresó a Inglaterra para contraer nupcias con Patricia M. O'Kane.

Desarrollo profesional

El Dr. Clark inició su carrera en el magisterio en la *Cornell University* (1966-1971), la prosiguió en la *Iowa University* (1971-1980) y la finalizó en la *University of Texas at El Paso* (UTEP) desde 1980 hasta 2001, fecha en la que recibió el nombramiento de *Professor Emeritus of Geological Sciences*, distinción que le permitió mantenerse en actividad hasta el día de su fallecimiento.

Sus intereses principales fueron el estudio y la evaluación de yacimientos minerales metálicos y no metálicos, incluyendo a los minerales industriales, con énfasis en los depósitos hidrotermales y abarcando a los recursos energéticos. Su campo de actividades consistía en la exploración, la evaluación económica y la explotación de dichos depósitos. Para el desarrollo de estas actividades era experto en técnicas analíticas tales como la petrografía con luz reflejada (minerografía).

Una faceta de gran importancia durante la vida académica del Dr. Clark fue la tutoría de los alumnos, habiendo llegado a tener miles de ellos tanto de licenciatura como de posgrado, varios de los cuales eran mexicanos. Con algunos de sus alumnos, efectuó estudios en diversas partes del mundo, particularmente en los Estados Unidos y en México, como proyectos de oro diseminado en Nevada y en Sonora, depósitos metálicos en Nuevo México, y depósitos de talco y azufre en el oeste de Texas.

En la última parte de su carrera docente, su temperamento audaz y esforzado lo llevó a afrontar el reto de efectuar la interpretación de la metalogenia de México. Con tal propósito, en 1988, fungió como editor de un número especial de la revista *Economic Geology* dedicada a los yacimientos minerales de México. En 1997, presidió un simposio sobre tales depósitos en Pachuca, Hidalgo.

Aportes principales a la metalogenia de México

La subdivisión del territorio nacional en franjas con una asociación mineral definida surgió con Salas (1975, 1976), quien elaboró un mapa metalogénico del país, dentro del marco de un proyecto internacional para obtener los mapas metalogénicos de determinados países. Para llevar a cabo dicho estudio se realizó un

convenio con otros investigadores del que salieron varios estudios. Las publicaciones iniciales sobre la distribución geográfica de los depósitos minerales en México agruparon a éstos en provincias fisiográficas (Salas, 1975, 1976). Clark y colaboradores (1979) los asociaron en fajas de elementos determinados, es decir, en provincias metalogénicas, las que surgieron en función de arcos magmáticos producidos por subducción y cuya evolución fue determinada por datación isotópica. Dicho mapa sufrió modificaciones en publicaciones subsecuentes (Damon *et al.*, 1981 a, b; Clark *et al.*, 1982; Damon *et al.*, 1984).

En el modelo de evolución del magmatismo propuesto por Damon y colaboradores (1981 a, b), la llamada Orogenia del Terciario medio, subsecuente a la Laramide, tuvo su inicio hace ~40 Ma, al llegar el vulcanismo, en su etapa de avance, de W a E, a su límite oriental, es decir, al alcanzar el ángulo de inclinación de la placa en subducción, respecto a la horizontal, su valor mínimo y mantenerse durante un tiempo considerable en esa posición. Según Clark y colaboradores (1982), durante ese período de estabilidad del ángulo de la placa en subducción, aumentó considerablemente la velocidad de dicha placa y, por ende, la cantidad de magmatismo generado, lo que se reflejó en un incremento en el número de depósitos minerales asociados. Este episodio parece ser el causante de la mineralización, alojada en vetas de rumbo NNW, esencialmente argentífera con metales base asociados a andesitas del Complejo Volcánico Inferior (McDowell y Keizer, 1977).

En relación con la datación de las vetas de Pb-Zn-Ag del distrito minero de Taxco, Clark (1986) menciona datos inéditos de P.E. Damon quien obtuvo 76.2 ± 1.8 Ma en sericita secundaria de una muestra mineralizada y alterada del Esquisto Taxco; así mismo, como límite más joven, consigna una edad de 53.7 ± 1.2 Ma en una muestra de un dique de diorita de hornblenda que corta una veta en la mina Guerrero de tal distrito. Estos datos refuerzan el hecho de que las vetas no cortan las rocas volcánicas félsicas de la Formación Tilzapotla, que fueron datadas en 33 Ma por P.E. Damon (dato también publicado por Clark, 1986).

Respecto al depósito de clase mundial de Ag-Au del distrito minero de Pachuca-Real del Monte, Paul E. Damon determinó un intervalo de tiempo entre 23.7 (Formación Santa Gertrudis) y 21.6 Ma (Formación Zumate), dentro del cual tuvo lugar la mineralización, mediante la datación de horizontes de roca formados antes y después del evento mineralizante (dato también publicado por Clark, 1986).

El lineamiento E-W de yacimientos de oro-plata, en el

que se halla el citado distrito de Pachuca-Real del Monte, fue reportado por primera vez, con base en edades isotópicas, por Clark (1986); con anterioridad, sólo eran conocidos los lineamientos metalogénicos NW-SE, descritos por Salas (1975 y 1976), como ya se señaló. Este lineamiento coincide con la Zona de Fractura México, propuesta por De Cserna (1971, 1976), quien la ubicó a lo largo del borde septentrional del actual Eje Neovolcánico. A lo largo de esta falla se formó una serie de depósitos, esencialmente de plata y oro, cuya edad coincide con el inicio del Mioceno, hacia los 23 millones de años, aunque se tienen en ella depósitos de edades tanto anteriores como posteriores.

Lo antes expuesto sólo es una pequeña parte de la enorme contribución a la metalogenia de México hecha por el Dr. Kenneth F. Clark, quien se mantuvo plenamente activo hasta el día de su sentido deceso, acaecido el 5 de marzo de 2022 en la ciudad de El Paso, Texas.

Distinciones

- 2014, Homenaje a la labor realizada por el Dr. Kenneth F. Clark en favor del conocimiento de la geología económica de la Sierra Madre Occidental, Durango, México.
- 2009, Editor, Geología Económica de México: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, y Servicio Geológico Mexicano.
- 2001, Professor Emeritus of Geological Sciences, University of Texas at El Paso.
- 1993-94, Society of Economic Geologists, Thayer Lindsey Distinguished Lecturer.
- 1988, Editor, edición especial de la revista Economic Geology dedicada a la geología y los depósitos minerales de México (Econ. Geol., v. 83, no. 8).
- 1981-1996, Business Editor de la revista Economic Geology.
- 1979, Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Premio en Geología.

Agradecimientos

Se reconoce profundamente la generosidad de la Sra. Martha Rodríguez, quien amablemente proporcionó el *curriculum vitae* del Dr. Clark, el que sirvió de base para la preparación del presente manuscrito. Así mismo, se agradece al Dr. Miguel Ángel Miranda Gasca por haber provisto la fotografía incluida.

La semblanza completa del Dr. Kenneth Clark, incluyendo sus publicaciones, la pueden descargar de nuestra página web: <http://revistamaya.com/>

PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

Robert Folk: (1925 - 2018)

Robert Folk became interested in classifying sedimentary rocks as a boy admiring his rock collection because the igneous rocks had such exotic names and the sedimentary rocks did not.

Robert Folk se interesó en clasificar las rocas sedimentarias cuando era un niño, admirando su colección de rocas, notando el por qué las rocas ígneas tenían nombres tan exóticos y las rocas sedimentarias no.

Their names, sandstone, limestone, shale, were boring. He decided even then that he would remedy the situation and after his years at college, he did just that.

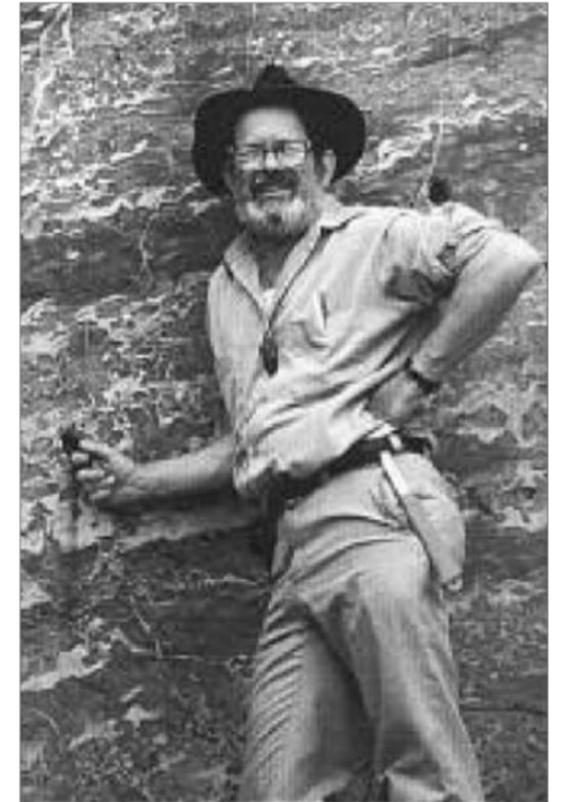
Sus nombres, arenisca, caliza, esquisto, eran aburridos. Incluso entonces, pensó que sería bueno remediar la situación, y después de sus años en la universidad, hizo exactamente eso.

If he had done nothing else with his career, Robert Folk would still be remembered for his classification system for carbonates, which still appears in many textbooks more than 40 years later, as well as a definitive textbook on sedimentology from about the same time. However, this work barely scratches the surface of a very successful career.

Si no hubiera hecho nada más con su carrera, Robert Folk todavía sería recordado por su sistema de clasificación de carbonatos, que todavía aparece en muchos libros de texto más de 40 años después, así como un libro de texto definitivo sobre sedimentología de aproximadamente la misma época. Sin embargo, este trabajo apenas rasga la superficie de una carrera muy exitosa.

In addition to much more extensive work on carbonate deposition, Folk also became interested in Aeolian deposits. He researched grain roundness and coloring of sand in the Simpson Desert in Australia. He similarly investigated pebble shapes in rivers and on beaches in Tahiti. He then turned his attention to archaeological geology.

Además de un trabajo mucho más extenso sobre la deposición de carbonatos, Folk también se interesó en los depósitos eólicos. Investigó la redondez del grano y la coloración de la arena en el desierto de Simpson en Australia. De manera similar, investigó formas de guijarros



en ríos y playas en Tahití. Luego dirigió su atención a la geología arqueológica.

He did research on environmental geology of classical Macedonia, limestone used in construction of the pyramids, and the archaeological geology of Israel, and especially Galilee. He located sources for building materials, isotopically determined the ages of mortar in structures, and determined how iron smelting was carried out in ancient Israel. He even began investigating how the ancient ruins were deteriorating.

Investigó sobre la geología regional de la Macedonia clásica, la roca caliza utilizada en la construcción de las edificaciones y la geología arqueológica de Israel, especialmente de Galilea. Ubicó las fuentes de materiales de construcción, determinó isotópicamente las edades del mortero en las estructuras y determinó cómo se realizaba la fundición del hierro en el antiguo Israel. Incluso,

comenzó a investigar cómo se estaban deteriorando las ruinas antiguas de la cultura griega.

An unquenchable love for Italy led to the discovery that bacteria mainly constructed Roman hot-water travertine (a kind of limestone in springs). Work on these rocks with the Scanning Electron Microscope (SEM) led to the discovery of dwarf bacteria (nannobacteria). About 10,000 of them will fit on a pinhead. He published on the topic with papers like "Nannobacteria in the Natural Environment and in Medicine" to little fanfare or even notice.

Un amor insaciable por Italia, lo llevó al descubrimiento, ahí, que las bacterias producían principalmente el travertino romano, a partir de agua caliente (una especie de roca caliza presente en los manantiales). El análisis de estas rocas con el microscopio electrónico de barrido (SEM), lo condujo al descubrimiento de bacterias enanas (nannobacterias). Unas 10,000 de ellas caben en una cabeza de alfiler. Publicó sobre el tema con artículos como "Nannobacterias en el medio ambiente natural y en la medicina", con poca ostentación o incluso notoriedad.

Nonetheless, Folk began a full research program on the role of nannobacteria in both sedimentary and weathering processes. Then came the announcement by NASA that they may have found nannobacteria in Martian meteorites. The question as to whether there was life on Mars captivated the imagination of the public. Now Folk finds himself in the middle of a controversy and a frenzy of research and publication on terrestrial rocks, Martian meteorites, and human nannobacterial diseases.

No obstante, Folk inició un completo programa de investigación sobre el papel de las nannobacterias en los procesos sedimentarios y de meteorización. Luego, surgió el anuncio de la NASA de que podrían haberse encontrado nannobacterias en meteoritos marcianos. La pregunta de si había vida en Marte cautivó la imaginación del público. Ahora, Folk se encuentra en medio de una controversia y un frenesí de investigación y publicación sobre rocas terrestres, meteoritos marcianos y enfermedades nannobacterianas humanas.

Robert Folk was born on September 30, 1925, in Cleveland, Ohio. He graduated from Shaker Heights High School and enrolled in Pennsylvania State University in College Park in 1943. He earned all of his degrees at Penn State, including a bachelor of science degree in 1946, a master of science degree in 1950, and a Ph.D. in 1952. His adviser for all of his research was Paul Krynine, but he also spent a year at Columbia University, New York.

Robert Folk nació el 30 de septiembre de 1925 en Cleveland, Ohio. Se graduó de la escuela secundaria Shaker Heights y se matriculó en la Universidad Estatal de Pensilvania en College Park en 1943. Obtuvo todos sus títulos en Penn State, incluida una licenciatura en ciencias

en 1946, una maestría en ciencias en 1950 y un doctorado en ciencias en 1952. Su asesor para toda su investigación fue Paul Krynine, pero también pasó un año en la Universidad de Columbia, en Nueva York.

He married Marjorie Thomas in 1947, and they had three children. He has enlisted them as field assistants on several projects. At the end of his graduate career he accepted a position as a geologist for Gulf Research and Development Co. in Houston, Texas, and Pascagoula, Mississippi. In 1952, Folk joined the faculty at the University of Texas at Austin and remained there for his entire academic career. *Se casó con Marjorie Thomas en 1947 y tuvieron tres hijos. A los que luego integró como asistentes de campo en varios de sus proyectos. Al final de su posgrado, aceptó una responsabilidad como geólogo para Gulf Research and Development Co., en Houston, Texas y Pascagoula, Mississippi. En 1952, Folk se unió a la facultad de la Universidad de Texas en Austin y permaneció allí durante toda su trayectoria académica.*

He held several endowed chairs in the department including the Gregory Professorship in sedimentary geology (1977-1982) and the Carlton Professorship of geology (1982-1988). He retired as a professor emeritus in 1988 as well as accepting a position of senior research scientist at the Texas Bureau of Economic Geology, Austin. He was a visiting professor several times during his career at the Australian National University in Canberra (1965), at Università degli Studi in Milan, Italy (1973), and at Tongji University in Shanghai, China (1980).

Ocupó varias cátedras en la facultad, incluida la Cátedra Gregory en geología sedimentaria (1977-1982), y la Cátedra Carlton de geología (1982-1988). Se retiró como profesor emérito en 1988 y aceptó un puesto como científico investigador principal en la Oficina de Geología Económica de Texas, en Austin. Fue profesor invitado varias ocasiones durante su carrera a la Universidad Nacional de Australia en Canberra (1965), en la Università degli Studi en Milán, Italia (1973) y en la Universidad Tongji en Shanghai, China (1980).

Robert Folk has led a very productive career authoring more than 100 articles in international journals and professional volumes. Many of these articles are definitive works on carbonate petrology. He also wrote a successful textbook entitled, *Petrology of Sedimentary Rocks*, with six printings between 1957 and 1980.

Robert Folk ha llevado una carrera muy productiva con la autoría de más de 100 artículos en revistas internacionales y volúmenes profesionales. Muchos de estos artículos son trabajos trascendentes sobre petrología carbonatada. También escribió un exitoso libro de texto titulado "Petrología de rocas sedimentarias", con seis ediciones entre 1957 y 1980.

His research contributions and teaching ability have been well recognized by the profession as evidenced by his numerous honors and awards. For teaching, he received The Geology Foundation Outstanding Teacher Award and the Carolyn G. and G. Moses Knebel Distinguished Teaching Award, both from the University of Texas, the Neil Miner Award from the National Association of Geology Teachers (1989), and the Distinguished Educator Medal from the American Association of Petroleum Geologists (1997).

Sus contribuciones a la investigación y su capacidad docente han sido bien reconocidas en la profesión, como lo demuestran sus numerosos honores y premios. Por su labor docente, recibió el Premio al Profesor Sobresaliente de la Fundación de Geología y el Premio a la Enseñanza Distinguida Carolyn G. y G. Moses Knebel, ambos de la Universidad de Texas, el Premio Neil Miner de la Asociación Nacional de Profesores de Geología (1989) y el Premio a la Medalla de Enseñanza Distinguida como Educador de la Asociación Estadounidense de Geólogos Petroleros (1997).

For his research, Folk received three best paper awards from American Association of Petroleum Geologists, and Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM). He was awarded the Twenhofel Medal from SEPM (1979), the Sorby Medal from the International Association of Sedimentologists (1990), and the Penrose Medal from Geological Society of America (2000).

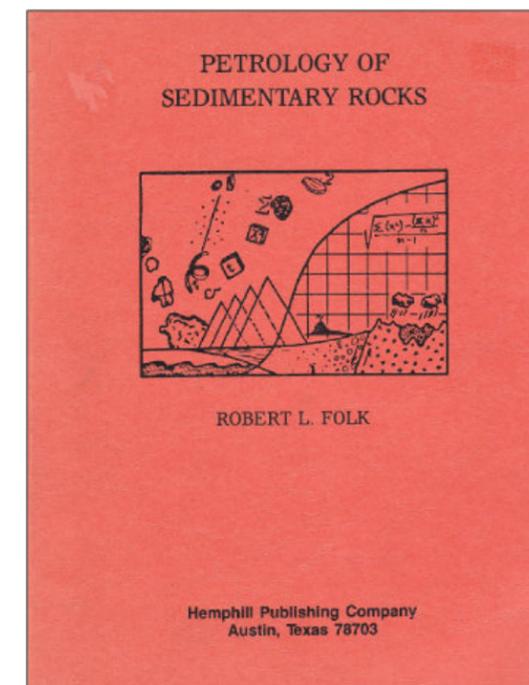
Por su investigación, Folk recibió tres premios al mejor artículo de la Asociación Estadounidense de Geólogos del Petróleo (AAPG) y la Sociedad Económica de Paleontólogos y Mineralogistas (SEPM). Recibió la Medalla Twenhofel de la SEPM (1979), la Medalla Sorby de la Asociación Internacional de Sedimentólogos (1990) y la Medalla Penrose de la Sociedad Geológica de América (en el año 2000).

**Traducida por Salvador Ortuño Arzate
Colaborador de la Revista**

Bibliography about Mexico

- Folk, R.L. 1962. Sorting in some carbonate beaches of Mexico: Trans. N.Y. Acad. Sci., Ser. 2, 25: 222-244.
 Folk, R.L. 1966. A review of grain-size parameters. Sedimentology. 6: 73-93.
 Folk, R.L. 1967. Sand cays of Alacran Reef, Yucatan, Mexico: Morphology. Jour. Geol. 75: 412-437. Folk, R.L. and Robles, R. 1964. Carbonate sands of Isla Perez, Alacran Reef complex. Jour. Geol. 72: 255-292.
 Folk, R.L., Hayes, M. O. and Shoji, R. 1962. Carbonate sediments of Isla Mujeres, Quintana Roo and vicinity. New Orleans Geol. Soc. Guidebook, Field Trip to Yucatan Peninsula, 85-100.
 Folk, R.L., and A. S. Cotera. 1971. Carbonate sand cays of Alacran Reef, Yucatan, Mexico: Sediments. Atoll Research Bulletin no.137. 35 pp.

<https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Robert-L-Folk-11545972>



<https://www.amazon.com/Petrology-Sedimentary-Rocks-Robert-Folk/dp/0914696149>

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Karina M. Zenteno González

Origen y evolución de los fluidos hidrotermales localizados en la caldera El Aguajito, Baja California Sur, México.

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias: 2022

Sustentante: **Karina Montserrat Zenteno González**

Director de tesis: *Dr. Efraín Gómez Arias*

Resumen

Actualmente no existe un modelo sobre el origen de los fluidos hidrotermales presentes en la caldera El Aguajito (CEA). En este trabajo, se propone un modelo conceptual para explicar el origen y evolución de los fluidos hidrotermales presentes en la CEA, el cual se correlacionó con la geología del área y modelos de geofísica (gravimétricos, sísmicos y de MT) publicados en la literatura. Para este modelo se realizó un análisis y caracterización geoquímica e isotópica de los fluidos (aguas) de las manifestaciones hidrotermales Agua Agria (AA), El Azufre (EA), La Reforma (LR) y los pozos domésticos de San Alberto (SA). A partir de la caracterización geoquímica se concluye que los fluidos de la manifestación AA son de tipo ácidos sulfatados, formados por condensación de gases (geotérmicos/magmáticos) en aguas subterráneas y meteóricas someras muy cercanas a la superficie. Estos gases (mezcla de vapor y otros volátiles), fueron disueltos en el fluido geotérmico a profundidad y posteriormente se separaron del fluido clorurado por procesos de ebullición durante su ascenso a la superficie, para luego condensarse en las aguas someras. Se propone que la manifestación AA es una salida del posible reservorio localizado bajo la CEA, la cual viaja lateralmente antes de emerger. La manifestación EA presenta fluidos de tipo neutro sulfatados sódicos los cuales pasan por procesos de evaporación ebullición y mezcla durante su ascenso a superficie, sus altas concentraciones de SO_4 son un posible resultado de condensación de vapor en aguas someras. También en esta zona hidrotermal se estimó una temperatura geotermométrica de Na/K promedio de 190 °C. Para SA se infieren fluidos resultado de mezcla de aguas someras con aguas meteóricas. La manifestación LR presenta fluidos parcialmente equilibrados que pasan por procesos de evaporación ebullición y mezcla con agua marina (probablemente durante su ascenso a superficie), apoyando la hipótesis establecida previamente en la literatura de una intrusión salina.

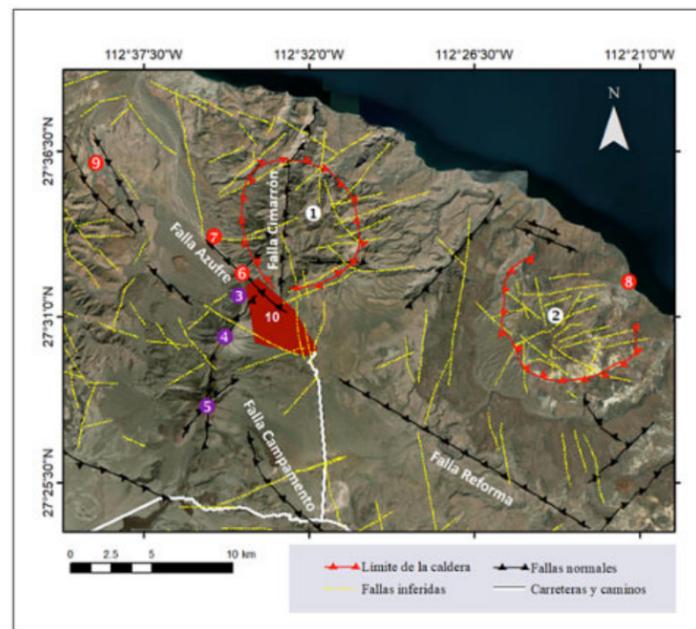


Figura 1. Zona de estudio. 1) Caldera El Aguajito; 2) Caldera La Reforma; 3) Volcán El Viejo; 4) Volcán El Azufre; 5) Volcán La Virgen; 6) Manifestación El Azufre; 7) Manifestación Agua Agria; 8) Manifestación La Reforma; 9) Manifestación San Alberto; 10) Campo geotérmico Las Tres Vírgenes.

Clasificador de imágenes sísmicas para el reconocimiento de características geológicas aplicando inteligencia artificial

Instituto Politécnico Nacional.

Tesis para obtener el título de: Ingeniero Geofísico, 2021

Sustentante: **Cruz Reyes Ana Katya**

Directores de tesis: *Ing. Miguel Gómez Santiago e Ing. Hammurabi Sevilla García.*

Resumen

Este trabajo se originó al realizar veinte pruebas con un banco de imágenes sísmicas aplicando un clasificador de imágenes de inteligencia artificial. El algoritmo se adaptó para clasificar patrones específicos en imágenes sísmicas que representan diversas estructuras geológicas. Se expondrá dos pruebas que obtuvieron el mayor porcentaje de exactitud al clasificarlas. Los datos utilizados se obtuvieron de la página Terra Nubis con fines de investigación. El cubo sísmico perteneciente al Mar del Norte contiene líneas procesadas. En ellas se observan claramente los diferentes patrones de estructuras geológicas que pueden encontrarse en imágenes de prospección sísmica. Siendo estos datos de interés para identificación y extracción de hidrocarburo o de investigación específicos en yacimientos. Se exportó con ayuda del software OpendTect en formato jpg cada imagen de las líneas sísmicas que componen al cubo sísmico. Obteniendo un total de novecientas cincuenta y cuatro imágenes de las cuales se determinaron distintas clases. Se entrenó a la red con estos archivos de entrada, con una a dos capas y variando tamaños de kernel con un valor máximo de nueve. Logrando, en la prueba número dos, un valor en porcentaje de precisión máxima de sesenta y seis por ciento. Donde identificó con unos noventa dos porcientos de precisión imágenes de fallas y con el ochenta y dos por ciento imágenes de depósitos dentro de una imagen sísmica con dimensiones de cuatrocientos cuarenta y nueve por seiscientos noventa y seis píxeles. El resultado brindó que los patrones locales como entrapamientos, fallas y graben o con dos estructuras regionales en una misma imagen resultaron con menos del treinta a cero por ciento de precisión. Esto nos brinda un camino más para realizar investigaciones subsecuentes que logren aumentar el porcentaje de exactitud con un banco de imágenes mayor y herramientas que soporten más de diez interacciones con redes neuronales convolucionales de más de tres capas. Esto para determinar patrones específicos de interés. Siendo este solo el principio de las múltiples aplicaciones que la inteligencia artificial puede ofertar.

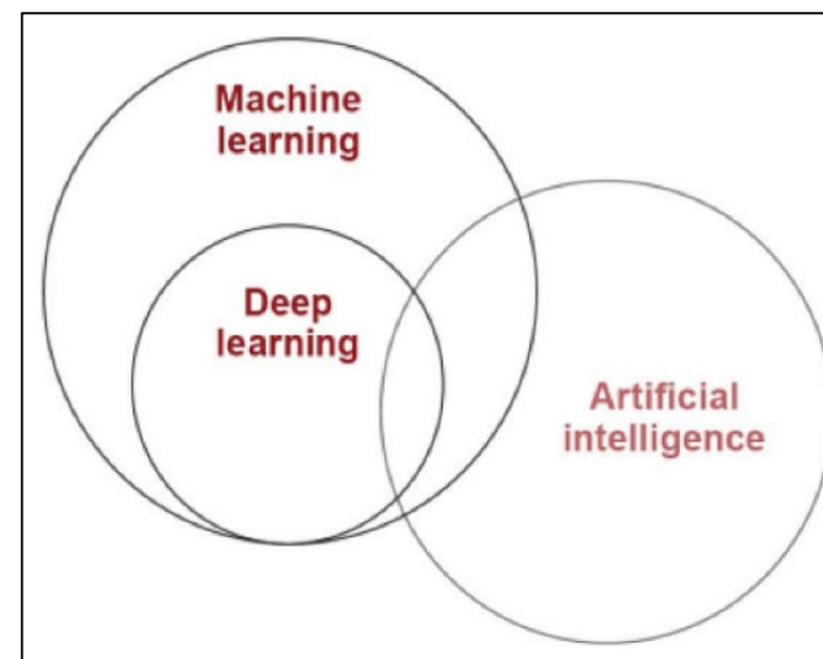


Figura 1.1. Diagrama de Venn que representa una de varias definiciones que componen a la Inteligencia Artificial (grokking Deep Learning, Trask, 2019).

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

Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa (UNSA)

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo, 2021

Sustentante: **Ortega del Carpio Luis Fernando**

Asesor: *Mg. Willy Roberto López Tejada*

Resumen.

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



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

Los bosques de manglar durante el Holoceno en la costa del Golfo de México y el Caribe Mexicano.

Universidad Nacional Autónoma de México

Tesis para optar por el grado de: Doctora en Ciencias de la Tierra, Abril 2021

Sustentante: **María Cecilia Cordero Oviedo**

Asesor: *Alexander Correa Metrio*, Centro De Geociencias, UNAM, Juriquilla, Querétaro

Resumen.

La investigación realizada en esta tesis contribuye al estudio de los bosques de manglar desde una óptica histórica, la cual requiere del entendimiento actual de estos ecosistemas en las planicies costeras de Veracruz y Quintana Roo. Las dos lagunas costeras seleccionadas para este estudio se rodean de bosques de manglar con diferente composición de especies. Con el fin de estudiar la historia de formación de estos bosques se analizaron núcleos de sedimento de ambos sitios de estudio con la metodología adecuada para su extracción. Posteriormente, cada núcleo de sedimento fue muestreado en el laboratorio para realizar los análisis de polen, geoquímica, luminiscencia ópticamente estimulada, isótopos y partículas de carbón. Los resultados a través del polen y la datación nos permitieron reconstruir la vegetación de los últimos 8,000 años en la laguna La Mancha (Veracruz), y de los últimos 6,000 años en la laguna La Encantada (Quintana Roo). Por otra parte, los indicadores no biológicos analizados permitieron interpretar las condiciones ambientales y los procesos sedimentarios que han hecho posible el establecimiento de los bosques de manglar a través del tiempo. Estas condiciones y procesos que hacen posible el establecimiento de los bosques de manglar y su relación con la vegetación se analizan en cada cuerpo lagunar, y posteriormente se comparan para determinar las condiciones que requieren las especies de manglar para su desarrollo. Sin embargo, los cambios pueden ser ocasionados por fenómenos locales o regionales. En términos generales, uno de los factores regionales que afectan al Golfo de México y al Caribe mexicano –y por tanto los bosques de manglar seleccionados en el presente estudio –es el cambio relativo del nivel del mar, con grandes aumentos desde el Holoceno temprano hasta ~ 3500 años cal AP, cuando inicia su relativa estabilidad. Los registros de polen de ambos sitios muestran cambios significativos desde 3500 años cal AP hacia el Presente, especialmente en la laguna La Mancha. Por tanto la estabilidad del nivel del mar es uno de los factores determinantes para el establecimiento de los bosques de manglar moderno. A partir de 3500 años cal AP hasta el Presente los factores locales como la erosión diferencial del terreno, la ocupación humana, la dinámica hidrológica local y los disturbios naturales determinan los cambios en la conformación de los bosques de manglar. En Quintana Roo, la influencia de la ocupación humana como una de las principales modificadoras del paisaje data del Holoceno medio. Esta información ha sido confirmada en esta investigación a través de las partículas de carbón con las mayores concentraciones de estas partículas se concentran a partir de ~ 5000 años cal AP. Los resultados permiten determinar el establecimiento de bosques de manglar modernos a partir de los ~ 3500 años cal AP en la laguna La Mancha, (Veracruz), y a partir de ~ 600 años cal AP en la Encantada (Quintana Roo). A través del registro en los núcleos de sedimento en ambas lagunas se documentan cambios regionales entre periodo húmedos y más secos pero también se pueden distinguir procesos locales que se superponen en algunos periodos de tiempo.

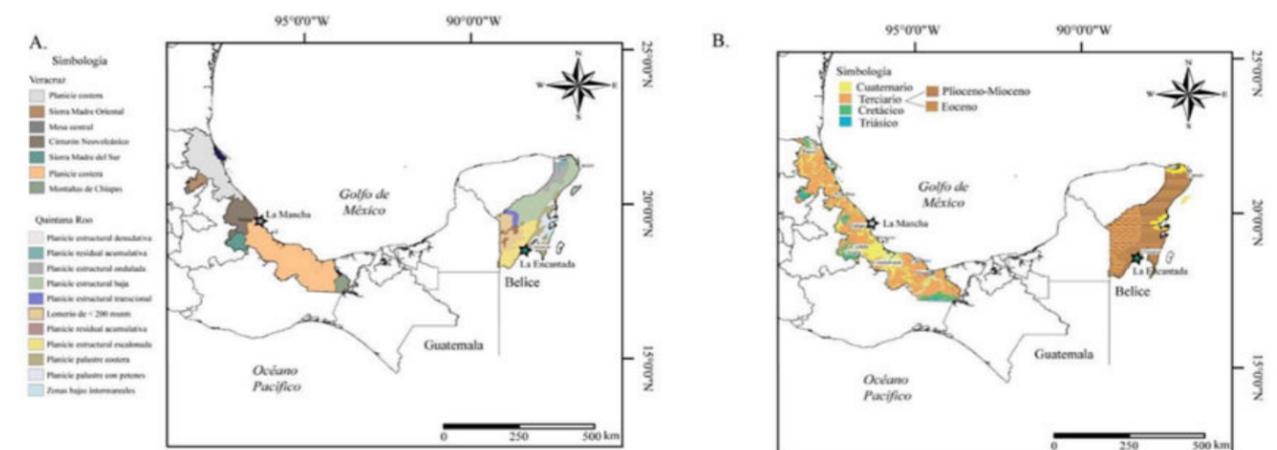


Figura 1.1. Mapa geomorfológico de los sitios de estudio. Elaboración propia a partir de: Geissert, 1999 y Bautista et al., 2005a. B. Mapa geológico de las regiones bajo estudio; elaboración propia a partir de: Rodríguez-Elizarrarás y Morales-Barrera, García y Grael, 2010.

Modelado en tres dimensiones de datos gravimétricos y aeromagnéticos del campo volcánico Los Tuxtlas, Veracruz, México

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

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geofísica Aplicada, 2021

Sustentante: **Rodrigo Pérez Luján**

Director de Tesis: *Dr. Juan García Abdeslem*

Resumen.

El Campo Volcánico Los Tuxtlas (CVLT), enclavado sobre la planicie costera del Golfo de México al sur del estado de Veracruz, está constituido por cuatro edificios volcánicos de composición mayormente alcalina: San Martín Tuxtla (SMT), San Martín Pajapan (SMP), Santa Marta (SM) y el Cerro El Vigía (CEV), además de numerosos conos de escoria y mares. La datación de las rocas volcánicas del campo ha permitido inferir que la actividad volcánica en esta región inició hace aproximadamente 7 Ma. Y la última erupción reportada fue la del volcán SMT en 1793. El campo volcánico está limitado hacia el norte por el Golfo de México, al este por la Cuenca Salina del Istmo y al oeste y sur por la Cuenca de Veracruz. Esta última se ha clasificado como cuenca de antepaís, en la cual se depositaron secuencias sedimentarias del Jurásico al Cuaternario. Se infirió la estructura cortical en esta región mediante la modelación inversa lineal de datos gravimétricos y aeromagnéticos. El modelo de densidades obtenido sugiere que las cuencas sedimentarias que rodean al campo volcánico alcanzan una profundidad de al menos 8 km en su zona más profunda, muestran continuidad hacia la región marina y presentan una disminución de espesor hacia el suroeste y sureste. Asimismo, el modelo de densidades muestra cuerpos anómalos ($\sim 2.76 \text{ g/cm}^3$) subyaciendo las zonas central y oriental del campo. El modelo magnético muestra la presencia de un cuerpo con alta susceptibilidad magnética (0.023 a 0.1 SI) y de gran volumen que se extiende hasta una profundidad de entre 10 y 15 km bajo los volcanes SM y SMP, así como una estructura estrecha y alargada en una dirección coincidente con el sistema de fracturas con rumbo NW-SE en la zona central del campo, lo cual sugiere la presencia de un vulcanismo fisural asociado a la distribución lineal de conos de escoria encontrados en el área. Al occidente, se encontraron regiones de menor volumen y susceptibilidad magnética (0.023 a 0.05 SI) bajo el CEV, así como una región magnetizada, aplanada y somera al noroeste del Vigía, donde la topografía muestra pocos rasgos prominentes. Resalta la ausencia de cuerpos intensamente magnetizados bajo el volcán SMT y los numerosos aparatos volcánicos situados sobre sus pendientes.

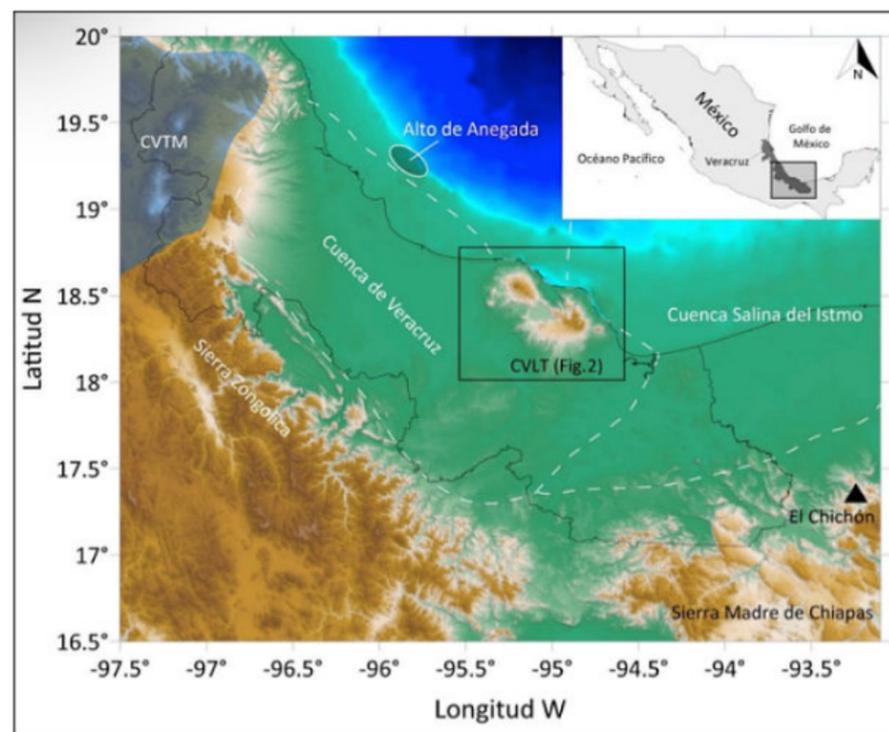


Figura 1.1. Localización de la zona de estudio. Las líneas blancas punteadas indican los límites de las cuencas que rodean el CVLT. Las líneas negras delgadas indican la línea de costa y la frontera del estado de Veracruz. La región sombreada de color azul indica la zona oriental del CVTM. Iztaccíhuatl, algunos volcanes monogenéticos como el volcán Jorullo el volcán Paricutín y el volcán de Xico (Ferrari, 2000; Tuena et al., 2005).

Evaluación geotécnica de voladura para el control de daño de taludes en minería superficial - mina Toquepala, Perú

Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa (UNAS)

Tesis para optar el Título Profesional de: Ingeniero Geólogo, 2021

Sustentante: **Mamani Roque, Milton Raul**

Asesor: *MSc. Meza Arestegui, Pablo Ruben*

Resumen.

La presente tesis tiene como finalidad de entender el daño que producen las voladuras a los taludes a nivel de banco, por lo cual en el estudio se considera 15 metros de altura. En el capítulo I, se realiza una introducción, donde se menciona los antecedentes, objetivos, etc. del proyecto de tesis desarrollado en la Mina Toquepala. En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico de la tesis, describiendo la geología regional de la zona de estudio, la geología estructural y la hidrogeología, la permeabilidad se da por las fracturas con un valor de 10-8 a 10-13 m/s, es decir se trata de una permeabilidad secundaria.

En el marco geotécnico, se desarrolla los suelos en la geotecnia, es decir, origen de suelos, clasificación de suelos de acuerdo al sistema SUCS, caracterización del macizo rocoso, que se considera 3 métodos de clasificación en esta tesis, la clasificación geomecánica del GSI y el RMR de 1989, la información que utiliza los programas geotécnicos es la del GSI. Por lo tanto, se realizó conversiones del RMR al GSI, para la caracterización en macizo rocoso en minería superficial se realiza el mapeo geotécnico y el logueo de sondajes geotécnicos, y se desarrolla su procedimiento de manera general. Se describe los tipos de rotura más comunes que se presenta en minería a cielo abierto que son: el de tipo planar, cuña y vuelco.

Seguidamente, se describe el proceso de las voladuras de proyecto en mina, fracturamiento, la fragmentación, voladura controlada, voladura de precorte para minimizar los daños a los taludes finales de acuerdo a los diseños, se describe también la instrumentación utilizada para el monitoreo de vibraciones, desarrollando conceptualmente el uso de los sismógrafos y finalmente en este capítulo se desarrolla los conceptos de velocidad partícula pico que determina el nivel pico de vibración que daña a los taludes de acuerdo a los estudios anteriores. En el capítulo III, se describe la zona de estudio, la geología local. El tipo de roca que predomina son: rocas volcánicas, como dacita, andesita, riolita y rocas intrusivas como diorita y granodiorita. En el capítulo IV, en la zona de estudio se realiza el mapeo geomecánico, seleccionando 5 celdas y se realiza el análisis estereográfico y cinemático.

Se determina que el macizo rocoso es de una calidad de regular a buena, es decir desde 55 a 75 de RMR y los parámetros geotécnicos como el ángulo de fricción se determinó 30 grados, considerando la cohesión el valor de cero, esta información mencionada se introduce al programa Dips 6.0 de Rocscience para evaluar las potenciales roturas que podrían generarse en los taludes. Seguidamente se realiza el análisis de equilibrio límite, se plantea 3 líneas de secciones en planta y se obtiene el perfil geométrico del talud mediante el programa Minesight, que a continuación se exporta al AutoCAD y finalmente se lleva al SLIDE 6.0 de Rocscience para el análisis de estabilidad. Obteniéndose valores superiores de 2.9.

Finalmente, se realiza la evaluación geotécnica de voladura, mediante el uso de un cuadro de doble entrada, evaluando el factor de diseño y el factor de la condición de la cara de banco, que en general evalúan numéricamente entre 0 y 1. En el sector Norte y Noreste de estudio del nivel 3280, se obtiene en la evaluación del factor de diseño valores de 0.45 a 0.94, en consecuencia del valor alto es debido a que se realizó voladura de pre corte y dio buenos resultados cercanos a la unidad, y el factor de condición se obtuvo valores de 0.41 hasta 0.76.

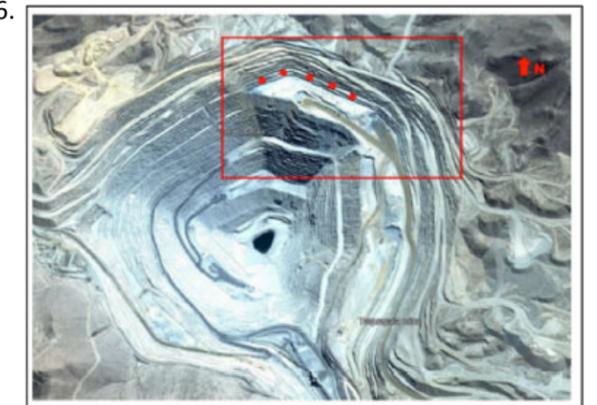


Figura 1.1. Ubicación de la zona de estudio.

TRABAJO EN EQUIPO

HISTORIAS



Isabel Gascón Villa

Basado en
“Las 17 Leyes incuestionables del trabajo en equipo”
por John C. Maxwell

Ilustraciones por JoséLuis Gutiérrez Gascón

Manuscrito completo: [Trabajo en Equipo - Isabel Gascón Villa](#)



ISABEL GASCÓN VILLA
Ingeniera Geóloga

Líder de proyectos de Desarrollo Organizacional con 20 años de experiencia

Participando en 50 proyectos desarrollados por el Instituto Mexicano del Petróleo para Petróleos Mexicanos, en las áreas de Exploración y Producción, Perforación y Refinación, dirigidos a la Configuración de: redes de expertos, Desarrollo de competencias, Desarrollo de liderazgo, Mapeo de asimilación de implantación de sistemas organizacionales, Diseño de Plan de Formación, Plan Integral de Carrera, Identificar y Documentar Practicas de Valor, Mecanismos para la transferencia del conocimiento, Detección de necesidades de capacitación, Administración de Desarrollo Profesional, Diagnostico de Desempeño, Esquemas de implementación, Elaboración de Instrumentos de Evaluación, Diagnostico de Salud, Revisión de Manuales.

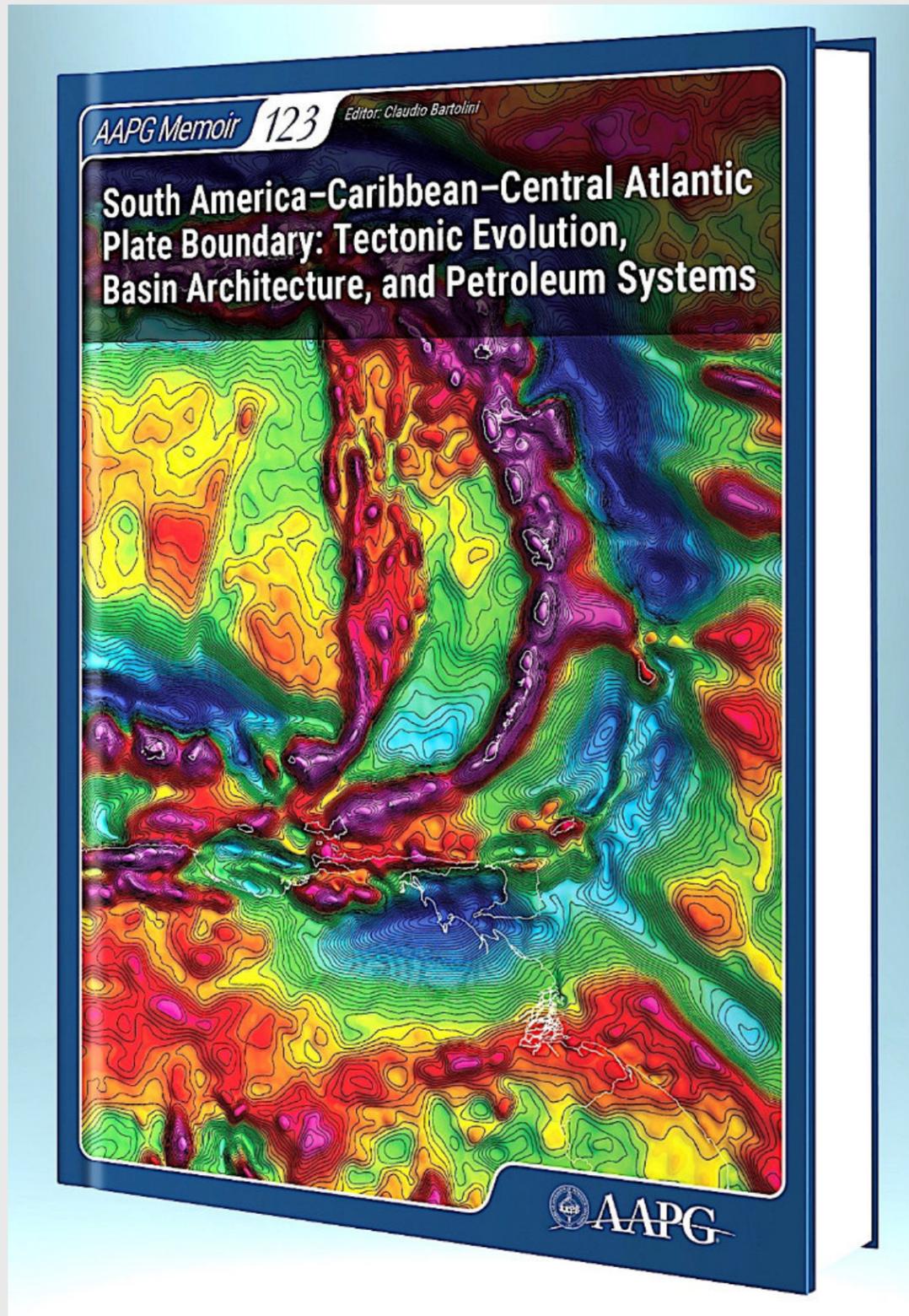
Catedrática en el Instituto Politécnico Nacional de Competencias Suaves en Diplomado de Inducción a las Técnicas de Geociencias en la Exploración de Hidrocarburos.

Isabel posee un título de Ingeniera Geóloga (UNAM) y uno en Maestría: Maestra en Administración, Área de Recursos Humanos (Universidad Veracruzana). Es Diplomada en Gerencia de Capacitación con Base en competencias Laborales, Administración de Proyectos, Consultoría Organizacional, Control total de Calidad y en Software de aplicaciones.

isabelgasconvilla@hotmail.com

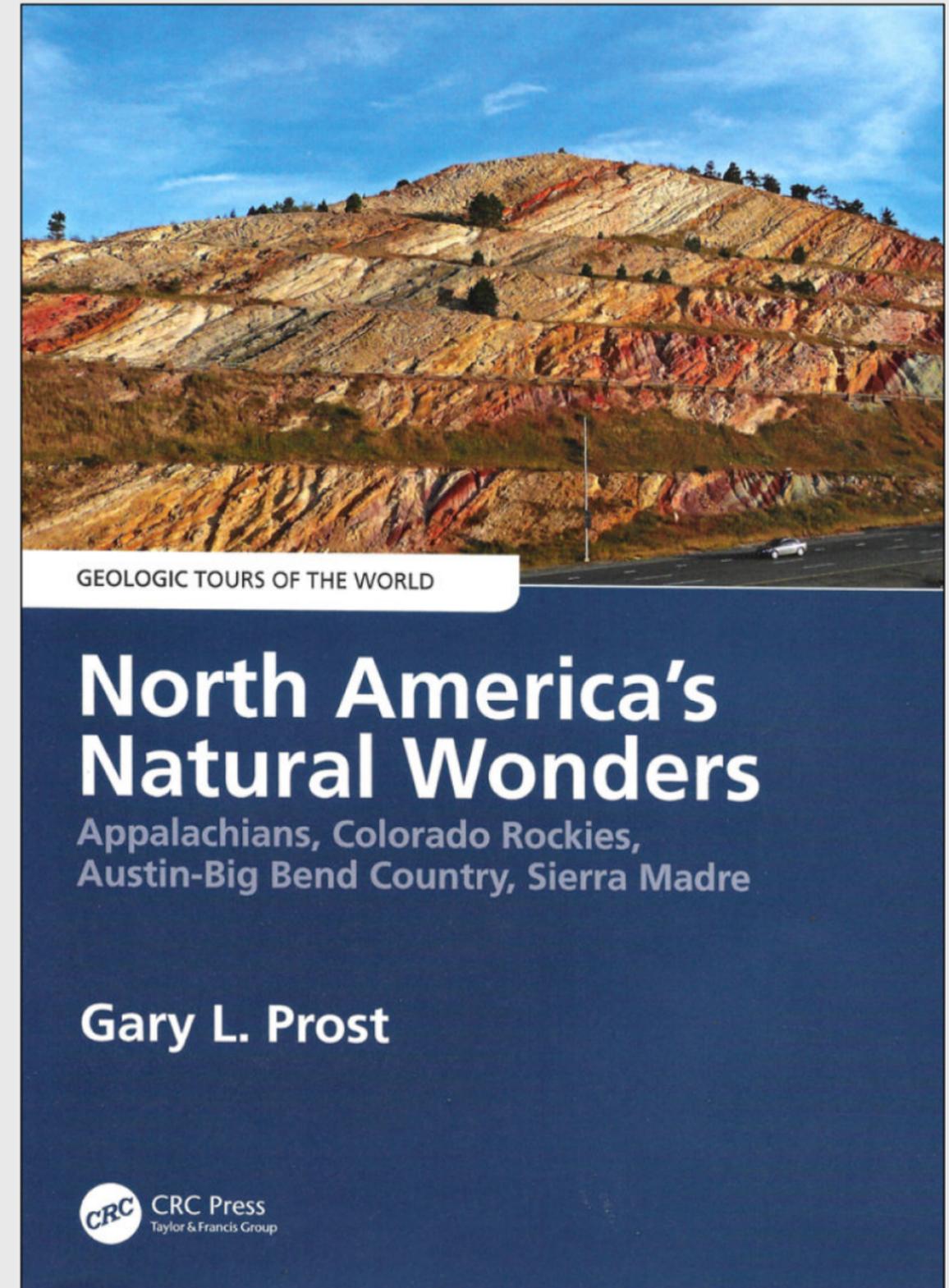
El libro recomendado

<https://store.aapg.org/detail.aspx?id=1317>



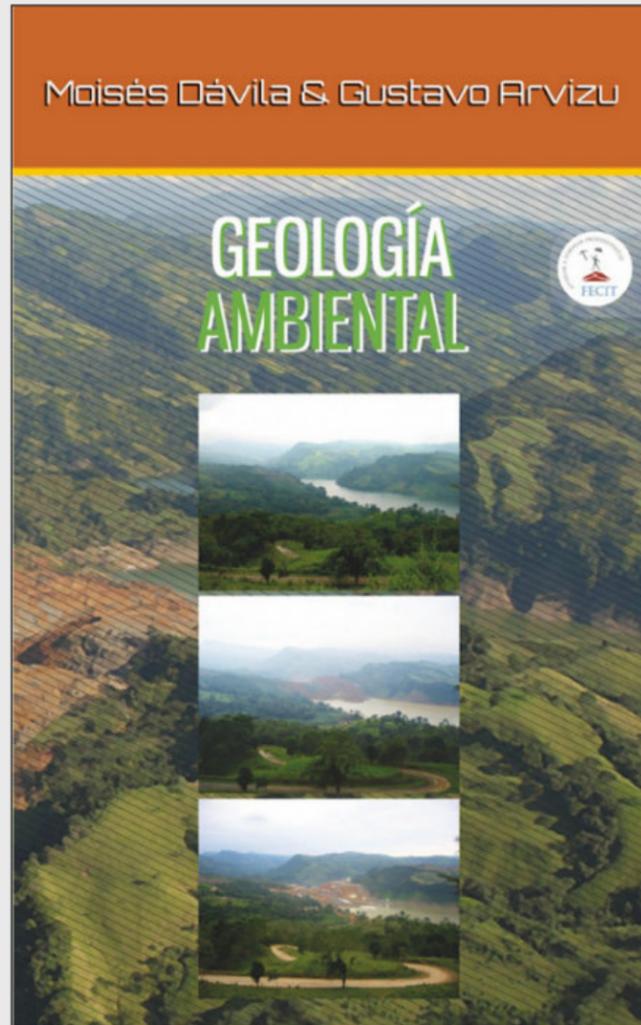
El libro recomendado

<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781003015468/north-america-natural-wonders-gary-prost>

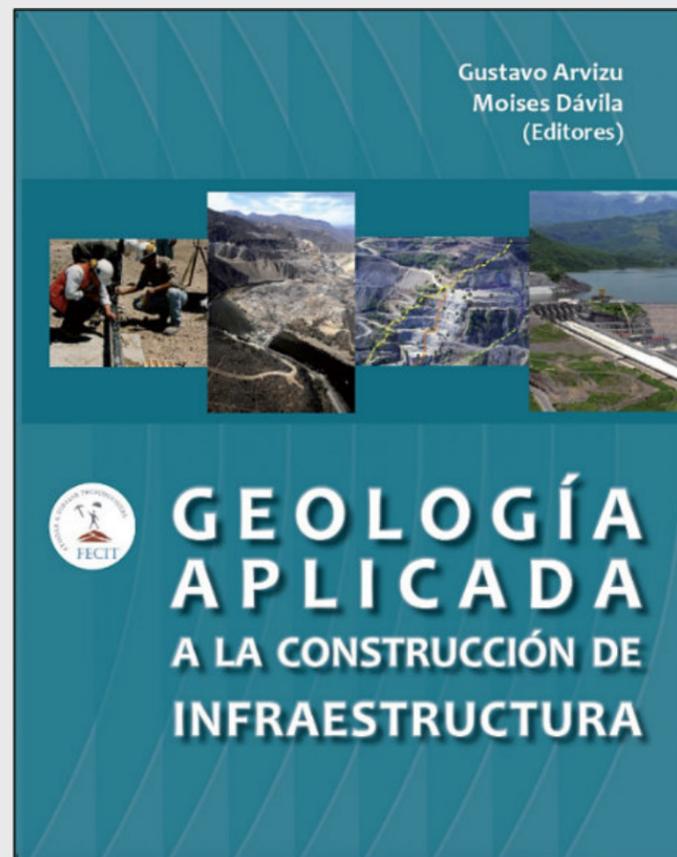


El libro recomendado

Lo que se recaude por la venta de los libros es para la **Fundación ProCiencias de La Tierra**, para pagar becas de alumnos de geología y geofísica de bajos recursos en México.



https://www.amazon.com/dp/B09TY5KP7F?ref=k4w_ss_store_lp



https://www.amazon.com/dp/B09WJB6NCG?ref=k4w_ss_store_lp

TEMAS DE INTERÉS

Agua Subterránea y Cambio Climático

Danael Aceves Padilla y Jürgen Mahlkecht

Escuela de Ingeniería y Ciencia, Tecnológico de Monterrey

danael.aceves@tec.mx

jurgen@tec.mx

Enfoque del artículo

Con motivo del Día Mundial del Agua que se celebra cada 22 de marzo se presenta este texto que describe la relación entre el cambio climático y el agua subterránea. El agua subterránea es un recurso vital pero invisible a muchos, cuyo uso ha incrementado vigorosamente en las últimas décadas por el crecimiento poblacional, la urbanización, el crecimiento de la agricultura y la industria, lo cual ha provocado impactos negativos a la sociedad y los ecosistemas. El efecto del cambio climático ha exacerbado esta situación, ya que en muchos lugares ya no se cuenta con la disponibilidad de agua superficial confiable por su escasez o mala calidad. Actualmente muchos acuíferos en México están usados de manera no sostenibles y su futuro como fuentes de abastecimiento está en juego. Por ende, es necesario concientizar a la sociedad y buscar la mitigación de esta situación como un esfuerzo entre muchos actores.

Palabras clave: Agua Subterránea, Cambio Climático, México

El Ciclo del Agua y el Cambio Climático

Hoy día se enseña a todos los niños el ciclo del agua. Es decir, el agua se evapora de los océanos y de la superficie de la tierra, es transportada sobre la Tierra, en la atmósfera, en forma de vapor de agua, se condensa formando nubes y se precipita en forma de lluvia o nieve sobre el océano y la tierra. Una parte de esta agua es interceptada por la vegetación y/o evapora nuevamente, otra parte genera escorrentía en la superficie terrestre (escurrimiento superficial), y finalmente una menor parte se infiltra en los suelos hasta alcanzar el nivel freático y recargar los acuíferos (agua subterránea). Tarde o temprano, toda el agua que escurre en la superficie y en el subsuelo se incorpora a los cuerpos de agua superficiales y/o desemboca en los océanos, en donde se evapora nuevamente.

Muchos de nosotros hemos escuchado del cambio climático. El cambio climático, de acuerdo con la NASA (National Aeronautics and Space Administration) es un cambio a largo plazo en los patrones climáticos como los de lluvia y temperatura promedio que han permitido definir los climas locales, regionales y globales de la Tierra. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el 2015, asegura con un 95% de certeza que la actividad humana es actualmente la causa principal del calentamiento global¹.

Este mismo Grupo asegura que las emisiones antropogénicas de ciertos gases que atrapan el calor - llamados “gases de efecto invernadero” han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado mayores concentraciones atmosféricas de gases invernadero como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en por lo menos los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX¹.

El dióxido de carbono (CO₂) atrapa el calor que se libera a través de actividades humanas como la deforestación y la quema de combustibles fósiles, así como procesos naturales como la respiración y las erupciones volcánicas. Los niveles de CO₂ históricos obtenidos a partir de núcleos de hielo muestran que desde el comienzo de la era industrial (1850) a la actualidad las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado en más del 100% (Figura 1). Esto es más de lo que sucedió naturalmente durante un período de 800.000 años (entre 185 ppm y 280 ppm)².

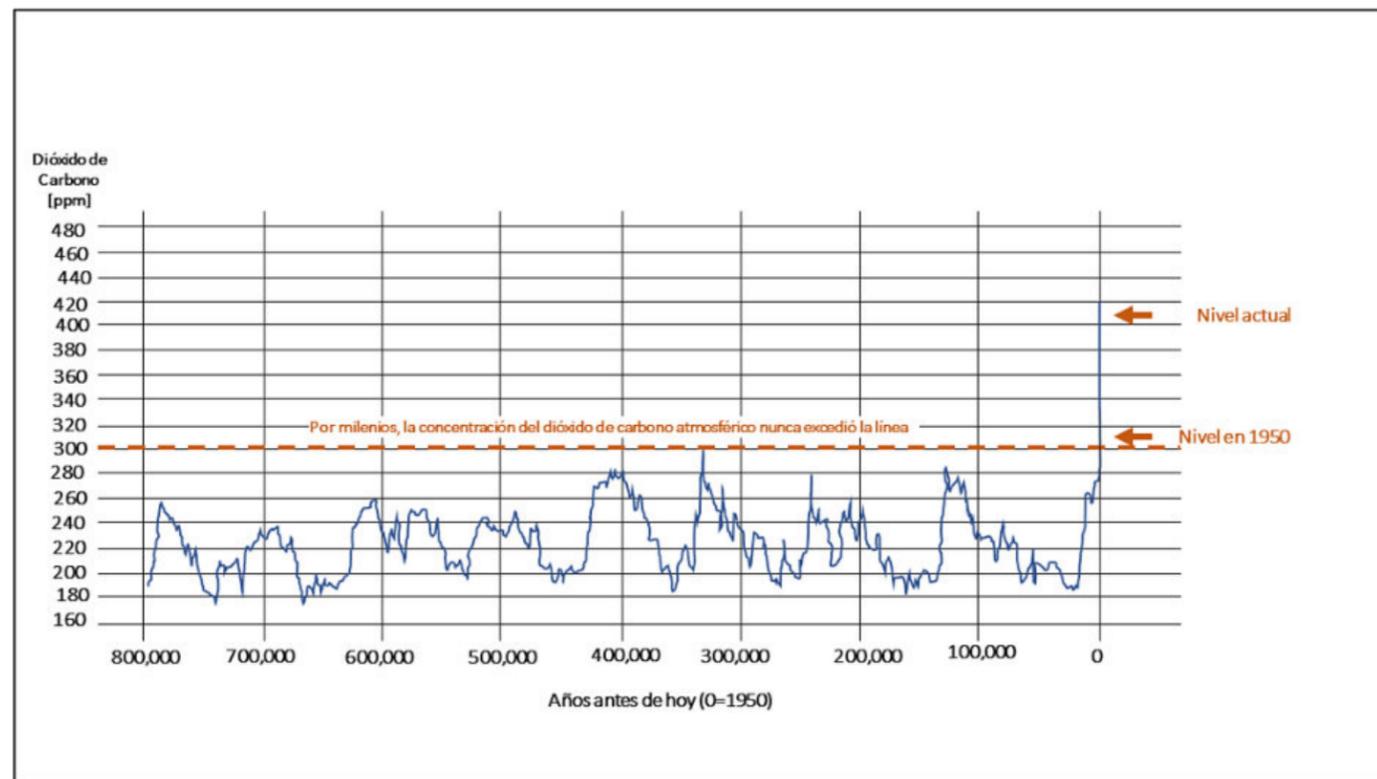


Figura 1. Niveles históricos de CO₂ obtenidos de muestras atmosféricas en núcleos de hielo. Tomado y modificado de <https://climate.nasa.gov/evidence/>

Las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera han provocado el incremento de la temperatura en la tierra y en la superficie de los océanos, mares, lagos y ríos. El calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado¹. Con ello se han modificado los patrones de evaporación, condensación y precipitación; en fin, los componentes del ciclo del agua.

En las últimas décadas, el cambio climático ha causado impactos en los sistemas naturales y humanos. Lo que indica la sensibilidad de estos sistemas al cambio del clima¹. Dentro de los sistemas naturales se pueden agrupar los sistemas físicos y biológicos. Los impactos en los sistemas físicos están relacionados con el clima, aumentos de temperatura, sequías, inundaciones, ciclones, aumento en el nivel del mar y los impactos en los sistemas biológicos se relacionan con el aumento de la ocurrencia de incendios forestales, así como la migración o extinción de especies.

A partir de los impactos en sistemas naturales, los sistemas humanos se han afectado por los desbordamientos de ríos que ocasionan inundaciones, pérdida de cuerpos de agua superficiales que ocasiona escasez de agua, enfermedades y muertes relacionadas con la mala calidad del agua y como consecuencia afectación de cadenas de producción y medios económicos (Figura 2).



Figura 2. Impactos del Cambio Climático en los sistemas físicos, biológicos y humanos. Tomado y modificado de <http://sostenibilidad.com>

Los Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos

Los efectos del cambio climático son perceptibles en el territorio nacional desde hace tiempo. En los últimos 50 años, las temperaturas medias en el país se han incrementado aproximadamente 0.85 °C por encima de lo normal, lo que corresponde al incremento global de acuerdo con IPCC. Las temperaturas mínimas y máximas publicadas en el Sitio Oficial México ante el cambio climático muestran una tendencia hacia un aumento de las noches cálidas y una disminución de las noches frías en todo el país. Entre 2015 y 2039, se espera que la temperatura media anual en el país haya aumentado entre 1.5 y 2.0 °C en el norte del territorio⁴. Adicionalmente para el mismo periodo entre 2015 y 2039, la precipitación anual podría disminuir entre un 10 y 20%, aumentando las sequías intensas y prolongadas, principalmente en el norte del país. Asimismo, aumenta la intensidad de los ciclones tropicales que afectan al 60% del territorio nacional. Estos eventos

hidrometeorológicos extremos pueden provocar lluvias torrenciales que a su vez provocan inundaciones y deslizamientos de tierra⁴. El impacto no es uniforme, a lo largo del país se observan regiones con un mayor exceso de agua y regiones con una mayor escasez del agua, con un impacto inminente en los servicios de abastecimiento de agua.

El Crecimiento del Uso del Agua Subterránea y su Impacto

Por otro lado, el crecimiento económico y demográfico ha provocado un aumento en la demanda de agua para dar continuidad al crecimiento y desarrollo de ciudades, agricultura e industria. La incertidumbre y el costo relacionado a la extracción y tratamiento de agua superficial, las mejoras en la tecnología de perforación y de bombeo, entre otros factores han provocado que cada vez más usuarios recurran al agua subterránea⁵.

En México, el agua subterránea aporta el 39.1% de la demanda de agua nacional para el abastecimiento de los diferentes usuarios⁶. La Comisión Nacional del Agua a través de Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) lleva un control del volumen de agua que los diferentes usuarios extraen de los acuíferos. La extracción del agua subterránea ha registrado un incremento de 24,800 a 34,380 hm³ (38.6%) entre 2001 y 2017, de acuerdo con los datos publicados en Estadísticas del Agua en México^{6,7} (Figura 3).

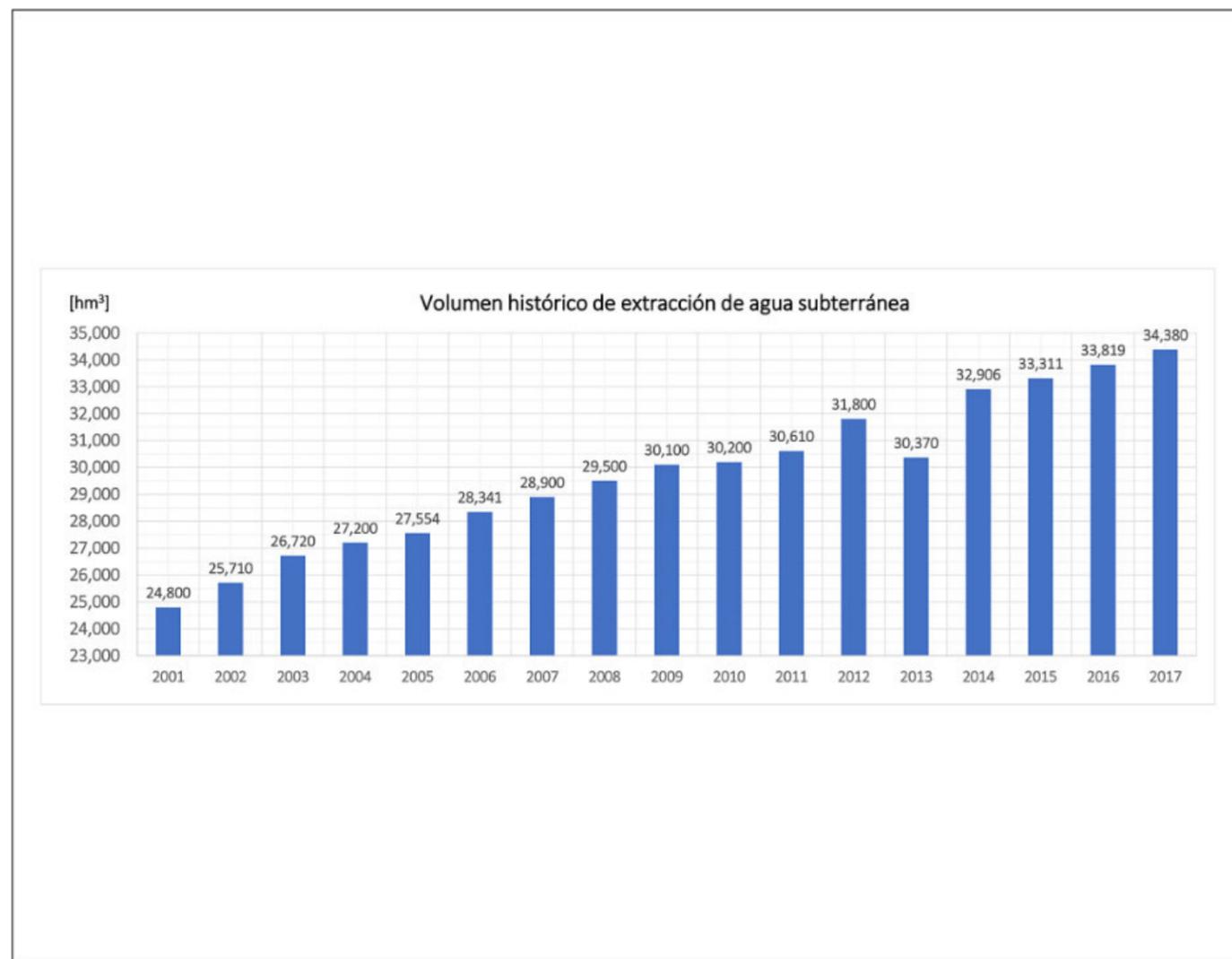


Figura 3. Volumen histórico de extracción de agua subterránea. Elaboración propia a partir de Estadísticas del Agua en México^{6,7}

Los usos del agua que reconoce la Ley de Aguas Nacionales por orden de prelación son el doméstico, público urbano, pecuario, agrícola, acuicultura, usos para la conservación ecológica o uso ambiental, generación de energía eléctrica para servicio público, industrial, generación de energía eléctrica para servicio privado, lavado y entarquinamiento de terrenos, usos para turismo, recreación y fines terapéuticos, usos múltiples y otros⁸.

La creciente demanda del agua subterránea ha impactado negativamente, agotando manantiales, mermando lagos, caudales base de ríos y humedales^{9,10}, en algunos acuíferos costeros se ha aumentado la intrusión salina^{11,12,13,14}, se ha afectado la flora y fauna nativa y la calidad de los cuerpos de agua y por tanto se han afectado los ecosistemas¹⁵. También se ha impactado el rendimiento de los pozos, se han aumentado los costos de extracción debido a la necesidad de profundizarlos y se han afectado terrenos y las estructuras por los agrietamientos y subsidencias en ciertas partes del país donde el subsuelo se ha compactado por las fuertes extracciones. Un caso muy conocido al respecto es la Ciudad de México^{5,16,17}.

El Uso Sostenible del Agua Subterránea

El agua subterránea es un recurso que tiene un componente **renovable** que, cuando se utiliza adecuadamente, puede garantizar el abastecimiento del agua a largo plazo incluso para satisfacer las crecientes demandas y la mitigación de los efectos del cambio climático, y tiene otro componente **no renovable** que no se recupera en escala de tiempo humana^{5,18}.

La componente renovable del agua subterránea proviene de la lluvia que se infiltra y el agua que aportan por el subsuelo los cuerpos de agua superficial posiblemente en profundidades someras del orden de los primeros cientos de metros de profundidad a partir de la superficie del terreno. Generalmente en esta zona de subsuelo se desarrollan acuíferos más permeables.

La componente no renovable del agua subterránea se encuentra a mayor profundidad y viaja largas distancias durante décadas, siglos y en ocasiones miles de años, esta componente forma los sistemas de flujos regionales. Es posible que en estos sistemas puedan almacenarse grandes cantidades de agua pero que por la falta de conocimiento no se conozca con precisión de la cantidad y la calidad del agua.

El conocimiento de estos componentes nos puede ayudar a usar de manera sostenible los acuíferos, en el sentido de usar agua renovable y evitar el uso de agua no renovable. Es inclusive factible usar en tiempos de sequía agua no renovable, tomando en cuenta los riesgos. Por otra parte, se necesitan generar las condiciones para aumentar el agua renovable a través de infraestructura gris y verde que fomenta la recarga a los acuíferos.

El Círculo Virtuoso ante el Cambio Climático

El reto para garantizar el control, la protección y el uso sostenible de los recursos hídricos subterráneos en beneficio de los ecosistemas y la sociedad es fortalecer los vínculos entre la ciencia, la sociedad y el gobierno a través de instituciones, políticas públicas, herramientas jurídicas y planes para desarrollar acciones colectivas y corresponsables.

Una de las necesidades es la identificación de los volúmenes de agua subterránea disponibles y sostenibles considerando los impactos del cambio climático en los sistemas hídricos del ciclo del agua, así como el desarrollo de conocimiento respecto al funcionamiento de los sistemas de flujos regionales para evitar su afectación. Los estudios deberán tener en cuenta los nuevos escenarios producidos por el cambio climático¹⁹.

Así mismo es importante la identificación de los sistemas vulnerables y/o dependientes del agua subterránea, generación de conocimiento integral del funcionamiento del agua superficial y subterránea, vigilancia y monitoreo del comportamiento y respuesta del agua subterránea durante la variabilidad climática, mejora en la cuantificación de las extracciones por bombeo y el fomento de una conciencia y cultura del agua.

En México con el propósito de controlar y revertir la sobreexplotación de las aguas subterráneas, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos faculta al Poder Ejecutivo Federal para establecer, medidas regulatorias para mantener el control sobre las extracciones de las aguas nacionales subterráneas a través de la expedición de vedas, reglamentos, reservas, concesiones y rescates⁸.

Sin embargo, es necesario fortalecer y actualizar estas medidas regulatorias vinculando el conocimiento generado por los expertos para robustecer la política ambiental y fomentar una gestión sostenible del recurso, tomando como punto de partida que el agua subterránea es una componente clave para la seguridad hídrica local, nacional e internacional.

Una gestión sostenible y resiliente del recurso hídrico ante su creciente extracción deberá fundamentarse en el conocimiento de los acuíferos y en el desarrollo de políticas, planes y programas hídricos con una visión a mediano y largo plazo, considerando los posibles escenarios positivos y negativos, incluyendo aquellos sitios en los que se comparten las aguas subterráneas como recurso a través de fronteras políticas.

Referencias

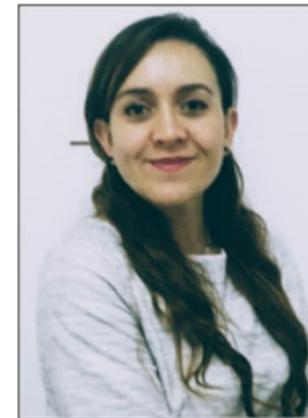
1. Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. IPCC (2015). Cambio Climático 2014 Informe de Síntesis. IPCC y Organización Meteorológica Mundial (OMM). Primera publicación. (p.129 y 139)
2. National Aeronautics and Space Administration (2021). Global Climate Change, Vital Signs of the Planet. Climate Change: How do we know. <https://climate.nasa.gov/> (consultado el 5 de diciembre de 2021)
3. Acciona (2021). Sostenibilidad para todos, Cambio Climático. Efectos del cambio climático. <http://sostenibilidad.com> (consultado el 1 de diciembre de 2021)
4. México ante el cambio climático. Sitio oficial del país. Impactos del cambio climático en México. <https://cambioclimatico.gob.mx/impactos-del-cambio-climatico-en-mexico/> (consultado el 22 de diciembre de 2021)
5. Mahlkecht, J., Hirata, R., & Ledesma-Ruiz, R. (2015). Urban groundwater supply and Latin American cities. En: Water and Cities in Latin America: Challenges for Sustainable Development, 126. Editorial Earthscan
6. Comisión Nacional del Agua (2018). Estadísticas del Agua en México. México: CONAGUA https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf (consultado el 15 de diciembre de 2021). (Capítulo II y Capítulo III)
7. Comisión Nacional del Agua (2010). Estadísticas del Agua en México. México: CONAGUA <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2010-16Junio2010.pdf> (consultado el 15 de diciembre de 2021). (Capítulo III)
8. Ley de Aguas Nacionales. Última reforma publicada Diario Oficial de la Federación 06-01-2020. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf (consultado el 10 de diciembre de 2021). (Transitorio décimo quinto, Artículo 3)
9. Knappett, P. S., Li, Y., Hernandez, H., Rodriguez, R., Aviles, M., Deng, C., Piña, V., Giardino, J.R., Mahlkecht, J., Datta, S. (2018). Changing recharge pathways within an intensively pumped aquifer with high fluoride concentrations in Central Mexico. *Science of the Total Environment*, 622, 1029-1045.
10. Knappett, P. S., Li, Y., Loza, I., Hernandez, H., Avilés, M., Haaf, D., Majumder, S., Huang, Y., Lynch, B., Piña, V., Wang, J., Winkel, L., Mahlkecht, J., Datta, S., Thurston, W., Terrell, W., Nordstrom, D. K. (2020). Rising arsenic concentrations from dewatering a geothermally influenced aquifer in central Mexico. *Water Research*, 185, 116257.
11. Torres-Martínez, J. A., Mora, A., Mahlkecht, J., Kaown, D., Barceló, D. (2021). Determining nitrate and sulfate pollution sources and transformations in a coastal aquifer impacted by seawater intrusion—A multi-isotopic approach combined with self-organizing maps and a Bayesian mixing model. *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126103.
12. Mora, A., Mahlkecht, J., Ledesma-Ruiz, R., Sanford, W. E., Lesser, L. E. (2020). Dynamics of major and trace elements during seawater intrusion in a coastal sedimentary aquifer impacted by anthropogenic activities. *Journal of Contaminant Hydrology*, 232, 103653.
13. Narvaez-Montoya, C., Torres-Martínez, J. A., Pino-Vargas, E., Cabrera-Oliviera, F., Loge, F. J., & Mahlkecht, J. (2022). Predicting adverse scenarios for a transboundary coastal aquifer system in the Atacama Desert (Peru/Chile). *Science of the Total Environment*, 806, 150386.
14. Bertrand, G., Petelet-Giraud, E., Cary, L., Hirata, R., Montenegro, S., Paiva, A., Mahlkecht, J., Coelho, V., Almeida, C. (2021). Delineating groundwater contamination risks in southern coastal metropolises through implementation of geochemical and socio-environmental data in decision-tree and geographical information system. *Water Research*, 117877.
15. Dorjderem, B., Torres-Martínez, J. A., Mahlkecht, J. (2020). Intensive long-term pumping in the Principal-Lagunera region aquifer (Mexico) causing heavy impact on groundwater quality. *Energy Reports*, 6, 862-867.
16. Olea-Olea, S., Escolero, O., Mahlkecht, J., Ortega, L., Taran, Y., Moran-Zenteno, D. J., Zamora-Martinez, O.,

Tadeo-Leon, J. (2020). Water-rock interaction and mixing processes of complex urban groundwater flow system subject to intensive exploitation: The case of Mexico City. *Journal of South American Earth Sciences*, 103, 102719.

17. Olea-Olea, S., Escolero, O., Mahlkecht, J., Ortega, L., Silva-Aguilera, R., Florez-Peñaloza, J. R., Perez-Quezadas, J., Zamora-Martinez, O. (2020). Identification of the components of a complex groundwater flow system subjected to intensive exploitation. *Journal of South American Earth Sciences*, 98, 102434.

18. Escolero Fuentes, O., Gutiérrez Ojeda, C., Mendoza Cázares, E. Y. (2017). Manejo de la Recarga de Acuíferos: Un enfoque hacia Latinoamérica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Primera Edición. Jiutepec, Morelos, México. (p.48)

19. Pernía Llera, J. M., Fornes Azcoiti, J.M. (2009). Cambio climático y agua subterránea. Enseñanza en ciencias de la tierra. 17(2), 172–178. ISSN: 1132-9157



Danael Aceves Padilla es Ingeniera Geóloga por la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestría en Ingeniería de los Recursos Naturales por la Universidad Politécnica de Cataluña. Experiencia de 12 años en hidrogeología, 5 de los cuales han sido en el sector minero. Actualmente trabaja en el Grupo de Ciencia y Tecnología del Agua del Tecnológico de Monterrey desarrollando Estudios Hidrogeológicos con diferentes objetivos para el sector privado. Se ha desarrollado como hidrogeóloga en el sector público, privado y academia. En el sector público colaboró en grupos de creación y actualización a la normativa ambiental en materia de agua subterránea. En el sector privado realizó actividades de campo como supervisión de perforación, pruebas hidráulicas, monitoreos y muestreos del agua subterránea. En la academia participó en proyectos de sitios contaminados y remediación del agua.

www.linkedin.com/in/danaaceves



Jürgen Mahlkecht es Ingeniero Civil e Hidráulico con Doctorado en Hidrogeología por la Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida (Universität für Bodenkultur), Viena, Austria. Experiencia de 25 años en estudios de acuíferos, calidad y contaminación del agua, hidrología isotópica, manejo del agua y nexos agua-energía-alimentos. Actualmente trabaja como profesor investigador y coordinador del Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología del Agua del Tecnológico de Monterrey. Del 2008 al 2017 fungió como director fundador del Centro del Agua para América Latina y el Caribe. Ha publicado más de 100 artículos científicos y 3 libros. Es editor asociado de la revista científica *Science of the Total Environment* (Elsevier) y miembro editorial de la revista *Environmental Pollution* (Elsevier). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores - CONACYT, Nivel 2. Por su labor y desempeño ha sido galardonado con varios premios, entre ellos el Premio Dr. Karl-Heinz Schleinzler (Austria, 1999), el Premio Eternit-Tiefbau (Austria, 1999) y el Premio Rómulo Garza (México, 2019).

<https://www.linkedin.com/in/j%C3%BCrgen-mahlkecht-8564b351/>

<https://www.researchgate.net/profile/Juergen-Mahlkecht>

https://scholar.google.com.mx/citations?hl=en&user=h4QHghoAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195502689>

HABLEMOS DE RIESGO GEOLÓGICO

José Antonio Rodríguez Arteaga

Colaborador de la Revista

rodriguez.arteaga@gmail.com

El potrero de Lucas a modo de introducción

... el 1° de Septiembre de 1945...en la aldea de Sabana Larga...en la vecindad de San Cristóbal [estado Táchira, Venezuela]...en plena canícula, los habitantes vieron como el potrero del finado Lucas Alviarez se deslizaba lentamente, en ceremoniosa marcha que casi nadie notaba. (Febres Cordero, 1947).

...el lunes la aguja del temor comenzó a encajarse en los ánimos cuando vieron obstruida la carretera del Uribante con un derrumbe. Desocuparon inmediatamente las casas del Cucharó y las destecharon. El cerro del Cucharó seguía avanzando. Ya había llegado al potrero del finado Lucas y lo había cubierto. Ya estaba arrojando, insensible, la casa de Lucas. Después le tocó el turno a las otras. (Febres Cordero, 1947).

...por un derrumbe desapareció el barrio Sabana Larga de San Cristóbal. Evacuados sus 1.200 pobladores y declarada la zona en emergencia...Bastaron solo 48 horas para que dicho barrio desapareciera. (Agosto 18, 1976. Diario El Nacional, Caracas). Con tan solo tres ejemplos y 3 décadas para un mismo evento comienza el trabajo modelo que hemos utilizado y en el que fue registrado un mismo suceso de inestabilidad geológica del suelo y del subsuelo, un deslizamiento (Singer, et al, 1983).

En general, no son fenómenos tan espectaculares, ni causan destrucción como un sismo o una crecida repentina de un río. Eso sí, son muy frecuentes y con el correr de los años pueden causar pérdidas materiales de consideración. Lo anteriormente expuesto significa que el evento se repitió y a la par que la inestabilidad geológica ha podido ser cartografiable e incluso se pudo recoger la narración de los hechos y comparar, por la costumbre de conservar topónimos y signos de continuidad en el tiempo, no así en la producción de daños; en el primero fue el potrero de Lucas Alviarez, 30 años después, una evacuación, una declaratoria de emergencia y un barrio tapiado. Así nos narra y cita Singer (*op. cit.*) una situación de riesgo geológico, que en las próximas líneas se expondrán, con o sin vinculación a la sismicidad.

Los producidos por la acción de los sismos se ubican en una franja tectónica activa reconocible y de aproximadamente 110 km de ancho ubicada al norte del país en dirección E-O (Singer y Audemard, 1997) y cuya atención y beneficio -histórico para estos tiempos del siglo XXI- atrajo a la comunidad geológica para su estudio entre 1950 y 1960, quienes se ocuparon principalmente de la identificación del potencial sísmico de la misma y su subdivisión en 3 grandes sistemas de fallas activas que la conforman así como las deformaciones que ellas producen: Boconó, San Sebastián y El Pilar, aspecto que siguió estudiándose hasta entrado el siglo XXI y que por razones obvias se encuentra detenido. Ello indica que algunos episodios sísmicos ocurridos en un lapso de 500 años son los responsables de fenómenos de inestabilidad, agregado a ello, la inadecuada elección de zonas con falsas perspectivas de construcción y muy lejos de ser habitadas o para su uso industrial.

Desafortunadamente, la acción incontrolable de “construir a como dé lugar”, y sin estudios previos o mal formulados ha llevado al innecesario uso del “bulldozer” y en consecuencia a la formación artificial de superficies amesetadas con removilización de grandes volúmenes de escombros sueltos, y esencialmente heterométricos para así aprovechar terrenos presuntamente planos con fines de urbanismo principalmente, siendo tema obligado los colapsos de bordes inestables y en consecuencia la formación de taludes dudosamente inalterados.

La desmemoria de los eventos geológicos y la necesidad de estudios teóricos y aplicados

En la historia de los desastres han existido y existen infinidad de temas y mitos no completamente tratados, los cuales conforman una suerte de *cultura*, o en todo caso la *desmemoria de los fenómenos geológicos* que ocurren regularmente y están correlacionados a toda actividad natural. Es una obligación crear vertientes de estudio que procuren un desarrollo integral en la evaluación preventiva del riesgo, muy en particular el geológico, tratado como una tarea ingente y que puede darnos apropiados beneficios. Dicha evaluación que deberá ser siempre preventiva y nunca *postmortem* se debe atender a la (1) densificación poblacional, (2) al incontrolable y cada vez más anárquico crecimiento de las ciudades y (3) a la carencia de planificación urbana, hecho que ha motivado en muchas partes del mundo la edificación de *ciudades-monstruos*, con cada vez mayores problemas y una sensible ausencia de políticas de planificación urbana efectivas. De nada valen normas constructivas de ningún tipo, si ellas no son acatadas y menos, si no existe un seguimiento por un ente regulador.

El estudio del riesgo geológico

Es así, en estas labores cómo no sólo se estudia la *memoria de los desastres*, sino las aparentes rutas de escape que de ellas se tienen y que la población toma para intentar entender la naturaleza, la temporalidad de las calamidades y los rasgos que se exponen en el paisaje, llámense fallas geológicamente activas, productoras de sismos, o de fenómenos como los aludes torrenciales del Río Limón en el estado Aragua ocurrido el 6 de septiembre de 1987 (Audemard et al., 1989) o el muy conocido Alud Torrencial de Vargas acontecido entre el 15 y el 16 de diciembre de 1999 (Pacheco Troconis, 2002), mal llamado *deslave* que atiende principalmente a fenómenos volcánicos que en Venezuela no se producen ante la inexistencia de volcanes. Adicionalmente a los ya anteriormente nombrados es evidente que existen otra serie de eventos de naturaleza geológica o asociados a los mismos; desastres mal llamado naturales y vinculados a los riesgos socio-naturales, cuando es el hombre el supremo hacedor de los mismos.

Los desastres no son naturales

Según un viejo aforismo empleado por quienes se dedican a su estudio, La materialización del riesgo es la consolidación del desastre regulado socialmente que en casos extremos puede llegar a producir víctimas. Un ejemplo palpable de ello está ejemplificado con el sismo de San Josesito, estado Táchira producido el 18 de octubre de 1981 que hizo colapsar un talud artificial produciendo la incomunicación vial entre Venezuela y Colombia por el derrumbe de la vía y alrededor de 180 víctimas o más por la caída del material suelto en el barrio ubicado al pie del talud de relleno.

La importancia de este fenómeno sismo-inducido fue el causante de pérdidas de vidas derivado de la autoconstrucción de viviendas informales en una zona inestable con un frente de iguales características que desencadenó el fenómeno cosísmico, muy similar al acaecido en El Salvador, municipio de Santa Tecla, departamento de La Libertad en donde cerca de 250 viviendas fueron enterradas por un alud desprendido de la Cordillera del Bálsamo (Toni Keppler *et al.*, 2001). La diferencia entre ambas es que en este último las viviendas pertenecían a la clase media, luego se puede colegir que la autoconstrucción no existió y en todo caso es válido estudiar estas zonas por si la tierra tiembla además del comportamiento del suelo en el que se edificó.

Para armar el contenido de un inventario de riesgos geológicos

Si bien el modelo empleado bien puede considerarse arcaico frente a nuevos métodos y modelos desconocidos para el suscrito, este inventario ha resultado útil por muchos años. Nacido en 1982 utilizó cartografía 1:2.000.000 incluyendo un glosario que suministró entidad por entidad una documentación concisa sobre los lugares estudiados, fecha de ocurrencia, tipo de fenómeno y sus efectos.

Es evidente que dependiendo del tipo litológico y la densidad poblacional, la cartografía ejecutada tendrá diferente escala, más a los fines de planificación territorial y orientación preventiva para la mitigación del riesgo, con la colaboración de la Universidad Central de Venezuela y su Escuela de Geología, Minas y Geofísica desde 2015 se ha venido realizando parcialmente un reprocesamiento cartográfico de la base de datos del Inventario de Riesgos Geológicos con el objetivo principal de ubicar información cartográfica de los eventos de inestabilidad geológica ocurridos en el país (Alí Ricardo Gómez, *com. pers.*, 2015). Actualmente esta actividad se encuentra en estado de quiescencia.

El trabajo implicó cuando estaba activo la elaboración de cartografía con fines estadísticos para la zonificación de riesgos de inestabilidad de naturaleza geológica, mediante el uso de SIG's y con orientación preventiva. El documento elaborado así contiene inicialmente varias muestras de los fenómenos geológicos agrupados en categorías (1) riesgos asociados a fenómenos gravitacionales; (2) vicios del suelo y del subsuelo; (3) desplazamientos bruscos de espejos de agua; (4) cambios fisiográficos, entre otros. Ello permite el análisis espacial de los riesgos geológicos en territorio nacional, siendo un programa permanente que permite la precisión de lugares de potencial ocurrencia basado en antecedentes históricos, con un principal objetivo para el desarrollo de proyectos de ordenamiento territorial.

Un cultor del estudio del riesgo geológico

A partir de 1979, Andre Singer Perrein docente universitario por muchos años, en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela (UCV), investigador natural de la sismología y sus efectos nocivos, nativo de *Saint-Julien en Genevois*, departamento de *Haute-Savoie, France* vinculado al estudio del riesgo geológico e incluso al sismo-inducido desde los espacios de la División de Geotecnia del Ministerio de Minas e Hidrocarburos (MMH), en la esquina de Cruz Verde, Caracas, hasta detenerse en la institución decana de los estudios sismológicos en Venezuela, la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), luego del traslado de responsabilidades investigativas del Instituto Sismológico y de Mareas Terrestres del Observatorio Cagigal, en Loma Quintana, Caracas.

Será en FUNVISIS donde obtendrá su jubilación el año 2000. Su actuación en dicho organismo estará orientado en las áreas del fallamiento geológico activo; en el estudio de los riesgos geológicos asociados a este en forma general, así como en la formación de jóvenes estudiantes de la UCV y de profesionales de la geología agregando a su extenso historial de vida intelectual un novedoso elemento investigativo no empleado antes: la *Geología Urbana e historia local* con los que evaluará los efectos de sitio en siniestros urbanos, integrando la cartografía de riesgos geológicos vinculados a la sismicidad con el auxilio de pasantes y tesis; hábiles profesionales en el uso de Sistemas de Información Geográfica. Ejemplo de ello es la cartografía de unidades geológicas cuaternarias del Valle de Caracas a escala 1:25.000 que se utilizará

en microzonificación sísmica y su subdivisión en microzonas sísmicas. Según sus palabras: “No podemos esperar, que la sociedad entienda cómo resolver los grandes problemas que la aquejan si no saben de qué se habla y ni los gobernantes conocen de ello. No se debe hacer “Ciencia inútil” sino que ésta interprete la realidad de la sociedad en la cual se vive y ello atienda a la amenaza y a la vulnerabilidad”. (Rodríguez y Singer, 2007).

“Es necesaria la reconstrucción de una memoria colectiva del peligro; se ha de contar un espacio social para el reencuentro entre el imaginario popular y los saberes científicos, procurando un crecimiento sostenido a nivel ciudadano y en definitiva una sana política de autogestión del riesgo compartida entre los «teóricos de los desastres» y las comunidades cuyos lugares de albergue se ubican en zonas de precaria estabilidad”. (Rodríguez y Singer, op. cit.).

Para el 2007, elaboró una conferencia bajo el título: *Reflexiones libres sobre los desafíos actuales de la geología alternativa*. Además de un trabajo sobre *La geología urbana como alternativa geológica del siglo XXI*. (Singer, 2007) y compiló ese mismo año un trabajo a manera de libro de la actividad de su fallecida esposa Flor Ferrer de Singer. Sus investigaciones más recientes lejos del ambiente estresante de una oficina y ya retirado, ocupan dos importantes temas, desde el punto de vista geológico, el *Inventario Histórico-Nacional de Riesgos Geológicos* del que ha logrado preparar más de 5.000 fichas de información aún no concluidas y en tono histórico-geológico, *El papel de los geólogos ranceses en la Geología de Venezuela* (Andre Singer, com. pers., 2022).

Bibliografía

Bird, J.F. y J.J. Bommer (2004). *Earthquake losses due to ground failure*. Engineering Geology, 75, 147-279.
de Singer, Flor (2007) *Hacia la construcción de una nueva cultura de riesgo... De Adela, damnificada y vecina de Nueva Tacagua, a la maestra «Made» de Cariaco .. Antecedentes del Aula Sísmica Madeleilis Guzmán*. (Andre Singer, comp.), Serie Técnica 1-2007, FUNVISIS, 82 pp.

Pacheco Troconis Germán (2002) *Lluvias torrenciales, avenidas y deslaves en la Cordillera de la Costa, Venezuela: un enfoque histórico*. Fondo editorial Tropicys, Caracas, 168 pp.

Kepler Toni, Romero, Cecibel y Segura, Edwin (2001) *El día en que todo se derrumbó*. El Salvador, 15-56. (*Terremoto social en El Salvador* (Ediciones Böll) 2001, 231 pp.

Rodríguez A. José A. y Singer, Florantonia (2007) *André Singer: geología y geomorfología de fallas activas, aludes torrenciales y riesgos urbanos, las ciencias geológicas como excusa biográfica*. 9° Congreso Geológico Venezolano, 70 Aniversario de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Caracas.

Singer, A. Rojas, C. y Lugo M. (1982) *Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. Estado Preliminar*. Serie Técnica 03-83, Departamento de Ciencias de la Tierra, FUNVISIS, 126 pp.

Singer, A. y Audemard, F. A. (1997) *Aportes de FUNVISIS a la geología de fallas activas y de la paleosismología para los estudios de amenaza y riesgo sísmico*, Tema 2, 25-38. (*Diseño Sismorresistente. Especificaciones y criterios empleados en Venezuela*, Vol. XXXIII, Academia de Ciencias, Físicas, Matemáticas y Naturales. (Grases, José, comp.), Caracas, 662 pp.

Singer, Andre (2007) *La geología urbana como alternativa geológica del siglo XXI*. (inédito).

Singer, Andre (2007) *Reflexiones libres sobre los desafíos actuales de la geología alternativa*. (inédito).



Vista general desde helicóptero en la localidad de Galipán. Las grietas corresponden a la removilización de bloques ciclópeos producidos por el alud torrencial (fuente: propia, 1999).

Un afloramiento K-Pg no documentado presenta una oportunidad de investigación.

Joshua Rosenfeld

Editor de la Revista

En un reconocimiento rápido hecho en 2005, los geólogos James Pindell, Lorcan Kennen y Joshua Rosenfeld encontraron un afloramiento con rasgos notables del impacto de Chicxulub cerca al Puente sobre el Río Usumacinta, a poca distancia de la ciudad de Tenosique, en el Estado de Tabasco, México (Figuras 1 y 2). Este sitio merece un estudio en detalle (esperando que el sitio no esté demasiado alterado en los últimos 17 años). Es posible que existan más afloramientos a las orillas del río Usumacinta. La Figura 3 es una vista general del sitio desde la carretera, y la Figura 4 muestra uno de los productos del impacto.



Figura 1. Área del afloramiento dentro del rectángulo cerca al Río Usumacinta y la ciudad de Tenosique, Tabasco.



Figura 2. Área en el rectángulo de la Figura 1 con flecha mostrando la ubicación del afloramiento.



Figura 3. Aspecto general del afloramiento. Toda la colina tiene rasgos del impacto.



Figura 4. Toba soldada con clastos mixtos, incluyendo fragmentos desvitrificados.



Interior del cráter del volcán Chichonal el 25 marzo de 2007. La zona de color verde más clara define una zona de intenso surgimiento de aguas hidrotermales en el borde derecho inferior del lago.



Grupo de vulcanólogos internacionales observando fumarolas y tomando muestras de roca y agua en un margen del lago del cráter del volcán Chichonal. Fotografías provistas por **Ramón López Jiménez**, Colaborador de la Revista.



Tenaya Lake: View northeast from Olmsted Point, Yosemite National Park, California. Tenaya Lake, at the bottom of the photo, was gouged out of Half Dome granodiorite when the Tenaya Glacier, coming off the Tuolumne icefield, flowed down to Yosemite Valley. Poly Dome is the prominent exfoliation dome north of the highway. It was named after Tenaya, a chief of the Ahwahnechee group (part of the Mono Lake Paiutes) living in Yosemite Valley. The native name was Pywiack (Pie-we-ack), meaning "Lake of the Shining Rocks." Tenaya Lake and Poly Dome form the backdrop for one of Ansel Adams' most well-known photographs.



Eastern Sierra Nevada escarpment: View west from the Owens Valley just south of Mammoth Lakes, California. This stop provides a spectacular view of the eastern Sierra Nevada escarpment. The Sierra Nevada Fault between Bishop and Mammoth Lakes has had up to 4,600 m (15,000 ft) of normal vertical offset in the past 5–10 million years. The current fault scarp has about 1,300 m (4,270 ft) of relief. The fault marks the eastern edge of the Sierra Nevada block, and the western edge of the Great Basin extensional province. Alluvial fans shed off the uplifting range can be seen in the foreground. Fall foliage on aspens and cottonwoods along a creek appear as a river of gold, perhaps appropriate for the source of the Mother Lode. **Photographs by Dr. Gary Prost.**



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

¿Existe un sistema petrolero en la Sierra Madre Occidental?

Samuel Eguiluz y de Antuñano

Consultor

seguiluz662@gmail.com

Introducción

Estudios previos en la Sierra Madre Occidental (SMO) concentran su descripción en la cubierta volcánica del Cenozoico y soslayan las características que tienen rocas más viejas (McDowell *et al.*, 1997; Aranda-Gómez *et al.*, 1997; Clark *et al.*, 1981; Henry, 2003; Ferrari, *et al.*, 2005; Nieto-Samaniego *et al.*, 2012, Ferrari *et al.*, 2020). En la colindancia de los estados de Durango y Sinaloa, bajo la cubierta volcánica del Cenozoico, hay una sucesión estratigráfica de rocas de ambiente marino y continental del Jurásico Medio, Jurásico Superior, Cretácico y Paleógeno (Eguiluz y Hernández, 2020; Eguiluz *et al.*, 2022), con más de 2000 m de espesor (Figura 1), depositadas en un ambiente tectónico de intra-arco y post-arco acorde a modelos de placas tectónicas convergentes. (Figura 1).

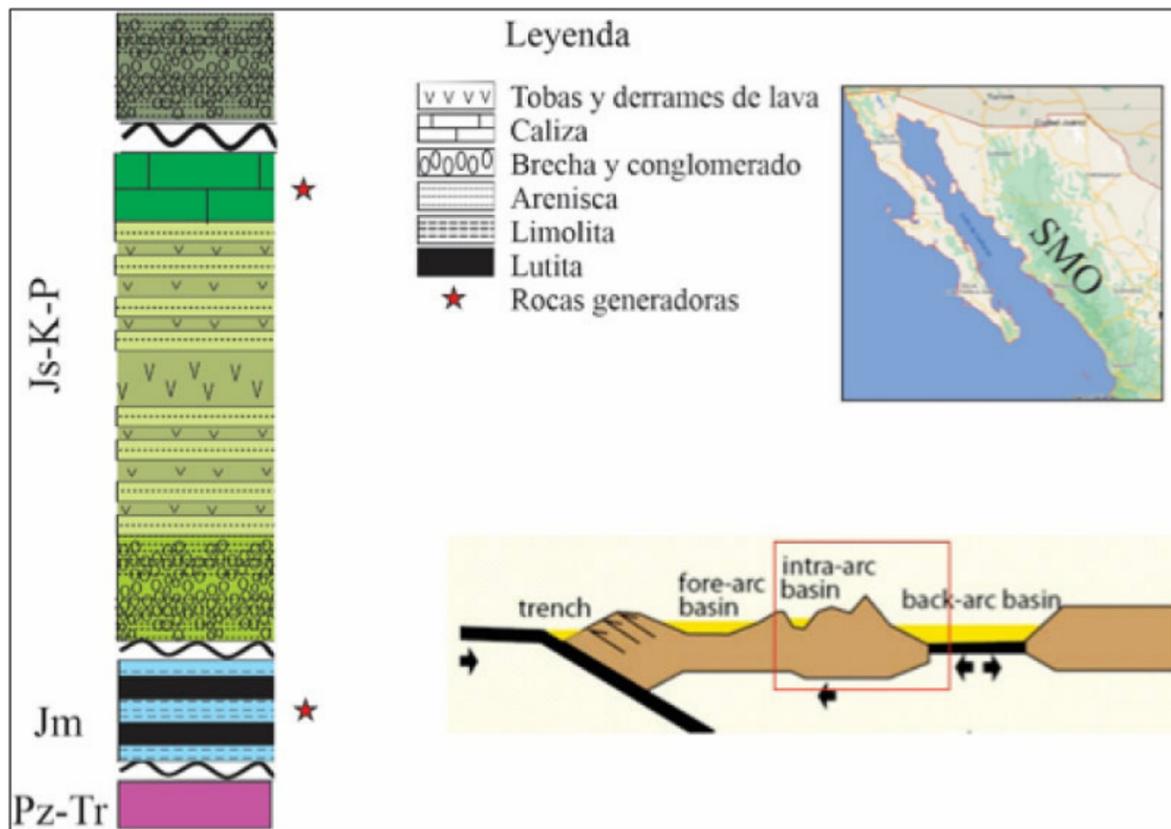


Figura 1. Localización del área en estudio en la Sierra Madre Occidental (recuadro superior). Columna estratigráfica generalizada con rocas del complejo basal Paleozoico y Triásico (Pz-Tr), cubierta sedimentaria con sedimentación del Jurásico Medio (Jm), Jurásico Superior, Cretácico y Paleógeno (Js-K-P) descritas en el texto. Modelo tectónico de placas convergentes (tomado de Sorkhaby, 2019).

En la sucesión estratigráfica del Mesozoico y Paleógeno de la Sierra SMO este trabajo identifica elementos del Sistema Petrolero. Hay estratos de lutita y arenisca de origen marino del Jurásico Medio (Eguiluz *et al.*, 2022), con espesor de 200 m o más. Muestras de estas rocas obtenidas de afloramientos tienen datos preliminares ROCKEVAL con valores de COT variables, desde 0.3% a 1.41% wt, Ro desde 0.5% a 1.2%, con materia orgánica tipo II y III, e índices de hidrógeno de 5.8 a 1.42. Estas rocas subyacen con discordancia angular a una sucesión volcánico-sedimentaria del Oxfordiano-Tithoniano y Cretácico. En rocas de edad Albiano hay microbialitas que exudan aceite (Eguiluz, 2016; Eguiluz *et al.*, 2019) y este es otro posible sub-sistema generador de hidrocarburos (Figura 1). Mapas del flujo de calor estiman rangos de 100 a 200 mW/m² para la región estudiada (Prol-Ledesma y Morán-Centeno, 2019, Figura 2), lo que sugiere de forma preliminar condiciones favorables para que las rocas generadoras puedan entrar en la ventana de generación de gas y aceite ligero. En esta región hay paquetes de arenisca y caliza porosos con derrames de andesita interestratificada que está fracturada, con espesores gruesos que son posibles rocas almacén, así como numerosos cuerpos de lutita como factibles roca sello (Eguiluz y Hernández, 2020). Estas litologías tienen cambios de facies laterales y hay anticlinales poco deformados y bloques fallados de dimensión diversa, que son posibles trampas estratigráficas y estructurales y/o su combinación. No hay suficientes datos para realizar modelado que evalúe procesos del Sistema Petrolero.

En Columbia Británica, Canadá, hay rocas del Jurásico Medio con similitud litológica a la observada en la SMO que se identifican como potenciales *plays* de exploración petrolera (Ferri *et al.*, 2004). Cuencas de intra-arco y post-arco productoras de petróleo están en Punta Arenas, entre Chile y Argentina (Thomson, 2002; Folguera *et al.*, 2003, Montesinos, 2017); Indonesia (Bachman *et al.*, 1983; Ramadam-Sulistyo, 2016; Rice-Oxley y Abu-Bakar, 2022), islas Aleutianas (Geitz *et al.*, 1987) y Japón (Aoyagi, 1985; Inaba, 2016).

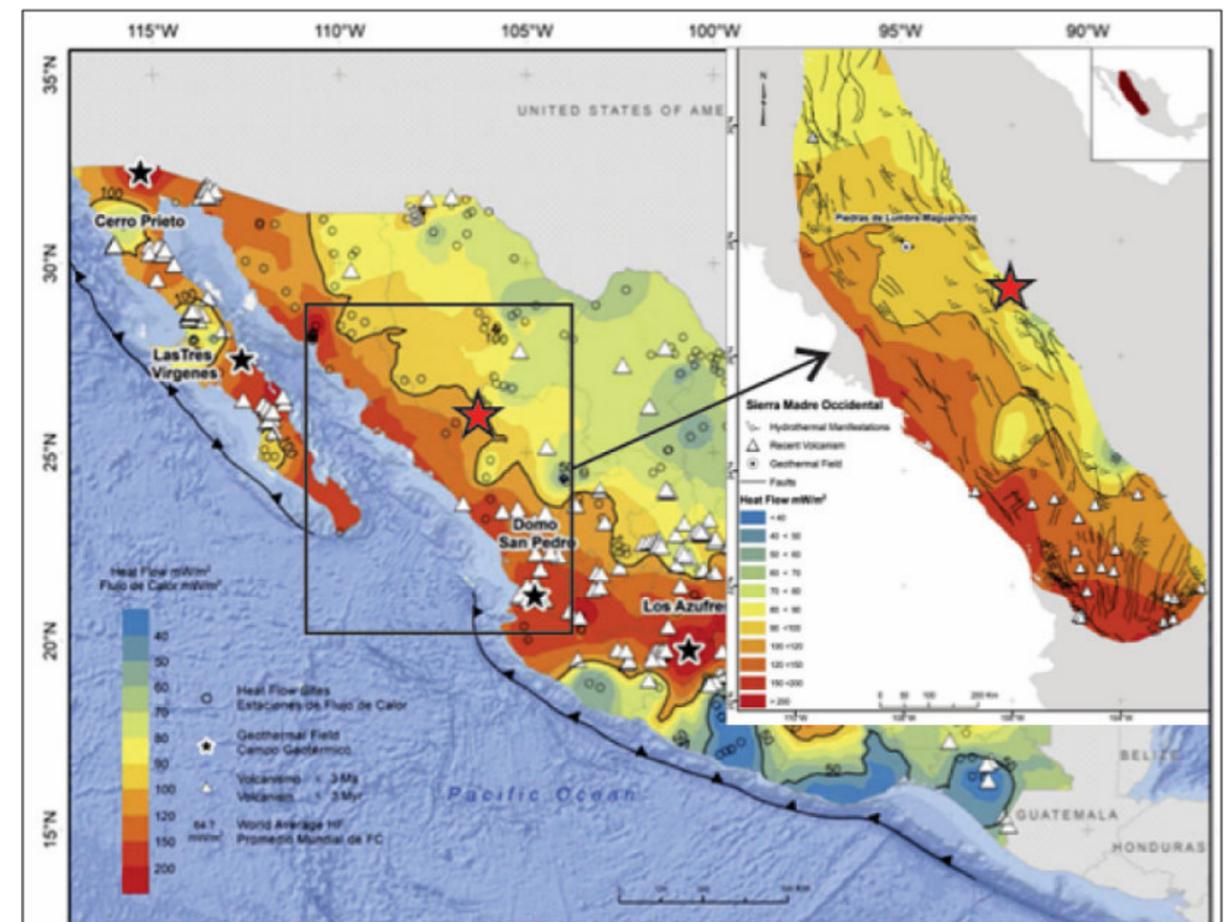


Figura 2. Mapa de flujo de calor de México y en recuadro la Sierra Madre Occidental, construido por interpolación de datos calculados del gradiente geotérmico en mediciones de fondo de pozos (Prol-Ledesma y Morán Centeno, 2019). Estrella área en estudio de este trabajo.

En México la Formación Alisitos se depositó en ambiente de intra-arco y en los pozos Cantina 1 y Bombas 1 hay hidrocarburos en sucesiones de turbiditas vulcano-sedimentarias (Madrid-Solís, 1980; Eguiluz, 2016; Eguiluz *et al.*, 2019). La fisiografía de la SMO y su evolución magmática hace a esta región muy compleja en su exploración petrolera, más, sin embargo, están adyacentes las planicies costeras de Sinaloa y parte sur de Sonora. Estas áreas carecen de estudios geológicos y geofísicos apropiados con enfoque petrolero, regiones en donde puede ser factible la adquisición sísmica y ubicar equipos de perforación. El NW de México requerirá el abasto de petrolíferos de ~900 MMpc/d de gas y ~166 Mbpce/d para el año 2032 (CNH, 2018). La producción de petróleo en Alaska y Alta California declina sustancialmente y la importación de este producto se incrementa para tener una refinación sostenida de ±650 MMb/año (Figura 3). El precio actual del barril de petróleo es de ~100 USD y del gas por millar de pies cúbicos para usos residencial e industrial en EUA se incrementan notablemente (Figura 3). La crisis de la guerra Ucrania - Rusia afectará por tiempo indefinido el suministro y precio de los hidrocarburos, ya que este conflicto es en parte una guerra por este energético. Este trabajo es un avance sobre las investigaciones que el autor realiza en el occidente de México.

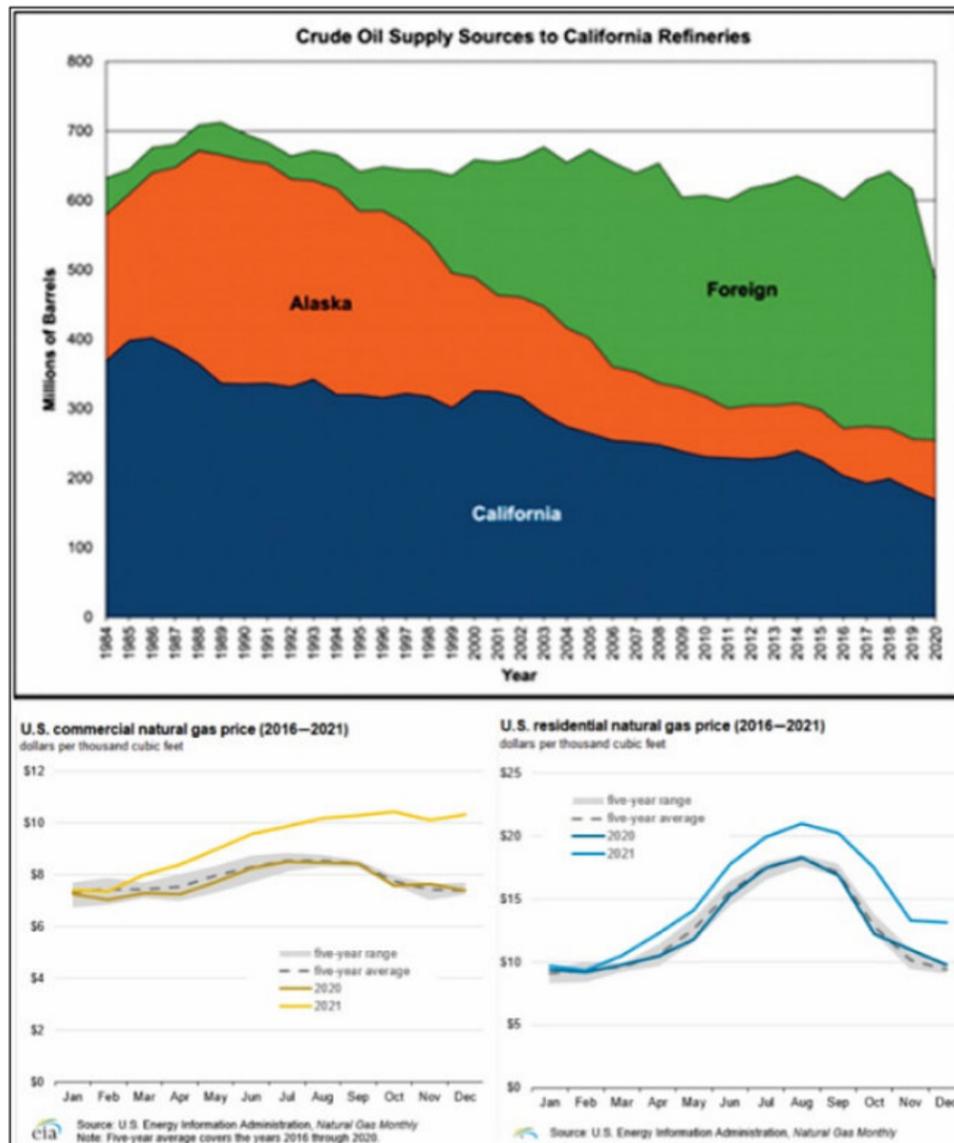


Figura 3. El cuadro superior muestra las fuentes de suministro en millones de barriles de petróleo anualizadas para las refinadoras de California USA entre los años 1984 a 2020. Las gráficas muestran el incremento en los precios del gas natural por millar de pies cúbicos para usos industrial y doméstico en Estados Unidos durante los últimos cinco años (Energy Information Administration, marzo 2022).

Conclusiones

Los datos preliminares que aquí se presentan sugieren hacer estudios de exploración para evaluar un posible Sistema Petrolero en la SMO que puede extenderse a la planicie costera inmediata al occidente.

Referencias bibliográficas.

- Aoyagi K., 1985, Origin of the Miocene Carbonate Reservoir Rocks, Fukubezawa Oil Field, Akita Province, Northeast Honshu, Japan. In: Roehl P.O., Choquette P.W. (eds) Carbonate Petroleum Reservoirs. Casebooks in Earth Sciences. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5040-1_36
- Aranda-Gómez, J. J., Henry, C.D., Luhr, J.F. y McDowell, F.W., 1997, Cenozoic volcanism and tectonics in NW Mexico a transect across the Sierra Madre Occidental volcanic field and observations on extension related magmatism in the southern Basin and Range and Gulf of California tectonic provinces, in G. J. Aguirre-Díaz, J. J. Aranda-Gómez, G. Carrasco-Núñez y L. Ferrari, eds., Magmatism and tectonics in the central and northwestern Mexico a selection of the 1997 IAVCEI General Assembly excursions, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 41-84.
- Bachman B.S., Stephen D. Lewis, and William J. Schweller, 1983, The American Association Petroleum Geologists Bulletin, V. 67, No. 7, 1143-1162.
- Clark, K.F., Damon, P. E., Shafiquillah, M., Ponce, B.F. Cárdenas, D., 1981, Sección geológica-estructural a través de la parte sur de la Sierra Madre Occidental, entre Fresnillo y la costa de Nayarit: Asociación de Ingenieros Mineros, Metalúrgicos y Geólogos de México, Memoria Técnica XIV, 69-99.
- CNH, 2018, El sector del gas natural, algunas propuestas para el desarrollo de la industria nacional, 1-188.
- Eguiluz de Antuñano, S., 2016, Exploración petrolera en el occidente de México, Revista Ingeniería Petrolera, Vol 56, No. 6, 350-360.
- Eguiluz de Antuñano, S.; Moreno-Bedmar, Josep Anton; Amezcua, Natalia; Livas-Vera, Margarita; Puente Frago, Luis Ángel, 2019, Presencia de *Mortonicerias?* sp. en la Formación Madrid, Estado de Colima: su importancia en la evolución paleogeográfica del Albiano tardío en México, Paleontología Mexicana Volumen 8, núm. 2, 2019, p. 121 – 128.
- Eguiluz y de Antuñano, S., y Hernández Ocaña María I., 2020, Icnofósiles en una sucesión fluvio-lacustre en la Sierra Madre Occidental, Durango, México, Paleontología Mexicana, 9 (1), 17-30.
- Eguiluz y de A.S., Ana Bertha Villaseñor, Pablo David Ibarra-Bustos, Misael Centeno-Olivares, 2022, Record of ammonites and bivalves from Aalenian (early Middle Jurassic) in Canelas, Durango, western México, Journal of South America Earth Sciences, 114, 1-12.
- Ferrari, L., Valencia-Moreno, M., Bryan, S.E, 2005, Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario Temas Selectos de la Geología Mexicana, Tomo LVII, nú. 3, p. 343-378.
- Ferrari L., Gilles Levesse, José Jorge Aranda-Gómez, Christopher D. Henry, Martín Valencia-Moreno, and Lucas Ochoa Landín, 2020, Tectonomagmatic Pulses and Multiphase Mineralization in the Sierra Madre Occidental, Mexico, guidebook series of the society of economic geologists, inc. Guidebook 61, 1-47.
- Ferri Filippo, Kirk Osadetz, Carol Evenchiks, 2004, Petroleum source rock potential of Lower to Middle Jurassic clastics, intermontane basins, British Columbia, Resource Development and Geoscience Branch, Summary of Activities 2004, British Columbia Ministry of Energy and Mines, 87-98.
- Folguera, Andrés, Víctor A. Ramos y Daniel Melnick, 2003, Recurrencia en el desarrollo de cuencas de intra-arco. Cordillera Neuquina (37°30' - 38°S), Revista de la Asociación Geológica Argentina, 58 (1): 3-19.
- Geist, L. E., Jonathan R. Childs and David W. Scholl, 1987, Evolution and petroleum geology of Amlia and Amukta intra-arc summit basins, Aleutian, Ridge, Marine and Petroleum Geology, Vol 4, November, 334-357.

- Henry, C.D., McDowell, F.W., and Silver, L.T., 2003, Geology and geochronology of granitic batholithic complex, Sinaloa, México: Implications for Cordilleran magmatism and tectonics, *in* Johnson, S.E., Paterson, S.R., Fletcher, J.M., Girty, G.H., Kimbrough, D.L., and Martín-Barajas, A., eds., Tectonic Evolution of Northwestern Mexico and the Southwestern USA: Geological Society of America Special Paper 374, p. 237–273.
- Inaba Mitsuru, 2001, Basalt reservoir in the Yurihara Oil and Gas Field, northeast Japan [Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology](#) 66 (1), 56-67. DOI: [10.3720/japt.66.56](#)
- Madird-Solis, A., 1980, Exploración geológica de Baja California, *Revista Petróleo Internacional*, p. 137-14.
- McDowell, F.W., and Keizer, R.P., 1977, Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlan, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 88, p. 1479–1487.
- Nieto-Samaniego Á. F., Constancio Iván Barajas-Gea, Juan Martín Gómez-González, Armando Rojas, Susana Alicia Alaniz-Alvarez y Shunshan Xu, 2012, Geología, evolución estructural (Eoceno al actual) y eventos sísmicos del Graben de Santiaguillo, Durango, México, *Rev. Mex. Cienc. Geol.* vol. 29, no.1, p. 115-130.
- Prol-Ledesma R.M., Dante Jaime Morán-Zenteno, 2019, Heat flow and geothermal provinces in Mexico, *Geothermics*, volume 78, 183-200.
- Ramadhan Sulisty, Z., 2016, Volcanostratigraphy of submarine volcano kumbang fm. in capar area, kuningan: implication to potential volcano-clastic play in west java basin, IPA16-3-G, Proceedings, Indonesian Petroleum Association Fortieth Annual Convention & Exhibition, May 2016, 9p.
- Rice-Oxley E., and Azli Abu-Bakar, 2022, Historical and emerging super basins of Southeast Asia, *AAPG Bulletin*, v. 106, no. 3 (March 2022), pp. 633–653.
- Sorkhabi Rasoul, 2019, Geological Basin Classification, *GEOExPro*, vol 16, No 2.
- Thomson, S. N., 2002, Late Cenozoic geomorphic and tectonic evolution of the Patagonian Andes between latitudes 428S and 468S: An appraisal based on fission-track results from the transpressional intra-arc Liquiñe-Ofqui fault zone, *GSA Bulletin*; September 2002; v. 114; no. 9; p. 1159–1173.



Samuel Eguiluz y de Antuñano es ingeniero geólogo egresado de la Facultad de Ingeniería UNAM. Trabajó en exploración minera en Servicios Industriales Peñoles y en exploración petrolera en Petróleos Mexicanos. Ha sido catedrático de instituciones educativas y asesor de campo en actividades mineras y petroleras en México y el extranjero. Es miembro de diversas organizaciones de divulgación científica en donde ha escrito trabajos técnicos diversos.

<https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Eguiluz>

Comentario sobre una publicación del geólogo mexicano, Ing. José Carrillo-Bravo (1980).

Joshua H. Rosenfeld, Ph.D.

Editor de la Revista

Joshua Rosenfeld y James Pindell (2003) publicaron el primer artículo sobre su hipótesis de que ocurrió una fuerte bajada del nivel del Golfo de México cerca al límite Paleoceno-Eoceno. Desde esa fecha, algunos investigadores han seguido añadiendo evidencia sobre este evento tan importante, para aclarar la historia del Golfo y los efectos que han tenido sobre temas tanto económicos (referente al petróleo), como académicos; su posible papel en el nivel máximo térmico de ese tiempo (PETM); el origen de los paleocañones soterrados por sedimentos terciarios; los cañones en los escarpes de Campeche y el oeste de Florida; y el megacañon localizado entre Cuba y Florida, y las Bahamas (Berman y Rosenfeld, 2007; Rosenfeld, 2020; Cossey et al., 2021a y b). Todos los artículos mencionados en este párrafo aparecen en la página web de la Revista Maya de Geociencias: <http://www.revistamaya.com/>

En los 20 años que han encerrado esta polémica, es notable el gran silencio de los geocientíficos mexicanos y cubanos sobre el tema, a pesar de que la mayoría de las áreas posiblemente afectadas existen en sus territorios. El geólogo mexicano José Carrillo-Bravo (1980), en un trabajo trascendental, describió un rasgo que toma cartas en el argumento en toda la planicie costera y plataforma continental oriental de México. Él la denominó la “Zona de Erosión Bejuco-San Andrés”. Como este artículo fue publicado en el Boletín de la Sociedad Geológica de México, con sólo distribución nacional y en los Estados Unidos, donde hay mucha gente que pueda tener interés pero no hablan español. Por este motivo, he traducido al inglés el texto y las figuras relevantes, en espera de fomentar una discusión más amplia del Golfo de México, entre los investigadores estadounidenses. El artículo original también se pone a disposición de los geocientíficos mexicanos que no están familiarizados con este trabajo del eminente geólogo José Carrillo-Bravo.

También aprovecho esta oportunidad para invitar a colegas cubanos a examinar y comentar sobre datos sísmicos y pozos petroleros en su territorio, que puedan añadir pruebas a la discusión, siempre y cuando esos datos se encuentren en el dominio público, ó que tengan permiso de las autoridades competentes.

Commentary on a publication by Mexican geologist José Carrillo-Bravo (1980)

Joshua H. Rosenfeld, Ph.D.

Revista Maya Editor

Joshua Rosenfeld and James Pindell (2003) published the first paper about a large drop in sea level in the Gulf of Mexico near the Paleocene-Eocene boundary. Since that time, several investigators have continued adding evidence that this event is important in clarifying the history of the Gulf and its effects on economic aspects (mainly concerning petroleum), as well as academic aspects, such as its possible role in the global thermal maximum that occurred at that time (PETM); the origin of buried paleocanyons filled with Tertiary sediments; canyons on the Florida and Campeche Escarpments; and the megacanyon that lies between Cuba and Florida, and between Cuba and the Bahamas (Berman and Rosenfeld, 2007; Rosenfeld, 2020; Cossey et al, 2021a and b). All of the papers mentioned herein are available on the web page of the Revista Geológica Maya at <http://www.revistamaya.com/>

In the 20 years that this theory has been discussed, Mexican and Cuban geoscientists have been notably silent on the subject, although the majority of the possibly affected areas is in their territories. Mexican geologist José Carrillo-Bravo (1980), in his transcendental paper, described a feature underlying the entire coastal plain and continental shelf of Mexico that is important to the discussion. He named it “The Bejuco-San Andrés Erosional Zone”. Since this article was published in the Bulletin of the Mexican Geological Society it had limited distribution in the U.S.A. where many people would be interested but don’t speak Spanish. Therefore, the following is an English translation of the relevant text and figures from that paper written in the hope that it will provoke more complete understanding of the Gulf by investigators from the U.S.A. The original article is also placed at the disposition of Mexican and Cuban geoscientists who are not familiar with this work by Carrillo-Bravo.

I also take this opportunity to invite our Cuban colleagues to examine and comment upon seismic data and well results from their territory that may add to the discussion, whenever these data are in the public domain, or with permission of the competent authorities.

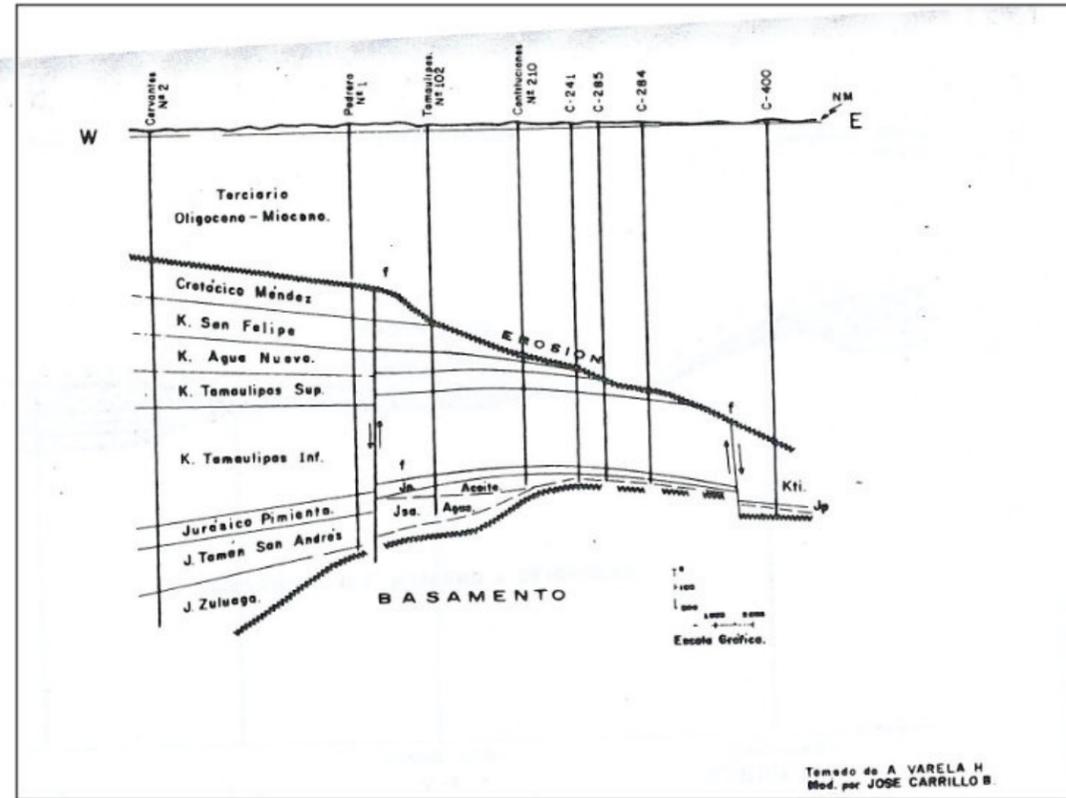


Figure 2 – Geologic section of the Tamaulipas-Constituciones Field showing the major unconformity eroded into the Cretaceous section.

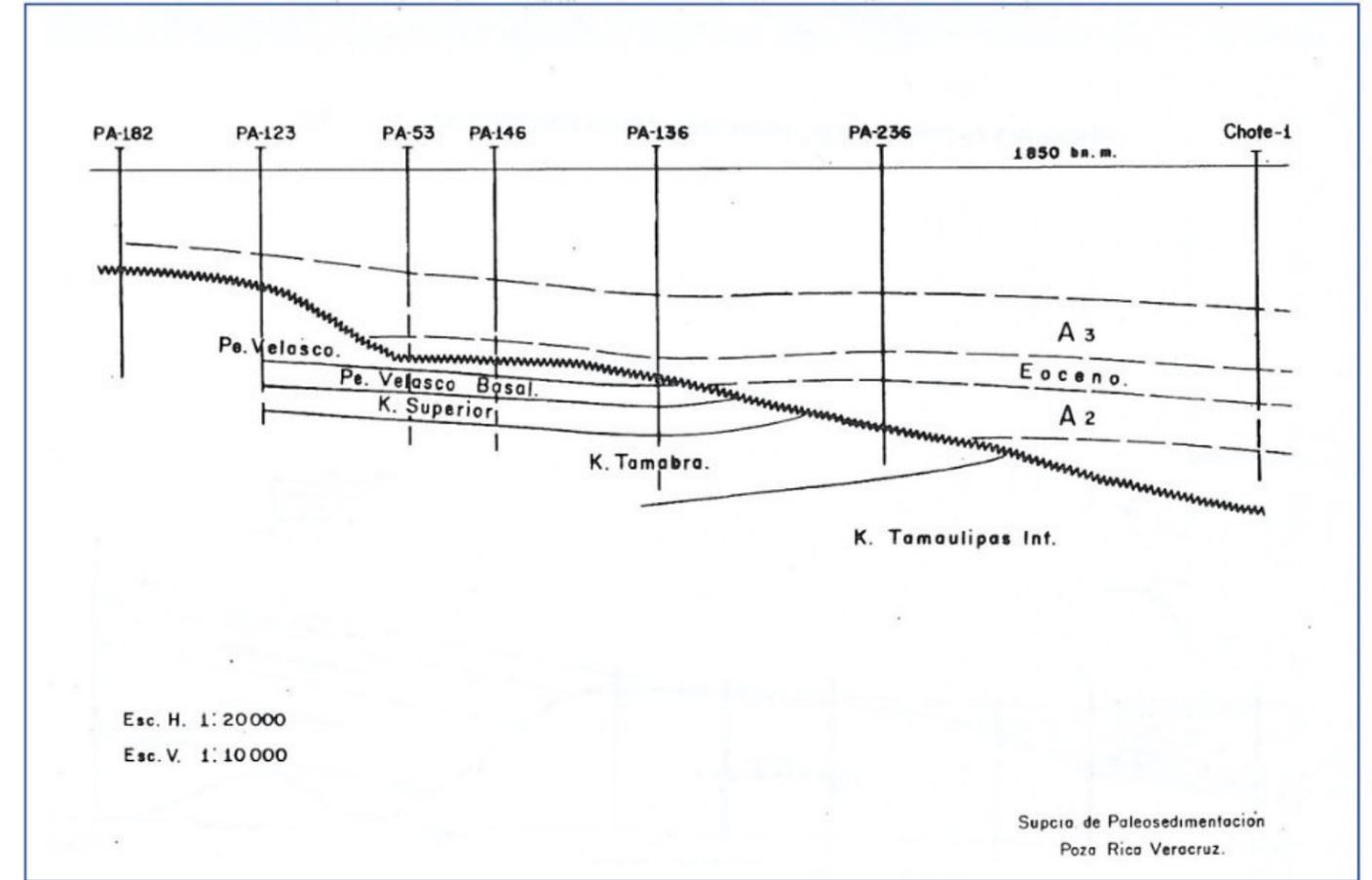


Figure 4 – Geological Section of the Presidente Alemán Field showing the unconformity in Chicontepec Paleocanyon.

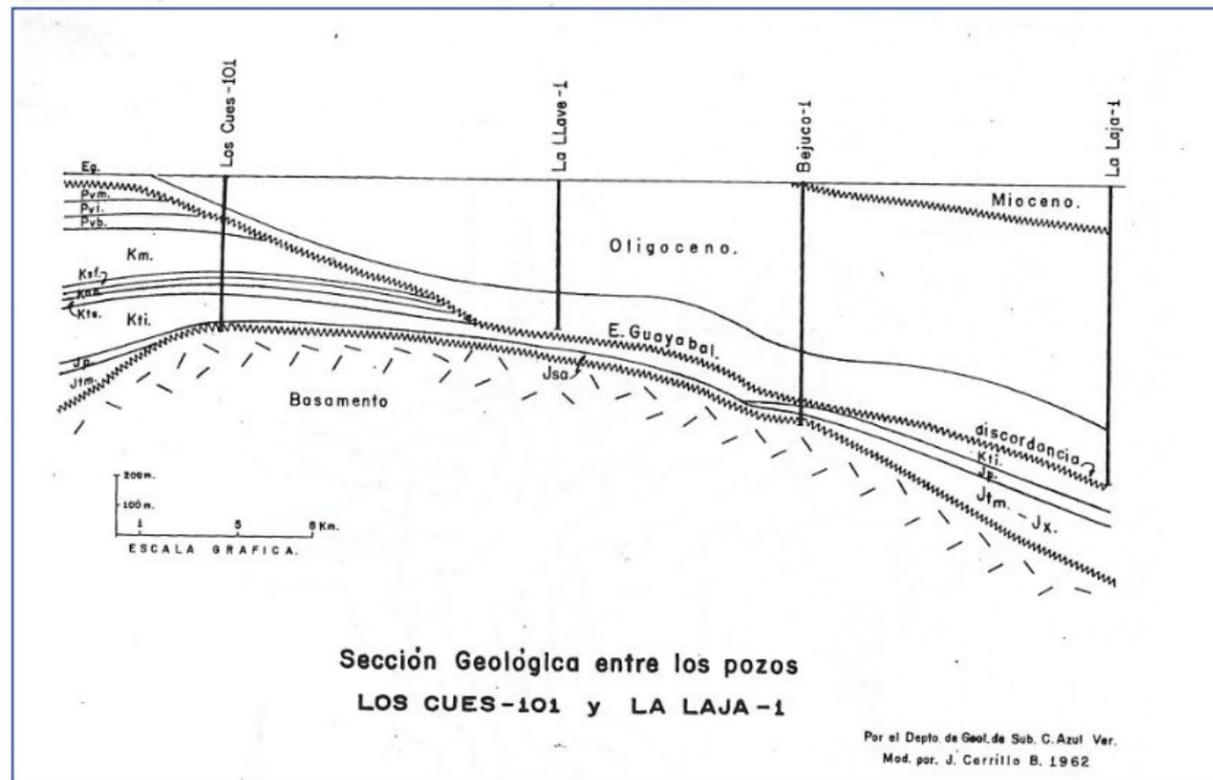


Figure 3 – Geological Section between the Los Cues-1 and La Laja-1 wells showing the unconformity in the Bejuco-La Laja Paleocanyon.

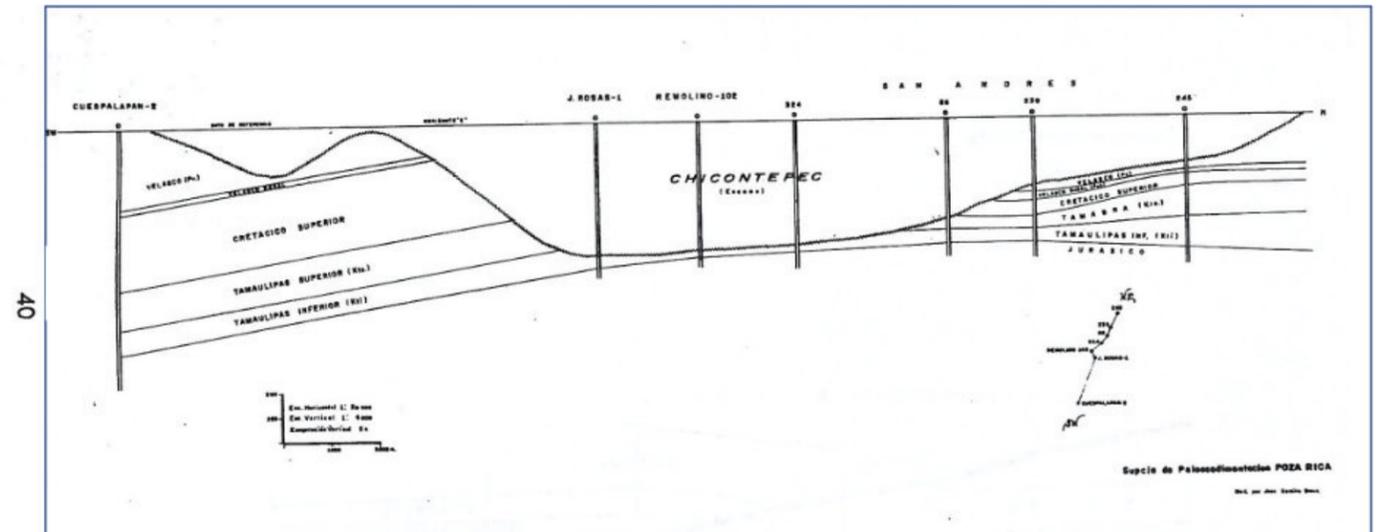


Figure 5 – Geological Section across the Chicontepec Paleocanyon.

Paso de Ovejas Paleocanyon. The Paso Ovejas Paleocanyon has been postulated within a tectonic depression between the northern Córdoba Platform and the Teziutlán–Jalapa Tectonic Block at the northwestern edge of the Veracruz Basin (Fig. 1). This determination is based on data from the Paso de Ovejas No. 1 well which penetrated a thick Eocene–Oligocene clastic section, the Remudadero No. 2 well which identified the Lower Cenozoic erosion surface, and the Paso de Ovejas No. 2 well where Lower Eocene rocks unconformably overlay Middle Cretaceous strata, as well as with recent geophysical data and the integration of the regional geology. Due to its considerable volume and types of sediments, this is considered to be an important area of petroleum prospectivity.

Papaloapan Paleocanyon. This feature is located under the river of the same name on the eastern edge of the Córdoba Platform (Fig. 1). The canyon is about 40 km long and has a maximum width of 20 km. Cretaceous and Paleocene formations are covered by a considerable volume of conglomerates, sandstones and shales deposited by turbidity currents in the bathyal environment. This canyon was initiated in the Eocene and persisted until the Miocene. Gas production was found by the El Veinte and Novillero wells in Miocene conglomerates and sandstones (Fig. 6). The existence of the Papaloapan Paleocanyon has been confirmed by combined sedimentological and seismic studies.

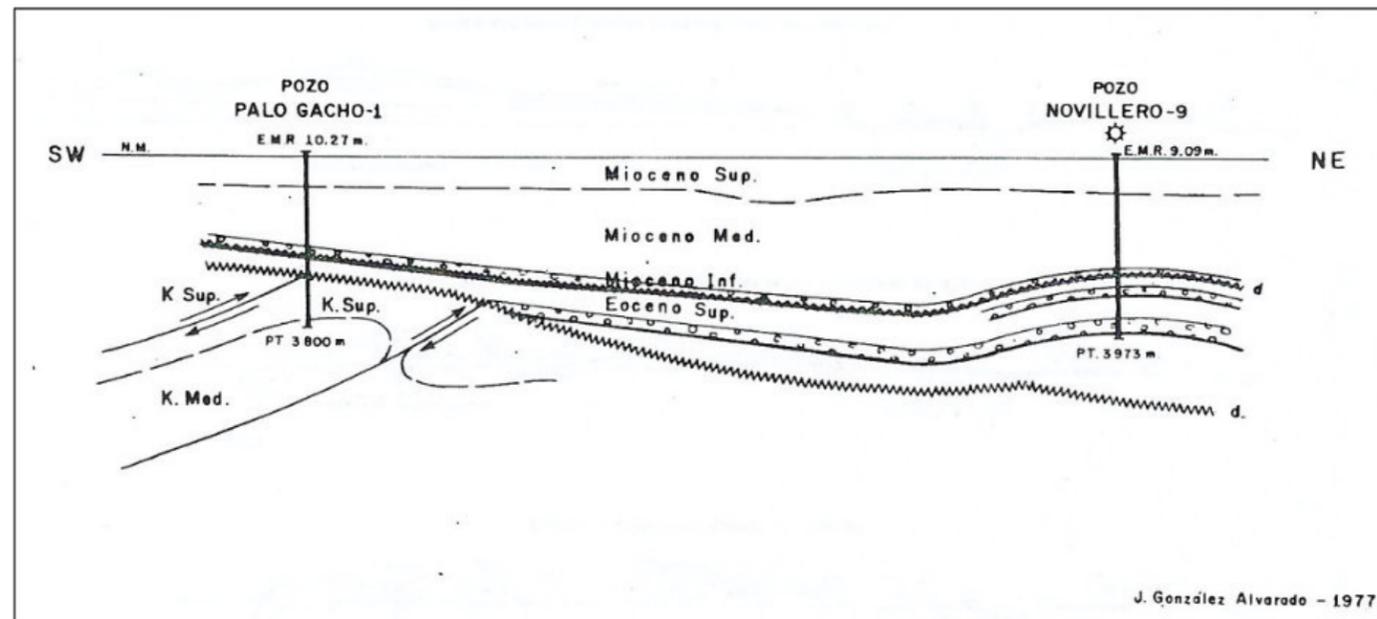


Figure 6 - Geological Section between the Palo Gacho-1 and Novillero - 9 wells in the Papaloapan Paleocanyon showing the unconformity.

Akal Paleocanyon. The great Akal submarine canyon has been identified on seismic data and from wells drilled by Pemex on the western edge of the Yucatán Platform. The canyon is located west of the wells with the same name (Akal). The canyon is 90 km long. Its width varies from 5 to 8 km and it generally has south to north orientation (Fig. 1).

Chilán Paleocanyon (more recently known as the Tomón Paleocanyon). This is also on the western slope of the Yucatán Platform. It is more than 40 km long with a maximum width of 10 km. The canyon is oriented NE to SW and is apparently a tributary of the Akal Canyon (Fig. 1).

Canyons of the Campeche Escarpment. Several canyons were discovered during Leg X of the Deep Sea Drilling Project in 1973 along the margin of the Campeche Escarpment (Lindsay et al, 1974). More detailed bathymetric study over a length of 500 km confirmed the presence of 14 canyons along with evidence for 24 more canyons. These erosional features extending from the escarpment to the abyssal plain are generally less than 10 km wide, are “v” shaped, and have relief that varies from 820 to 1220 m (Fig. 1).

Bejuco-San Andrés erosional zone

The Bejuco–San Andrés Erosional Zone takes its name from the areas of Bejuco and San Andrés, Veracruz where it was first widely studied. This stratigraphic feature is more than 2,000 km long and its width is thought to be greater than 100 km since it extends out to the Gulf of Mexico shelf. The western edge of the Bejuco–San Andrés Erosional Zone generally conforms to the eastern parts of Mesozoic positive elements such as the Tamaulipas Peninsula and Arch, and the Córdoba, Tuxpán and Yucatán Platforms (Figure 1).

Erosion within the deepest depressions at the beginning of the Eocene formed the Burgos, Tampico-Tuxpán, Veracruz and Sureste Basins which contain enormous volumes of Eocene, Oligocene, Miocene and Pliocene argillaceous and sandy sediments of marine origin that are rich in organic material and, in places, are over 7,000 m. thick.

The origins of paleocanyon erosion

In some areas, such as the Golden Lane and the eastern margin of the Córdoba Platform, the Bejuco–San Andrés Erosional Zone originated by emergence of the sea floor, but it possibly developed to a greater extent due to submarine gravity flows influenced directly by regional tilting toward the west in the Early Eocene which affected all of the coastal zone and the actual continental shelf of the Gulf of Mexico. There are various theories respecting the origin of the submarine canyons, of which the following stands out:

Turbidite flows have been considered as the principal cause of their formation. Kuenen (1963) postulated a strong genetic relationship between submarine canyons and fluvial currents, since most of these canyons occur at ancient deltas or outlets of ancestral rivers. The same author considers that turbidity currents that cut the canyons are directly generated by sediment discharge into river deltas.

- By applying the concepts of Kuenen (op. cit.) to the Bejuco–La Laja, Chicontepec–San Andrés, Nautla, Papaloapan and Paso de Ovejas Paleocanyons, the following postulates are indicated:
- The Tempoala River possibly discharged at the western extreme of the Bejuco–La Laja Paleocanyon during the Eocene and Oligocene.
- The Chicontepec or San Andrés Paleocanyon is found near the Vinasco, Cazonas and Tecolutla Rivers, and it is logical to suppose that this paleocanyon has a strong genetic relationship with the ancestral flow of these rivers.
- The Nautla Paleocanyon is associated with the ancestral flow of the Nautla River.
- In the Novillero–El Veinte area the distribution of the paleochannels of the Papaloapan River coincide with the ancient distribution system of that river.
- It is supposed that the Paso de Ovejas Paleocanyon is genetically associated with the ancestral drainage systems of the Actopán, La Antigua and Paso de Ovejas Rivers.

Lindsay et al (op cit) consider that the canyons on the Campeche Escarpment began during the Cretaceous by a lowering of sea level, and probably originated from the erosional energy of turbidity currents carrying sediments flowing from the Yucatán Platform into the deep Gulf of Mexico. This hypothesis is based on the absence of important rivers in this region.

The Akal Paleocanyon could be influenced by the action of submarine currents.

Bibliography

Busch, D.A. and S.A. Govela, 1978: Stratigraphy and Structures of Chicontepec Turbidites, Southeastern Tampico-Misantla Basin, Mexico, AAPG Bull. V. 62, no. 2, p. 235-246.

Lindsay, J.F., T. Shipley and J.L.Worzel, 1974: Morphology of the Campeche Escarpment, GSA Abstracts with Program, v. 6, p. 845-846

Kuenen, P.H., 1963: Marine Geology, John Wiley and Sons, New York, 568 p.



The Ramp to Shelf Transition – Its significance to the Mesozoic of the Gulf of Mexico

Carl Steffensen

Viking GeoSolutions LLC
Houston, TX, USA

The “carbonate ramp” was officially defined by Ahr in 1973. The purpose was to differentiate the “shelf model” with its typical flat platform and clearly defined shelf-slope break along which occur reefs or banks, from those less common bathymetric profiles which exhibit consistent sloping into the basin and updip deposition of grainstones. Both physiographic profiles can be found in the Mesozoic intervals of the Gulf of Mexico, typically differentiated not only by geometry but also by age. The implied relative facies distributions have great significance in understanding the resultant distribution of reservoirs and diagenetic trends (Figure 1).

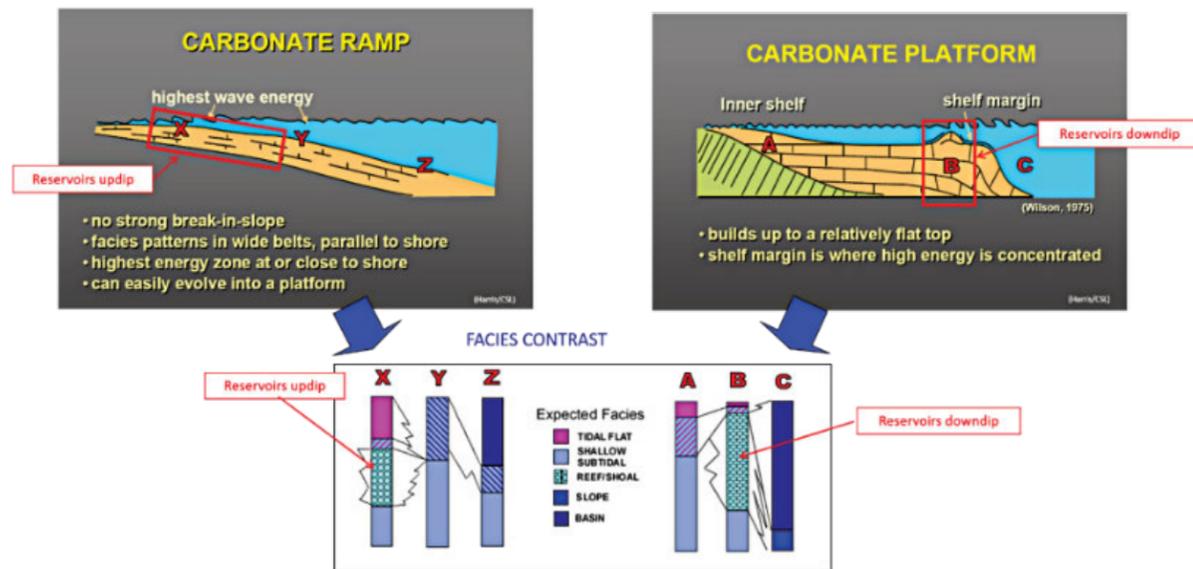


Figure 1 – Facies distributions of carbonate ramps vs. shelves. (modified from University of Miami Comparative Sedimentology Lab. presentations).

There are several features that can be used to differentiate carbonate ramp physiography from that of a carbonate shelf (Table 1). Depositional facies trends on a carbonate ramp occur in sub-parallel belts that follow bathymetric contours, with low-energy mud-rich sediments occurring in downdip subtidal environments and grainy high-energy facies developing updip near the shoreline. The facies on a carbonate shelf are also controlled by bathymetry but react to bathymetric changes that reflect the presence of reefs and other constructional features and thus may not occur in sub-parallel belts; thus, high-energy grainstones and boundstones typically occur downdip along the shelf margin, while lower-energy mud-rich carbonates occur updip in lagoonal or tidal flat environments.

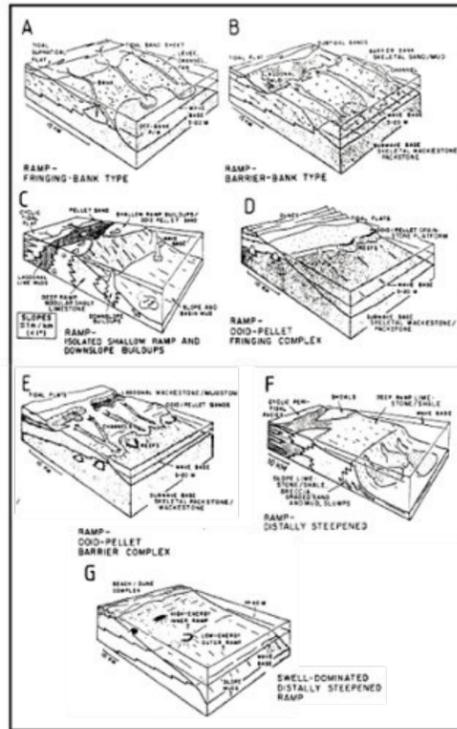
FEATURE	RAMP	SHELF
General Facies Distribution	Occur in sub-parallel facies belts that follow bathymetric contours	Controlled by bathymetry; grainstones & boundstones along margin rim, muddier carbonates in low-energy back-barrier areas (not necessarily in parallel belts)
Position of Mud-Rich Carbonates	Mud-rich sediments in tidal flats and subtidal environments downdip (grainstones UPDIP near shore)	Occur updip in lagoon and tidal flat, and downdip in basin (separated by grainstone/boundstone rim at shelf margin)
Thickness of sedimentary units	Gradual thickening of carbonate wedge downdip	Thickest at shelf margin, thinning both updip and downdip
Distribution of reefs/shoals	Buildups generally locally restricted discontinuous grainstone shoals and patch reefs; larger patch/pinnacle reefs can occur downdip at optimum water depths	Buildups tend to occur continuous trends at the shelf margin

Table 1 – A comparison of the key features distinguishing carbonate ramps from shelves.

In a ramp setting the sediments tend to thicken gradually in a downdip direction, while on a shelf the thickest accumulations of carbonate sediments is at the shelf margin, with sedimentary units thinning both updip and downdip from the margin. Finally, the distribution of buildups on a ramp is generally restricted and comprised of discontinuous grainstone shoals and patch reefs (pinnacle reefs can occur downdip if water depths allow); on the shelf, the buildups tend to develop continuous trends along the shelf margin.

Read 1985 provided an excellent summary of variations in both the ramp and shelf profiles (Figure 2).

RAMP MODELS
(Read, 1985)



SHELF MODELS
(Read, 1985)

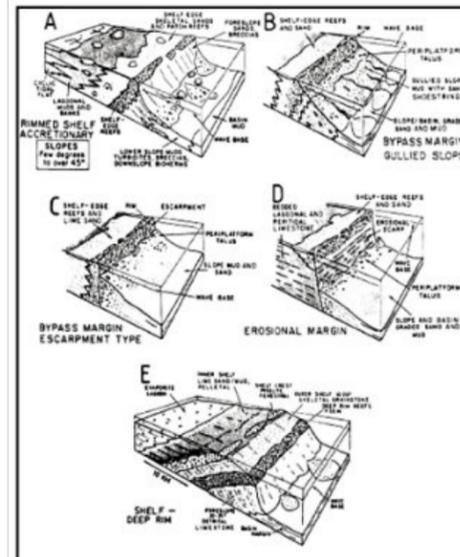
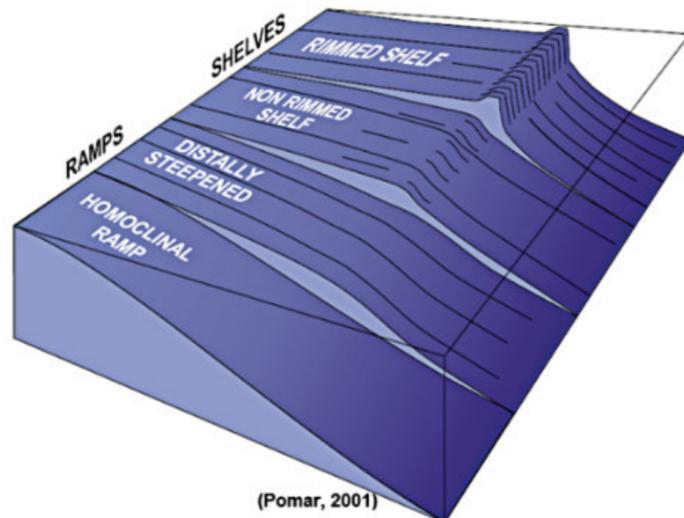


Figure 2 – Variations in Ramp and Shelf physiographies (Read, 1985)

Ramp to Shelf Evolution

Ramps may start with updip shallow-water shoals and evolve through time into rimmed shelves, either through depositional means (related to changing sea level) or via tectonic or salt enhancement of bathymetric variability, or some combination thereof (Figure 3).



(Pomar, 2001)

Figure 3 – Ramp to Shelf evolution (Pomar, 2001)

Ramps can be difficult to distinguish seismically without the aid of facies data from wells due to post-depositional compaction, salt inflation, or tectonic modification (Figure 4).

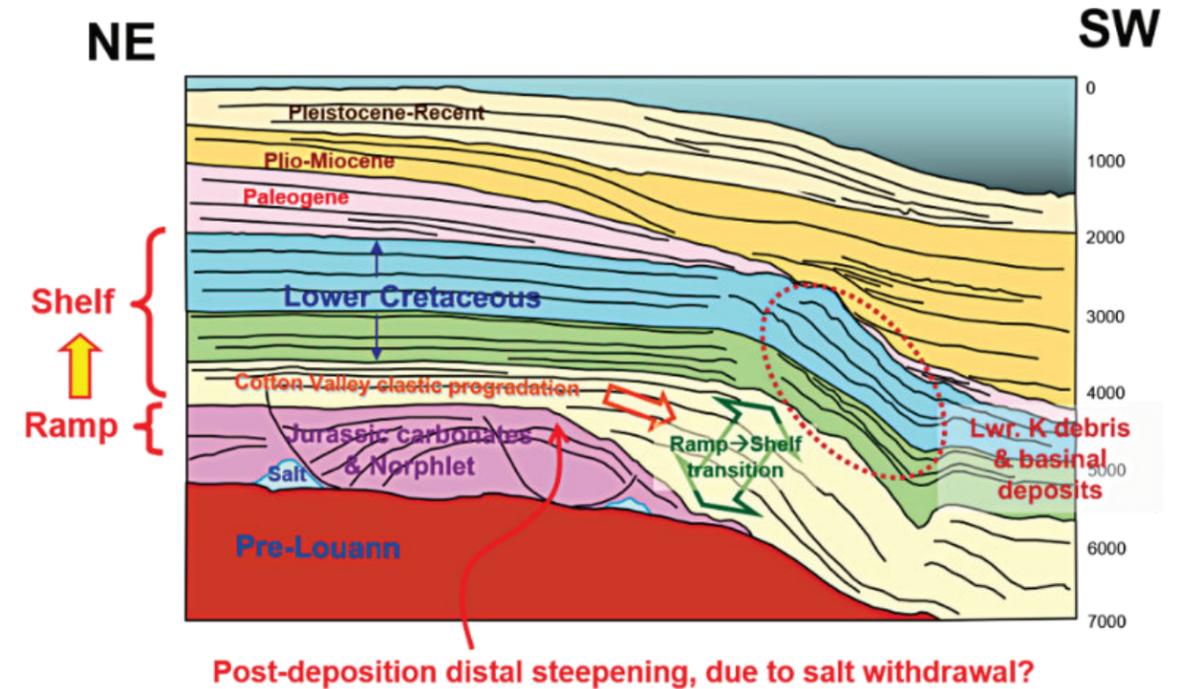
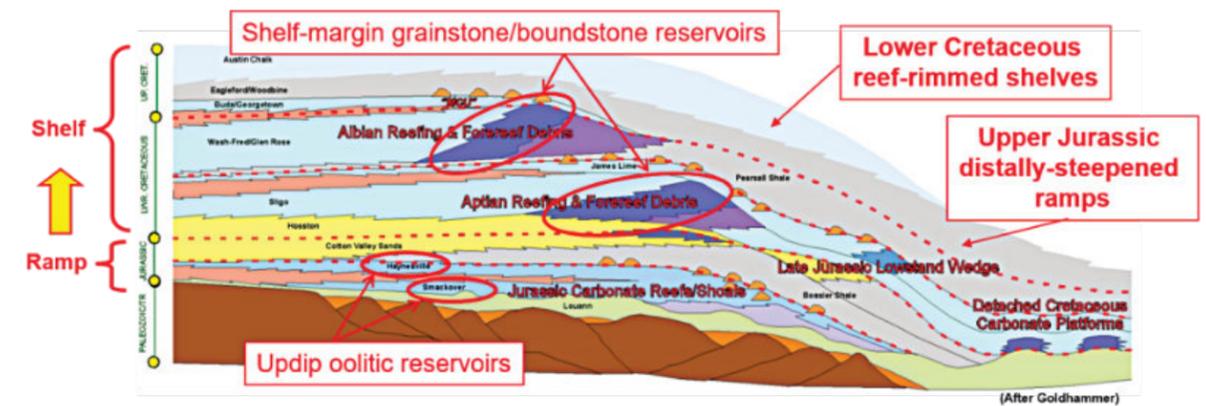


Figure 4 – Line drawing taken from seismic across the modern margin in the eastern Gulf of Mexico.

Mesozoic Chrono-stratigraphy in the Gulf of Mexico

As a practical example, one need to look no further than the Gulf of Mexico. Many studies have documented the transition of platform physiography during the Mesozoic in the Gulf of Mexico in both the US and Mexican sides of the Gulf and Gulf Coast. In South Texas, Goldhammer and Johnson (2002) documented the ramp to shelf transition very clearly (Figure 5).



(After Goldhammer)

Figure 5 – Mesozoic chrono-stratigraphy in the northern Gulf Coast (after Goldhammer & Johnson, 2002)

In examining the facies distributions of Jurassic and Cretaceous carbonate system around the Gulf of Mexico, the transition from a ramp physiography during the Upper Jurassic to a shelf physiography during the Cretaceous is evident. During the Jurassic, the Gulf of Mexico is rimmed by a nearly continuous belt of carbonate grainstone shoals present in an updip position, with finer-grained facies occurring downdip with increasing water depth. During the Cretaceous however, we can see the development of a continuous shelf margin reef system in the northern Gulf, while reef-rimmed isolated platforms dominate the physiography in Mexico; there is an abrupt increase in water depth outboard of the platform margin as the profile drops to bathyal depths in the center of the basin (Figures 6 & 7).

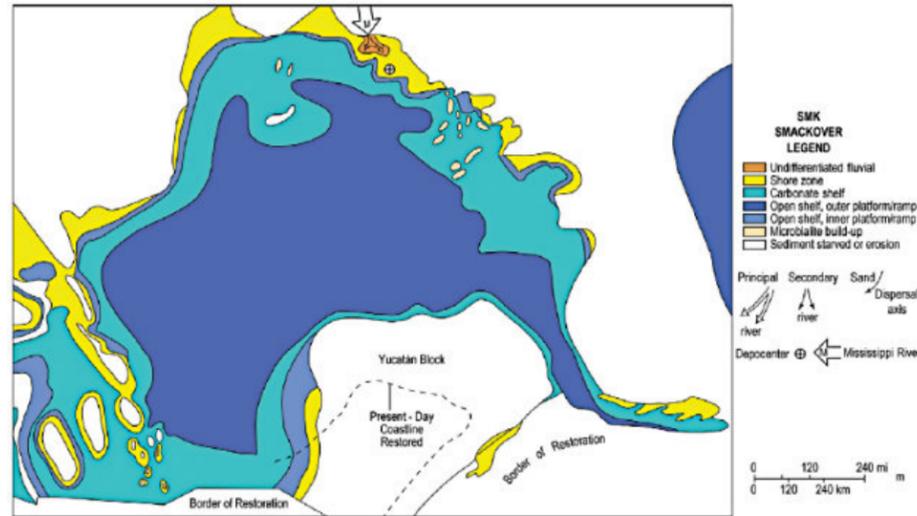
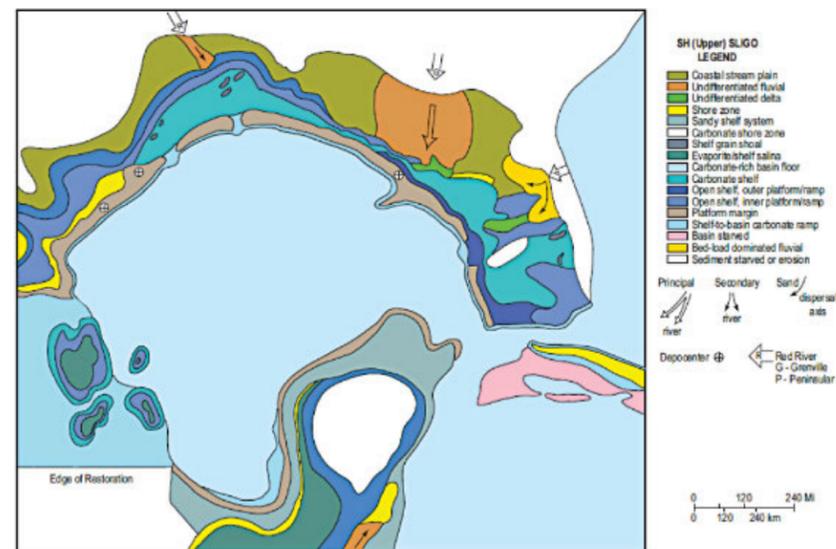


Figure 6 – Gulf of Mexico Upper Jurassic (Smackover) facies map (Snedden & Galloway, 2019).

Figure 7 – Gulf of Mexico Lower Cretaceous (Sligo) facies map (Snedden & Galloway, 2019).



Diagenetic Overprint

Prediction of reservoir facies can be complex in carbonates, largely due to their susceptibility to diagenesis. Since diagenesis is often facies controlled, understanding facies distribution can in some cases be used as a proxy for reservoir quality – the amounts of primary porosity (grain-dependent) and secondary porosity (diagenetic alteration) are related to the physiographic and climatologic conditions under which the carbonates were formed.

Carbonates are highly reactive chemically, particularly to meteoric freshwater (figure to right), but also to other diagenetic fluids that may be acidic or supersaturated (e.g., Mg–dolomitization). Geometry of the margin profile can greatly affect the areal extent of these phreatic diagenetic zones (Figure 8).

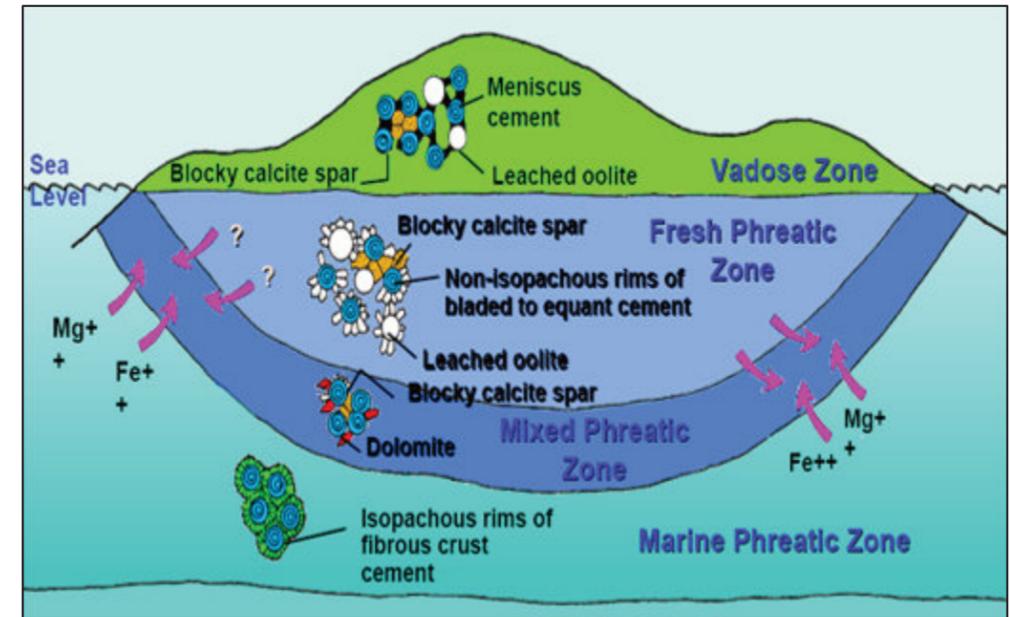


Figure 8 – Carbonate diagenetic zones (source unknown).

Examples of the Ramp model

As noted above, a classic example of an ancient ramp physiography is the Upper Jurassic of the Gulf Coast in the US and Mexico (Oxfordian Smackover and Kimmeridgian Cotton Valley Lime sequences, Figure 9). Many more examples are described by Burchette & Wright (1992) in their summary of carbonate ramp depositional systems through geologic time.

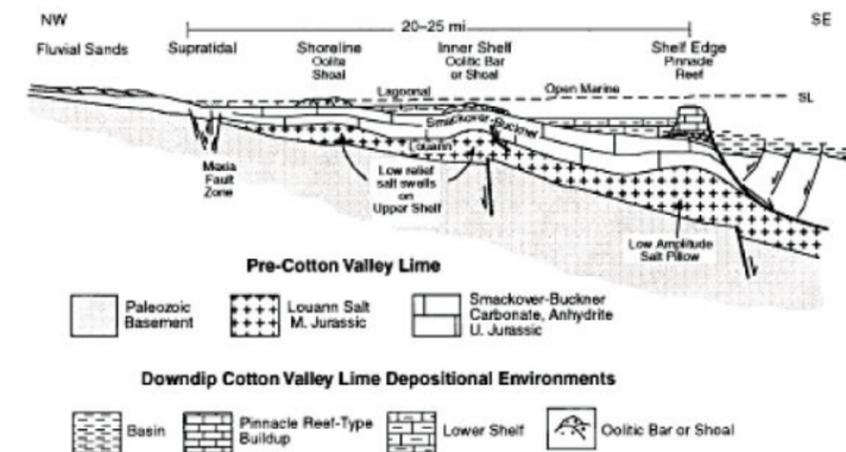


Figure 9 – Cotton Valley Lime ramp profile (Montgomery, 1997)

Several modern examples have been studied and are very well documented, including the Abu Dhabi coast in the Persian Gulf (Figure 10), the northwest shelf of Australia, Figure 11), and the Yucatan Platform of Mexico (Figure 12).

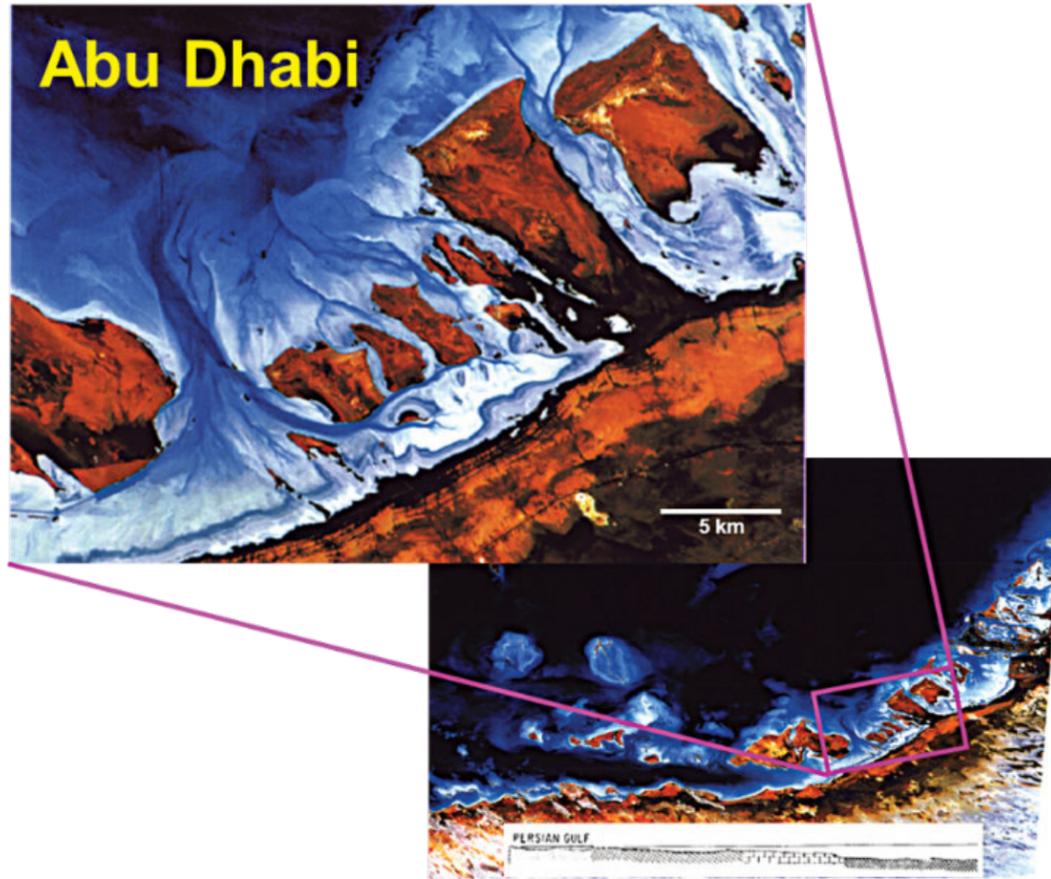


Figure 10 – Satellite images of the Abu Dhabi coast (Harris & Kowalik, 1994)

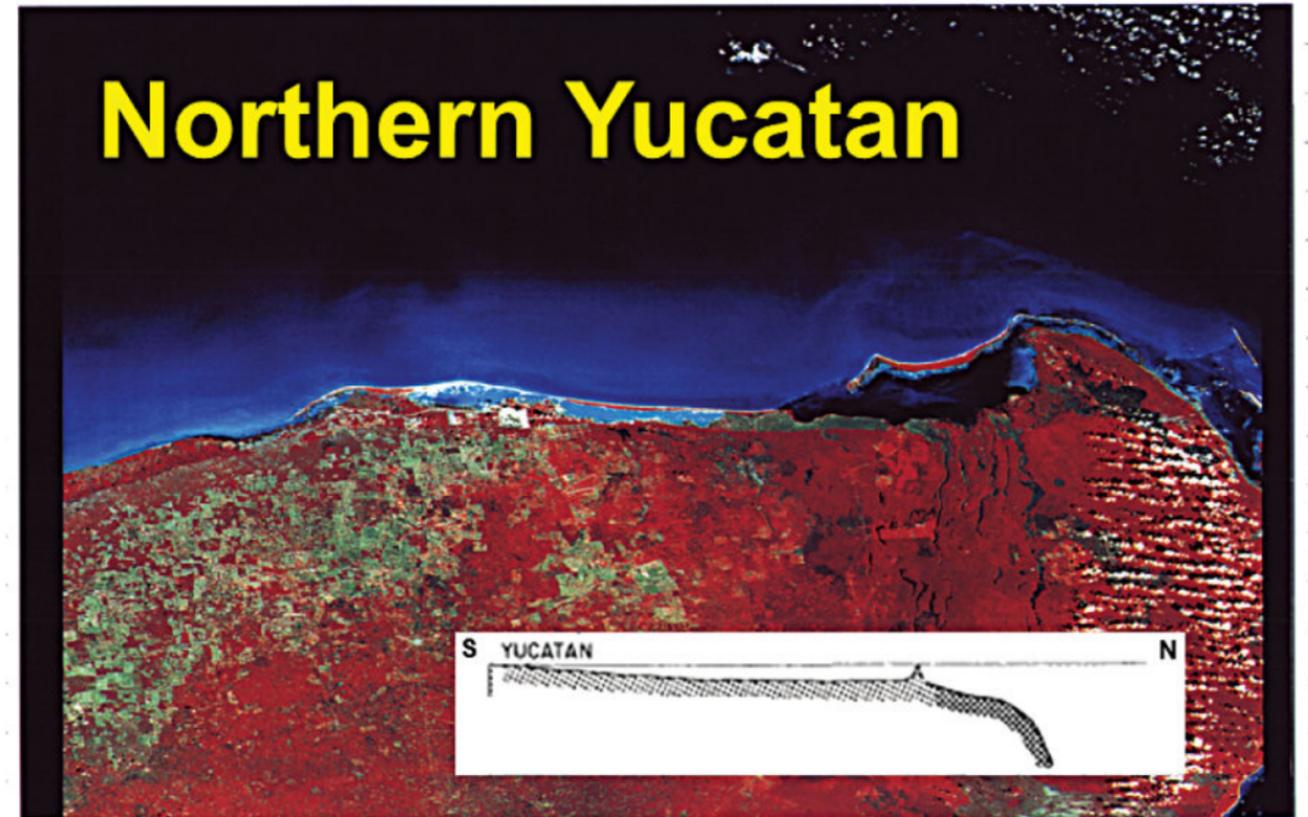


Figure 12 – Yucatan Platform profile (Harris & Kowalik, 1994)

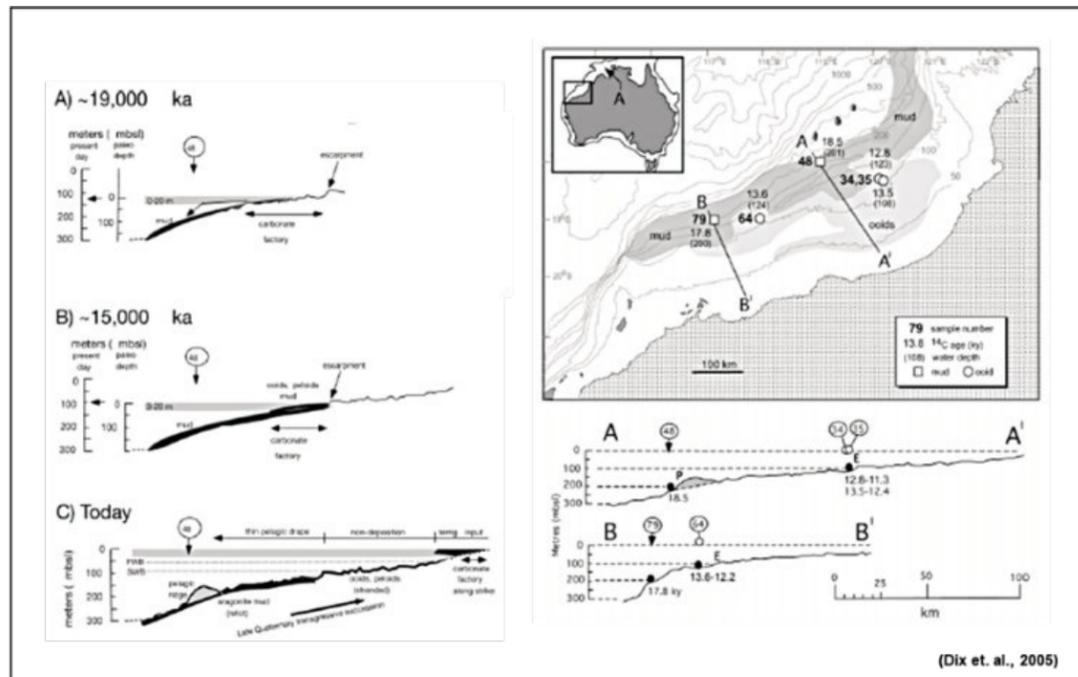


Figure 11 – Variation in ramp profile along the northwest shelf of Australia (Dix et. al., 2006)

Examples of the Shelf Model

Modern shelf models include the South Florida/Florida Keys region (Figure 13) and the Bahamas Platform (Figure 14), both heavily studied areas that serve as modern analogs for the ancient record. The Cretaceous shelf margins of South Texas (Sligo and Edwards/Stuart City reef trends, Figure 15) are well-documented examples of ancient rimmed shelf systems, as is the Permian Capitan Reef systems in the Guadalupe Mountains of West Texas (Figure 16).

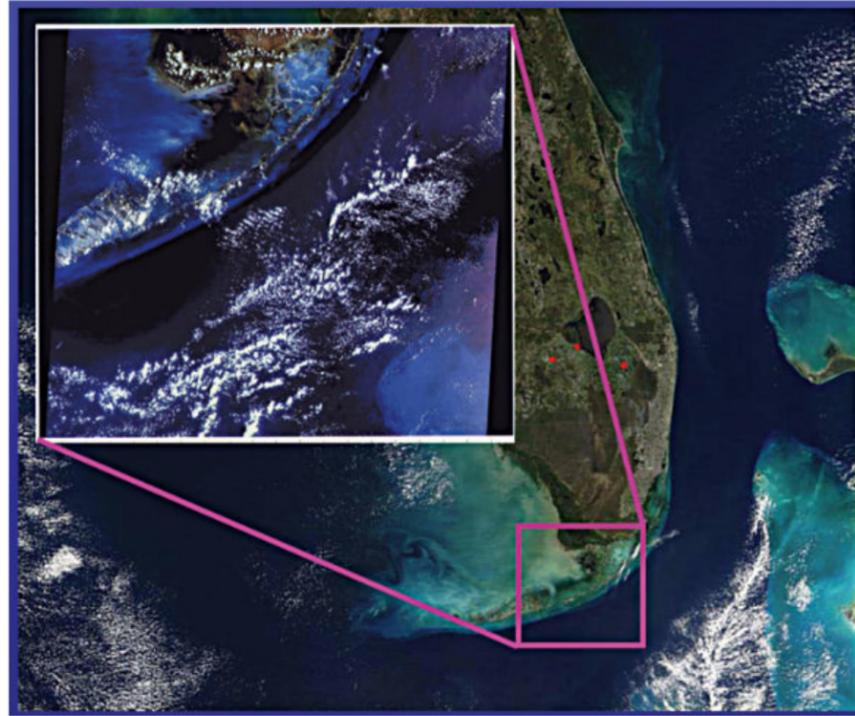


Figure 13 – Satellite images of the South Florida/Florida Keys rimmed shelf (Harris & Kowalik, 1994).

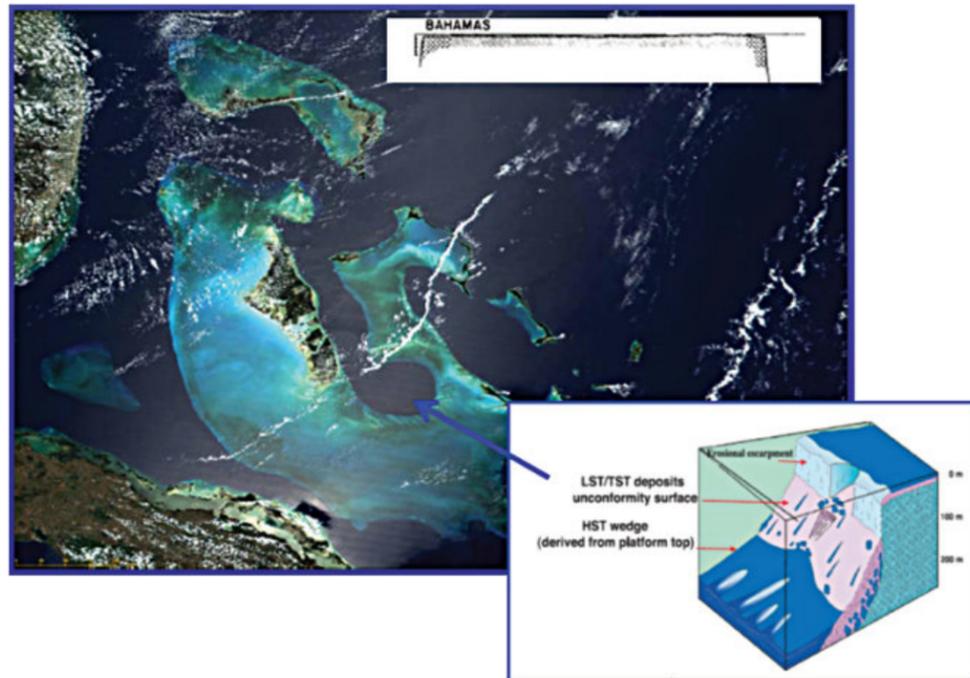


Figure 14 – Satellite image of the Bahamas Platform with inset describing the morphology of the Tongue of the Ocean (Grammar, Harris, & Eberli, 2004).

TRANSGRESSIVE SYSTEMS TRACT

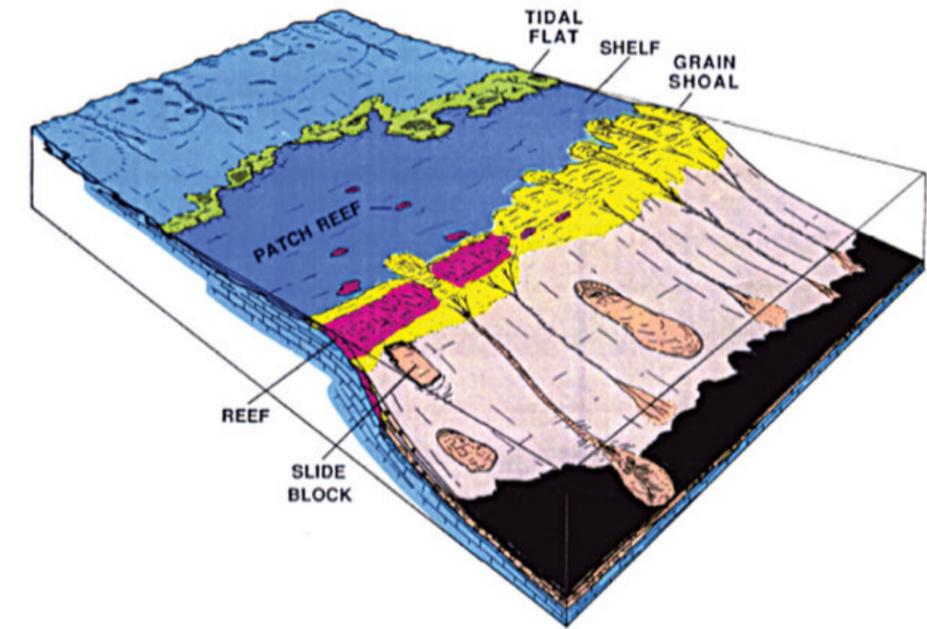


Figure 15 – Block diagram describing platform morphology and facies distribution of the Cretaceous margin of South Texas (Handford & Loucks, 1993).

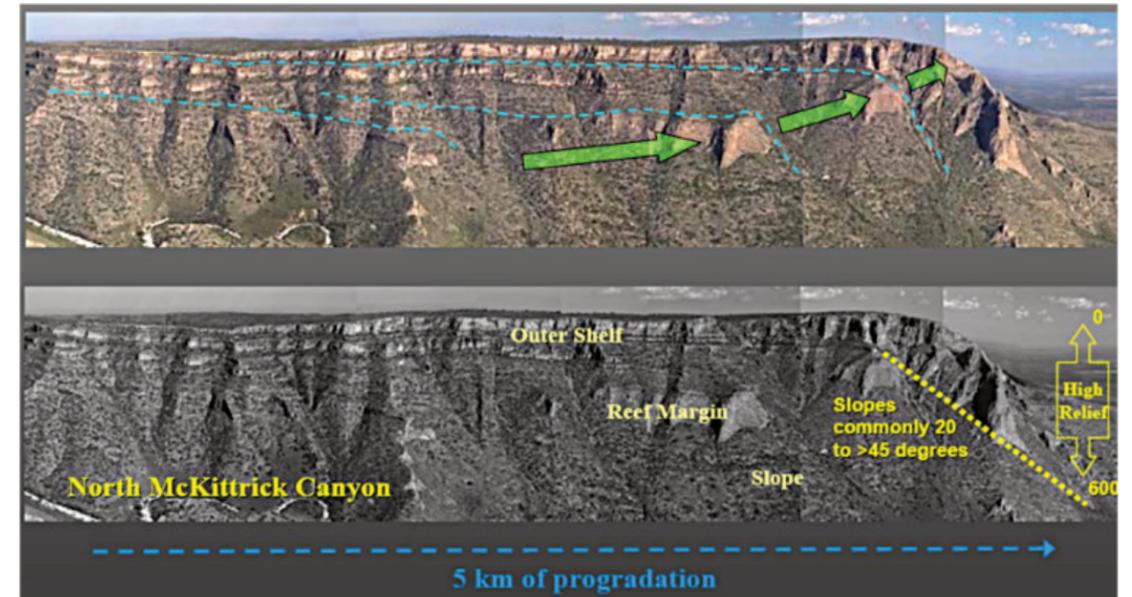


Figure 16 – Permian Capitan Reef panorama showing platform facies and margin progradation (modified from University of Miami Comparative Sedimentology Lab. presentations).

Of course, even a well-developed rimmed shelf can have intermittent periods of ramp-like development as illustrated by Phelps et. Al. (2014) in their analysis of Cretaceous platform evolution in the northern Gulf of Mexico (Figure 17). Such variability is often the result of changes (cyclic?) in a number of inter-

related environmental factors, including relative sedimentation rate, changes in sea level (accommodation space), tectonic forces (subsidence and uplift), and climate.

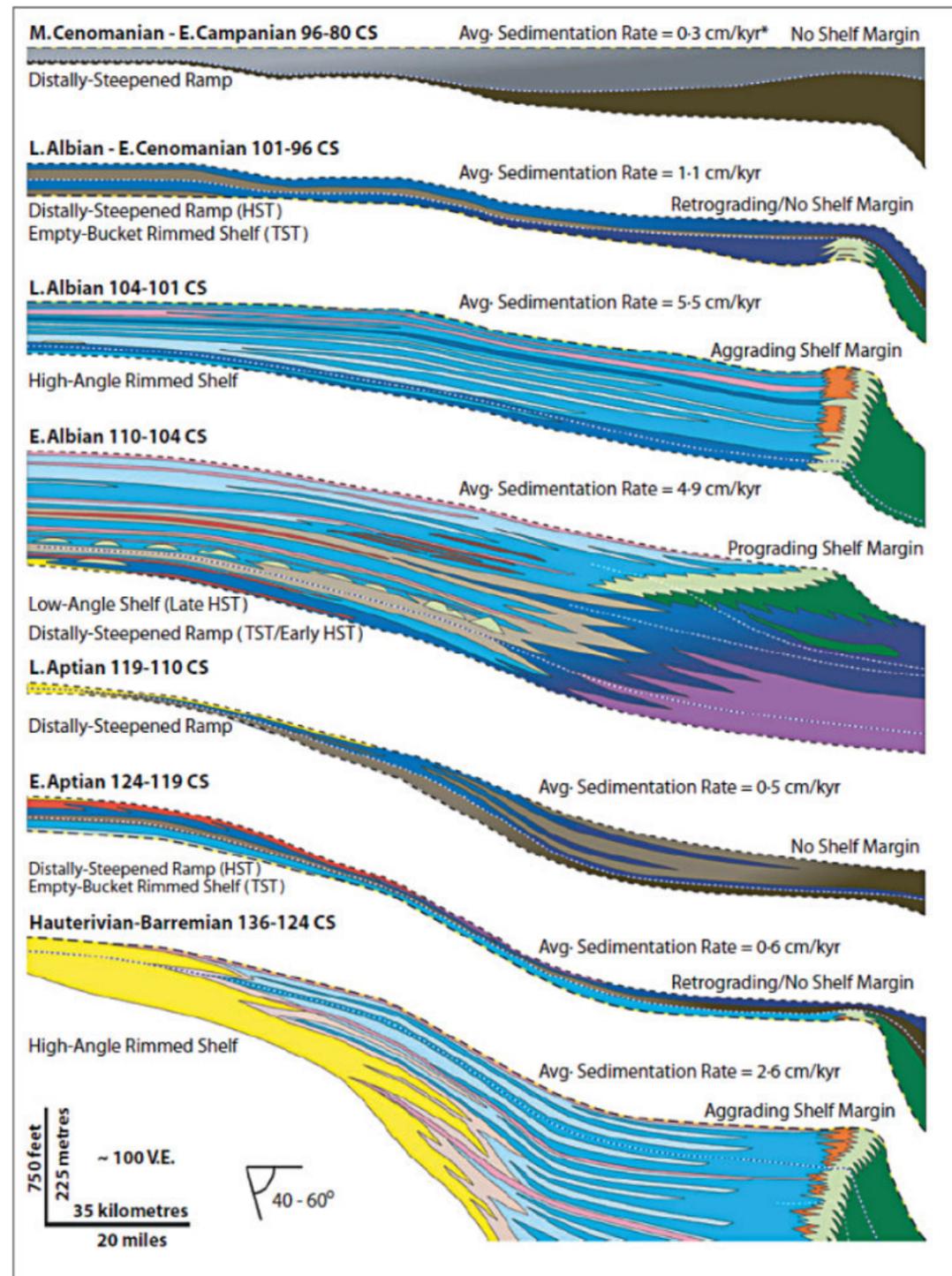


Figure 17 – Changes in platform morphology as documented for the Cretaceous in the northern Gulf of Mexico (Phelps et. al., 2014).

The Significance of Differentiation to Petroleum Exploration

Many of the best carbonate reservoir facies, particularly in the Gulf Coast Mesozoic sequences, can be found in the higher-energy facies – typically these would include grainstones and boundstones that are associated with carbonate shoals or reef development. As demonstrated above, these high-energy reservoir-prone facies will occur in different places along the platform profile depending on the physiography (ramp vs. shelf) and where high energy forces (winds, waves, and tides) are dissipated most strongly. On a carbonate ramp, the high energy forces are directed mainly along the shoreline, making updip positions most prone to reservoir development. On a shelf the high energy is directed along the shelf margin, where robust fauna can develop continuous reef systems that can withstand the high energy conditions; thus, reservoir facies are most commonly associated with boundstones and grainstones that are concentrated along the shelf edge. Of course, these are but two end-member cases and many intermediate situations can occur (see Figures 3 and 17), but by using these criteria from the various models and examples, it is possible to predict where one should expect to find high-energy reservoir-prone facies in carbonate depositional systems. Diagenetic alteration is a factor to be considered once facies distribution has been determined.

References

- Ahr, Wayne M., 1973, The carbonate ramp – an alternative to the shelf model; *GCAGS Transactions*, v. 23, p. 221-225.
- Burchette, T. R., and V. P. Wright, 1992, Carbonate ramp depositional systems; *Sedimentary Geology*, v. 79, p. 3-57.
- Dix, George R., Noel P. James, Kurtis Kyser, Yvonne Bone, & Lindsay B. Collins, 2005, Genesis and Dispersal of Carbonate Mud Relative to Late Quaternary Sea-Level Change Along a Distally-Steepened Carbonate Ramp (Northwestern Shelf, Western Australia); *Journal of Sedimentary Research*, v. 74, no. 4, p.665-678.
- Goldhammer, R. K., and C. A. Johnson, Middle Jurassic-Upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest Gulf of Mexico rim, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and A. Cantú-Chapa, eds., *The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems*: AAPG Memoir 75, p. 45-81.
- Grammer, G. M., P. M. Harris, and G. P. Eberli, 2004, Integration of outcrop and modern analogs in reservoir modeling: Overview with examples from the Bahamas, in *Integration of outcrop and modern analogs in reservoir modeling*: AAPG Memoir 80, p. 1– 22.
- Harris, P. M. & A. S. Kowalik, 1994, *Satellite Images of Carbonate Depositional Settings*: AAPG Methods in Exploration Studies, no. 11, 167 p.
- Handford, C. R., and R. G. Loucks, 1993, Carbonate depositional sequences and systems tracts— Responses of carbonate platforms to relative sea level, in R. G. Loucks and R. G. Handford, eds., *Carbonate sequence stratigraphy*: AAPG Memoir 57, p. 3–31.

Montgomery, S. L., 1997, Jurassic reef play: East Texas basin: *Petroleum Frontiers*, v. 13, no. 4, 82 p.

Phelps, Ryan M., Charles Kerans, Robert Loucks, Rui O. B. P. Da Gama, Jason Jeremiah, & David Hull, 2014, Oceanographic and eustatic control of carbonate platform evolution and sequence stratigraphy on the Cretaceous (Valanginian–Campanian) passive margin, northern Gulf of Mexico; *Sedimentology*, v. 61, p. 461-496.

Pomar, L., 2001, Types of carbonate platforms: a genetic approach; *Basin Research*, v. 13, no. 3, p. 313-334.

Read, J. Fred, 1985, Carbonate Platform Models, *AAPG Bull.*, v. 69, no. 1, p. 1-21.

Snedden, J.W., and Galloway, W. E., 2019, *The Gulf of Mexico Sedimentary Basin: Depositional Evolution and Petroleum Applications*, Cambridge University Press, 343 p.



Geologist and Chicago native **Carl Steffensen** (BS. Geology '80, Illinois; MS Geology '82, Texas A&M) has nearly 40 years collaborative industry experience and team leadership with ARCO, Vastar, BP, Statoil/Equinor, and Viking GeoSolutions LLC. During his career he has worked a variety of Tertiary, Mesozoic, Paleozoic, and Pre-Cambrian exploration and production projects in the Gulf of Mexico (shelf and deepwater), onshore Gulf Coast, Midcontinent, Midwest, southeastern US, Mexico, and Latin America, with a focus on basin analysis, carbonate and siliciclastic depositional systems, and petroleum systems. Carl spent 14 years working on new country access opportunities, with particular focus on Mexico and leading collaboration workshops with numerous exploration teams within PEMEX. His experience also includes responsibility for technical assurance of global exploration opportunities providing a consistent measure of risk, resources and ranking, sustaining industry-leading standards and delivering practical coaching of technical exploration methodology and workflows to deliver quality opportunities. Carl has more than 15 years' experience in college recruiting and mentoring, has served in many positions with both the Houston Geological Society and the AAPG, currently serves as an AAPG Associate Editor and is an AAPG Fellow and AAPG Certified Petroleum Geologist, as well as a Texas Licensed Geologist.

<https://www.linkedin.com/in/carl-steffensen-072abb60/>

LAHARES DEL VOLCÁN BARÚ DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ. DATOS SOBRE LA FORMACIÓN DEL RELIEVE POSTVOLCÁNICO

Humberto Álvarez-Sánchez

1. Introducción.

El Volcán Barú es la cima culminante de Panamá, con 3474 m.s.n.m., situado en la occidental Provincia de Chiriquí. Desde el comienzo de su actividad en el Plioceno temprano eventos tectónicos, gravitacionales y climáticos, algunos catastróficos, modelaron su elevación, que pudo alcanzar entre 4,000 y 5,000 m, según Williamson (1981) y cuya degradación pudo generar km³ de detritos desmantelados y expuestos en los flancos del volcán.

El Barú es un estratovolcán andesítico calcoalcalino con una actividad basáltica secundaria (Retana et al., 1987). Lavas y piroclásticos forman el volumen principal del cono primitivo. Durante la etapa previa a su inactividad actual, domos de lava se elevaron hasta una altura superior al borde de los restos del viejo cráter. Según Retana, *ibíd.*, los datos de presión de agua del fraccionamiento magmático <1Kb, suponen un doble sistema de alimentación en el Barú, dividido entre una cámara magmática profunda a 3-6 km, origen de los productos más recientes y otra en la base continental, con los productos de mayor antigüedad de lavas andesíticas con anfíbol. Retana et al., llaman a este substrato como el "basamento pre-Cuaternario", compuesto por los complejos, volcánicos, intrusivos y sedimentarios de edad Mesozoico a Mioceno Superior; que sirven de pedestal a los productos de colapsos y complejos de lahares así como los productos de emisión del vulcanismo.

La actividad del Barú, fue intensa aunque de corta duración. El vulcanismo comenzó alrededor de 0,5 Ma y estuvo en actividad hasta tiempos muy recientes. En la etapa Mioceno Superior-Plioceno Inferior es probable que se produjo un cese del vulcanismo, seguido de intensa erosión y excavación en los flancos (Retana, *ibíd.*), continuado por un reinicio de actividad volcánica en el Plioceno superior, con duración hasta una época muy reciente. Estudios realizados en el proyecto IRHE-BID-OLADE (Retana *ibíd.*), describen restos orgánicos en flujos piroclásticos con diferentes edades 14C inferiores a 12 400 años de actividad sucesiva hasta muy jóvenes, después de la formación de la depresión central. Otras edades corresponden a 980 y 690 años, ya dentro de la época precolombina. Según Williamson, *ibíd.*, la última erupción, fechada por 14C en 800 años B.P., se originó a partir de una fisura en el flanco occidental, al crear un depósito piroclástico de pómez dacítico; posiblemente relacionado con actividad freatomagmática. En la actualidad el Volcán Barú se considera latente o potencialmente activo (Retana *ibíd.*; Sherrod et al., 2008; Camacho, 2001). Los principales depósitos clásticos derivados de la degradación subaérea del Volcán Barú se encuentran al SW y S del volcán, en extensos cuerpos fragmentarios que se supone tuvieron dos tipos de actividad predominante. Al sector occidental (Figura 1) lo denominaron "Avalancha de Escombros" y al oriental "Planicie de Lahares" (Sherrod et al., 2008); términos preservados aquí al expresar sus características principales.

2. Depósitos gravitacionales del Volcán Barú. Antecedentes.

Las primeras investigaciones en la región del Barú perseguían localizar sistemas geotérmicos de alta entalpía, destinados a la generación de energía (Williamson, 1981; Retana et al., 1987; Defant et al., 1991). La exploración no rindió buenos resultados y se derivó hacia objetivos más prometedores en el edificio volcánico de El Valle de Antón y en la región de Chitira-Calobre. Ninguno de estos trabajos hizo énfasis en los procesos de degradación del Volcán Barú y sus productos; con excepción de Retana et al., 1987, cuyo trabajo descartó las depresiones en herradura en el Barú como estructuras de caldera; causadas en realidad por tectónica y actividad volcánica. Una de las depresiones en forma de anfiteatro abierto hacia el oeste y producto del colapso y desplome de la pared, es mencionada como punto de partida de grandes avalanchas de escombros, quizá la primera ocasión en que se aludía¹ a estos fenómenos en el Barú. Camacho, 2001, menciona entre los restos del colapso grandes secciones fragmentarias de la pared constituidas por los cerros Macho de Monte, Cerro Pon la Olla y Potrero de Piedra e hizo una de las primeras referencias al delantal de lahares extendido al sur del volcán hasta las costas del Pacífico.

¹ Un esquema geológico del área del Barú realizado por una expedición de la Universidad de Colombia (1999) parece ser uno de los primeros trabajos en lo que aparecen contornos de cuerpos de lahares. Lamentablemente este trabajo se ha perdido.

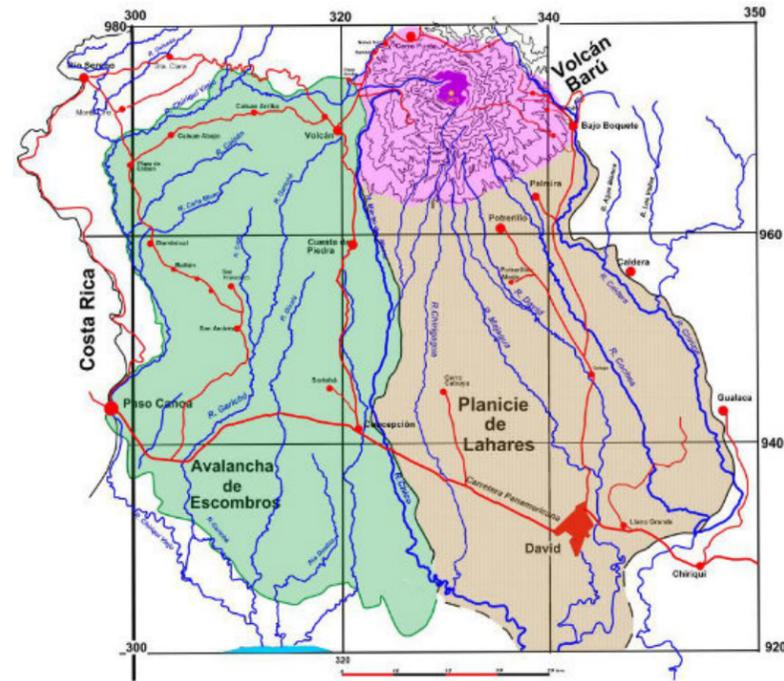


Figura.1. Mapa simplificado de los depósitos gravitacionales del Volcán Barú. En café la Planicie de Lahares. En verde la Avalancha de Escombros enlazada al colapso de la pared occidental del cono. Los contactos entre de los complejos de sedimentos se modificaron de la Figura 1 de Sherrod et al., 2008; la Figura 3 de Brady, 2011; la Figura 1 de Herrick, 2011 y los datos de las investigaciones geotécnicas de proyectos hidroeléctricos (Álvarez-Sánchez, 2004, 2005, 2008abcd). En rojo poblados y carreteras. Azul, red fluvial principal. Base topográfica de la Hoja 2 David, del mapa 1:250,000 del Instituto Geográfico de la República de Panamá. (Coordenadas UTM).

El trabajo de Sherrod et al., 2008 sobre las amenazas volcánicas, presenta el posible primer mapa con la distribución de los complejos detríticos gravitacionales del Barú. El trabajo posee una segunda parte con los resultados de cartografía y estratigrafía, dataciones de 14C y otros resultados; lamentablemente no disponible. Investigaciones posteriores (Herrick, 2011), (Brady, 2011), contienen información sobre la geología de los depósitos gravitacionales, aunque ambos se encuentran enfocados en la avalancha de escombros del sector oeste del volcán durante el Pleistoceno tardío (Figura 2).



Figura.2. Zona del comienzo del colapso del flanco occidental, cerca del poblado de Nuevo Bambito. 1-Flujo piroclástico de ceniza y fragmentos de pómez.; fechada en 800 años B. P. por 14C. 2-Contacto con la avalancha de escombros (Foto propia, 2008b).

De acuerdo con Brady (ibid.) la composición adakítica de muestras de restos de la avalancha, parecen demostrar un proceso de fusión combinada que sugiere un desequilibrio causado por la inyección de magma máfico (horbléndico) más caliente en la cámara más fría de almacenamiento andesítico del Volcán Barú. El incremento de temperatura, descenso de la presión y reducción de agua disuelta en la cámara andesítica, pudo causar el colapso del sector oeste por actividad explosiva; favorecida por la influencia de la meteorización tropical y la actividad sísmica (Brady, ibid., y referencias citadas). Estimaciones de volumen acumulativo para los depósitos de avalancha de escombros y lahar se estimaron previamente en $\sim 100 \text{ km}^3$, en comparación con el colapso del Mount St. Helens que produjo solo $\sim 3 \text{ km}^3$ (Brady, ibid.).

Herrick, 2011 (su Figura 1), describe las avalanchas al occidente del Barú, divididas en dos episodios principales: El Depósito Barriles (Hvda-BE), extendido sobre 45 km con área cubierta de 966 km^2 , limitado entre dos edades de C14 de $\sim 9 \text{ ka}$; más joven que el depósito Caisán. El Depósito Caisán (Pvda_C) extendido $\sim 50 \text{ km}$ con área de 1190 km^2 , más antiguo o más allá del rango de radiocarbono ($>43,500 \text{ YBP}$)₂ (Herrick, ibid.) y cubierto parcialmente por el depósito Barriles. Ambos, según Herrick, son yacimientos volcánicos subaéreos entre los de mayor magnitud en el mundo, cuyos volúmenes calculados suman más de 30 km^3 .

Como se aprecia de la literatura disponible, la investigación previa se dedicó casi en su totalidad al estudio de las avalanchas de escombros. Sin restarles importancia, son eventos repentinos y episódicos en la historia geológica del volcán. Al complejo de lahares se le presta menos atención, a pesar de su potencia mucho mayor y su carácter de procesos reiterados en el tiempo, que reflejan importante información estratigráfica de la geología superficial del volcán y, con seguridad, son mucho más antiguos. Precisamente Herrick (op cit.) señala que no fue posible determinar la edad de los lahares, pero sugiere que su grado de endurecimiento demuestra mayor antigüedad respecto a las avalanchas Barriles y Caisán.

3. Lahares del Volcán Barú. Características y propiedades.

A los movimientos superficiales de masas rocosas se les llama deslizamientos de tierra, avalanchas de rocas, flujos de detritos y fango, distinguiéndose por los factores detonantes, la proporción clástica, la matriz y su fluidez, determinante de su velocidad. En los escenarios volcánicos, el antagonismo entre crecimiento magmático y degradación atmosférica, tectónica y volcánica, causa pérdida de masa y elevación y produce detritos, cuyo movimiento depende de la gravedad, la pendiente y el agua. Aunque los lahares son, al fin, "flujos de detritos", el término lahar₄ se aplica exclusivamente a los de origen volcánico, sustentados por lodo fluidificado por agua. Por tanto, los lahares al desplazarse, son masas húmedas y para su génesis y transporte el agua es indispensable: por cuya condición se desencadenan durante pluviales y deshielos, en periodos volcánicos activos o de calma.

Los puntos de inicio de los lahares son laderas inestables de los conos volcánicos, alteradas por hidrotermas, cenizas incoherentes, aglomerados poco cementados y otras mezclas de alto contraste de propiedades mecánicas, sujetas a inestabilidad gravitacional. El magma rico en gases sulfurosos se mezcla con las aguas superficiales y las convierte en una solución ácida de alta temperatura, capaz de reducir las rocas a una masa arcillosa (Pierson & Scott, 1985). De aquí la fuente de los lahares ricos en arcilla, referidos como lahares fangosos o lahares cohesivos. Muchos lahares comienzan con un deslizamiento de tierras que termina por moverse por la pendiente. Un elevado contenido de arcilla ($\pm >3\%$) aumenta considerablemente su movilidad. Los lahares se caracterizan por transportar bloques tan grandes como decimétricos a métricos; en flotación en una matriz de restos volcánicos finos, pero en ocasiones también más que simple lodo, tales como fragmentos de tamaño grava, arena y clastos de centímetros (Figura.3). En conclusión; masas de fragmentos y fango lubricados por agua. Característicamente tiene mala selección, estratificación gruesa o masiva. Diferentes clasificaciones de los lahares y sus conceptos y términos cambian entre los autores. Los lahares pueden dividirse en primarios o sineruptivos, simultáneos con la actividad y secundarios o posteruptivos, durante las pausas o durante ellas; aún cuando los sismos y las erupciones explosivas son típicos eventos que los fomentan. También se dividen en aquellos ricos en arcilla o en lahares pobres en arcilla. Con mucha arcilla a menudo los lahares se asocian con desplomes de laderas meteorizadas y sus depósitos finales suelen ser

² Según Brady, 2011, DA3 (Hvda=Barriles) arroja edades entre 12900-10120 años AP y es el depósito más joven y volumétricamente significativo que resultó del colapso. El depósito DA2 (Pvda=Caisan) ocurrió durante el Pleistoceno Temprano-Tardío $\sim 40 \text{ ka}$. El depósito DA1 (Pbl=unidad de lahar) ocurrió en el Pleistoceno entre $231 \pm 32 \text{ ka}$ y 41 ka .

³ Existen grandes discrepancias en las cifras: Willianson: 250 km^3 . Brady: 100 km^3 . Herrick: 30 km^3 .

⁴ Término indonesio, introducido en 1922 por el geólogo holandés Berend George Escher.

diamictíticos, mientras los que son pobres en arcilla requieren de grandes volúmenes de agua con la capacidad de arrastrar material (Zehfuss et al., 2003).



Figura.3. Ejemplo de lahar cohesivo de estratificación gruesa en el Río Piedra (Chico) cortado en la ladera oriental del río. La flecha indica una estructura de carga sobre arcilla con clastos finos o arena (Foto propia, 2004).

Los depósitos de flujo de escombros contienen desde arcilla hasta bloques métricos y son masivos, muy viscosos y densos. Fuertemente mezclados durante el flujo, carecen de clasificación (Coussot y Meunier 1996). Los flujos de detritos pueden pasar a flujos hiperconcentrados con cambios a una textura con menos cantidad de finos que los flujos de escombros; mala clasificación, estratificación horizontal tenue pero de apariencia masiva con lentes finos de gravas (Pierson & Scott, 1985). En consecuencia y según el contenido de agua y arcilla pueden distinguirse flujos de detritos cohesivos y flujos hiperconcentrados no cohesivos (Coussot y Meunier 1996, Mulder y Alexander 2001). Varnes, 1978 (fide, Scott 1988) los designa como flujos de escombros que dan lugar a depósitos que contienen al menos un 50 por ciento de arena, limo y arcilla. En la definición de Bates y Jackson, 1980 (fide, Scott 1988), los lahares son solo aquellos que se originan en el flanco de un volcán. Coussot y Meunier 1996 comentan que estas clasificaciones son contradictorias cuando se basan en criterios cualitativos o no abarcan la totalidad de los fenómenos y las clasificaciones son difíciles de aplicar. Las proporciones entre carga sólida y las partículas finas en la matriz establecen una distinción importante entre lahares cohesivos y no-cohesivos. Un flujo de detritos cohesivo tiene la capacidad de recorrer distancias mucho mayores que un flujo no cohesivo. Los lahares cohesivos (7% o más de arcilla) forman capas más gruesas, que pueden estar estratificadas, aunque tienden a ser masivas. Estos depósitos en ocasiones muestran rasgos de gradación inversa (Figura 4). Un lahar suele tener una fase inicial ascendente o creciente, una fase de máxima inundación y una fase descendente o menguante relativamente prolongada. En los tramos proximales o medios los lahares pobres en arcilla forman depósitos mal clasificados, masivos o de estratificación gruesa, con frecuente gradación inversa. Pero, en dependencia de la cohesión, la concentración de sedimento y la velocidad, la gradación puede ser normal hacia el techo del depósito (Lavigne y Suwa, 2004).



Figura.4. lahar cohesivo con estratificación graduada inversa en un afluente del Río Caldera. La capa superior más oxidada tiene un origen aluvial más probable (Foto propia, 2004).

En los tramos distales, los flujos forman depósitos voluminosos y arenosos que pueden extenderse decenas de kilómetros más allá del cuerpo principal del lahar (Scott, 1988). Estas facies distales se denominan comúnmente depósitos de agotamiento (Figura 5). Suelen presentar una estratificación y una mejor clasificación que la de los depósitos proximales o medios (Zehfuss et al., 2003).



Figura. 5. Depósito de agotamiento en el lahar del Río Chico. compuesto de arena rica en ceniza con tramos estratificados y masivos. (Foto propia, 2008c).

Para distinguir un lahar de otros flujos, varias características son útiles: La matriz de un lahar muestra una pobre clasificación de casi todos los tamaños de grano. Los contactos tajantes entre los cuerpos son típicos y sus bases presentan efectos de carga o erosión en los estratos subyacentes. A menudo presentan una facies arenosa diluida a menudo estratificada, representativa de un frente de agotamiento.

3.1. Rasgos sedimentarios híbridos.

Los lahares no son solo eventos de interés estrictamente vulcanológico; también son laboratorios de sedimentología, en cuya estratigrafía pueden observarse secciones con rasgos similares a las características de los flujos de sedimentos por gravedad en ambientes subacuáticos (Scott, 1988) (Figura 6). Varios depósitos de lahar; cuando las condiciones geométricas del cauce fluvial, el contenido de lodo y agua y el material fragmentario forman una mezcla apropiada; imitan la estructura y hasta el modo de formación de otros productos sedimentarios, hasta el punto que llegan a parecerse a los flysch turbidíticos y a las olistostromas de las avalanchas submarinas (Álvarez-Sánchez, 2005, 2008a, 2008c; inéd.)

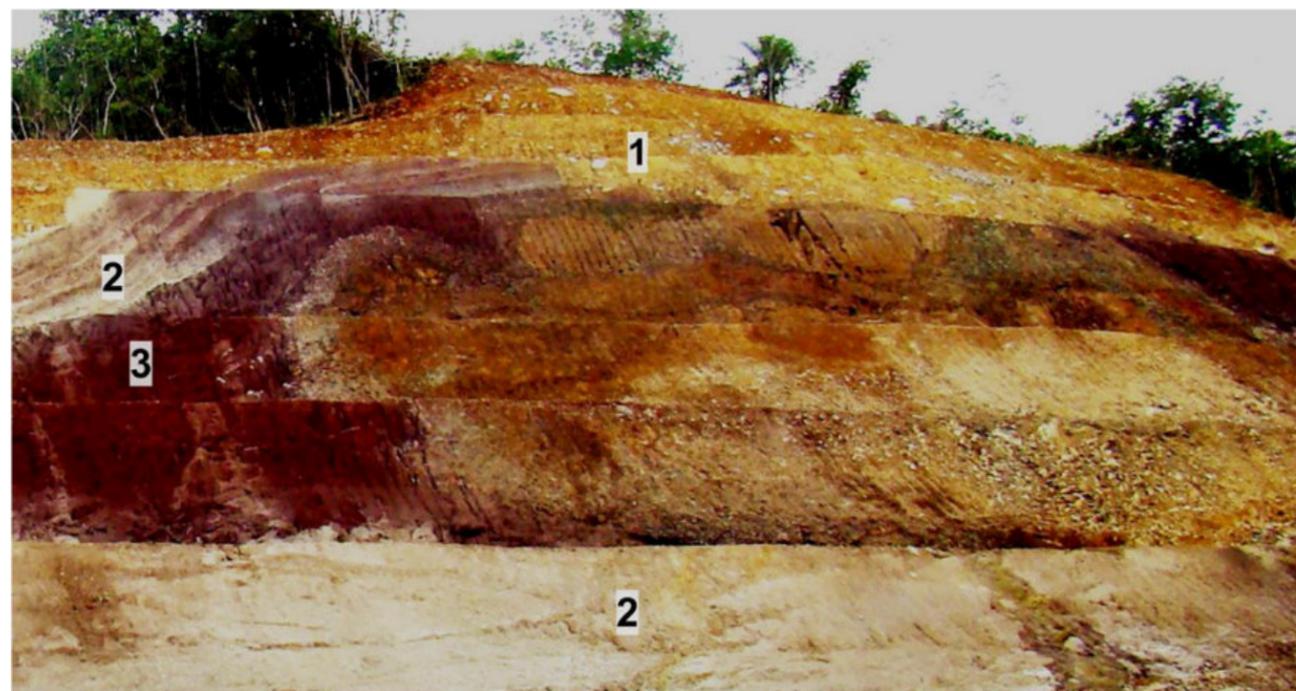


Figura.6. 1. En el tope, lahar no más antiguo que Plioceno probablemente distal del Volcán Barú. 2-Flujos piroclásticos estratificados de la Formación Virigua. 3-Avalancha de lodo manganésico-ferroso que sirve de matriz a un potente flujo de detritos de pliegues convolutos imitando una olistostroma arcillosa. En el corte se destacan numerosos diques clásticos y huellas de carga, evidencia de la acumulación rápida en estado plástico de la mayoría de la sección. Los tajos de terraza impiden ver detalles de los contactos inferiores (Excavación del canal de conducción de la presa Mendre 1) (Foto propia, 2005).

También existen depósitos cuya clasificación precisa y en cual categoría situarlos es difícil. Se trata de secciones de composición y estructura que evocan las características de las avalanchas submarinas de detritos desprendidas de acumulaciones fragmentarias, en contacto con costas accidentadas limítrofes a centros de actividad sísmica periódica. La estructura de estos depósitos es confusa. Presentan un alto grado de consolidación y cementación hasta el punto de formar una masa coherente y compacta. En esto se diferencian marcadamente de depósitos de lahar que les sobreyacen, carentes de tal grado de litificación. Al considerar la proximidad a la costa del depósito de la Figura 7, es posible concebir la formación de este depósito en una zona donde los materiales iniciales pudieron ser restos de lahares redepositados hacia el talud de una zona de costa, en régimen oscilatorio y bajo aguas marinas. Tal depósito pudo ser de nuevo, cubierto por lahares normales durante la retirada de la paleolinia de la costa.



Figura.7. Capa de sedimentos consolidados y compactos de estructura desordenada en una matriz cementada arcillo-arenosa. Los clastos y bloques angulosos carecen de selección y se componen de rocas volcánicas en gran medida poco alteradas. Los bloques mayores están rodeados por una matriz envolvente sinuosa de tipo flaser. En la parte superior se destacan unos metros de un depósito mal graduado poco coherente que puede ser material de lahar retrasportado. Este horizonte consolidado de origen no esclarecido puede ser llamado una diamictita⁵. Curso inferior del Río Piedra (Chico) (Foto propia, 2008c).

⁵ Las diamictitas a menudo se interpretan erróneamente como de origen glacial. Sin embargo, el origen más común de las diamictitas es la deposición por flujos de masa submarinos como turbiditas y olistostromas en áreas tectónicamente activas, y pueden producirse en una amplia gama de otras condiciones geológicas, entre ellas flujos de masa de lahar que ingresan al océano.

También, en el escenario del Barú existen flujos de detritos que no son lahares ni avalanchas de las paredes del volcán, sino desplazamientos de materiales previamente sedimentados y meteorizados, regolitas, lateritas, rockfalls, restos de lo que fueron lahares ya consolidados y estables. Ejemplo de ellos son los deslizamientos numerosos existentes en las laderas de los cañones a veces espectaculares y que en nada se relacionan con el vulcanismo por mas que se deriven de restos volcánicos (Figura 8).



Figura.8. Sucesión de grandes deslizamientos de la ladera sobre las Quebradas Emporio y Quisigá, afluentes del Río Cochea, a poca distancia del poblado turístico de Boquete. El diámetro del ring en el centro de la imagen es de 519 m. Las líneas de los futuros deslizamiento se marcan claramente en el terreno. Uno de los casos en que la predicción geológica es perfectamente posible. (Imagen Google Earth).

4. Morfología de la Planicie de Lahares. Cañones, terrazas e interfluvios.

La Planicie de Lahares se extiende desde los contrafuertes del Volcán Barú, a unos 800 m s. n. m., cerca de Boquete hasta 50 m s. n. m., cerca de David y se prolonga, suavemente basculada \pm 3-7% hasta la costa del Pacífico mezclándose con sedimentos marinos-lacustres y aluviones modernos (Camacho, 2001). La superficie del glasis se cubre por una eluvio-coluvial de bloques dispersos en una matriz densa de arcilla laterítica, en parte derivada de la degradación de cenizas.

Lahares, aluviones reelaborados; restos de flujos piroclásticos y de avalanchas secundarias, incluso posibles rellenos lacustres; son los sedimentos presentes bajo la corteza. Observaciones en los valles fluviales durante estudios para proyectos hidroeléctricos, demuestran ser los lahares la formación predominante. Sin embargo la estratigrafía del relleno es más compleja que la supuesta por Sherrod et al., 2007, según su interpretación de un delantal integrado completamente por lahares que cubrieron la pendiente meridional del volcán. No obstante, aunque la colmatación es heterogénea es cierto que a primera vista da una impresión de monotonía litológica, a causa del aspecto de llanura pedregosa uniforme, con mesorelieve propio, perfil edáfico derivado directamente del relleno y red fluvial con características propias que la drena.

Los flujos fangosos saturados de fragmentos pétreos de las más diversas dimensiones; lahares propiamente dichos en su mayoría, rellenaban temporalmente los cauces ya existentes o se dispersaban sobre los interfluvios. Al establecerse el flujo normal en los cauces, los materiales incoherentes eran retransportados y depositados en forma

de aluviones con algunas de sus facies típicas en los valles de corrientes favorecidas. Un tiempo después eran cubiertos de nuevo por flujos de detritos, durante la reanudación de la actividad volcánica, sísmica o climática. De tal forma, se originó una compleja estructura sedimentaria con cierta variabilidad facial y genética que constituye el relleno y paisaje de esta planicie.

La mayoría de estos valles tienen en común la morfología de artesa que se estrecha hasta la forma de cañones y una edad aproximadamente coincidente. En ellos ocurren movimientos en masa a partir de las laderas límites de los cañones fluviales. Este proceso es el mecanismo principal de "apertura" lateral de los cañones, hasta proporcionar a los sistemas fluviales privilegiados con cuencas mayores y precipitaciones más copiosas, valles más abiertos en forma de artesa, donde el eje transversal de los valles es mayor que la altura entre el cauce y la planicie superior. Este mecanismo no constituye un fenómeno del pasado. Se trata de fenómenos completamente activos. Visibles hoy en varios valles, en términos de modificación de las laderas de los cañones, que en pocas semanas o meses pueden mostrar huellas completamente frescas de eventos de este tipo, con consecuencias variables para el cauce según las masas involucradas.

Los interfluvios planos (glacis de derrame) sin grandes rupturas de pendiente y delimitadas por sistemas de valles estrechos aproximadamente paralelos, sugieren que en un momento temprano de su evolución el movimiento de los lahares quedó controlado por los cauces (lahares encausados), mientras los interfluvios quedaron sujetos a formas meteóricas predominantes de erosión. El encauzamiento de los lahares y el despeje de las obstrucciones de los cauces pasó a ser la forma predominante de la evolución del relieve. De tal forma la estructura de los valles, considerablemente compleja, ha evolucionado bajo condiciones de elevada dependencia con la tectónica regional.

Mientras la estructura se levantaba en su extremo septentrional, los ríos primitivos sufrían el incremento gradual de sus pendientes obstaculizando el alcance de sus perfiles de equilibrio. En estas condiciones las corrientes profundizaron (y aún lo hacen) sus cauces con un casi total predominio de la erosión vertical. Las diferencias de profundidad de los cauces, partiendo de la base de un material común a erosionar, dependían entonces del volumen del drenaje de cuencas privilegiadas por su área de captación, más que quizá cualquier otro factor, además de la velocidad de ascenso de las superficies y las propiedades granulométricas de los lahares y su potencia. El levantamiento basculado de la planicie de lahares, determinó el desarrollo de las cuencas hidrográficas mediante acción remontante (Cuellar-Cárdenas, *et al.*, 2014) hacia las faldas del volcán con una profunda incisión fluvial, de modo que la pendiente primitiva y la inclinación de los precursores de la red fluvial estuvo determinada siempre por el levantamiento regional provocado por la recuperación isostática de los centros volcánicos situados al Norte o por un sistema de fallas ocultas bajo los depósitos. Unos ríos, como el Río Cochea, se encauzaron por un cañón (Figura9) casi hasta su confluencia, mientras otros ampliaron su cauce hasta convertirse en ríos trenzados como el Río Macho de Monte. Por ello un Nivel de Base local entre valles próximos no necesariamente se establecía en el valle más antiguo.

Una clara evidencia de la acción de los factores tectónicos regionales es el complejo sistema de terrazas estructurales. En los tramos altos de los valles pueden observarse hasta 3 niveles. Este número disminuye hacia el Sur por coalescencia de superficies de transición según ocurre el ensanchamiento de los valles. El proceso se combina con las variaciones de la capacidad de transporte de sedimentos y, por tanto, con la capacidad de las corrientes para erosionar los flancos de los valles, con su posterior ensanchamiento. Estas terrazas demuestran una historia complicada de erosión, relleno de los cauces y estabilización periódica de las condiciones hidroclimáticas en la evolución de los valles. En la actualidad tres de estos sistemas de terrazas, entre las cotas 800 y 620 (aguas arriba de la confluencia del Río Macho de Monte y el Río Concepción (Bocalatún) se encuentran totalmente disecadas y representan un estadio anterior de la evolución del relieve. Solo en algunos casos de grandes avenidas las terrazas sobre estas cotas serían alcanzadas por el flujo y bajo la suposición de que esto puede ocurrir donde el valle se reduce en algunos tramos hasta formar un estrecho cañón como ocurre justamente aguas arriba de la confluencia Macho de Monte-Río Concepción.

Los interfluvios se caracterizan por su regularidad, exceptuando pequeñas depresiones y restos de cauces abandonados y pueden clasificarse como pequeños pedimentos sin deformaciones de consideración. Se forman por restos de etapas anteriores en el desarrollo fluvial y contienen, tanto facies fluvio-torrenciales, como sedimentos de cauce normal y de terrazas abandonadas. Hacia el Norte, por sus características estructurales y su posición en los flancos del volcán estas cuevas se pueden considerar como superficies primarias.

⁶ Piedra (Chico).

La red afluentes son vaguadas fuertemente inclinadas y transversales al relieve principal, en forma de sistemas "colgados" que afluyen al valle principal que constituye su Nivel de Base local (Figura 9). Una gran parte de estos afluentes funcionan solo en época de lluvias. En general es una red consecuente dendrítica de ángulo muy cerrado.



Figura.9. Cañón del Río Cochea. Un espectacular testigo del corte vertical de la columna de lahares relacionado con el levantamiento de la planicie. La cascada es la descarga de una vaguada transversal de rumbo WNW. Con una diferencia de ± 100 m entre el cauce y la planicie superior, obsérvese el plano rigurosamente uniforme de la planicie superior (Foto propia, 2008b).

5. Substrato de la Planicie de Lahares.

Se puede suponer que la base de la columna de lahares es la continuación de los complejos volcánicos de la cordillera panameña hacia la Cordillera de Talamanca. Sin perforación, levantamientos aero-geofísicos o sondeos geofísicos de suficiente penetración se desconoce la profundidad de las rocas consolidadas subyacentes. La velocidad de solevación de la cordillera, cifra importante para conocer como se desarrolló la depresión se ignora. Por tanto la potencia de esta enorme masa de sedimentos al sur del aparato volcánico es desconocida desde varios ángulos y métodos aplicables. Sin embargo algunas condiciones iniciales de la estructura tectónica subyacente debieron favorecer la acumulación más que la simple pendiente estructural determinada por la prolongación de las raíces de los aparatos volcánicos locales. Suponer que la acumulación de material fue causada solo por la relación de pendientes entre el volcán elevado y sus flancos deprimidos o el hecho de que la cordillera se eleva al norte como un obstáculo topográfico; quizá sea una simplificación excesiva. Si existió una estructura preferente para el relleno y de dimensiones suficientes; tal concebible depresión pudo ser un half-graben, originado por un sistema de fallas sintéticas, sinvulcanógenas solidarias con el contorno del cono volcánico; fallas que ejercieron su influencia desde la profundidad, como ocurre en fallas enmascaradas por derrubios enclavadas en las rocas duras subyacentes, mientras la cobertura detrítica se acomoda pasivamente. Las huellas de este supuesto sistema de fallas no aflorado en superficie, cuenta con argumentación razonable a partir de la morfología fluvial y los saltos de facies, evidentes en los depósitos aflorados en los cauces. A lo largo de los cortes profundos de los Ríos Macho de Monte, Bonilla,

Sambuyadora y Río Piedra, se destacan secciones con bruscas interrupciones de un mismo flujo de lahares y afloramientos en distancias muy pequeñas en su continuación de materiales que atestiguan otras condiciones del desarrollo de los cauces, indudablemente más antiguos que la edad presumible del depósito (Figura 10).

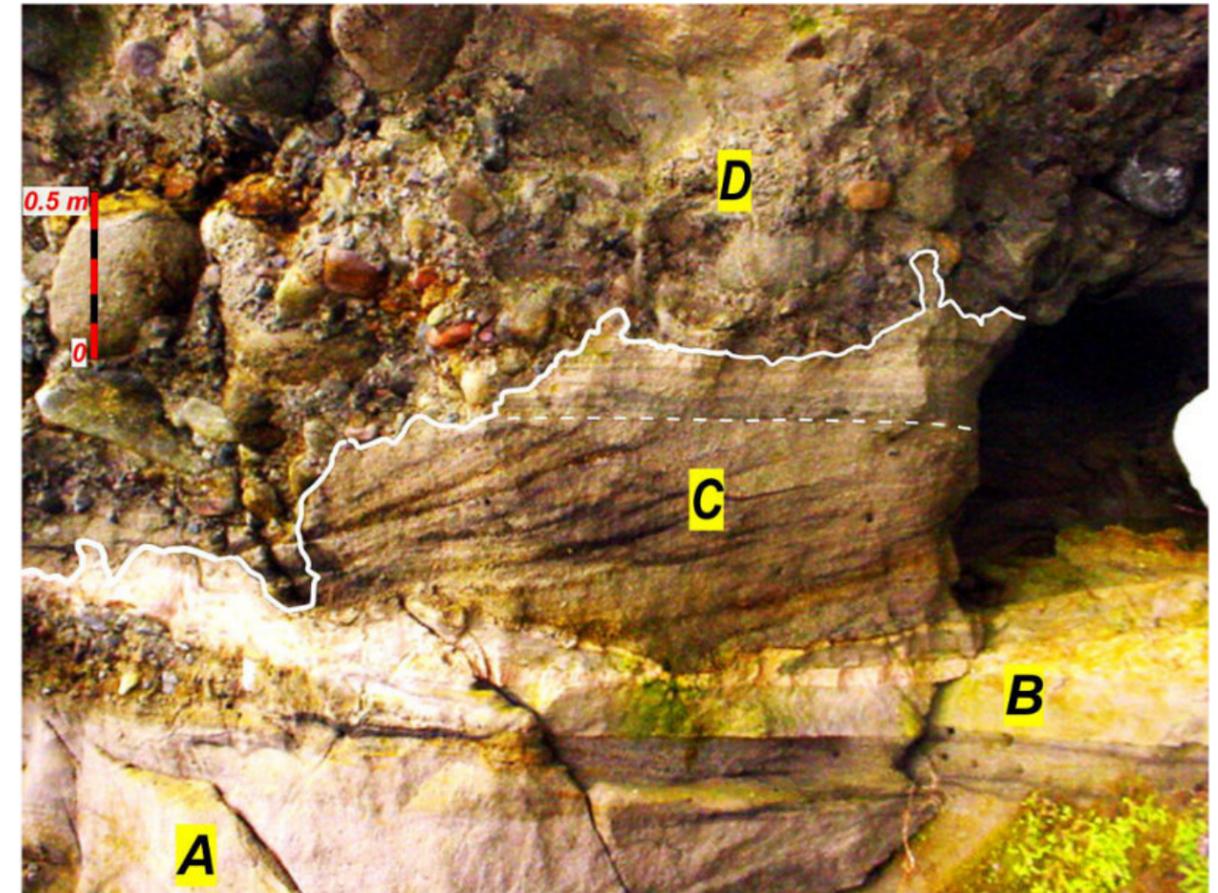


Figura.10. A. Flujo de ceniza alterado a arcilla rosácea. B. Capa con estratificación convoluta. C. Estratificación cruzada, coronada por laminación paralela de corriente. D. Flujo cohesivo, con huellas load casts. El afloramiento evidencia periodos de tranquilidad en cauces con etapas de tipo Donjek (Miall, 1978). La imagen se encuentra mas de 80 m bajo un lahar. Pared Este del Río Concepción (Foto propia, 2004).

Otras complicaciones se suman a las anteriores, por su posible asociación con fallas de los sistemas ENE-OSO y NO-SE, laterales izquierdas y derechas, comentadas por Espinosa-Vega et al., 2017. A lo largo de los valles, ciertos patrones regulares de cambio de rumbo de los drenajes así como alineamientos sutilmente mostrados sugieren que, debajo de la cobertura de sedimentos fluviales, se encuentran fracturas de alguna importancia que cruzan bajo dicha cobertura y que, en cierta medida, se han mostrado lo suficientemente activas en época reciente como para influir en la disposición de mesoformas y comportamientos de ciertos tramos de los cauces.

Los indicios de fractura en los sitios observados son claros y manifestados en superficie por acodamientos bruscos en los cauces, que no tienen explicación en cambios litológicos o de dureza o compactación de las rocas (Figura 11).

También existen indicios geofísicos de SEV y tomografía eléctrica que se interpretan como reflejos de fallas en la profundidad. En los estudios de Respuesta de Sitio, varios lugares indicaron una amplificación de 2.08 a una frecuencia de 3.20 Hz; como resultado un periodo de 0.31 segundos. El posible valor de desplazamiento, a juzgar por su influencia en los acodamientos de los cauces, puede encontrarse entre varias decenas de metros, sin mayores precisiones. Gran parte de las directrices observadas por su estilo corresponden con campos de fuerza que provocan patrones cruzados muy similares a los sistemas de grietas que se obtienen en las pruebas de compresión de sólidos.



Figura.11. Meandros acodados del Río Caldera causados por fallas conjugadas con una alta probabilidad. Nótese los bruscos cambios y la rectitud de las riberas a pesar de la uniformidad litológica y la caída de la carga fluvial a continuación del primer tramo (Foto de Google Earth) (Interpretación propia, 2008a).

6. Observaciones finales.

Los datos provenientes de investigación geológica destinada a la factibilidad de complejos hidráulicos y el estudio detallado de los cortes expuestos en los valles fluviales; demuestran una complejidad considerablemente mayor que la supuesta para el complejo sedimentario en la zona denominada Planicie de Lahares. Un breve examen de la geología de la planicie, los elementos principales de su relieve y el papel jugado en su morfología por la acumulación de la columna de lahares, muestra la alta complejidad de la estratigrafía de estas formaciones estrechamente ligadas a la evolución del Volcán Barú. Los lahares y otras formaciones gravitacionales que afloran en este territorio, cuentan gran parte de la historia del volcán, pero sin un detallado conocimiento de la estructura y edad de estas formaciones no podrá extraerse la gran cantidad de información que contienen y quedarían solo como objetos mas o menos espectaculares e interesantes sin duda, pero poco conocidos. Las capas integradas por los lahares se alternan con materiales fueron retrabajados por las corrientes fluviales durante dilatados periodos de descanso de la actividad volcánica; para convertirlos en secuencias aluviales de estructura compleja con sus facies proximales y distales; las cuales fueron cubiertas nuevamente por flujos de lahar, durante la reanudación de las actividad volcánica y/o sísmica-climática. De aquí que como resultado de estos hechos de observación, se desconocen aspectos tan fundamentales como la potencia, la sucesión estratigráfica y la edad de la columna de lahares.

Aunque el conocimiento detallado de la estratigrafía de los lahares tendría enorme importancia científica, incluso práctica para la construcción civil y la prevención de desastres; la cartografía geológica disponible en los mapas regionales también muestra una escasa relevancia para la evaluación de características regionales y subsisten grandes dudas sobre la edad geológica, basada solo en datos parciales, descritos con escasa correspondencia de las normas internacionales de estratigrafía. La ausencia de mapas geológicos de calidad a escalas más allá que sinópticas, entre otras cosas, impide correlacionar la actividad de las fallas jóvenes con los parámetros de actividad sísmica de los centros próximos y estructuras generadoras al Sur, bajo la cuenca marina. Por esto no existen datos

fundamentados que sirvan para correlacionar los movimientos de las fallas activas en Chiriquí, de modo que en los estudios realizados, el potencial sísmico de las fallas locales se ha estimado según parámetros estructurales de dichas fallas, tales como la longitud del trazo visible de la falla, la profundidad probable de ruptura y el ancho de la zona de ruptura, inferencias que se ha pretendido relacionar con la magnitud del sismo (Cowan et. al., 1996; y 1997).

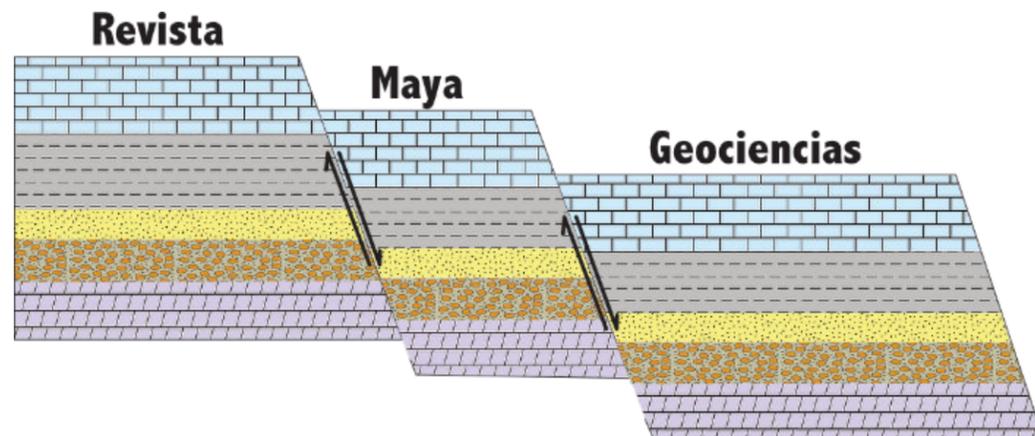
Referencias

- Álvarez Sánchez, H., 2004, Informe ingeniero-geológico del Proyecto Hidroeléctrico Concepción. Río Piedra Chico. Provincia de Chiriquí. Distrito de Boquerón. 158 pp. (inéd.).
- , 2005, Informe ingeniero-geológico de prefactibilidad. Proyecto Hidroeléctrico Mendre 1. Provincia de Chiriquí. 1,236 pp. (inéd.).
- , 2008a, Informe ingeniero-geológico de prefactibilidad. Proyecto Hidroeléctrico Caldera. Provincia de Chiriquí. 1,026 pp. (inéd.).
- , 2008b, Informe ingeniero-geológico de prefactibilidad. Proyecto hidroeléctrico Cochea. Provincia de Chiriquí. 232 pp (inéd.).
- , 2008c, Informe ingeniero-geológico de prefactibilidad. Proyecto hidroeléctrico Pedregalito. Provincia de Chiriquí. 222 pp (inéd.).
- Brady, Shannon M., 2011, Petrologic evidence for mafic recharge at Volcán Barú, western Panama: Implications for a Late Pleistocene sector collapse (2011). Honors Theses. 946. Union College - Schenectady, NY.
- Camacho, E., 2001, Los Volcanes de Chiriquí. Laboratorio de Geofísica e Hidrogeología. Universidad de Panamá.
- Cowan, H.A., et al., 1999, Active Fault Map of Panama, ILP-2 World Map of Active Faults. USGS Denver, USA. (maps plus database).
- Cowan, H. A, et al., 1997, Estudio de la Fallas Activas en la Región Fronteriza Costa Rica-Panamá, Proyecto Microzonificación Sísmica de David. (inéd.).
- Coussot, P. and M. Meunier, M., 1996, Recognition, classification, and mechanical description of debris flows. *Earth Science Review*. June 1996 40(3-4):209-227.
- Defant, M. J., Clark, L. F., Stewart, R. H., Drummond, M. S., de Boer, J. Z., Maury, R. C., Bellon, H., Jackson Th. E., and Juan F. Restrepo, 1991, Andesite and dacite genesis via contrasting processes: the geology and geochemistry of El Valle Volcano, Panama. *Contrib Mineral Petrol* (1991) 106:309-324.
- Espinosa-Vega, C. E., Tapia-Espinosa, A. A., Camacho-Astigarrabia, E., y Sánchez-Sánchez, Y. ,2017, Caracterización del sistema Ssico-geográfico que influye en las multiamenazas de la subcuenca del río Caldera, Panamá. *CienciaUAT vol.11 no.2 Ciudad Victoria ene./jun. 2017*.
- Flint, R. F, JE Sanders, J. E. y J. Rodgers, J., 1960, Diamictita, un término sustituto de symmictite. *Geological Society of America Bulletin* n. 71 (12): 1809-1810.
- Herrick, Julie A., 2011, Recurrent voluminous sector collapses at Volcán Barú, Panama. *Master's Thesis, Michigan Technological University, 2011*.
- Lavigne, F., and Suwa, H., 2004, Contrasts between Debris Flows, Hyperconcentrated Flows and Stream Flows at a Channel of Mount Semeru, East Java, Indonesia. *Geomorphology*. July 2004. 61(1-2):41-58.
- Miall, A. D., 1978, Lithofacies Types and Vertical Profile Models in Braided River Deposits: A Summary. In: Miall, A.D., Ed., *Fluvial Sedimentology, Memoir 5, Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, 597-604*.
- Mulder, T and Alexander, J. ,2001, The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. *Sedimentology*. 21 December 2001.
- Pierson, T. C., ScoP, K. M., 1985, Downstream Dilution of a Lahar: Transition From Debris Flow to Hyperconcentrated Streamflow. *Water Resources Research*. Vol. 21. n 10. pp 1511-1524.
- Retana, M., Frullani, A., InnocenÑ, F., Arnó, V., Bargeas, A., Giaquinto, S., Fanelli, G., Marini, L., Mayen, E., 1987, Informe Final del Estudio de Reconocimiento de los Recursos Geotérmicos de la República de Panamá. Programa IRHE-BID-OLADE: Quito, julio de 1987. (95 páginas. 18 figure. Mapas y Anexos).
- ScoP, K. M., 1988, Origins, Behavior, and Sedimentology of Lahars and Lahar-Runout Flows in the Toutle-Cowlitz River System. U.S, Geological Survey. Professional Paper 1447-A.
- Sherrrod, R., Vallance, J. W., Tapia Espinosa, A., and McGeehin, J. P., 2008, Amenaza Volcánica en el Volcán Barú, República de Panamá. U.S. Geological Survey. (Reporte de archivo abierto 2007-1401).
- Sherrrod, D. R., Vallance, J. W., Tapia Espinosa, A. and McGeehin, J. P., 2008, Volcán Barú—Historia Eruptiva y Evaluación de la Amenaza Volcánica. U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1401. 33 p., 1 hoja amenaza a escala 1:100,000.
- Williamson, K. H. B., 1981, A Reconnaissance Exploration Programme for Geothermal Resources at Cerro Pando. Chiriqui Province, Panamá. Summary Report. *InsL tute of Geological Sciences. Report. NQ WD/OS/81/2 (27 pp. 11 figures. 3 tables)*.
- Zehfuss, P. H., Atwater, B. F., Vallance, J. W., Brenniman, H., Brown, T. A., 2003, Holocene lahars and their by-products along the historical path of the White River between Mount Rainier and Seattle. *Geological Society of America Field Guide* 4.



En la geología desde los 16 años, el Ing. **Humberto Álvarez** dedica 57 años a la profesión; gran parte al estudio de la Sierra de Los Órganos, premontaña de Cuba occidental y macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central. Editor cubano de la Expedición Cuba-Checoslovaquia Escambray II, de los macizos Escambray y Anfibolítico de Cuba central. Miembro de la subcomisión Jurásico del primer Léxico Estratigráfico de Cuba, es autor y coautor de varias unidades litoestratigráficas. Descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de País de Big Pony Gold de Utah, exploró los greenstone belts de Uruguay. Geólogo Principal de Gold Standard Brasil exploró terrenos Paleozoico-Mesozoicos en Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del Norte. Para mineras canadienses-panameñas evaluó concesiones en los Andes de Perú, Honduras, Panamá y otros países. Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería, nombrado por el Ministro de Comercio e Industrias de Panamá. Redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo del Proyecto Geocientífico de Minería de Panamá, miembro de la Misión Especial ante el Gobierno del país y Consultor para la descentralización de la Autoridad Nacional del Ambiente. Fue Miembro del Consejo Geocientífico de Geology Without Limits y representó al Servicio Geológico de Inglaterra en América central. En la actualidad es consultor para las subcomisiones Jurásico-Cretácico-Paleógeno del proyecto del Léxico Estratigráfico de Cuba 3ra edición. Residente en Panamá por 28 años es Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A. y se dedica a la redacción de obras sobre geología de Cuba.

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



MISCELÁNEOS

Ek Chuah, Dios de la Guerra



Ek Chuah es la sexta deidad más comúnmente representada en los códices y se presenta en ellos 40 veces. Tiene un labio inferior grueso y colgante y aparece generalmente pintado de negro, el color de la guerra. El jeroglífico de su nombre es un ojo con un aro negro. Este dios parece haber tenido un carácter doble y un tanto contradictorio; como dios de la guerra era malévolo, pero como dios de los mercaderes ambulantes era propicio. En el carácter primeramente indicado aparece con una lanza en la mano, a veces combatiendo y aun vencido por otro dios de la guerra. Lo hemos visto ya con Ixchel, armado de jabalinas y de lanza, tomando parte en la destrucción del mundo por el agua. Como un dios favorable aparece con un fardo de mercancías sobre la espalda, semejante a un mercader ambulante, y en algún lugar se le muestra con la cabeza de Xamán Ek, dios de la estrella polar, "guía de las mercaderes". Ek Chuah era también el patrono del cacao, y los que poseían plantaciones de este fruto celebraban una ceremonia en su honor en el mes de Muán. En uno de sus aspectos parece haber sido hostil al hombre, y en el otro su amigo, una deidad de dos caras, parecida al dios Jano de la antigua Roma.

En 1922 se funda la Escuela Técnica de Maestros Constructores conocida también como Escuela Técnica de Constructores y se ubicó en el edificio del Cuartel Militar de Belem, la esquina de Tolsá y Tresguerras siendo su primer director el Ing. Manuel de Anda y Barreda. Para 1932 la escuela cambia su nombre por el de ESCUELA SUPERIOR DE CONSTRUCCIÓN.

En 1936 se crea el Instituto Politécnico Nacional, siendo la Escuela Superior de Construcción una de las escuelas fundadoras, la cual ya tenía una trayectoria de evolución muy favorable pues contaba con una perfecta organización administrativa y su planta docente la formaban maestros preparados para impartir carreras profesionales, con ese antecedente en 1937 se le da el nombre de **ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**, mismo que conserva hasta la fecha.

En el año 2022, la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura imparte seis carreras en sus tres diferentes planteles: Ticomán, Tecamachalco y Zacatenco. **La ESIA esta cumpliendo 100 años de formar ingenieros de excelente calidad, siendo un pilar del desarrollo para México.**

Viva la ESIA! viva el POLITÉCNICO! HUELUM GLORIA!!! La técnica al servicio de la patria!

Compilado de la página oficial de la ESIA-IPN, los escudos fueron diseñados por la comunidad politécnica en el marco del 100 aniversario de la ESIA.

GEOLOGÍA

GEOFÍSICA

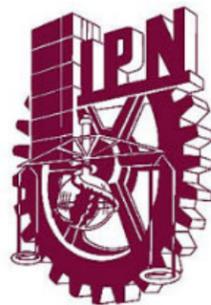
PETROLERA



TOPOGRAFÍA Y FOTOGRAMETRÍA

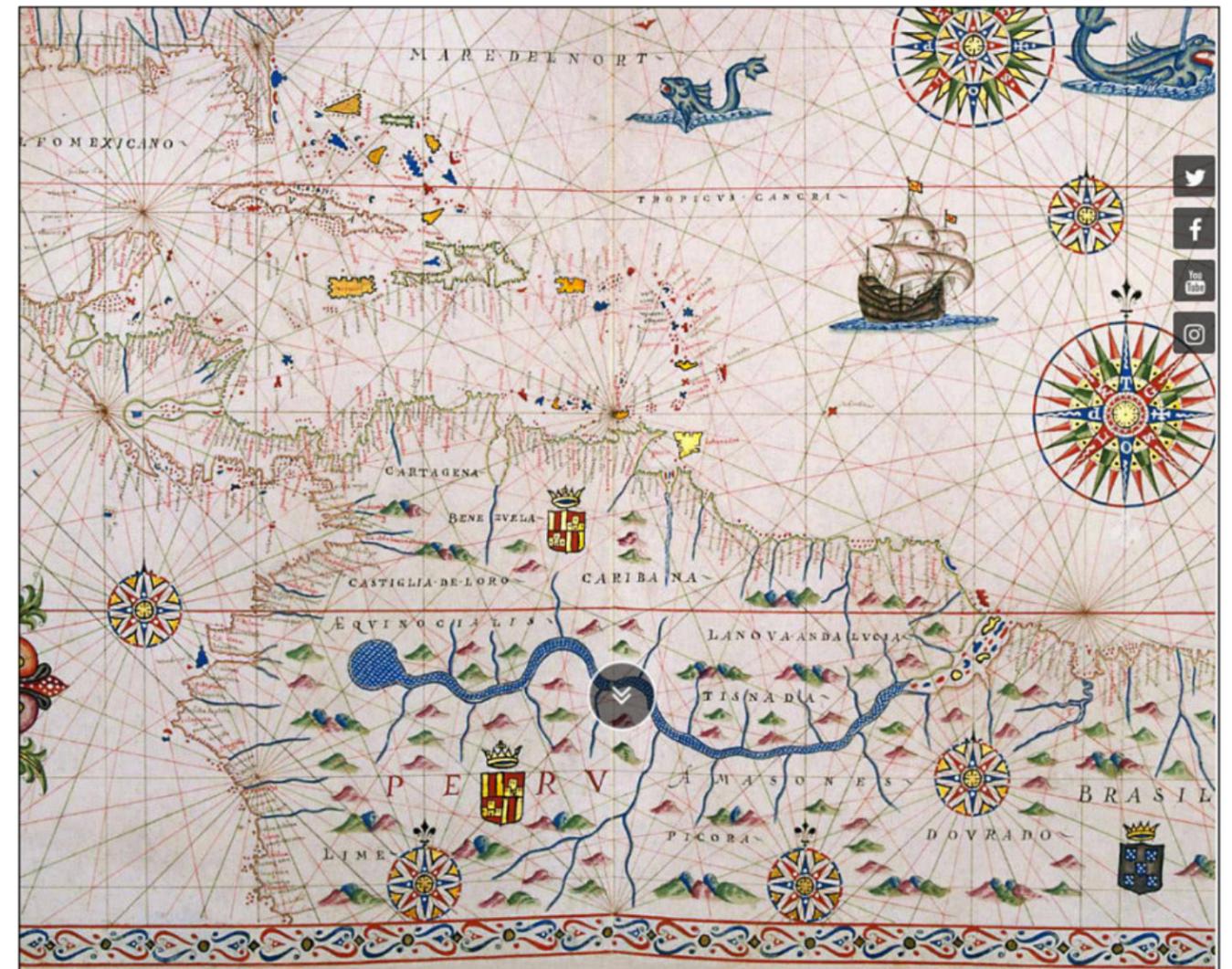
CIVIL

ARQUITECTURA



Museo Galileo, Florence, Italy

Haz click en la imagen



La casa de los bosques

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/rain-forest/#:~:text=A%20rain%20forest%20is%20simply,%2C%20Malaysia%2C%20and%20Brunei>

<https://rainforests.mongabay.com/>

<https://www.britannica.com/science/rainforest>

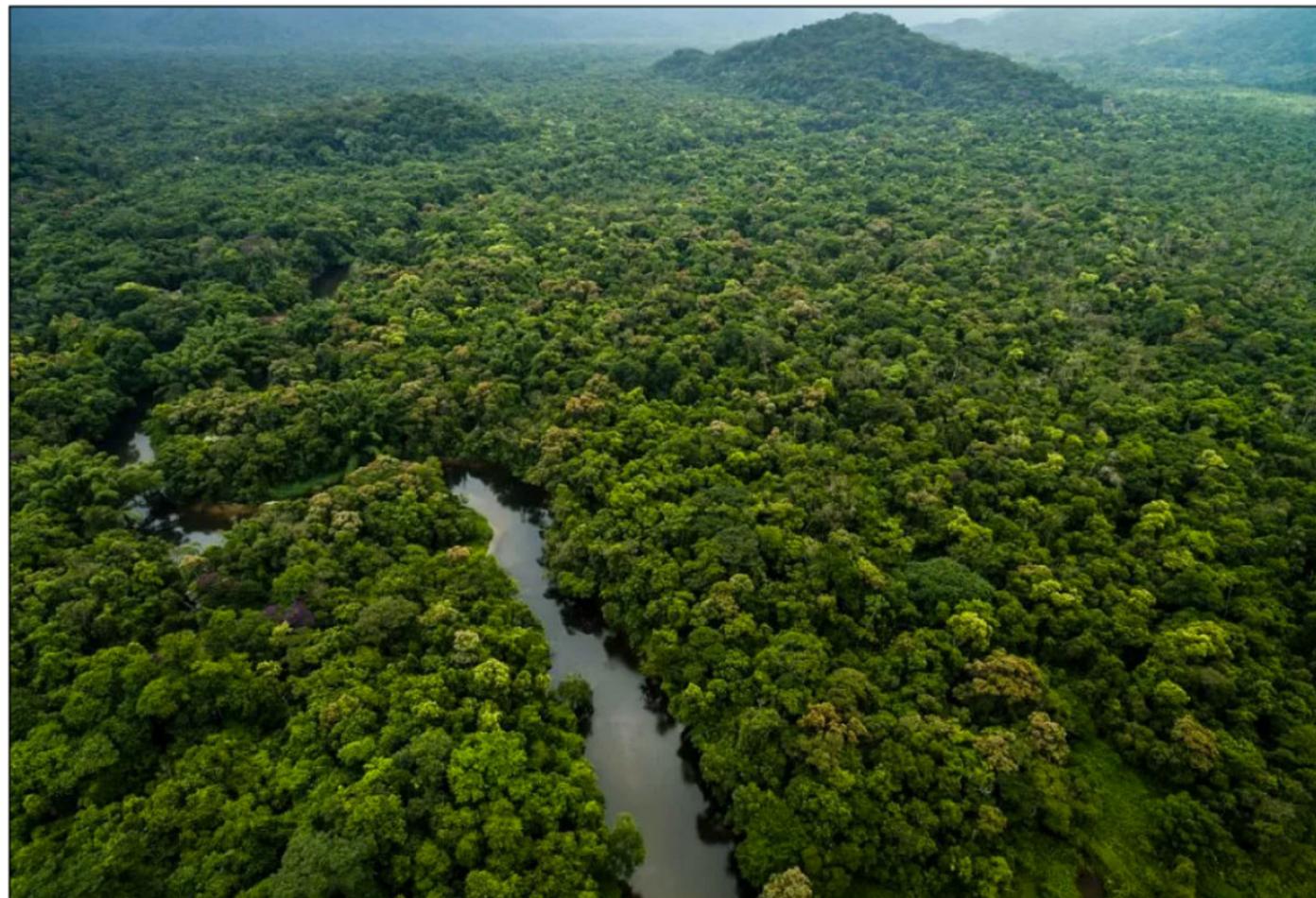
<https://en.wikipedia.org/wiki/Rainforest>

<https://earthobservatory.nasa.gov/biome/biorainforest.php>

<https://www.livescience.com/largest-rainforests-in-the-world>

https://www.conservation.org/blog/5-rainforest-species-that-could-save-your-life?gclid=CjwKCAiApfeQBhAUeiwA7K_UH5VOqu5GNJizMJq6YaihwigNUjcMgRfmLCfU5dJlDaE-xiyY2L65xoCPNIQAvD_BwE

<https://www.youtube.com/watch?v=3vijLre760w>



Tesis selectas presentadas en Instituto Politécnico Nacional, México en 2020-21

Compilación realizada por Miguel Vázquez Diego Gabriel, Colaborador de la Revista

Electrofacies y evaluación petrofísica del campo Poseidón 3D, Australia

Domínguez Hernández, Ahira Rubí; Sotelo Recilla, Carlos Antonio; Medrano Franco, Iván; Guzmán Martínez, Jesús Alberto

Cubo de propiedades petrofísicas del campo Poseidón 3D

Barrera Vera, R.; Martínez Hernández, I.; Rodríguez Cabrera, J.; Magaña Varela, L.; Trujillo Rivera, J.

Estudio y clasificación de la sismicidad dentro de la caldera de los Humeros, Puebla

De la Rosa Espinoza, Brenda Lizette

Atributos sísmicos y caracterización petrosísmica en el campo Poseidón 3D, Australia

Aragón Sánchez, David Antonio; Gómez Ibarra, Yitzhak Aram; Ocaña de los Santos, Eric Omar; Reyes Colli, Wendy Alef

Aplicación de los registros GR, LDT, CNL en agujero descubierto a fin de determinar las características petrofísicas de las formaciones

Gómez Blázquez, Dana Mariella

Mineralogía compleja y evaluación petrosísmica 3D de los pozos Basalt-B6, Mica-A4 y Diamond-14 en el campo Cloudspin

Padrón Cerón, Guadalupe Alejandra; Polo Hernández, Luis Daniel; Suárez Orozco, Ulises; González Amaya, Elizabeth Montserrat

Caracterización Geológica a semidetalle de la porción noroeste del Estado de México (extensiones de las cartas E14A17, E14A18, F14C87, F14C88)

Flores López, José Antonio

Caracterización de las alteraciones hidrotermales del área de Buenavista de Cuéllar-Coxcatlán, Guerrero

Elizalde Mata, Israel

Metales pesados en sedimentos en las tres lagunas costeras del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz

García Navarro, Josefina

Cubos de propiedades petrofísicas y petrosísmicas, utilizando los pozos Bauxite-B5, Emerald-A9 y Quartz-A2, del campo Cloudspin

Ángeles Cruz, Judith Yennedith; Juárez García, Omar; López Acosta, Joel Enrique; Sánchez Cabrera, Wendy Esther; Santiago Villeda, Monsetrat

Diseño y construcción de un transductor sísmico

Arroyo Montiel, Juan

Impacto del riesgo sísmico en la evaluación catastral aplicado a la Ciudad de México

Olivos Ruíz, Alan Irving; Pérez Martínez, Francisco Javier; López Roldán, Cristian; Salgado Becerril, Karla; Trujillo de la Cruz, Juana Angélica

Optimización de los tiempos de perforación de pozos por medio del análisis de tiempos invisibles

Fux Campa, Ramiro

Determinación de áreas factibles para ubicación de pozos de inyección a través de tomografía de resistividad eléctrica

Blas Vazquez, Ana Karen

Mineralogía compleja y evaluación petrosísmica de las formaciones del triásico al cretácico en el campo Poseidón 3D

Cortes Guzmán, Emmanuel; Pérez Blancas, Lizbeth Verónica; Castañeda Palomares, Jonathan; Parra Almanza, Israel Saúl; Sosa Rivera, Orlando

Prospección geotérmica del volcán Altamirano, Estado de México, Michoacán y Querétaro

Félix Ruiz, César Rodrigo

Comparación de velocidades de onda de corte obtenidas por medio de correlaciones empíricas y métodos sísmicos aplicados en tres sitios de la República Mexicana

Cruz Mondragón, Magda Magaly

Caverna del arte

LA HISTORIA DE LA GUITARRA

Luis Ángel Valencia Flores

Editor de la Revista

La música es algo que nos acompaña todos los días, en cada lugar donde nos encontremos podemos escuchar distintos géneros musicales. Esto no es algo exclusivo de la modernidad, la música es tan antigua como la misma humanidad. En la actualidad existen distintos instrumentos que fueron diseñados en los últimos siglos, y que han representado la punta de lanza para la revolución musical del siglo XX y XXI. Estos instrumentos son las guitarras eléctricas y acústicas, que no faltan en la mayoría de los géneros actuales de la música, como el rock, pop, jazz, etc.

La historia de la guitarra comienza hace miles de años, y se dice que, en la época antigua, ha pasado por múltiples evoluciones hasta llegar a la forma que tiene actualmente; este es un instrumento musical de cuerdas que se ha extendido por todo el mundo.

El origen de la guitarra no está muy claro, pues algunos estudiosos dicen que el instrumento que antecedió a la guitarra llegó a España en el siglo VIII durante la invasión de los árabes, otros dicen que sus orígenes pertenecen a la época de los griegos, quienes diseñaron un instrumento con algunas similitudes de la guitarra actual, los bordes eran rectos y tenían cuatro cuerdas, pero en fin, no hay una historia en particular de la guitarra.

La guitarra procede del instrumento clásico llamado lira que era utilizada en la antigüedad clásica, y es probable que fuese inventada por los hititas alrededor de 1500 a.C. y que los poetas griegos la usaran para acompañar sus versos. En algunas ocasiones para tocarla utilizaban púas, al igual como se hace con algunas de las guitarras actuales.

Para los alrededores de 3400 a.C., en Asia Menor y Oriente Medio aparecieron los primeros indicios de un instrumento parecido a la guitarra. Después, en el año 1000 a. C en Siria nace la kettarah que era un instrumento musical con cuerda, formado por una caja de madera con forma ovalada, pero no tenía mástil.

En la India este instrumento fue llamado sitar y es de esta palabra que procede el término guitarra. Para el siglo XIII se presenta la primera versión de la guitarra, la cual traía tres pares de cuerdas y una adicional, que era la encargada de proporcionar sonidos un poco más agudos. Para el siglo XIV, unos músicos medievales de origen francés como Eustache Deschamps y Guillaume de Machaut, hacían obras musicales donde empleaban el término guiterna que al traducirlo era guitarra.



En el siglo XVI, especialmente en España, se hace un gran número de composiciones y obras para guitarra. Aquí fue cuando este instrumento comenzó a hacerse popular y muy usado por los músicos como acompañamiento de otros instrumentos. Para esta época de la historia los árabes le añadieron el mástil y le llamaron al'ud, que significa "la madera", y luego los españoles convirtieron en laúd, también, se desarrolla la técnica de rasgueo de la guitarra y se endereza el mástil quebrado del laúd para dar paso a la vihuela. En esta época, la guitarra no participaba en conciertos de música clásica por no ser adecuada para ese género musical, a diferencia de la vihuela, que era tocada en todo el imperio español, en capillas, tabernas y ambientes cortesanos.

A comienzos del siglo XVIII, Jacob Otto le hace una importante modificación al modelo de guitarra que existía para ese momento y le agrega una cuerda más. Por esta razón, este instrumento tiene seis cuerdas, además, existe un cambio en la afinación moderna y en la forma de tocarla, al igual que se le hicieron cambios en la estructura que la convirtieron en la guitarra clásica.

En el año 1850 fue creada la primera guitarra española por Antonio de Torres Jurado; su diseño parte de la modificación de la mandolina creada por 1779 por Gaetano Vinaccia. El instrumento creado por Jurado sirvió de base para crear la guitarra moderna como es conocida actualmente. En el siglo XIX la guitarra es adaptada para la técnica de punteado y rasgueado, pasando a ser un instrumento de concierto, también llega a Estados Unidos donde le realizan cambios en la estructura y surge la guitarra flamenca.

Al llegar el siglo XX pasa a ser uno de los instrumentos más importantes y más usado en todo el mundo. Esto gracias a que se adapta a cualquier tipo de ambiente y por ser muy fácil de usar. En esta parte de la historia de la guitarra aparece la guitarra eléctrica gracias a los avances tecnológicos y fue creada por el estadounidense Leo Fender; convirtiéndose en el protagonista del jazz, el rock and roll, el blues, el funk, el punk, el pop y el metal.

La guitarra a través de los años ha sufrido variaciones en su forma, a parte del cambio del número de cuerdas. Ésta se ha ido adaptando a las necesidades del intérprete hasta llegar a su forma actual. El instrumento se ha fabricado prácticamente en su totalidad en madera. En la actualidad, se utilizan diferentes tipos de madera, entre ellas está la caoba, el palisandro de la India, el abeto, el cedro de Canadá, el ciprés, el ébano y el pino.

La guitarra española

La guitarra española, guitarra clásica o guitarra criolla, como se le conoce en algunos países de América Latina, tiene un origen muy antiguo que comienza a tener importancia a partir del renacimiento. Este instrumento musical pertenece a la familia de los cordófonos.

Para la época del renacimiento se desarrolla el repertorio contrapuntístico de los instrumentos de cuerda pulsada; en España y América se usaba la vihuela y en el resto de Europa el laúd. Estos serían de acuerdo con la historia los orígenes de la guitarra clásica.

En el siglo XIV aparece el prototipo de lo que es la guitarra española actualmente; el instrumento era utilizado en España por el pueblo, con la finalidad de acompañar bailes populares y canciones. Para este momento, la vihuela se convirtió en el instrumento de cuerda favorito de los músicos cortesanos. El auge de la guitarra española se presenta durante el siglo XV, cuando empiezan a imprimir los primeros libros de música para vihuela muy popular para esa época. Este instrumento se ha tocado en muchas situaciones, como en los reinos cristianos de Europa y de España.



En este siglo existía un instrumento que se le conocía como guitarra y tenía cuatro pares de cuerdas, la forma era redondeada y la caja tenía forma abombada, muy parecida a la vihuela. En los reinos musulmanes de España se usaba la guitarra morisca o guitarra, que tenía tres pares de cuerdas y puede ser consideradas como la precursora directa de la guitarra española.

Para el siglo XVI de la historia de la guitarra se incorporó una quinta cuerda. Este hecho ha sido atribuido al poeta andaluz Vicente Espinel, por ser un estudioso y un aficionado de este instrumento. Durante este siglo estuvieron presentes las guitarras de cuatro y cinco órdenes.

La guitarra de cinco órdenes se instauró como modelo en toda Europa por la obra "Guitarra española de cinco órdenes", del catalán Joan Carles Amat publicada en 1596, esta obra enseña el tañer y templar rasgado. Durante todo el siglo XVI fue intenso el apogeo de la vihuela en la música instrumental española, pero a finales de este siglo, la vihuela fue sustituida en los salones por la popular guitarra, época en que la cultura renacentista le da paso al Barroco.

En el siglo XVII la guitarra española se convierte en el instrumento más usado en los diferentes círculos musicales de casi toda Europa y es a partir de este momento que comienza a fortalecerse el uso de la guitarra. En el siglo XVIII se le hace una serie de cambios físicos a la guitarra española, los cuales sirven para mejorar sus condiciones sonoras y técnicas, adquiriendo muchas de las características básicas que tiene la guitarra actualmente.

Es en esta época de la historia de la guitarra cuando se le agrega la sexta cuerda, sustituyendo las órdenes dobles por simples; el tamaño del instrumento aumenta mientras se reduce las escotaduras de la caja. Se coloca el clavijero metálico y los trastes se extienden hasta la boca de la guitarra. Todos estos cambios se hicieron de forma progresiva durante este siglo y principios del siglo XIX, y fue a finales de este siglo que se comenzó a utilizar la guitarra española en la música de cámara. La guitarra española, como se conoce actualmente comenzó a fabricarse en el año 1874 en Sevilla, en el taller de Antonio de Torres que las fabricaba siguiendo las normativas establecidas para este instrumento.

La guitarra flamenca

Los expertos en guitarra han determinado que la historia de la guitarra flamenca comienza en el siglo XIX, momento en que se introdujo el cante, el cual hasta ese momento había desechado de cualquier tipo de acompañamiento musical, pero el crecimiento definitivo de la guitarra flamenca fue en el siglo XX que se fusiona con el cante flamenco de una forma innovadora. Desde ese momento su uso ha ido creciendo e innovando al cante flamenco hasta llegar al que conocemos actualmente. Con la inclusión de la guitarra flamenca a este arte, se estructuró y reguló el esquema del cante flamenco, creando entradas y salidas ganando ordenar nuevas melodías.

La guitarra eléctrica

La historia de la guitarra eléctrica comienza a mediados del siglo XX en Estados Unidos, cuando en 1920, el estadounidense Lloyd Loar crea el primer micrófono adaptado a la guitarra y en el año 1935, el fabricante de guitarra, americano, llamado Rickenbacher fabrica la primera guitarra eléctrica. La guitarra eléctrica es creada por la necesidad de las bandas de jazz de Estados Unidos en la década de 1920, debido a que las guitarras acústicas emitían poco sonido, lo que hacía que el instrumento no tuviese ninguna importancia, solo funcionaba como acompañamiento.

Para finales de los años 20, John Dopyera junto con Beauchamp elaboran una guitarra con el cuerpo metálico y, en su interior le colocaron discos de aluminio que producían un sonido cinco veces mayor a la normal. Le aplicaron la técnica "slide guitar", la cual consiste en deslizar un tubo de metal o vidrio por las cuerdas con la finalidad de conseguir un sonido lloroso, como el que tiene el country, el blues y la música de Hawai.

La primera guitarra eléctrica con pocas piezas, sólida y desmontable fue diseñada por Leo Fender, con la finalidad de que a los músicos no se les presentara ningún problema cuando debían cambiar las piezas del instrumento rotas o gastadas por tanto uso. En el año 1922 fue creada la primera guitarra amplificada de la marca Gibson modelo L-5; ésta no era una guitarra eléctrica, pero traía acoplados a la caja dos micrófonos y botones para controlar el volumen. Para el año 1931 se comienza a comercializar por la compañía Electro String Company las primeras guitarras eléctricas, que se le conoció como "sartenes", y fueron construidas en aluminio y acero fundido. Desde este momento, el objetivo era tratar de que la guitarra no vibrase cuando el volumen del amplificador estuviese demasiado alto, porque creaba un ruido muy molesto que es conocido como feedback. Unas de las primeras guitarras eléctricas fueron diseñadas por el cantante de moda en esos tiempos Les Paul, y tiempo después Paul Bigsby realizó otro diseño, ambos se han mantenido en algunos modelos actuales, pero en sí, la primera guitarra eléctrica en salir al mercado fue en el año 1950, diseñada por Leo Fender, llamada La Fender Broadcaster, logrando un gran éxito con las ventas. Fue tanto lo que gustó, que para el año 1954 salió a la venta un segundo modelo, llamada la Fender Stratocaster, que es una de las más famosas de la historia de la guitarra eléctrica.



La creación de la guitarra eléctrica originó nuevos estilos musicales como son el Heavy Metal y el Rock, además de ser adoptada rápidamente por los grupos de Blues y Jazz, lo que ha hecho que se convierta en el símbolo de estas nuevas corrientes musicales. En el siguiente número de esta sección se profundizará el tema de las mejores guitarras eléctricas en el mundo y, su aporte a la música contemporánea.

Glosario de términos geológicos

Compilado por:

E.P Saul Humberto Ricardez Medina

Esta compilación selecta de términos geológicos que utilizan regularmente los profesionistas de las Ciencias de la Tierra tiene la intención de apoyar a aquellos estudiantes que requieran de una referencia sobre el tema.

Cataclasita: Tipo de roca metamórfica en la que la cizalladura y la granulación de los minerales son causadas por la acción de un alto esfuerzo mecánico durante el fallamiento o el metamorfismo dinámico, por lo general durante los episodios de actividad tectónica de las placas.

Cuarcita: Roca metamórfica constituida esencialmente por cuarzo (>80% modal), derivada de arenisca ricas en cuarzo (ortocuarcitas) y concreciones silíceas diagenéticas (Cherts).

Eclogita: Todo tipo de roca con asociaciones diagnósticas de facies de eclogita.

Esquisto verde: Roca foliada de composición básica y color verdosa en muestra de mano debido al desarrollo de asociaciones con clorita, actinolita, epidota o pumpellyta. Roca tipo de las facies de esquistos verdes.

Esquisto: Roca metamórfica de tamaño de grano medio (visible en muestra de mano) con una foliación muy penetrativa definida por la orientación preferente de filosilicatos u otros minerales inequidimensionales como anfíbol.

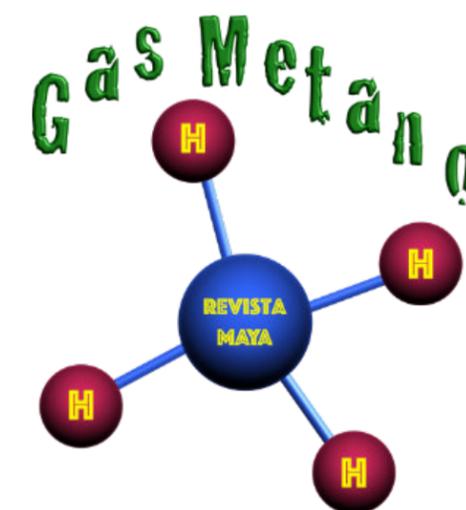
Textura Esquistosa: Es una textura foliada bien desarrollada representada por los minerales del grupo de las micas, esta textura se encuentra de forma perpendicular al esfuerzo regional en la formación de montañas.

Gneis: Roca metamórfica de tamaño de grano grueso (milimétrico) con una foliación grosera (foliación gnéisica) y/o por un bandeado composicional entre minerales oscuros y claros.

Pizarra: Roca metamórfica de tamaño de grano muy fino (submicroscópico) con una foliación muy penetrativa definida por la orientación preferente de filosilicatos.

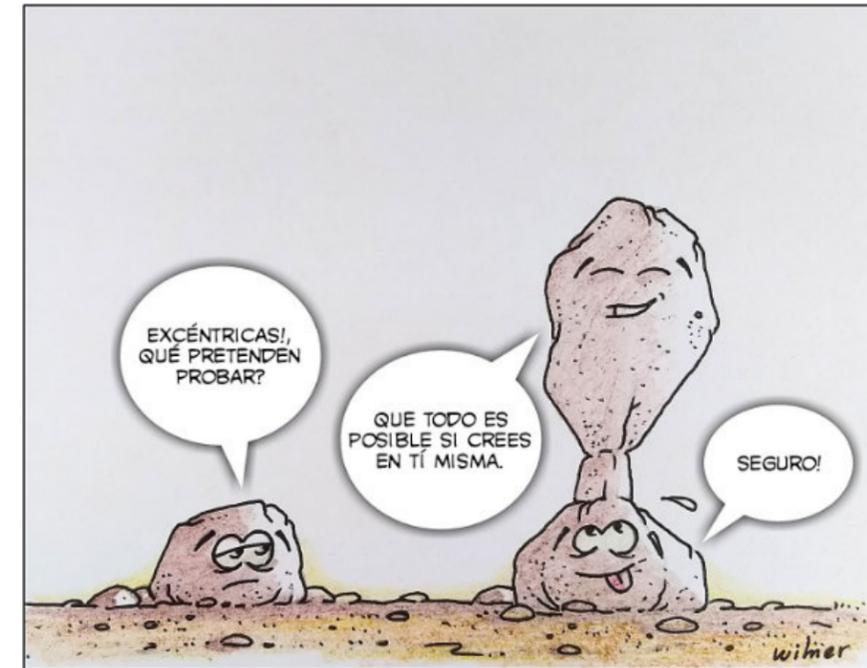
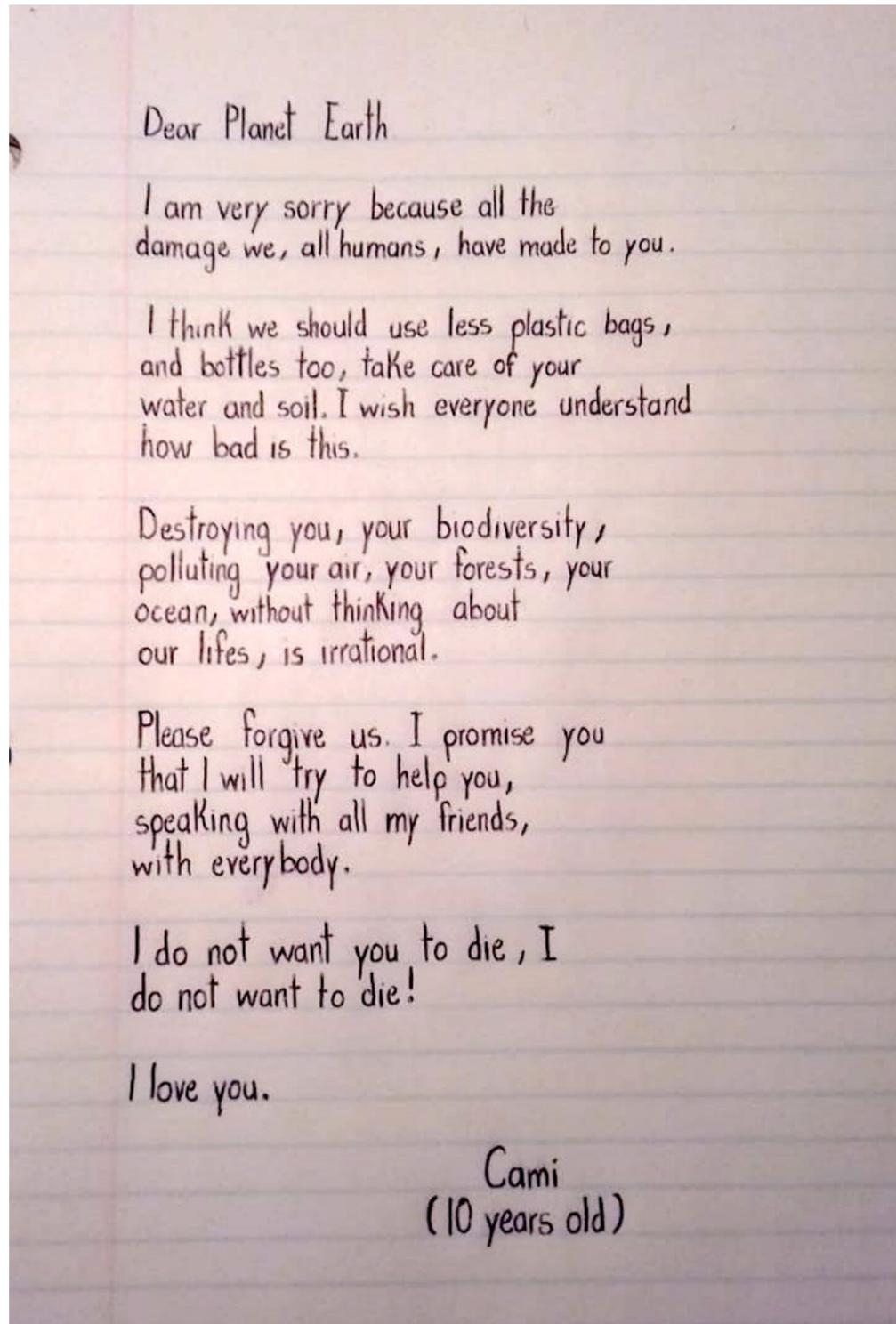
Textura Pizarrosa: Rocas e a las que a simple vista no se aprecian las bandas minerales, pero que en cambio puedes desprenderlas en láminas muy finas.

Textura gnéisica: se refiere a la separación de minerales claros y oscuros. Es indicativo de un metamorfismo de alto grado, donde la temperatura es suficientemente alta, por lo que se produce la suficiente migración de iones para separar los minerales





Diana Camila García Morales es una niña mexicana de 10 años que ama la naturaleza, le fascina acampar y se preocupa por el medio ambiente. Diana Camila ha aprendido a expresar sus sentimientos y preocupaciones sobre su hogar: el planeta Tierra. Ella piensa que hay muchos niños en el mundo que piensan como ella y que pueden hacer algo para ayudar a nuestro planeta.



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

PARA TODOS AQUELLOS QUE TIENEN QUE ESCRIBIR TESIS, DISERTACIONES, REPORTES TÉCNICOS, Y PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, LA SIGUIENTE LISTA DE APLICACIONES “OPEN SOURCE” FUERON IDENTIFICADAS POR:

DR. JORDI TRITLLA CAMBRA

Para imágenes:

XNVIEW: <https://www.xnview.com/en/>

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

Darktable: www.darktable.org

Para Petrología Ignea:

GeoChemical Data toolkit: (GCDkit): <http://www.gcdkit.org/>

Para imágenes científicas:

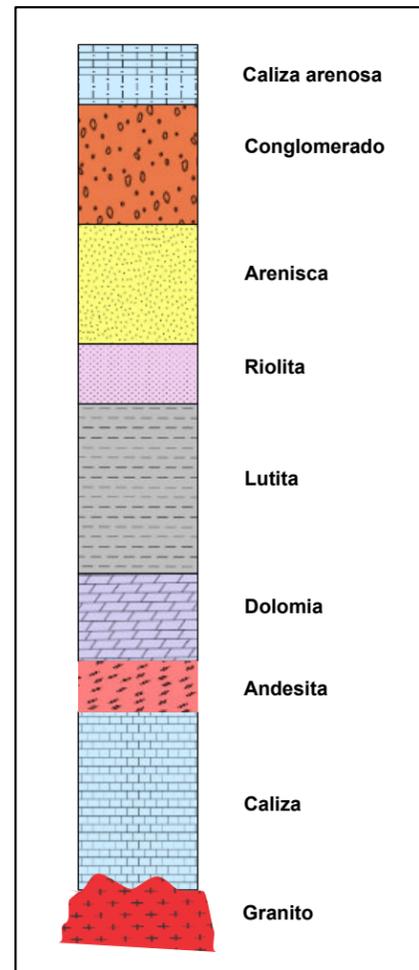
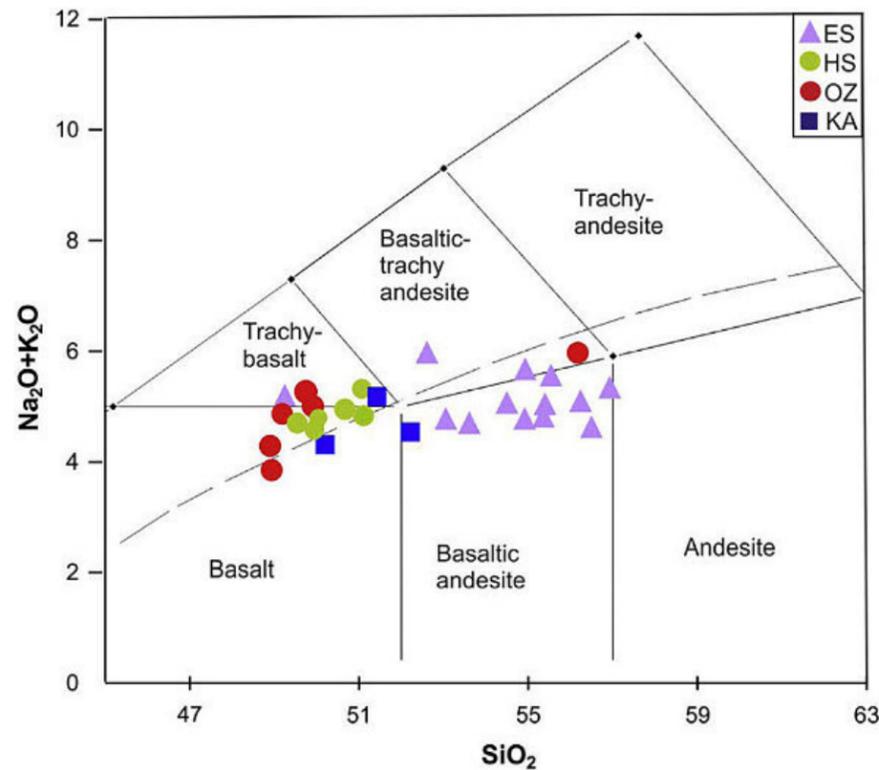
Fiji: <https://imagej.net/software/fiji/>

Para Gráficos científicos:

Veusz: <https://veusz.github.io/>

Inkscape: <https://inkscape.org/>

EJEMPLOS DE ILUSTRACIONES



Travertine Hot Springs at Pamukkale -Turkey

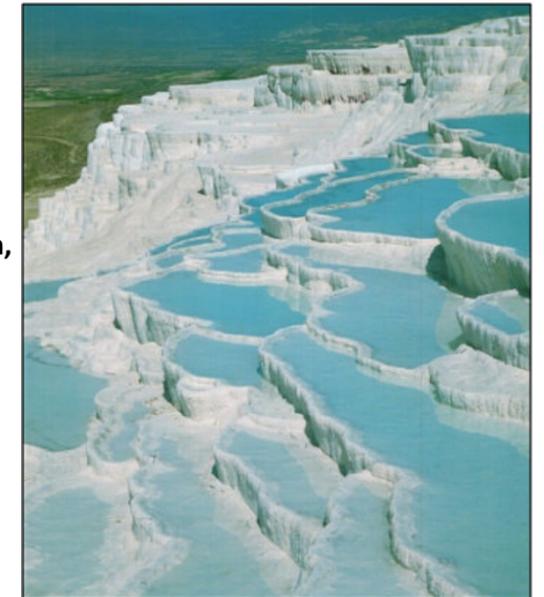
In this area, there are 17 hot water springs in which the temperature ranges from 35 °C (95 °F) to 100 °C (212 °F). The water that emerges from the spring is transported 320 metres (1,050 ft) to the head of the travertine terraces and deposits calcium carbonate on a section 60 to 70 metres (200 to 230 ft) long covering an expanse of 24 metres (79 ft) to 30 metres (98 ft).

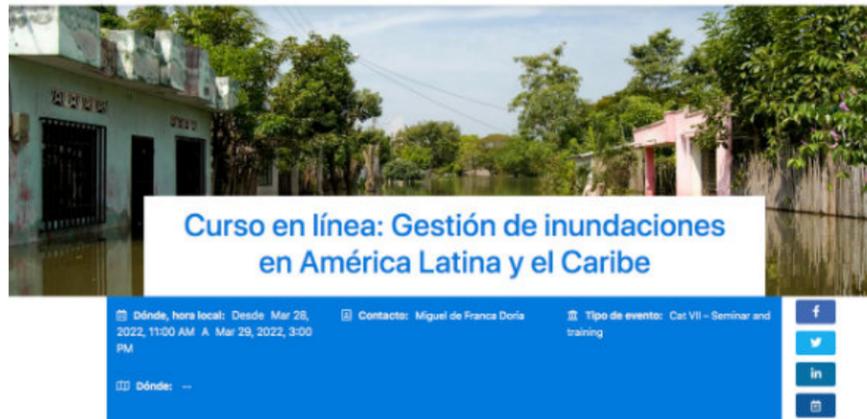
When the water, supersaturated with calcium carbonate, reaches the surface, carbon dioxide de-gasses from it, and calcium carbonate is deposited. The depositing continues until the carbon dioxide in the water balances the carbon dioxide in the air. Calcium carbonate is deposited by the water as a soft jelly, but this eventually hardens into travertine.

<https://www.geologyin.com/2014/07/pamukkales-terraces.html>



Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas





Este curso, organizado por el **Programa Hidrológico Intergubernamental de la UNESCO en América latina y el Caribe** a través de su grupo de trabajo IFI-LAC, conjuntamente con la Conferencia Iberoamericana de Directores de Agua (CODIA) y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), busca capacitar al personal técnico y no-técnico de organismos gubernamentales y no gubernamentales de la región iberoamericana en herramientas útiles para la gestión de inundaciones, tales como estimación probabilística de eventos hidrológicos, geoestadística, cartografía de eventos extremos, curvas intensidad duración frecuencia, análisis forense de inundaciones. Dentro del alcance de este se tiene como fin fortalecer las capacidades de los países de la región en la gestión operativa y social de las inundaciones, brindando asesoramiento para la generación y mantenimiento de un sistema de alerta, telemetría y herramientas satelitales para atender inundaciones y para la valoración de daños económicos por inundaciones y recuperar las experiencias, casos de estudio y lecciones aprendidas en Latinoamérica, sobre gestión de inundaciones.

Objetivos específicos

- Brindar conceptos básicos sobre estimación probabilística de eventos hidrológicos, geoestadística y cartografía de eventos extremos.
- Capacitar sobre la metodología para estimar curvas intensidad duración frecuencia
- Presentar la guía metodológica para el análisis forense de inundaciones
- Brindar herramientas para la gestión operativa y social de las inundaciones a través de conceptos sobre la percepción de las inundaciones en la región, resiliencia y gobernabilidad y participación en la gestión de inundaciones (reformas institucionales).
- Brindar asesoramiento para la generación y mantenimiento de un sistema de alerta, telemetría y herramientas satelitales para atender inundaciones y para la valoración de daños económicos por inundaciones
- Recuperar las experiencias, casos de estudio y lecciones aprendidas en Latinoamérica, sobre gestión de inundaciones.

Contenido:

Los principales temas del curso son los siguientes:

- Análisis de frecuencia de precipitación y aportes del evento extremo La Purísima 2010 en el Canal de Panamá
- Índices de eventos extremos en precipitación y temperatura, significado estadístico de tendencias
- Metodología para estimar curvas intensidad duración frecuencia
- Propuesta metodológica para la valoración de daños económicos por inundaciones
- Modelamiento de hidrogramas de crecidas en la vertiente del Pacífico
- Análisis temporal del evento extremo de 2014 en Porto Velho, RO, Brasil
- Plan estratégico de cuencas WEAP
- Geoestadística y cartografía de eventos extremos

<https://events.unesco.org/event?id=766433205&lang=3082>



Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA