

**NOVIEMBRE  
2021**



# **MAYYA**

**REVISTA DE GEOCIENCIAS**

**PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS  
FUNDADORES DE LA GEOLOGÍA MODERNA  
PIONEROS DE LA PALEONTOLOGÍA  
NOTAS GEOLÓGICAS**



# MAYA

## REVISTA DE GEOCIENCIAS

**Revista Maya:** Revista Geociencias que 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 distribución 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 revista de geociencias es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comunícate 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:** Grand Canyon and Colorado River from Toroweep Overlook, North Rim, Arizona, USA.  
Fotografía de Ramón López Jiménez

**Revista Maya:** Revista de Geociencias was originally created with the aim of supporting students and young professionals in the earth sciences, as well as the geoscience communities of the Americas.

The fundamental conception was a magazine that would cover a wide range of earth science themes with a general focus on the western hemisphere for an audience with varied experience in geology and related disciplines. The Magazine is independent and not associated with any geological society or investigative institution, although informal connections have been established with geoscientific associations around the world.

The Revista is prepared by four editors and six collaborators, all volunteers, who are responsible for the compilation, organization and presentation design of the information. It is published monthly with contributions in either Spanish and English.

The Revista is distributed by electronic mail, LinkedIn and Facebook, and plans exist for a webpage where the geoscience community can download the Revista in the future.

The Revista includes, among other topics, a section entitled "Geological Notes" wherein manuscripts sent by geoscientists from different parts of the world are published.

With this issue, eight numbers of the Magazine have been distributed and it has achieved wide acceptance by our readers, with a flow of contributions for future issues. Contributions and commentary for the editors are always welcome.

# 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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.

[bartolini.claudio@gmail.com](mailto:bartolini.claudio@gmail.com)

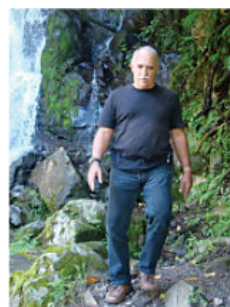
# COLABORADORES



**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](mailto: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](mailto: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](mailto:r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk)



**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.

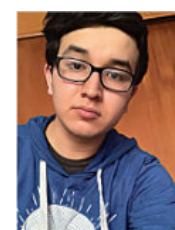
[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)



**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](mailto: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](mailto:diegogabriel807@gmail.com)

El nuevo diseño de la Revista Maya de Geociencias fue realizado por Manuel Arribas, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español. <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.**

# Lazos de colaboración y amistad con la AAPG

# CONTENIDO **NOVIEMBRE 2021**



Semblanzas.....	<a href="#">8</a>
Pioneros de las Geociencias.....	<a href="#">11</a>
Instituto de Geología- Venezuela.....	<a href="#">13</a>
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	<a href="#">15</a>
Los libros recomendados.....	<a href="#">24</a>
Temas de interés.....	<a href="#">26</a>
Centros de Tecnología.....	<a href="#">35</a>
Fundadores de la geología moderna.....	<a href="#">39</a>
Pioneros de la paleontología.....	<a href="#">41</a>
Plate tectonics contributors.....	<a href="#">43</a>
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	<a href="#">47</a>
Notas geológicas.....	<a href="#">49</a>
Admirador del paisaje geológico.....	<a href="#">83</a>
<b>Misceláneos</b>	
Museos de historia natural.....	<a href="#">90</a>
La casa de los ríos.....	<a href="#">91</a>
Open source scientific software.....	<a href="#">92</a>
Glosario de términos geológicos.....	<a href="#">93</a>
Bases de datos de dominio público.....	<a href="#">94</a>
Vínculos de sitios de utilidad.....	<a href="#">96</a>
Consortios de investigación.....	<a href="#">97</a>
La caverna del arte.....	<a href="#">98</a>
Asociaciones geológicas hermanas.....	<a href="#">99</a>
Diagénesis de carbonatos.....	<a href="#">100</a>

# SEMBLANZAS

## Katherine Van Winkle Palmer: (1895-1982)

**Katherine Van Winkle Palmer** (1895 – September 12, 1982) was a Tertiary paleontologist, a scientist who studies fossils from the Cenozoic Era, and geologist. Palmer was recognized for her field/doctoral study on veneracean lamellibranches, a class of bivalve mollusks that include clams, scallops and oysters. Palmer was a director of the Paleontological Research Institution in New York. At this position, Palmer oversaw the publication of numerous *Bulletins of American Paleontology* as well as several issues of *Palaeontographica Americana*. Early life Palmer was born to Jacob Van Winkle and Edith Van Winkle in Oakville, Washington, where she spent her youth. In 1918, Palmer received her bachelor of science degree at the University of Washington. Palmer wrote her thesis at the University of Washington on the Oligocene fossils found in the Chehalis Valley in Washington, and named it "Fauna from the Eocene of Washington". While attending the University of Washington, Palmer worked as the laboratory assistant to Charles E. Weaver, who focused his study on Tertiary fauna. After graduation, Palmer continued her education at Cornell where she received her Ph.D in 1925.

During her studies there, Palmer met and married her husband, Ephraim L. Palmer, who was a Professor of Rural Education and Nature Study. At Cornell, Palmer worked closely with professor A. D. Harris, helping him create the Paleontological Research Institution. Career Palmer and Harris established the Paleontological Research Institution (PRI) together in 1932, and in 1952 she replaced Harris as director, a post she occupied until 1978. While at this position, Palmer oversaw the publication of 150 *Bulletins of American Paleontology* as well as 20 issues of *Palaeontographica Americana*. As well as founding and overseeing the two publications, Palmer was a life trustee of both. The same year that Palmer died (1982), she published the first history of the PRI, securing her own, as

well as the PRI's, legacy in print. Palmer's research produced more than 150 publications, including



Gastropoda of the Claibornian Mid-Eocene of the Southern United States (1937), The Mollusca of the Jackson Eocene of the Mississippi Embayment (Sabine River to Alabama River) (1946), and Catalogue of the Paleocene, and Eocene Mollusca of the Southern and Eastern United States (1965), to name a few. As well as conducting field studies in the United States, Dr. Palmer conducted research in the Gulf of Mexico, New Zealand, and the West Indies. In 1935, Palmer was appointed Fellow of the Geological Society of America.

Dr. Palmer was also president of the Malacological Society, an organization dedicated to the research and preservation of mollusks. Palmer received the Paleontological Society Medal in 1972 as well as the Western Society of Malacologists Award in 1974 in honour of her lifelong contribution to geology. Works Palmer has many published articles and books in the geology sphere based on her research on molluscs. The following are

examples of some of the papers presented by her on the research she conducted: Palmer contributed a chapter to volume 76 of the Geological Society of America Memoirs. Her chapter in this book is titled "Type Specimens of Marine Mollusca Described by P. P. Carpenter From the West Coast (San Diego to British Columbia)." In the chapter Palmer outlined several new species of mollusks that Carpenter found in his field research. There are outlined illustrations and lengthy explanations to aid with understanding. The chapter is a historical background of the science of conchology up to that time (1841-1870), which was Carpenter's specialization. Palmer also co-wrote a paper titled "Fauna from the Eocene of Washington" that was eventually published by the University of Washington Publications in Geology.

The goal of this paper was to describe and illustrate the new fossilized molluscan species found in western Washington. Palmer also worked alongside W. Armstrong Price on a paper called, "A New Fauna from the Cook Mountain Eocene near Smithville, Bastrop County, Texas". Their paper is a description of the fossilized remains that they found in Texas. Palmer and Price made claims in order to help explain why the fossils appeared how and where they did. This piece of research literature was published in *The Journal of Paleontology*. By studying the fossils of molluscs across various locations, Palmer was able to correlate and compare the species that lived in different geographical regions at different times in history.

**Awards and honors National Honorary Member of Sigma Delta Epsilon/Graduate Women in Science (SDE/GWIS) (1971) Fellow of the Geological Society of America (1935) Honorary Member of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (1966) First female recipient of the Paleontological Society Medal in 1972 for her work on Tertiary Mollusca: widely acknowledged as paleontology's highest professional honor in the United States (1972) Western Society of Malacologists Award (1974) The Alpha Chapter of SDE/GWIS named their first Award for Excellence after Palmer (1978) The Katherine Palmer Award for amateur contributions to paleontology is presented each year by the Paleontological Research Institution (1993) "Paleontology is Alive and Well: A Symposium in Honor of Dr. Katherine Van Winkle Palmer"**

**was held at Tulane University in 1978, which included an Honorary Doctor of Science presentation from the University (1978) Honorary Life Member of the American Malacological Union.**

### Books and Publications

1922 Palmer, K. V. W. & Charles E. Weaver. Fauna from the Eocene of Washington. Univ. Washington Pub. In *Geology*. Vol. 1, No. 3 pp 1-56, plates 8-12.

1937. Palmer, K. V. W. The Claibornian Scaphopoda, Gastropods and Dibranchiate Cephalopoda of the Southern United States. *Bull. Am. Paleo.* Vol. VII, #32, Part 1 text, 535 pp. Part 2 90 b/w plates. *Paleo. Res. Inst.*

1951. Palmer, K. V. W. catalog of the First Duplicate Series of the Reigen Collection of Mazatlan Shells in the State Museum at Albany, New York. *NY State Mus, Bull.* #342, 77 pp, 1 plate (paper 5¾ x 9").

1958. Palmer, K. V. W. Type Specimens of Marine Mollusca Described by P. P. Carpenter from the West Coast (San Diego to British Columbia). *Geol. Soc. America, Memoir* 76. 376 pp, 34 b/w plates.

1961. Palmer, K. V. W. A New Nautiloid, *Eutrephoceras eyerdami*, New Species from the Cowlitz Formation, Upper Eocene of Washington. *Jour. Of Paleontology*, Vol. 35, No. 3, pp 532-34, 1 plate.

1963. Palmer, K. V. W. Type Specimens of Marine Mollusca Described by P. P. Carpenter from the West Coast of Mexico and Panama. *Bull. Am. Paleo.* Vol. 46, No.211. 376 pp, 35 b/w plates.

1965 Palmer, K. V. W. & Doris C. Brann. Catalogue of the Palaeocene and Eocene Mollusca of Southern and Eastern United States. *Bull. Of American Paleontology*, Vol. XLVII, No. 218, pp 467-1057, plates 4-5 (paper).

1927. Palmer, K. V. W. The Veneridae of eastern America; Cenozoic and recent. *Palaeontographica Americana* 1(5): 209-428.

1945. Palmer, K.V.W. Fossil fresh-water Mollusca from the state of Monagas, Venezuela. *Bull. Amer. Paleont.* 31-118; 34 pp., 3 plts.

1942. Palmer, K.v.W. - Substitutes for Molluscan Homonyms - *Journal of Paleontology* 16(5), 674.

1945. Palmer, K.v.W. Fossil fresh-water Mollusca from the State of Monagas, Venezuela - *Bulletins of American Paleontology* 31(118), 1-34.

**Named after K. Palmer**  
Conus palmerae Hendricks & Portell, 2008

Meiocardia palmerae Nicol, 1968 Florida, Eocene fossil  
*The Nautilus* 81:3

Typhina palmerae R.L. Gertman, 1969 â USA, Mississippi, Jasper - *Cenozoic fossil Tulane Studies in Geology & Paleontology* 7(4)

**Described Species by K. Palmer**

gen. Altrix K. Palmer, 1942 Fissurellidae Fossil Marco Taviani Edited by Tom Rice

gen. Lisbonia K. Palmer, 1937 Nassariidae Fossil Marco Taviani Edited by Tom Rice

gen. Mirula K. Palmer, 1942 Terebridae Fossil Marco Taviani Edited by Tom Rice

gen. Texania K. Palmer, 1937 Cerithiidae Fossil Marco Taviani Edited by Tom Rice

gen. Texmelanatria K. Palmer, 1942 Cerithiidae Fossil Marco Taviani Edited by Tom Rice

gen. Unitas K. Palmer, 1947 Cancellariidae Fossil Marco Taviani

Planorbis llanerensis K. Palmer, 1945 Venezuela - Fossil Marco Taviani.

subgen. Folia K. Palmer, 1937 Altrix Fissurellidae Fossil Marco Taviani Edited by Tom Rice

**Source**

1954 J.Q. Burch' s *Directory of Conchologists fossils*

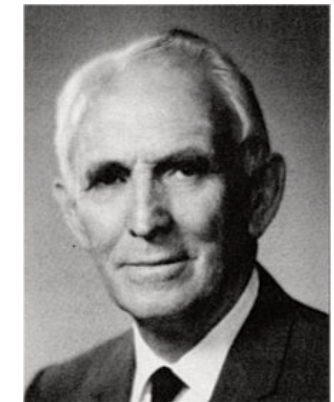
1983: Petit, R. E., In memoriam. Katherine van Winkle Palmer, February 4, 1895-September 12, 1982. -- *American Malacological Bulletin*, 1: 79-80. [BIOGRAPHY] 1983: Petit,

# PIONEROS

## DE LAS GEOCIENCIAS

### Ronald Kinnison DeFord: (1902-1994)

**Ronald Kinnison DeFord** died at age 92 on May 7, 1994, in Austin, Texas. He was one of the great stalwarts of the geological scene in both academia and industry. He was born in San Diego, California, on January 22, 1902, the son of George Washington DeFord and Amelie Stenger DeFord. He was preceded in death by his parents, his sister Estella, and his first wife, Mary Amma Spence Hill. He is survived by his second wife of 17 years, Marion Wier Rich DeFord; and four stepchildren, Nell Hill Gillespie of Beverly Hills, California, John Hill DeFord of Tulsa, Oklahoma, Stephen Geoffrey Rich of Phoenix, Arizona, and Lisa Rich Beck of Austin, Texas; eight step grandchildren and numerous great-grandchildren.



and supervising graduate students, Mary was his constant companion.

Ronald earned a Bachelor of Science in engineering in 1921 and a master of science in geology in 1922 from the Colorado School of Mines. He taught geology there during 1921-1922 and chemistry during 1922-1924.

He joined the Midwest Refining Company as a resident geologist at Roswell, New Mexico, in 1923, and he was privileged to drive the stake in 1928 for the location of the discovery well at Hobbs Field, New Mexico, one of North America's major oil fields. During difficult times in the 1930s, the Depression years, when only one geologist was being retained at Roswell for the Midwest Refining Company, he decided to return to his alma mater, where he taught English as an assistant professor from 1931 to 1933.

Beginning in 1933 he was chief geologist of the Argo Oil Corporation in Midland, Texas. I first knew Ronald in Midland in 1944 and was impressed with his many activities with the West Texas Geological Society, judging local high school debates, and working toward development of a geological library for Midland. Ronald married Mary Amma Spence Hill on January 2, 1937. During the West Texas summers while he was teaching

Ronald joined the University of Texas in 1948 as professor of geology and continued until retirement in 1972 and retirement again in 1987. He championed field geology, and students under his supervision mapped large areas of West Texas in the Trans-Pecos Texas and adjacent Mexico areas. Both doctoral and master's theses of these areas were produced by his students and are now fundamental sources of geological information in the University of Texas geology library (the Walters Geological Library). In addition, Ronald taught courses including geology of fluids, advanced general geology, and advanced stratigraphy. Ronald's great contribution was the West Texas and Northern Mexico student field work, which he accomplished with the aid of his own personal Jeep station wagon.

On a field trip to Waco, Texas, I rode in Ronald's Jeep and I recall as we were returning to Waco from the field we were cruising south on the main highway at a speed near the maximum for the Jeep. I was in the rear seat and one of the occupants leaned over to Ronald and said, "Do you want me to radio in to Waco for a landing?" No other words were spoken but there was a slight increase in the speed of the Jeep. We arrived safely in Waco.



Katherine Van Winkle Palmer in her office at the Paleontological Research Institute.

The students he worked with and the teachers in the Department of Geological Sciences of the University of Texas were well aware of Ronald's generosity.

One time when he needed stenographic office help and the university apportionment for geological sciences had been exhausted, he personally hired the help he needed for a brief time. During 1952 he attended the International Geological Congress in Algeria and prevailed on Ed W. Owen to take his place at the University of Texas for a few weeks. He then prevailed upon Ed to teach geology at the University of Texas, which Ed did for the following 20 years by commuting from San Antonio twice a week, without pay—not even gasoline money.

Ronald was a Life Fellow of the Geological Society of America, an honorary member of the American Association of Petroleum Geologists since 1965 and president in 1942, a life member of the West Texas Geological Society in Midland, Texas, and a member of Tau Beta Pi, Sigma Gamma Epsilon, and Phi Kappa Phi. Ronald had been a Legion of Honor member of the Society of Petroleum Engineers since 1993 and a regular member since 1943, a member of the National Society of Professional Engineers since 1938, a Life Fellow of the American Association for the Advancement of Science since 1941, a registered professional engineer in Texas, consultant to the University of Texas Bureau of Economic geology from 1948 to 1992, a member of the committee on the Tectonic Map of the United States, and a Fellow of the Texas Academy of Science, American Geophysical Union, and Société Géologique de France.

He was a member of the Austin Geological Society, a founding member of the Chancellor's Council of the University of Texas, a member of the President's Council of both the Colorado School of Mines and the University of Texas, a life member of the University of Texas Ex-Students' Association and the Eyes of Texas Society, and a Faculty Fellow of the Library Staff Association of the University of Texas. Ronald was a great patron of the arts and supported, among other groups, the Midland Community Theater and the Laguna Gloria Art Museum

in Austin. He was a member of the Umlauf Sculpture Garden in Austin, a founding member of the Austin Lyric Opera, the Festival Institute at Round Top, and the Austin Gilbert and Sullivan Society. In addition, he is well remembered for his ballroom dancing. He was elected in 1967 to the Austin Knights of the Symphony and was proclaimed King Brio VI of that organization in 1971.

Among the honors that he received were election to the Permian Basin Hall of Fame at the Museum of the Permian Basin in 1975; the Distinguished Achievement Medal of the Colorado School of Mines in 1963—the highest honor that may be bestowed upon a graduate of that school and thought of as an honorary doctoral degree, and Profesor Extraordinario of the Universidad Nacional Autónoma de México in 1968.

Ronald married Marion Wier Rich on May 29, 1977. When Marion and Ronald came to geological meetings he leaned on her arm or she guided the wheelchair to and from the meeting to the car. This faithful pair even sat in the geriatric section of the meetings of the Austin Geological Association. Marion's help permitted Ronald to take part in many of the activities that were geological.

Ronald lived to teach, but as a teacher he rarely dispensed knowledge directly. He used provocative questions and stimulated his classes to strive for original thinking. He was thought of as a geologist, oil finder, and author. He was a member of 11 American and foreign geological societies, recipient of numerous honorary awards, well known for his Trans-Pecos geological knowledge, and author of more than 40 published scientific articles. His natural rock color charts have sharpened and simplified rock descriptions. He was a member and later chairman of the American Commission on Stratigraphic Nomenclature. His colleagues and students miss him. A great one has passed on. No one can replace RKD.

**Source:** Samuel P. Ellison, JR. Geological Society of America.

## Del Instituto de Geología a la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de Venezuela (1937-2021), 84 años de ininterrumpida labor

El pasado 29 de septiembre de 2021 se cumplió el octogésimo cuarto aniversario de la instauración formal de los estudios de Geología en Venezuela, labor realizada por decreto del entonces Presidente de la República, General Eleazar López Contreras quien acompañado de cinco distinguidos profesionales, pioneros-fundadores del instituto, los doctores Pedro Ignacio Aguerrevere Vera (1896-1966), su hermano Santiago Emigdio (1899-1984), Víctor Manuel López (1905-1989), Guillermo Zuloaga Ramírez (1904-1984) y Manuel Enrique Tello Berrizbéitia (1909-1999), todos graduados en universidades extranjeras, materializaron este importante y necesario hito en la historia científica y técnica del país, ante la inexistencia de estudios técnicos en la materia.

Provenían estos selectos geocientistas de la Oficina Técnica de Minería y Geología y dedicaron parte de su tiempo y esfuerzo en la formación profesional de los primeros geólogos de la nación. Recrear el camino transitado por la institución no es tarea corta, ni fácil de encarar en una breve nota. Tan solo es factible mencionar que los primeros estudios de los exploradores de la naturaleza venezolana en el siglo XIX, si bien fueron útiles para el descubrimiento de recursos minerales factibles de explotación, no sentaron tradición en docencia y ella se inicia a principios del siglo XX con la naciente presencia de las empresas petroleras del extranjero, cuyo personal sirvió inicialmente como facilitadores para entrenar nuevos talentos.

A tal efecto, remitimos al lector a una sencilla bibliografía *ad hoc* como colofón de esta reseña, en homenaje a los fundadores, a la iniciativa promovida desde el Ejecutivo Nacional de la época y a esa primera promoción del año 1942 cuya fotografía original insertamos con la identificación de los egresados y sus profesores al pie, no sin antes señalar que en la misma se encontraba el primer geólogo de nacionalidad mexicana: Eduardo José Guzmán (1929-1989) -en primera fila a la derecha y en cuclillas-, graduado con mención *summa cum laude* y que tras un

año de labores en la *Mene Grande Oil Co.* de Venezuela, fue requerido por el Dr. Efraín Buenrostro, Director General de Petróleos Mexicanos, desempeñándose en Pemex y en el Instituto Mexicano del Petróleo hasta su deceso.

**Bibliografía selecta:** Kroboth, Alonso, *Historia de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia*, Boletín GEOS, marzo 1964, Caracas, (10): 35-56; Rodríguez, Arteaga, José Antonio, *Geología de Venezuela en treinta y cuatro personajes. I parte*. Boletín de la Sociedad de Historia de las Geociencias en Venezuela, Número 137, Diciembre 2021, 68 pp. (aún no publicado); Texera Arnal, Yolanda, *Avance con tropiezos. La ingeniería en Venezuela en la primera mitad del s. XX*. Procesos Históricos. Revista de Historia y Ciencias Sociales, Universidad de Los Andes, Mérida, 2018, Venezuela, (33): 19-40.; Texera Arnal, Yolanda, *El Instituto de Geología y los inicios de la reforma de la educación superior en Venezuela*, 215-234 pp. *En:* Petróleo nuestro y ajeno. (La ilusión de modernidad), (Juan José Martín Frechilla y Yolanda Texera Arnal, editores), *Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico*, Universidad Central de Venezuela, Caracas 2005, 378 pp.; Urbani Franco, *Del Instituto de Geología (1937) a la Escuela de Geología, Minas y Geofísica (2007)*, Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, 2007, Boletín Geos 39:104.; Texera Arnal, Yolanda, *La construcción de conocimiento científico en Venezuela: contribución de geólogos petroleros del exterior (1936-1958)*, Cuadernos del CENDES, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2015, año 32 (88): 39-56; Márquez Sureda Salomó y Martín Frechilla, Juan José, *La labor educativa de los exiliados españoles en Venezuela. Fondo Editorial de Humanidades y Educación*, Universidad Central de Venezuela, 2002, 249 pp.; Murray E. Grover. *Memorial to Eduardo José Guzmán. 1920-1989*. Geological Society of America, 19-24.

<http://www.geosociety.org/documents/gsa/memorials/v21/Guzman-EJ.pdf> [documento en línea], (octubre 8, 2021).

**José Antonio Rodríguez Arteaga**  
Colaborador de la Revista  
[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)



**Eduardo J. Guzman** (Pemex)

**I promoción del Instituto de Geología, 1942 y su profesorado:**

1. Prof. Ángel Demetrio Aguerrevere, 2. Dr. Pedro Ignacio Aguerrevere Vera (fundador), 3. Dr. Manuel Tello Berrizbéitia (fundador), 4. Dr. Víctor Manuel López (fundador), 5. Dr. Guillermo Zuloaga R. (fundador), 6. Prof. Alfonso Kroboth, 7. Prof. Ernesto Vallenilla, 8. Prof. Hermann Kaiser, 9. Prof. Ely Mencher, 10. Dr. Santiago E. Aguerrevere Vera (fundador), 11. Prof. Leopoldo E. López, 12. Ricardo Rey y Lama, 13. José Rafael Domínguez, 14. Carlos E. Key, 15. César Rosales, 16. José Mas Vall, 17. Jesús Armando Yánes, 18. José Pantín Herrera, 19. O. Salamanqués, 20. Leandro Miranda Ruiz, 21. Luis José Candiales, 22. Luis Ponte Rodríguez, 23. Eduardo J. Guzmán.

# PUBLICACIONES

## TESIS & RESÚMENES

**Rosa M. Huerta González**

**El emplazamiento de pórfidos eocénicos y su posible relación con zonas mineralizadas en la Sierra de Catorce, S. L. P.**

T E S I S: Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Geología Aplicada

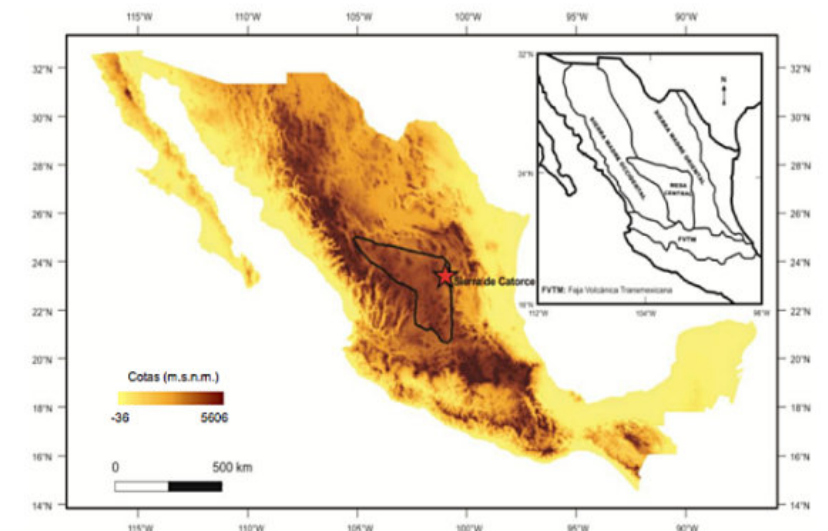
Asesor: **Dr. José Rafael Barboza Gudiño**

Co-asesor: **Dr. Macario Rocha Rocha**

**Resumen**

La Sierra de Catorce está situada en el límite noreste de la Mesa Central, estando representada por una estructura levantada de tipo pilar tectónico con orientación N-S, cuya estructura interna está conformada por plegamientos laramídicos de orientación N-S y NNESSW con vergencia hacia el E. En la Sierra de Catorce han sido reconocidas dos zonas con afloramientos de intrusiones magmáticas eocénicas que constan de una apófisis principal con distribución radial de diques respecto de esta, conocidas como Potrero de Catorce-Real de Catorce ubicada en la porción norte de la Sierra de Catorce, y La Maroma-San Bartolo ubicada en la porción sur de la Sierra de Catorce; y han sido relacionadas con la mineralización (Ag, Pb, Zn, Sb y Hg) existente en el área de estudio. El presente trabajo consta de la caracterización de los intrusivos Potrero de Catorce y La Maroma, y el análisis de la presencia y distribución de la mineralización en los distritos mineros de Real de Catorce, La Maroma y Tierras Negras, realizados con base al análisis de datos aeromagnéticos, petrografía, geoquímica, geocronología, inclusiones fluidas y mineragrafía. De acuerdo a sus características geoquímicas y petrográficas los intrusivos son de composición granodiorítica, presentan la firma geoquímica de un arco volcánico continental, asociados a un ambiente de subducción hacia la fase final de la orogenia Laramide, son granitoides tipo I, derivados del manto con una alta contaminación cortical. La gran similitud entre los dominios aeromagnéticos, geoquímica y petrografía de los intrusivos, sugieren que provienen de una misma cámara magmática, correspondiendo a diferentes pulsaciones con base a fechamientos que varían de  $48.6 \pm 0.8$  a  $40.9 \pm 0.3$  Ma (U-Pb en circones). Las temperaturas de homogeneización de las muestras de los distritos mineros La Maroma ( $190-207^{\circ}\text{C}$ ), Real de Catorce ( $265.4-379.5^{\circ}\text{C}$ ), y Tierras Negras ( $170.6-200.5^{\circ}\text{C}$ ) y la distribución de la viii mineralización, nos permiten concluir que las intrusiones eocénicas produjeron el hidrotermalismo que dio origen a la mineralización en los distritos epitermales existentes en la Sierra de Catorce.

**Figura 1.** Modelo de elevación digital de la República Mexicana donde está indicada la ubicación de la Mesa Central (línea negra) y la zona de estudio (estrella). En el recuadro es mostrada la relación de la Mesa Central con otras Provincias Fisiográficas. (Modificado de Nieto-Samaniego et al., 2005).





## Estudio geológico de las vetas de cobre del Proyecto Trece de Marzo, distrito Inclán – provincia y departamento Tacna

Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa, Perú

Tesis para optar el título profesional de: Ingeniera Geóloga: 2020

Sustentante: **Chahuara Ticona, Vicky Marivel**

Asesor: Madeleine Nathaly Guillén Gómez

### Resumen.

El Proyecto Trece de Marzo, políticamente pertenece al Distrito de Inclán, Provincia y Departamento de Tacna. Litológicamente, en el área de estudio afloran secuencias de derrames andesíticos del mesozoico y cenozoico del Grupo Toquepala y de la Formación Moquegua inferior. El presente estudio consistió de una etapa conceptual de mapeo superficial a escala 1/25000 en la cual se evidenció la presencia mineral de la veta de Trece de Marzo a lo largo de la propiedad minera, certificando la presencia mineral de una veta en promedio de 0.6m de ancho acompañado de una falla mineral de dirección Norte – Sur. En la siguiente etapa se realizó un mapeo superficial a escala 1/25000 de los afloramientos en el lado sur de la concesión, donde se muestra en mayor expresión mineral la veta Trece de Marzo con el objeto de determinar tramos minerales con posibilidades en explotación minera a menor escala, que se exponen y áreas con alteraciones hidrotermales (Argílica, Sericítica, Propilítica y Clorítica) con intensidades Moderada y Débil. A la vez se realizó un mapeo superficial de detalle a escala 1/2500 para el lado sur de la propiedad y muestreo de canales y rock chip en áreas de alteración y/o en evidencias de mineralización, se determinó una ley media de 3.7% siendo este valor de entrada que determino que es posible generar utilidad económica. Finalmente, Con los resultados obtenidos se realizó una estimación preliminar de recursos existentes de la veta Trece de Marzo y de la Veta Marcela con el código JORC.

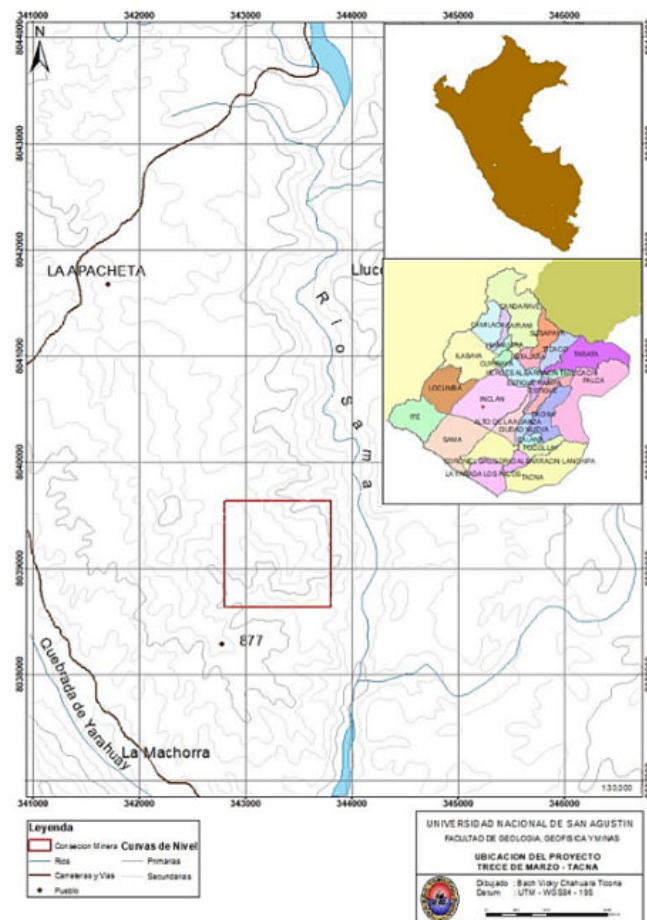


Figura 1.1. Ubicación del Proyecto Trece de Marzo, Fuente: INGEMMET

## Microfacies y paleoambientes de la Formación Orizaba del Cretácico (Albiano-Cenomaniano) de Puebla, México.

Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.)

Tesis que para optar por el grado de Maestro en Ciencias de la Tierra.

Mayo 2021

Sustentante: **Ismael Luna Osorno**

Asesor: Dr. Ricardo Barragán Manzo

### Resumen.

La gran complejidad geológico-estructural de la sierra de Zongolica y la variedad de facies que presenta la Formación Orizaba, hacen que los estudios sedimentológicos y estratigráficos sean aún más difíciles de desarrollar en esta región. La Formación Orizaba forma parte del elemento paleogeográfico de la Plataforma de Córdoba y registra una edad de Cretácico (Albiano-Cenomaniano). Para esta investigación, se realizó el estudio de una sección estratigráfica en la localidad de Cobatzalco, Zoquitlán, Puebla, que amplía el conocimiento actual de dicha formación. Un análisis de microfacies realizado a detalle a la sección estratigráfica "Orizaba-Cobatzalco" conformada por rocas de la Formación Orizaba, permitió el agrupamiento de sus asociaciones de microfacies y sus respectivas interpretaciones paleoambientales. Se reconocieron 5 asociaciones de facies que permiten observar un transecto desde el margen de la plataforma hasta los inicios de la cuenca profunda. La primera asociación (AMOC-01) es indicativa de un ambiente de talud regido por flujos de detritos traídos por posibles canales que conectaban aguas someras con aguas más profundas. La segunda asociación (AMOC-02) corresponde a un ambiente de pie de talud y se intercala con la asociación AMOC-05, lo cual indica depósitos de tormenta. La intercalación entre estas dos facies es evidencia del inicio de la sobreposición de facies más profundas sobre facies someras de la AMOC-01. La asociación AMOC-03 pertenece a una sucesión de estratos dolomitizados que aparece en diferentes niveles de la columna de estudio y la asociación de microfacies AMOC-04 es propia de un ambiente de depósito de aguas profundas. Las asociaciones de microfacies permitieron observar los inicios del ahogamiento de la plataforma de Orizaba, evento que generó una retrogradación de las facies de dicho elemento paleogeográfico. Uno de los principales indicadores de lo anterior, son los canales que se forman al inicio de dicho evento, los cuales someten a erosión a las partes internas de la plataforma y descargan en el talud, aunado a eventos repentinos de alta energía que generaron los depósitos de tormenta registrados en el pie de talud. Con base en los resultados obtenidos de las asociaciones antes mencionadas, se realizó una curva de variaciones del nivel del mar donde se observa una tendencia de forma gradual a la profundización en pequeños pulsos. Dicha curva permite asociar esta profundización a eventos de ascenso del nivel del mar que ocurrieron durante el Albiano-Cenomaniano a nivel global.

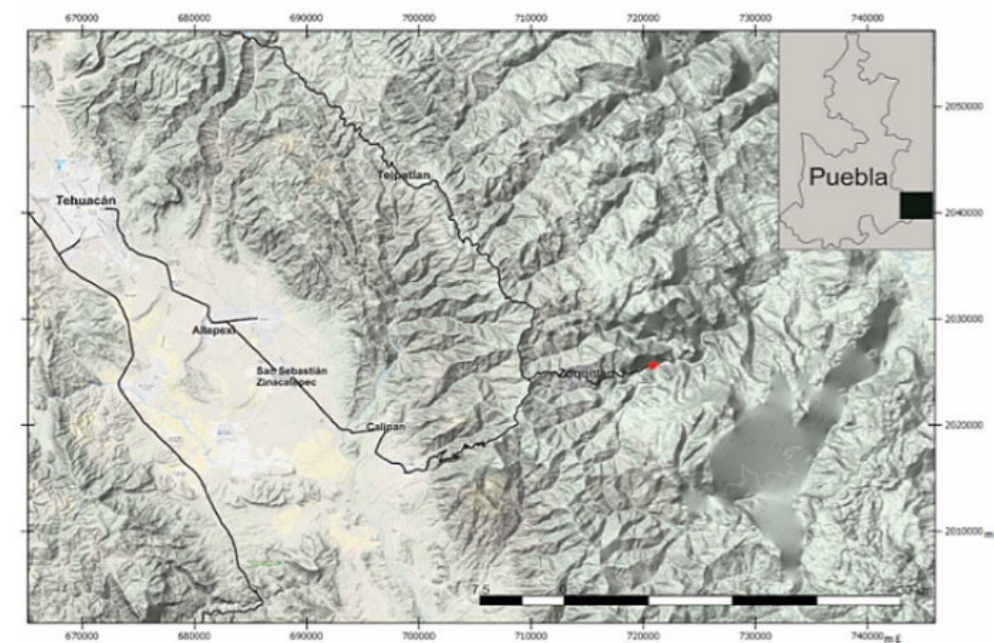


Figura 1.1. Mapa de ubicación del área de estudio donde se muestran las principales vías de acceso, el punto rojo ilustra la ubicación de la sección estudiada en este trabajo.

## Geomorphology of the Mirador-Calakmul Karst Basin: A GIS-based approach to hydrogeologic zapping

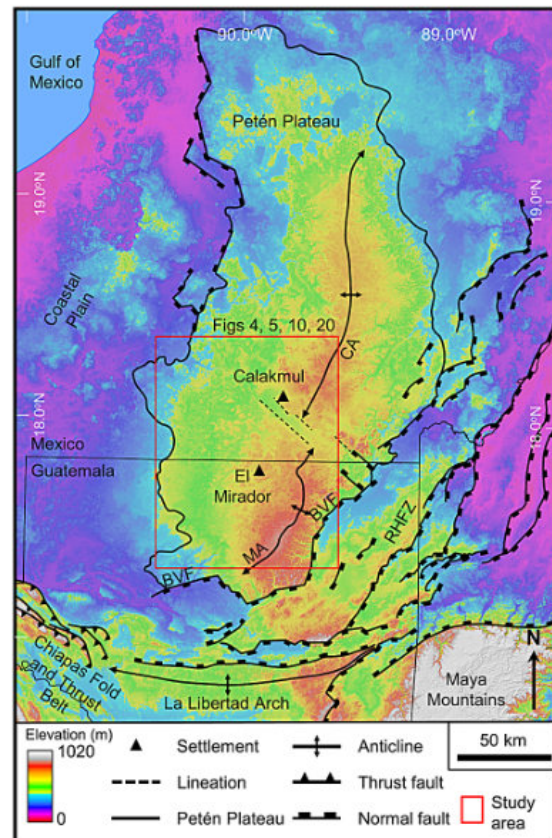
Ross Ensley, Richard D. Hansen, Carlos Morales-Aguilar, Josie Thompson

Published: August 2, 2021

### Abstract

This paper classifies the karst landscapes of the Petén Plateau and defines the Mirador-Calakmul Karst Basin by illustrating the distribution of its karst hydrologic features. Archaeological and spatial research of the Mirador-Calakmul area of Guatemala and Mexico has shown it to be a karst basin with geopolitical implications. Current research characterizes the karst landscapes of the Petén Plateau, maps the distribution of karst hydrologic features, and delineates the basin in geomorphological terms. To further this aim, multiple forms of remote sensing data including orthophotographs, a satellite Digital Elevation Model, satellite multispectral images, and Light Detection and Ranging (LiDAR) data have been integrated to interpret the karst features in the study area. Outcrop study and thin section analysis of the upper Buena Vista Formation document that the dominant lithologies are a shallow water algal boundstone interbedded with terrestrial caliche. Karst landforms have been mapped over the Petén Plateau and we identify five karst landscapes, the largest of which is a fluviokarst landscape dominated by karst valleys. We further map karst hydrologic features including seasonal swamps, dolines, intermittent lakes, intermittent streams, solution-enhanced fractures, and springs all of which are characteristic of drainage basins. Boundaries of the karst basin are mapped from multiple lines of evidence including distribution of the karst valleys, a line of springs along the western boundary of the fluviokarst landscape, and a surface drainage analysis. We capture and classify hydrologic data points and develop a regional groundwater map that indicates subsurface flow from east to west within the basin. A drainage map illustrates the extensive system of karst valleys, boundaries, and inferred groundwater flow paths of the Mirador-Calakmul Karst Basin. It was within this geomorphological setting that the ancient Maya developed an extensive civilization during the Middle and Late Preclassic periods

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0255496>



**Fig 1. Physiographic map of the southern Yucatán Peninsula.** The Yucatán Platform, bounded to the south along a line from the Chiapas Fold and Thrust Belt to the northern limits of the Maya Mountains, was a shallow marine depositional setting during the Paleocene-Eocene. Isostatic rebound during the middle Eocene uplifted the Petén Plateau (PP) and created the Mirador and Calakmul anticlines (MA and CA). Northwest striking lineations, in line with two short normal faults to the east, highlight a potential subsurface graben south of Calakmul. Pliocene extension down dropped the east side of the YP forming the Río Hondo Fault Zone (RHFZ) a structural province consisting of half grabens created by northeast trending normal faults. Key among these is the Buenavista Fault (BVF) that delimits the southeast margin of the plateau. ALOS World 3D (AW3D30) elevation data have been provided by the Japan Aerospace Exploration Agency. (<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/>) and printed under a CC BY 4.0 license.

## Análisis geológico y magnetométrico del plutón zonado La Primavera en el borde de las zonas occidental y oriental del sur del Cinturón Batolítico Peninsular, Baja California

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

Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra con orientación en Geología

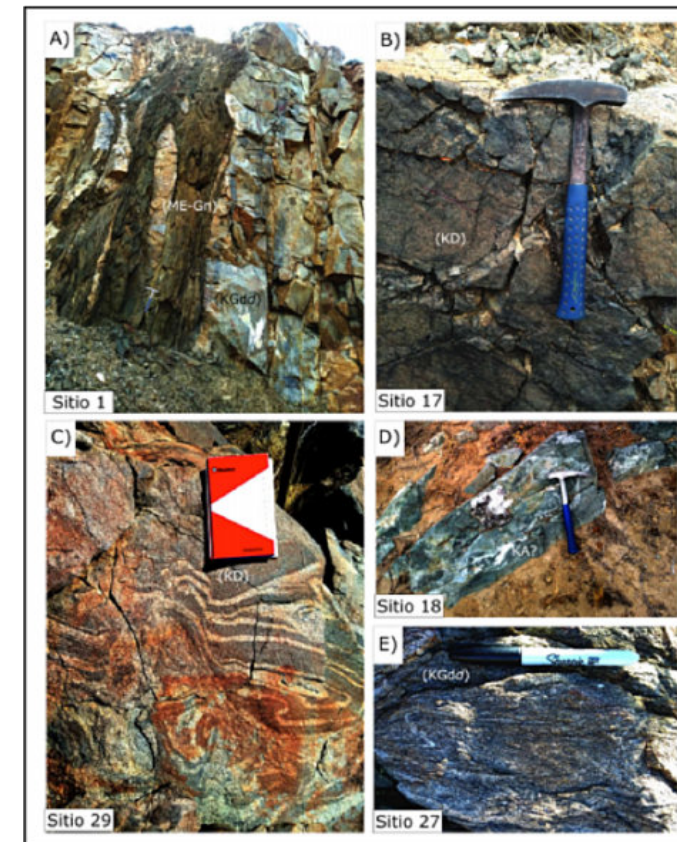
25 de febrero 2021

Sustentante: **Nina Adhara Elena Ávila Ortiz**

Director de tesis: *Dr. Luis Alberto Delgado Argote*

### Resumen.

El plutón zonado La Primavera forma parte de un complejo batolítico que aflora en un área de más de 500 km<sup>2</sup> al sur del Cinturón Batolítico Peninsular del Cretácico (29°N y 114°W). Dicho cuerpo es un stock que se caracteriza por presentar una señal magnética superior a los 400 nT, que lo hace similar a los plutones de la zona occidental del Cinturón Cretácico. El plutón está concéntricamente zonado, su núcleo es máfico compuesto principalmente por diorita y gabro, y sus márgenes son de composición tonalítica a granítica, mayormente deformados. Según los análisis petrográficos las distintas litologías siguen de manera general la tendencia de la serie cálcica. A partir de fechamientos U-Pb en circones de plutones zonados similares, localizados hacia el sur de la zona de estudio entre Nuevo Rosarito y Calmallí, se infiere que la edad del plutón puede ser mayor de 100 Ma. Los resultados de los análisis magnetométrico y estructural sugieren que la geometría del cuerpo máfico magnetizado es de aspecto cilíndrico con bordes subverticales. Se infiere que el cuerpo máfico pudo haber sido levantado durante el emplazamiento sintectónico de las unidades félsicas en un episodio de deformación regional, asociado a la convergencia del segmento de arco Alisitos contra la margen continental, reportada en ca. 115-100 Ma al norte del área de estudio. En la zona colindan las fronteras de cinturones de unidades litológicas prebatolíticas por lo que, en el contexto tectónico regional, se sugiere que el batolito La Primavera pudo haberse emplazado en la zona de sutura entre el arco Alisitos del Jurásico-Cretácico y una fracción del margen continental.



**Figura 1.1.** Fotografías de los afloramientos de algunos sitios clave del pPrimavera. A) Secuencia metamórfica (MEGn) intrusionada por granodiorita (Gd). B) Posible dique diorítico exhibiendo líneas de flujo magmático. C) Bandas de tonalita (KTn) dentro de la unidad diorítica (KD) en una zona de mezcla (mingling). D) Derrames lávicos brechados en el borde occidental del plutón. E) Deformación por cizallamiento en la unidad granodiorítica (KGdd) en el borde noroeste del plutón.

## Estratigrafía y Petrografía del Plio-Pleistoceno del noroeste de Costa Rica: Formación Bagaces y Lavas Pelón de la Bajura

Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela Centroamericana de Geología

Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Geología: Julio, 2018

Sustentante: **Juan Pablo Solano Monge**

Asesor: Dr. Percy Denyer Chavarría

### Resumen

En la base de la actual cordillera volcánica de Guanacaste se encuentra una secuencia de origen volcánico de rocas formadas durante el Mio-Plioceno y parte del Pleistoceno, correspondiente con las formaciones Bagaces y Lavas Pelón de la Bajura. El presente estudio constó de la descripción petrográfica de dieciséis núcleos de perforación (2201 m), el levantamiento de secciones estratigráficas en campo y el análisis de ciento treinta secciones delgadas, de las cuales se seleccionaron algunas muestras para la realización de análisis químicos. La Formación Bagaces incluye eventos piroclásticos explosivos y rocas sedimentarias asociadas. Esta fue dividida en dieciséis unidades diferentes según criterios composicionales como contenido de cristaloclastos (principalmente plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y opacos), litoclastos y vitroclastos. La Toba Alto Mirador es una ignimbrita con lentes de pómez, en microscopía resaltan clinopiroxeno, líticos no reconocibles, lavas cristalinas y pumíticos hialinos. La Toba Potrerillos, definida en el presente estudio, es un depósito de flujo de pómez y escoria con variaciones verticales, con clinopiroxeno, ortopiroxeno, líticos recristalizados y pumíticos hialinos. La Toba Limbo 1 son dos depósitos provenientes de flujos de pómez y petrográficamente presentan clinopiroxeno, ortopiroxeno, apatito, líticos recristalizados, escoria hialina y pumíticos cristalinos. La Toba Sandillal es un depósito de flujo de pómez con variaciones verticales, caracterizada microscópicamente por la presencia de clinopiroxeno y fragmentos de vidrio. La Toba Rama de Nance es un depósito masivo de una ignimbrita, en el cual microscópicamente son recurrentes la escoria cristalina, pumíticos hialinos y los fragmentos de vidrio. La Toba Pan de Azúcar es un depósito de flujo de pómez enriquecido en escoria con variaciones verticales; a nivel microscópico se identifican clinopiroxeno, apatito, lavas con microlitos, escoria hialina y pumíticos hialinos. La Toba Limbo 11 es una ignimbrita con dos depósitos diferenciales, que bajo el microscopio predominan el clinopiroxeno, apatito, líticos no reconocibles y vitroclastos de escoria y pumíticos hialinos. La Toba Mata de Caña, definida en el presente estudio, corresponde con tres depósitos de flujos de pómez, cada uno con su afinidad micropetrográfica. La Toba Poza Salada es un depósito de flujo de pómez rico en escoria con variaciones verticales; en sección delgada se diferencia por la presencia de pumíticos hialinos. La Toba Santa Rosa es una ignimbrita con variaciones verticales; la diferencia petrográfica está delimitada por clastos de clinopiroxeno, ortopiroxeno, apatito y pumíticos hialinos. La Toba La Casona es representada por dos depósitos de flujo de pómez ricos en líticos que en microscopía son predominantes los clastos de clinopiroxeno, ortopiroxeno, apatito y escoria hialina. La Toba Cuajiniquíl es el depósito de un flujo de pómez blocoso, cuyas características bajo la luz polarizante son líticos no reconocibles, escoria hialina y pumíticos hialinos. La Litofacies Monte del Barco, forma parte de la Toba Río Colorado, sin embargo, en el presente estudio se reconoce como una ignimbrita con variaciones verticales y petrográficamente contiene apatito y pumíticos hialinos. La Toba Río Colorado es dividida en dos ignimbritas con variaciones verticales; al microscopio son importantes para su identificación la presencia de clinopiroxeno, apatito, pumíticos hialinos y escoria hialina. La Toba Cañas presenta dos depósitos de flujos de pómez microscópicamente diferentes. Por último, la Toba Montenegro es una ignimbrita con variaciones verticales y en sección delgada son importantes el clinopiroxeno, apatito, líticos no reconocibles y pumíticos hialinos. Desde el punto de vista químico la Formación Bagaces varía de composición traquidacítica a riolítica en una serie calcoalcalina. Las Lavas Pelón de la Bajura son rocas poco estudiadas con fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno, opacos y apatito, cuya principal característica textural es la variación del contenido de fenocristales, microfenocristales y microlitos. Dentro del contexto del noroeste de Costa Rica se encontró una afinidad petrográfica entre la Formación Bagaces y la Formación Cañas Dulces. La elaboración un estudio geoquímico y petrológico de ambas formaciones es de gran importancia para el esclarecimiento de la génesis y proveniencia de los flujos piroclásticos asociados a la Formación Bagaces.

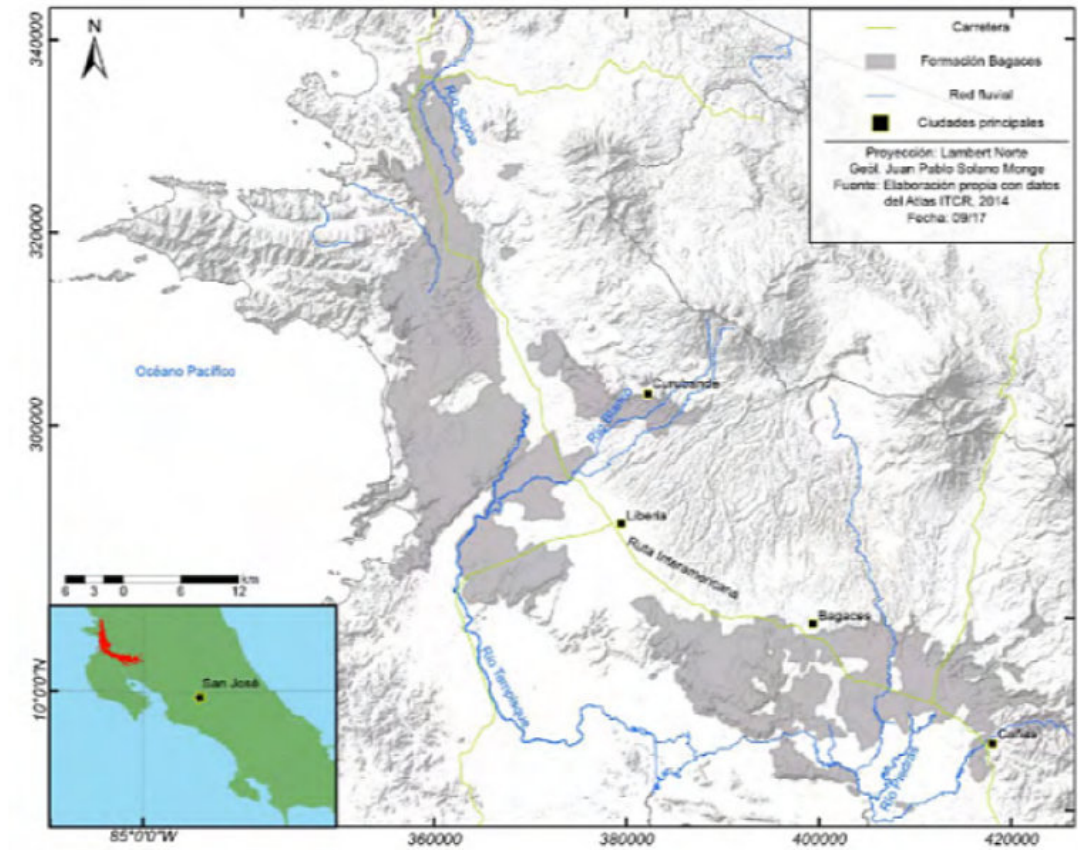


Figura 1.3 Ubicación de la Formación Bagaces

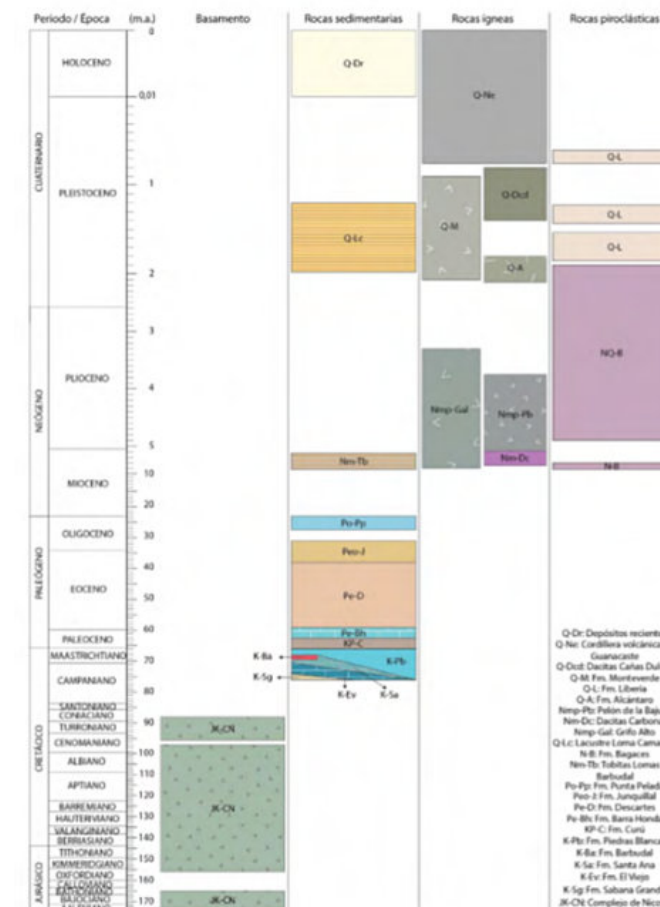


Figura 1.1 Contexto geológico de la Cuenca Tempisque

## Providencia Island: A Miocene Stratovolcano on the Lower Nicaraguan Rise, Western Caribbean—A Geological Enigma Resolved

**Alan L. Smith**

Department of Geology, University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico 00681  
Department of Geological Sciences, California State University, San Bernardino, California 92407, USA

**M. John Roobol**

Department of Geology, University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico 00681  
The Anchorage, Sandy Haven, St. Ishmaels, Haverfordwest, Pembrokeshire, SA62 3DN, UK

**Glen S. Mattioli**

Department of Geology, University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico 00681  
Department of Earth and Environmental Sciences, University of Texas, Arlington, Texas 76019, USA

**George E. Daly**

Department of Geological Sciences, California State University, San Bernardino, California 92407, USA  
Department of Geology and Environmental Science, Miami University, Oxford, Ohio 45056, USA

**Joan E. Fryxell**

Department of Geological Sciences, California State University, San Bernardino, California 92407, USA

### ABSTRACT

The Providencia island group comprises an extinct Miocene stratovolcano located on a shallow submarine bank astride the Lower Nicaraguan Rise in the western Caribbean. We report here on the geology, geochemistry, petrology, and isotopic ages of the rocks within the Providencia island group, using newly collected as well as previously published results to unravel the complex history of Providencia. The volcano is made up of eight stratigraphic units, including three major units: (1) the Mafic unit, (2) the Breccia unit, (3) the Felsic unit, and five minor units: (4) the Trachyandesite unit, (5) the Conglomerate unit, (6) the Pumice unit, (7) the Intrusive unit, and (8) the Limestone unit. The Mafic unit is the oldest and forms the foundation of the island, consisting of both subaerial and subaqueous lava flows and pyroclastic deposits of alkali basalt and trachybasalt. Overlying the Mafic unit, there is a thin, minor unit of trachyandesite lava flows (Trachyandesite unit). The Breccia unit unconformably overlies the older rocks and consists of crudely stratified breccias (block flows/block-and-ash flows) of vitrophyric dacite, which represent subaerial near-vent facies formed by gravitational and/or explosive dome collapse. The breccias commonly contain clasts of alkali basalt, indicating the nature of the underlying substrate. The Felsic unit comprises the central part of the island, composed of rhyolite lava flows and domes, separated from the rocks of the Breccia unit by a flat-lying unconformity. Following a quiescent period, limited felsic pyroclastic activity produced minor valley-fill ignimbrites (Pumice unit). The rocks of Providencia can be geochemically and stratigraphically subdivided into an older alkaline suite of álcali basalts, trachybasalts, and trachyandesites, and a younger subalkaline suite composed dominantly of dacites and rhyolites. Isotopically, the alkali basalts together with the proposed tholeiitic parent magmas for the dacites and rhyolites indicate an origin by varying degrees of partial melting of a metasomatized ocean-island basalt-type mantle that had been modified by interaction with the Galapagos plume. The dacites are the only phenocryst-rich rocks on the island and have a very small compositional range. We infer that they formed by the mixing of basalt and rhyolite magmas in a lower oceanic crustal "hot zone." The rhyolites of the Felsic unit, as well as the rhyolitic magmas contributing to dacite formation, are interpreted as being the products of partial melting of the thickened lower oceanic crust Veneta Providencia. U-Pb dating of zircons in the Providencia volcanic rocks has yielded Oligocene and Miocene ages, corresponding to the ages of the volcanism. In addition, some zircon crystals in the same rocks have yielded both Proterozoic and Paleozoic ages ranging between 1661 and 454 Ma. The lack of any evidence of continental crust beneath Providencia suggests that these old zircons are xenocrysts from the upper mantle beneath the Lower Nicaraguan Rise. A comparison of the volcanic rocks from Providencia with similar rocks that comprise the Western Caribbean alkaline province indicates that while the Providencia alkaline suite is similar to other alkaline suites previously defined within this province, the Providencia subalkaline suite is unique, having no equivalent rocks within the Western Caribbean alkaline province.

Smith, A.L., Roobol, M.J., Mattioli, G.S., Daly, G.E. and Fryxell, J.E., 2021, Providencia Island: A Miocene Stratovolcano on the Lower Nicaraguan Rise, Western Caribbean—A Geological Enigma Resolved: Geological Society of America Memoir 219, 102 p., [https://doi.org/10.1130/2021.1219\(01\)](https://doi.org/10.1130/2021.1219(01)). © 2021 The Geological Society of America. All rights reserved. For permission to copy, contact [editing@geosociety.org](mailto:editing@geosociety.org).

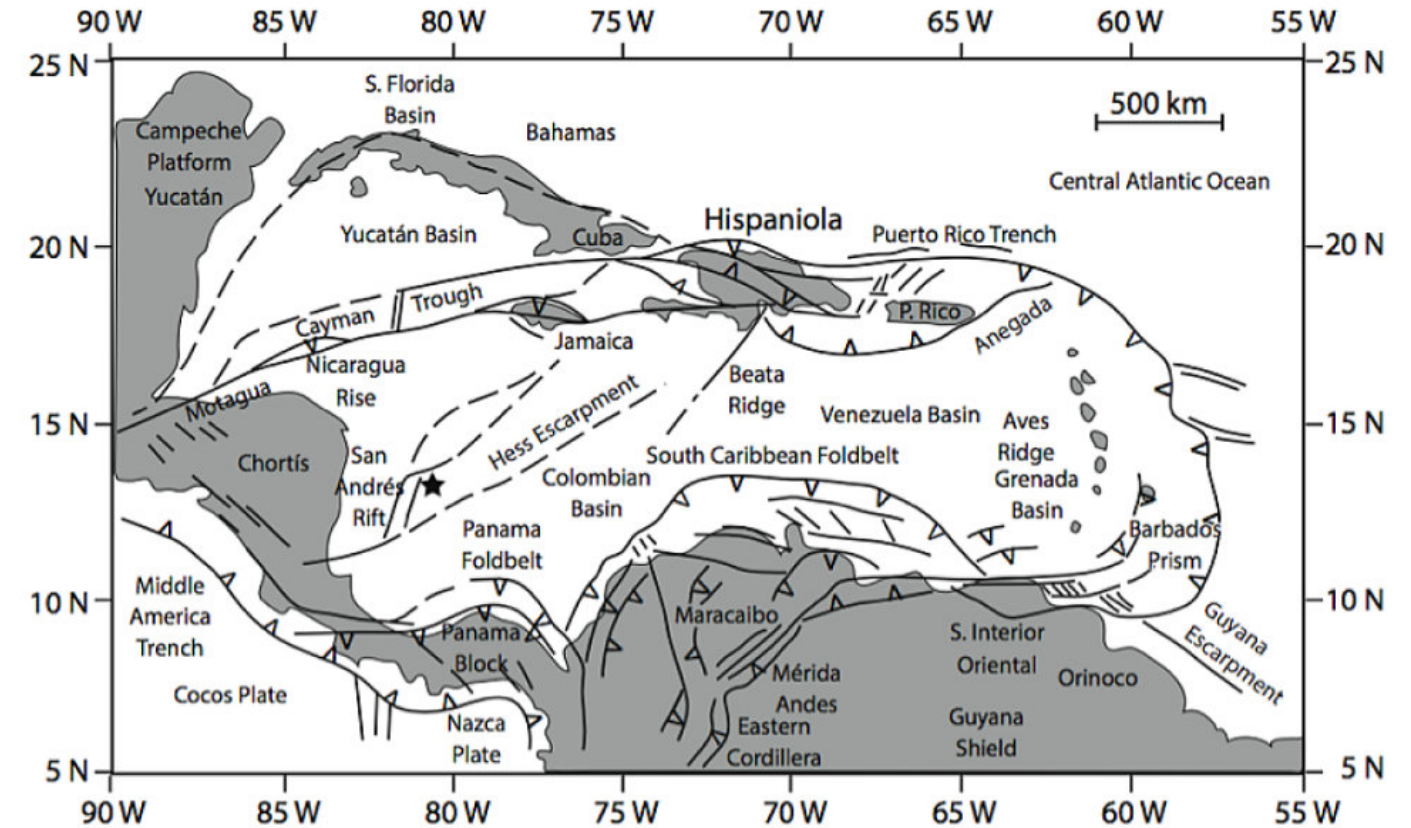
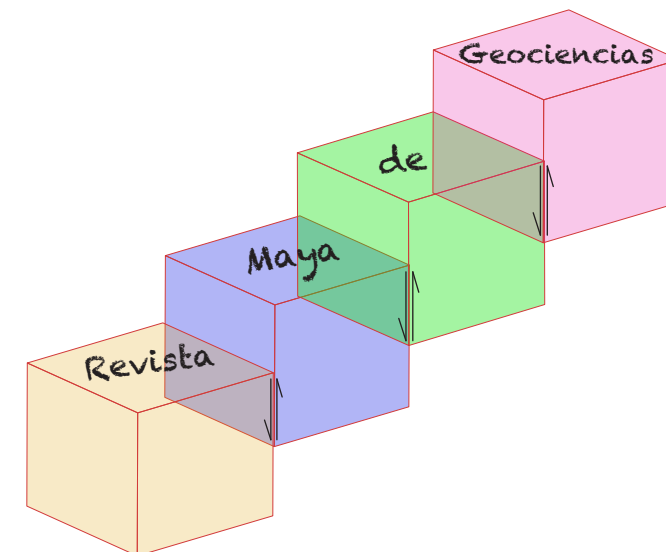
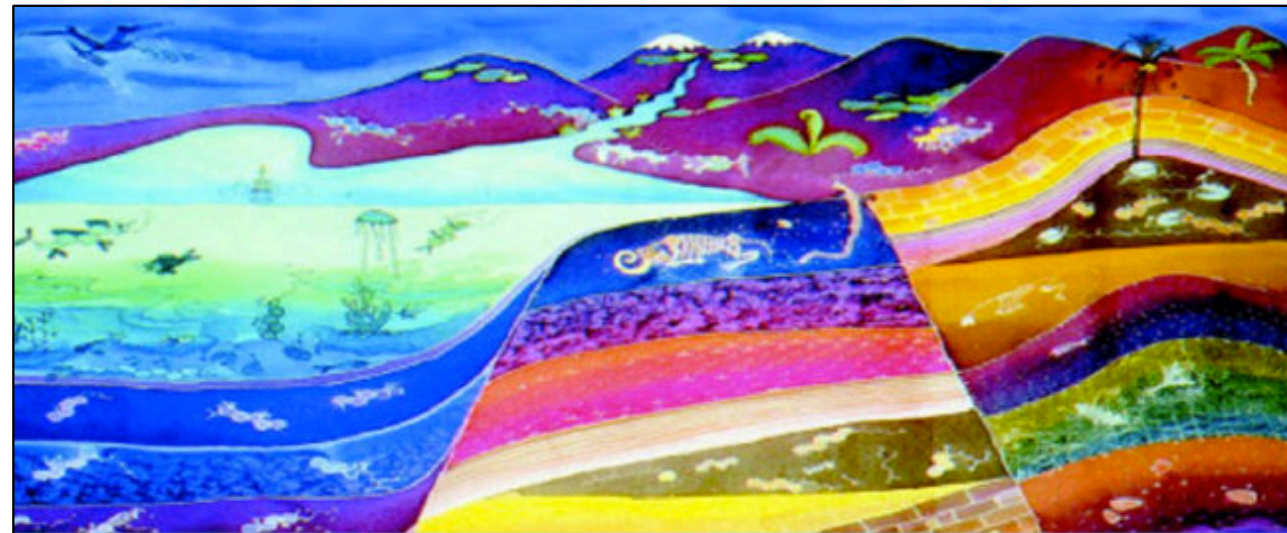


Figure 1. Present-day tectonic map of the Caribbean region; star indicates location of Providencia Island. Figure is adapted from Pindell and Kennan (2009).



## El libro recomendado

<https://www.cambridge.org/core/books/biomarker-guide/38F1AC02B49B61216C2252A9B4D940D0>



# The Biomarker Guide

## Volume 1

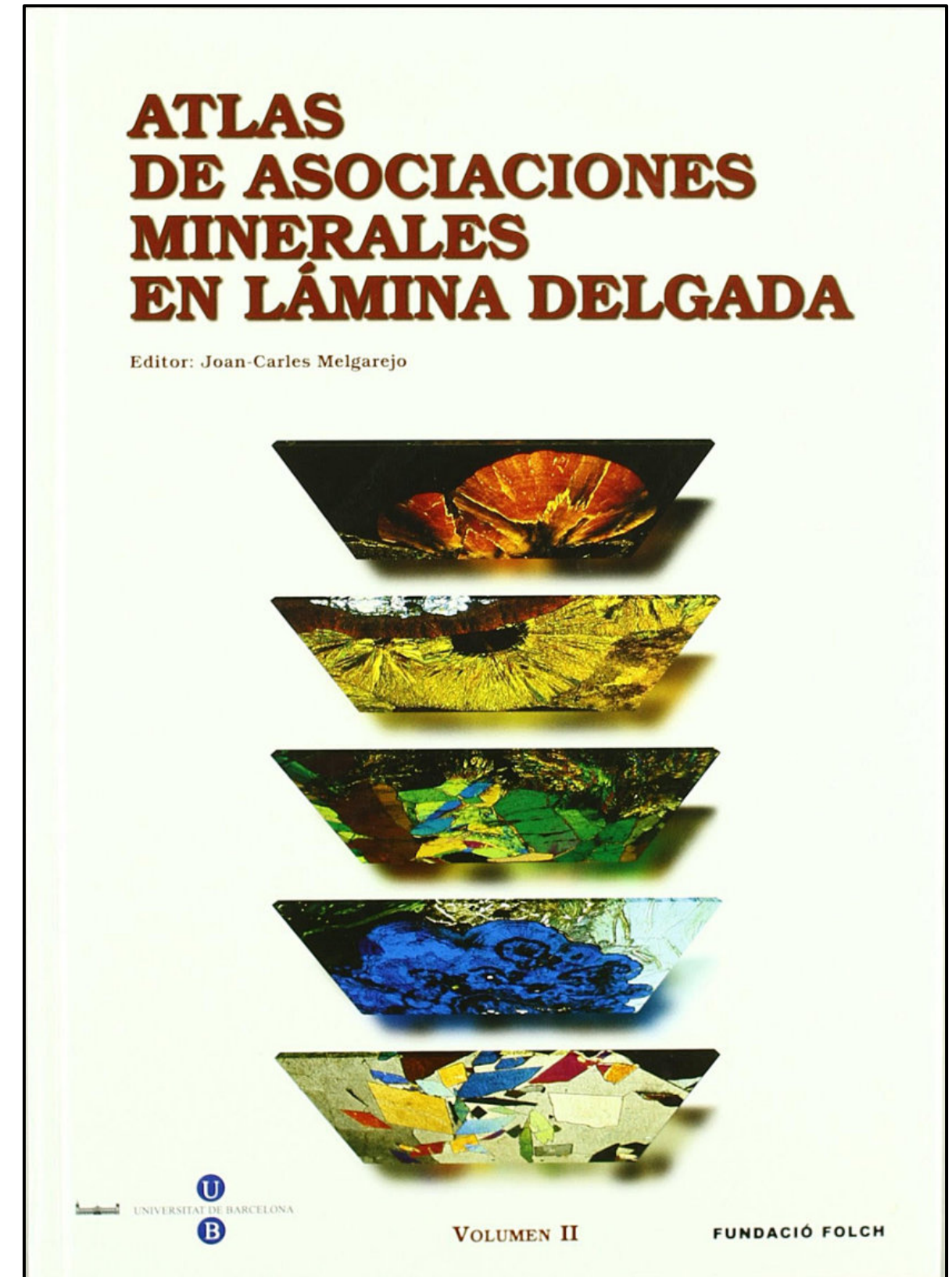
Biomarkers and Isotopes in the  
Environment and Human History

Kenneth E. Peters,  
Clifford C. Walters,  
and J. Michael Moldowan

CAMBRIDGE

## El libro recomendado

<http://www.edicions.ub.edu/ficha.aspx?cod=06183>



# TEMAS DE INTERÉS

## Dimensiones del sistema eléctrico en los Estados Unidos

**Natalia Silva Cruz**

**Geologist (M.S.)**

**Houston, Texas**

### 1. Aspectos técnicos.

Los Estados Unidos es uno de los países donde más se consume energía por habitante, con un valor cercano a los 400 GJ/per cápita anuales (V. Smil, 2010). Para 2018 la demanda alcanzada de energía primaria fue de 29.600 TWh y cerca del 40% se utilizó para la generación de energía eléctrica<sup>1</sup>. Durante 2019, la generación eléctrica se produjo prácticamente de todas las fuentes energéticas disponibles en el país: gas natural (38%), carbón (23%), nuclear (20%), renovables (17%) y petróleo crudo (1%)<sup>2</sup>. La finalidad del uso de la electricidad es: doméstico (38%), comercial (37%) e industrial (25%)<sup>3</sup>.

El transporte de electricidad se realiza a través de una red de cooperación internacional entre los Estados Unidos y Canadá (una porción pequeña de Baja California, México, también está conectada) y agrupa 8 grillas principales, hablaremos más adelante de estas estructuras, que están altamente influenciadas por el mercado energético. Las grillas más importantes son 3: *Eastern Interconnect*, *Texas Interconnect* y *Western Interconnect* (ver mapa en la Figura 1). La red conecta las cerca de 7.300 plantas generadoras a los 145 millones de consumidores finales (industrias, comercios y residencias) a través de una red de cerca de 250 km de líneas de alto voltaje. Desde 2007 el Departamento de Energía está trabajando en la actualización de la red para implementar una *smart grid* para el país.

### Reflexiones:

La estructura de generación, transporte, distribución y control de la energía eléctrica es muy compleja y varía de estado a estado; ésta ha venido evolucionando de manera desordenada desde mediados del siglo XX y este crecimiento está motivado principalmente por el acelerado desarrollo económico del país, de manera que no existe un actor claro que se ocupe de controlar cada uno de los aspectos. Las tres grillas principales de transmisión trabajan casi completamente de manera aislada y el flujo eléctrico entre ellas es reducido y muy limitado.

A este arreglo caótico hay que sumarle inconvenientes inherentes al sistema como son: 1) la instalación de nuevas líneas depende de los terrenos y de llegar a un acuerdo con sus dueños para alcanzar un acuerdo beneficioso y económicamente viable, 2) la conexión interestatal plantea ambigüedades a la hora de definir cuál estado debe ser responsable de su construcción según los beneficios obtenidos, 3) existen huecos legales para precisar quién debe cubrir los costos de conexión, 4) la inclusión de energías renovables en la red exige la implementación de líneas de transmisión entre los puntos de demanda y las áreas a veces restringidas donde se encuentra el mayor potencial de explotación, 5) la grilla no se encuentra suficientemente protegida de intromisiones digitales y se han detectado ataques que aunque no han puesto en peligro la seguridad energética de los usuarios, muestran la vulnerabilidad de la red y la exposición a ataques más serios; 6) no existen programas de incentivación a la eficiencia energética para ningún consumidor, siempre

se tiende a medir la intensidad energética (energía/PIB) como un paralelo a la eficiencia energética cuando esto lo único que indica es la eficiencia para generar capital; y 7) la principal razón de las fallas de distribución eléctrica son los efectos del cambio climático pero no existen medidas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero GEI, principalmente ahora que, a partir del próximo 4 de noviembre ya los Estados Unidos no continuará acogiéndose a los compromisos del Acuerdo de París.

### 2. Aspectos regulatorios.

En 1934 se publicó el *Public Utility Holding Company Act*, que es una ley mediante la cual se empezó a regular las compañías proveedoras de servicios públicos. Esta ley tuvo una extensión con el *Energy Policy Act de 1992*, con el cual se enfocaron esfuerzos (no siempre efectivos) para desestabilizar monopolios en los que una misma compañía era dueña de la planta de generación, de las líneas de transmisión y de distribución, lo que generaba sobrecostos para los consumidores y desventajas para las compañías pequeñas que tenían que competir contra estos gigantes. En 2005 se publica el *Energy Policy Act* con el que se regulan los incentivos para la generación a partir de fuentes de energía renovables.

La venta, precios y servicios de energía eléctrica están regulados por el gobierno federal a través de la *Federal Energy Regulatory Commission*. En escala estatal, los gobiernos locales regulan el suministro doméstico mediante las comisiones regionales equivalentes<sup>4</sup>. El suministro, la transmisión internacional y la calidad de la energía son velados por entidades conocidas como autoridades de balance, que son compañías generadoras, de transmisión o proveedoras que ofrecen sus servicios para supervisar un sector puntal de la cadena energética que no sea parte de sus actividades económicas, en el caso de que se pierda el equilibrio oferta-demanda, son las responsables de buscar soluciones para asegurar el servicio continuo de calidad<sup>5</sup>. La planificación, seguridad y requerimientos críticos de infraestructura para las operaciones relativas a la cadena energética se rigen según un estándar desarrollado por la *North American Electric Reliability Corporation* y aprobado por la *Federal Energy Regulatory Commission FERC* a nivel nacional. El manejo internacional con Canadá y México lo realiza la *Office of Electricity Delivery & Energy Reliability* a través del equipo de *Transmission Development*, encargado de expedir autorizaciones de exportaciones de energía y permisos para la construcción, conexión, operación y mantenimiento de las facilidades de transmisión internacionales<sup>6</sup>. La regulación federal para la energía proveniente de fuentes renovables se consigna en el *Renewable Energy Standard RES*, donde se establecen los objetivos de participación en el mercado, libre competencia, precios justos y mecanismos de incentivos, no es una ley aprobada por el congreso todavía, pero al menos 38 estados siguen su directriz y tienen políticas locales<sup>8</sup>.

Las regulaciones enfocadas en el cuidado del medio ambiente y mitigación de impactos ambientales son<sup>9</sup>: 1) plantas de generación más limpias, con la cual se controla la liberación de mercurio y otros agentes contaminantes, 2) transporte aéreo interestatal de agentes contaminantes, con el que se busca evitar que los gases tóxicos se muevan a otros estados, 3) programa de reporte de emisiones de GEI, 4) manejo de desechos industriales para plantas de combustión de combustibles fósiles, 5) estructuras de toma de agua para enfriamiento, con la cual se restringe el intercambio de agua con el ambiente debido a los impactos de la temperatura en el ecosistema, y 6) guía para la emisión de vapores en la generación eléctrica.

### Reflexiones:

El ambiente de regulación permite el libre mercado y el acceso de los consumidores a una energía de alta calidad, sin embargo, es indiscutible que no existe una motivación federal fuerte para la descarbonización ni la protección del medio ambiente y de la población. Muchas de las iniciativas son de carácter local y voluntario (ej. California posee un amplio set de incentivos para la reducción de emisiones de GEI), es bastante común que los incentivos y la infraestructura

<sup>1</sup> U.S. Energy Information Administration. U.S. energy facts explained [www.eia.gov/energyexplained/](http://www.eia.gov/energyexplained/)...

<sup>2</sup> U.S. Energy Information Administration. What is U.S. electricity generation by energy source? [www.eia.gov/](http://www.eia.gov/)...

<sup>3</sup> EPA U.S. Environmental Protection Agency. Energy and the environment [www.epa.gov/energy/](http://www.epa.gov/energy/)...

<sup>4</sup> EPA U.S. Environmental Protection Agency. U.S. electricity grid & markets [www.epa.gov/greenpower/](http://www.epa.gov/greenpower/)...

<sup>5</sup> U.S. Department of Energy. [www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/#smart\\_grid](http://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/#smart_grid)

<sup>6</sup> U.S. Department of Energy. Electricity 101 [www.energy.gov/oe/information-center/educational-resources/](http://www.energy.gov/oe/information-center/educational-resources/)...

<sup>7</sup> U.S. Energy Information Administration. How electricity is delivered to consumers [www.eia.gov/energyexplained/](http://www.eia.gov/energyexplained/)...

<sup>8</sup> SEIA Solar Energy Industries Association. [www.seia.org/initiatives/renewable-energy-standards](http://www.seia.org/initiatives/renewable-energy-standards)

<sup>9</sup> EPA U.S. Environmental Protection Agency. Regulatory Information by sector [www.epa.gov/regulatory/](http://www.epa.gov/regulatory/)...

necesaria para cubrirlos varíe de condado a condado (ej. en Austin la compañía de energía local puede entregar incentivos monetarios a quienes instalan paneles solares en sus casas y se asigna la reducción de emisiones a su operación, completamente diferente a los condados cercanos donde el incentivo es tributario y la reducción de emisiones no es calculada). El país es el segundo mayor emisor de CO<sub>2</sub> en el mundo y aún así nunca ratificó el Protocolo de Kioto; sin embargo, se reincorporó al Acuerdo de París en enero de 2021 y 24 estados firmaron el *United States Climate Alliance*, manteniendo individualmente los compromisos respectivos adquiridos según el acuerdo.

### 3. Aspectos económicos.

El costo de la energía eléctrica depende del uso final y de la regulación de la *Federal Energy Regulatory Commission*, así, para uso residencial tiene un promedio nacional de 13¢ de dólar por kWh, para el comercial de 11 ¢/kWh, para el industrial de 7 ¢/kWh y para el transporte de 10 ¢/kWh; el promedio global nacional es de 11 ¢/kWh<sup>10</sup>. La facturación promedio por hogar es de 112 USD/mes, según los ingresos medios esto equivale a destinar el 2.2% a la compra de electricidad. La compañía eléctrica más rentable del país es hoy la *Pacific Gas & Electric*, que le provee electricidad a más de 5 millones de consumidores a un precio de 17 ¢/kWh, obteniendo ganancias de 15.5 miles de millones de dólares anuales<sup>11</sup>. Localmente es común que los precios varíen durante el día según la demanda horaria, abaratándose en horas de la madrugada (entre 11 de la noche y 6 de la mañana de día siguiente, aproximadamente).

El mercado doméstico se determina según el estado y algunos son más tradicionales que otros, los 24 estados con mercados más abiertos permiten la libre competencia y que el consumidor final escoja cuál será su proveedor de electricidad (entre estos se encuentran California, Texas y la mayoría de los estados del Noreste del país). Los estados más tradicionales también se caracterizan porque la generación a partir de fuentes renovables se incentiva en menor escala, lo que hace más retardada su implementación, en el otro extremo del espectro se tienen 18 estados donde además de existir libertad para escoger el proveedor, también es posible decidir el tipo de energía según la fuente primaria (renovable o fósil)<sup>12</sup>. El mercado de fuentes renovables es dividido en dos: el de compra voluntaria (donde el consumidor decide que desea adquirir este tipo de energía frente a otras opciones y por lo mismo conlleva algunos estímulos) y el de compra forzosa (porque es el que genera el operador siguiendo directrices reglamentarias), más de la tercera parte del consumo de energía proveniente de fuentes renovables se adquiere a través de compra voluntaria<sup>13</sup>. Los incentivos regionales para las energías renovables se pueden revisar en la página web de la *Database of State Incentives for Renewables & Efficiency*: <https://www.dsireusa.org/>.

#### Reflexiones:

El mercado se rige en aspectos generales de una manera bastante más abierta en comparación con otros países, esto motivado por la flexibilidad que permite la regulación, la mentalidad del libre mercado y la disponibilidad de recursos del sector privado, que es una de las mayores limitantes en países en desarrollo.

Esta competencia de precios y la ausencia de incentivos importantes y claros a nivel nacional para el consumo de energías renovables hace que la tecnología para la explotación de éstas deba avanzar con rapidez para garantizar que su uso sea rentable para las compañías generadoras y accesible para el consumidor. Desafortunadamente no existe un control de emisiones de GEI nacional enfocado en su reducción y en la actualidad prácticamente el fomento para la instalación de plantas de energías renovables se motiva únicamente por fines económicos.

Como se había mencionado anteriormente, el mercado y las grillas de transmisión están muy relacionados, la distribución geográfica de las tres grillas principales (*Eastern, Texas and Western Interconnect*) coincide con la diferenciación de la localización de los mercados tradicionales y los mercados abiertos, de la misma manera concuerda

con la mayor densidad de plantas de energías renovables, así, las grillas *Eastern* y *Texas* contienen la mayoría de estados con mercados abiertos mientras que la *Western* (exceptuando California) abarca los estados con mercados más verticales, tradicionales, que no promueven la generación a partir de energías limpias.

<sup>1</sup> EPA United States Environmental Protection Agency. U.S. Electricity Grid & Markets. [https://19january2021snapshot.epa.gov/greenpower/us-electricity-grid-markets\\_.html](https://19january2021snapshot.epa.gov/greenpower/us-electricity-grid-markets_.html)



Figura 1. North American Electric Power Grids



**Natalia Silva** (MSc): Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Postgrado en Petroleum Geoscience de la Heriot-Watt University y Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universitat de Barcelona. Su carrera empieza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia y en proyectos mineros de Níquel colombianos. Tiene más de 10 años de experiencia en el sector de hidrocarburos en desarrollo de yacimientos y geomodelado en cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. Más recientemente, su carrera está enfocada en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, ha elaborado proyectos de generación eléctrica a partir de instalaciones fotovoltaicas en Europa y los Estados Unidos.

<sup>10</sup> U.S. Energy Information Administration. Electricity explained [www.eia.gov/energyexplained/electricity/...](http://www.eia.gov/energyexplained/electricity/)

<sup>11</sup> Pacific Gas & Electric [www.pge.com/en\\_US/about-pge/company-information/profile/profile.page](http://www.pge.com/en_US/about-pge/company-information/profile/profile.page)

<sup>12</sup> EPA United States Environmental Protection Agency. U.S. Electricity grid & markets [www.pge.com/en\\_US/...](http://www.pge.com/en_US/)

<sup>13</sup> EPA United States Environmental Protection Agency. U.S. Renewable electricity market [www.epa.gov/green...](http://www.epa.gov/green...)

# ¿Qué es la energía nuclear?

Compilado por

**Saúl Humberto Ricardez Medina**

Para comenzar a hablar de la energía nuclear debemos de comenzar desde la parte más elemental de la materia, el átomo. El átomo es una estructura en la cual se organiza la materia en el mundo físico o en la naturaleza, su estructura está compuesta por diferentes combinaciones de tres sub-partículas: los neutrones (con carga eléctrica neutra), los protones (con carga eléctrica positiva), y los electrones (con carga eléctrica negativa). Las moléculas están formadas por átomos.

La energía nuclear es la energía contenida en el núcleo de un átomo. Los átomos son las partículas más pequeñas en que se puede dividir un elemento químico manteniendo sus propiedades.

En el núcleo de cada átomo hay dos tipos de partículas, neutrones y protones. Las fuerzas que mantienen unidas las partículas del núcleo entre sí venciendo incluso las de repulsión electrostática entre los protones son de naturaleza desconocida y de corto alcance, solo aparecen en el interior de los núcleos y se denominan fuerzas nucleares. La energía acumulada por estas se llama energía de enlace. Por tanto, una parte de la masa del núcleo se transforma en energía de enlace para mantener unidas las partículas del núcleo. Esta energía es la que se libera en forma de una gran cantidad de energía calorífica y radiación cuando tiene lugar una reacción nuclear, y a la que se denomina energía nuclear.

## Tipos de energía nuclear

Para poder aprovechar la energía nuclear presente en el núcleo de los átomos se puede hacer de dos formas: partiendo el núcleo de un átomo o fusionando el núcleo de dos átomos. En el primer caso lo llamamos fisión nuclear y en el segundo fusión nuclear.

### Fisión Nuclear

La fisión nuclear es la reacción en la que el núcleo de un átomo pesado, al capturar un neutrón incidente, se divide en dos o más núcleos de átomos más ligeros, llamados productos de fisión, emitiendo en el proceso neutrones, rayos gamma y grandes cantidades de energía. El núcleo que captura el neutrón incidente se vuelve inestable y, como consecuencia, se rompe en fragmentos más ligeros dando lugar a una situación de mayor estabilidad. Una de las características importantes de la fisión nuclear es que se genera bombardeando un átomo inestable con un neutrón. Una vez que el núcleo se ha fisionado, además de partículas uno o dos neutrones más quedan libres que pueden chocar contra otro átomo y generar más fisiones en cadena. Para que se produzca una reacción de fisión en cadena es necesario que se cumplan ciertas condiciones de geometría del material fisionable y se supere un umbral determinado de cantidad de cantidad del mismo, conocido como masa crítica. La fisión puede llegar a producirse de forma espontánea, pero es necesaria la existencia de un neutrón que incida con la energía adecuada. Actualmente la fisión nuclear es el tipo de reacción nuclear que se utiliza en todos los tipos de reactores nucleares de potencia.

### Fusión nuclear

La fusión nuclear es una reacción nuclear en la que dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo más pesado, generalmente liberando partículas en el proceso. Estas reacciones pueden absorber o liberar energía, según si la masa de los núcleos es mayor o menor que la del hierro, respectivamente. Un ejemplo de reacciones de fusión son las que tienen lugar en el sol, en las que se produce la fusión de núcleos de hidrógeno para formar helio, liberando en el proceso una gran cantidad de energía en forma de radiación electromagnética, que alcanza la superficie terrestre y que percibimos como luz y calor. Este proceso genera energía porque el peso del núcleo resultante es menor que la suma de los pesos de los núcleos más ligeros. Esta diferencia en las masas, llamado defecto de masa o energía de amarre, se transforma en energía mediante la fórmula de Einstein ( $E=MC^2$ ), donde "M" es la diferencia de masa observada en el sistema antes y después de la fusión y "C" es la velocidad de la luz (300.000 km/s).

### Centrales nucleares

Una central nuclear es una instalación industrial en la que se genera electricidad a partir de la energía térmica producida mediante reacciones de fisión en la vasija de un reactor nuclear. El componente central de una central es el reactor, que es la instalación donde se aloja el combustible nuclear (habitualmente uranio) y que cuenta con sistemas que permiten

iniciar, mantener y detener, de modo controlado, reacciones nucleares de fisión que liberan grandes cantidades de energía térmica. La energía térmica liberada se utiliza para calentar agua hasta convertirla en vapor a alta presión y temperatura. Este vapor hace girar una turbina que está conectada a un generador que transforma la energía mecánica del giro de la turbina en energía eléctrica, lista para su utilización industrial.

El reactor es la instalación de la central nuclear en la que se inician, mantienen y controlan las reacciones de fisión nuclear en cadena que producen la energía térmica necesaria para la generación de energía eléctrica. El reactor consta de una vasija de acero en cuyo interior se dispone un conjunto de elementos de combustible nuclear siguiendo un cierto patrón geométrico. En la mayoría de reactores, para facilitar el proceso de reacción en cadena es necesaria, asimismo, la presencia dentro del reactor de un elemento moderador de los neutrones que se producen en las reacciones de fisión. Esto se debe a que estos neutrones tienen una elevada energía cinética y es conveniente reducir su velocidad para facilitar nuevas reacciones en cadena, lo que se consigue mediante choques elásticos de los neutrones con los átomos del elemento que hace de moderador. El moderador utilizado en la única central nuclear de México (Laguna Verde) es el agua ligera.

Existen distintos tipos de reactores nucleares, pero se pueden destacar dos diseños que suponen más del 80% de las casi 450 unidades en funcionamiento en el mundo:

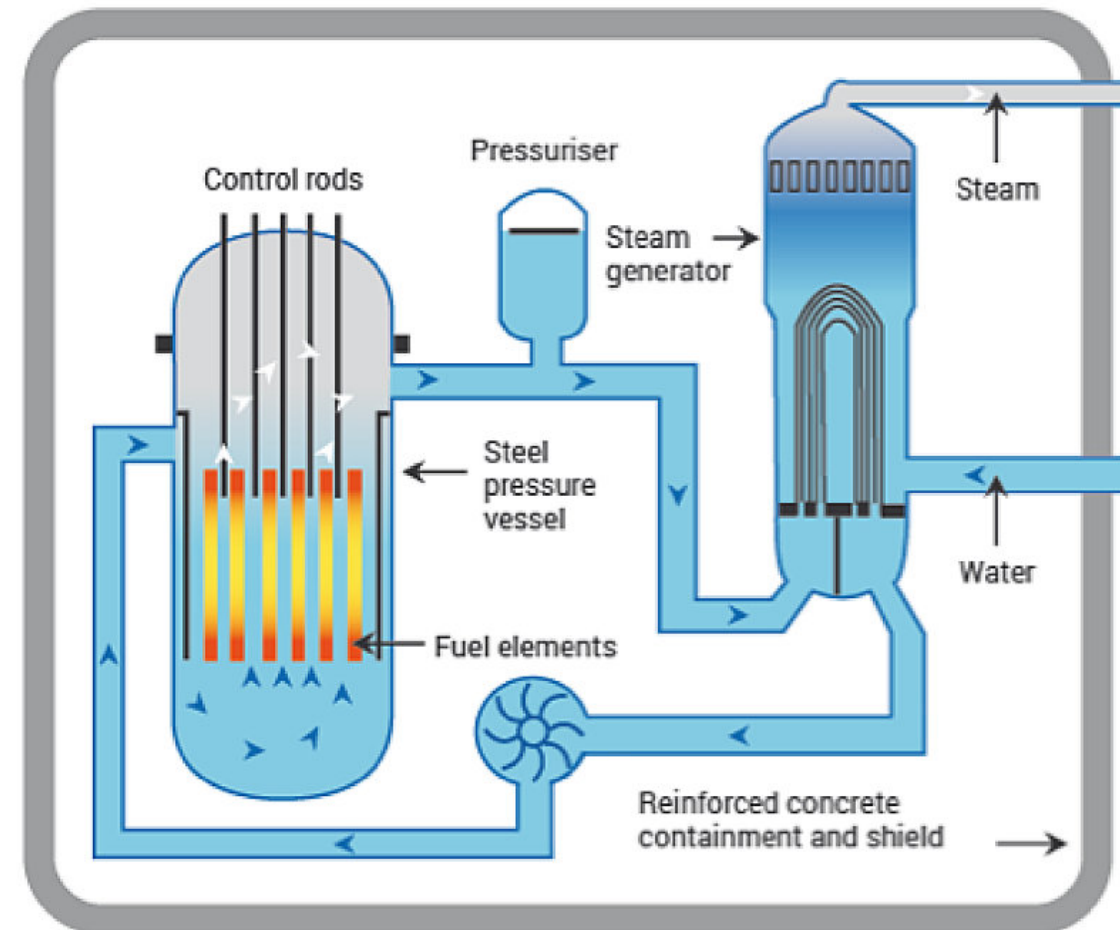


Figura 1: Esquema de Reactor de Agua Presurizada Tomada de: WNA (julio, 2021).

El reactor de agua a presión (Pressurized Water Reactor, PWR, por sus siglas en inglés) el agua circula en estado líquido a través del reactor a muy alta presión y su transformación en vapor se produce fuera del mismo, en un intercambiador de calor exterior que se denomina generador de vapor.

Los PWR utilizan agua corriente como refrigerante y moderador. El diseño se distingue por tener un circuito de enfriamiento primario que atraviesa el núcleo del reactor a muy alta presión, y un circuito secundario en el que se genera vapor para impulsar la turbina. Un PWR tiene conjuntos combustibles de 200-300 barras cada uno, dispuestos verticalmente en el núcleo, y un reactor grande tendría alrededor de 150-250 conjuntos combustibles con 80-100 toneladas de uranio.



El agua en el núcleo del reactor alcanza aproximadamente 325 ° C, por lo que debe mantenerse a aproximadamente 150 veces la presión atmosférica para evitar que hierva. La presión se mantiene mediante vapor en un presurizador (Fig. 1). En el circuito de enfriamiento primario, el agua también es el moderador, y si algo se convierte en vapor, la reacción de fisión se ralentizaría. Este efecto de retroalimentación negativa es una de las características de seguridad de este tipo. El sistema de apagado secundario implica agregar boro al circuito primario. El circuito secundario está a menos presión y aquí el agua hierve en los intercambiadores de calor que son, por tanto, generadores de vapor. El vapor impulsa la turbina para producir electricidad y luego se condensa y regresa a los intercambiadores de calor en contacto con el circuito primario.

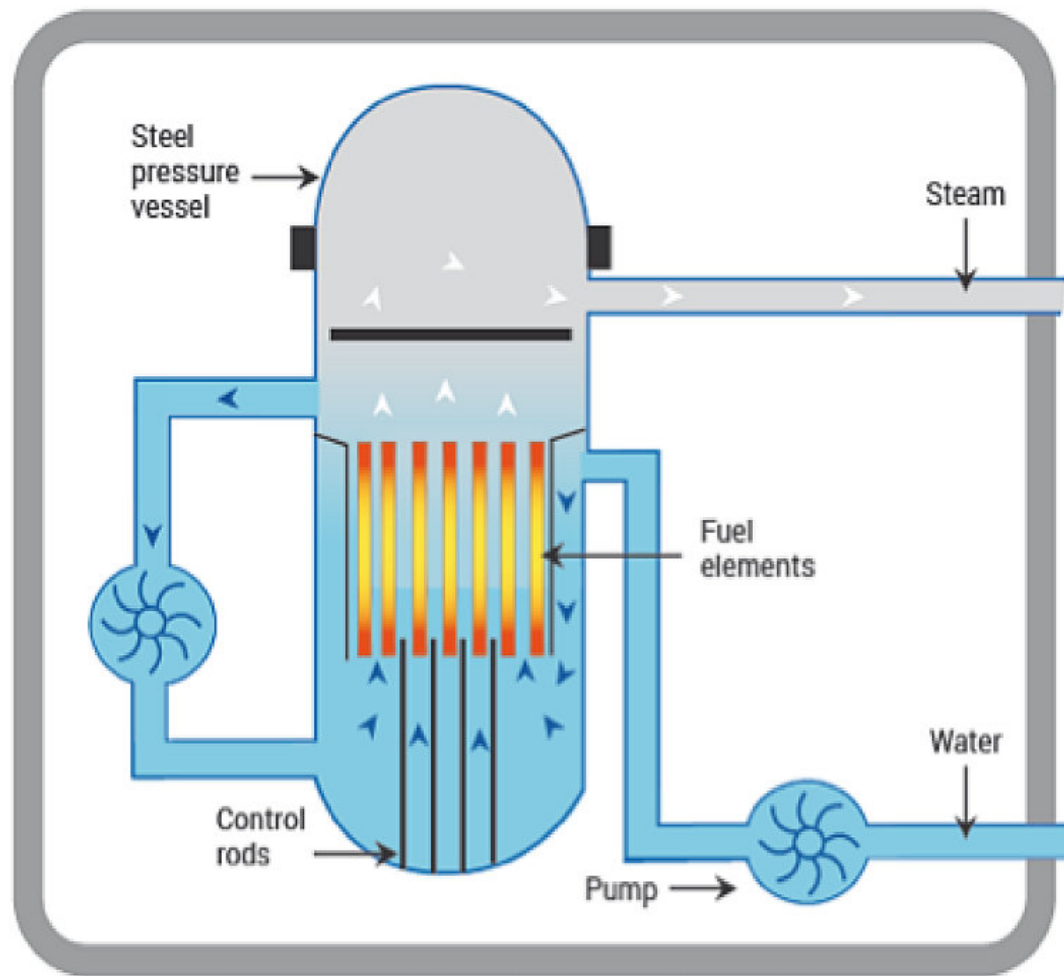


Figura 2: Esquema de Reactor de Agua Hirviendo Tomada de: WNA (julio, 2021).

El reactor de agua en ebullición (Boiling Water Reactor, BWR, por su siglas en inglés) el vapor se produce directamente en el interior de la vasija del reactor.

Este tipo de reactor tiene muchas similitudes con el PWR, excepto que solo hay un circuito único en el que el agua está a menor presión (aproximadamente 75 veces la presión atmosférica) de modo que hierve en el núcleo a aproximadamente 285 ° C. El reactor está diseñado para operar con un 12-15% del agua en la parte superior del núcleo como vapor y, por lo tanto, con un efecto moderador menor y, por lo tanto, una eficiencia allí. Las unidades BWR pueden operar en modo de seguimiento de carga más fácilmente que los PWR. El vapor pasa a través de placas secantes (separadores de vapor) por encima del núcleo y luego directamente a las turbinas, que por tanto forman parte del circuito del reactor. Dado que el agua alrededor del núcleo de un reactor siempre está contaminada con trazas de radionúclidos, significa que la turbina debe estar blindada y debe proporcionarse protección radiológica durante el mantenimiento.

El costo de esto tiende a equilibrar los ahorros debido al diseño más simple. La mayor parte de la radiactividad en el agua es de muy corta duración \*, por lo que se puede ingresar a la sala de turbinas poco después de que se apaga el reactor. Un conjunto de combustible BWR comprende de 90 a 100 barras de combustible, y hay hasta 750 conjuntos en el núcleo de

un reactor, con capacidad para 140 toneladas de uranio. El sistema de control secundario implica restringir el flujo de agua a través del núcleo para que más vapor en la parte superior reduzca la moderación. Este sistema tipo de reactor es con el que opera la Central nuclear de Laguna Verde.

**Energía nuclear en el mundo**

Alrededor del 10% de la electricidad mundial es generada por unos 445 reactores de energía nuclear. Se están construyendo unos 50 reactores más, lo que equivale aproximadamente al 15% de la capacidad existente. En 2020, las plantas nucleares suministraron 2553 TWh de electricidad, frente a 2657 TWh en 2019. Antes de 2020, la generación de electricidad a partir de energía nuclear había aumentado durante siete años consecutivos.

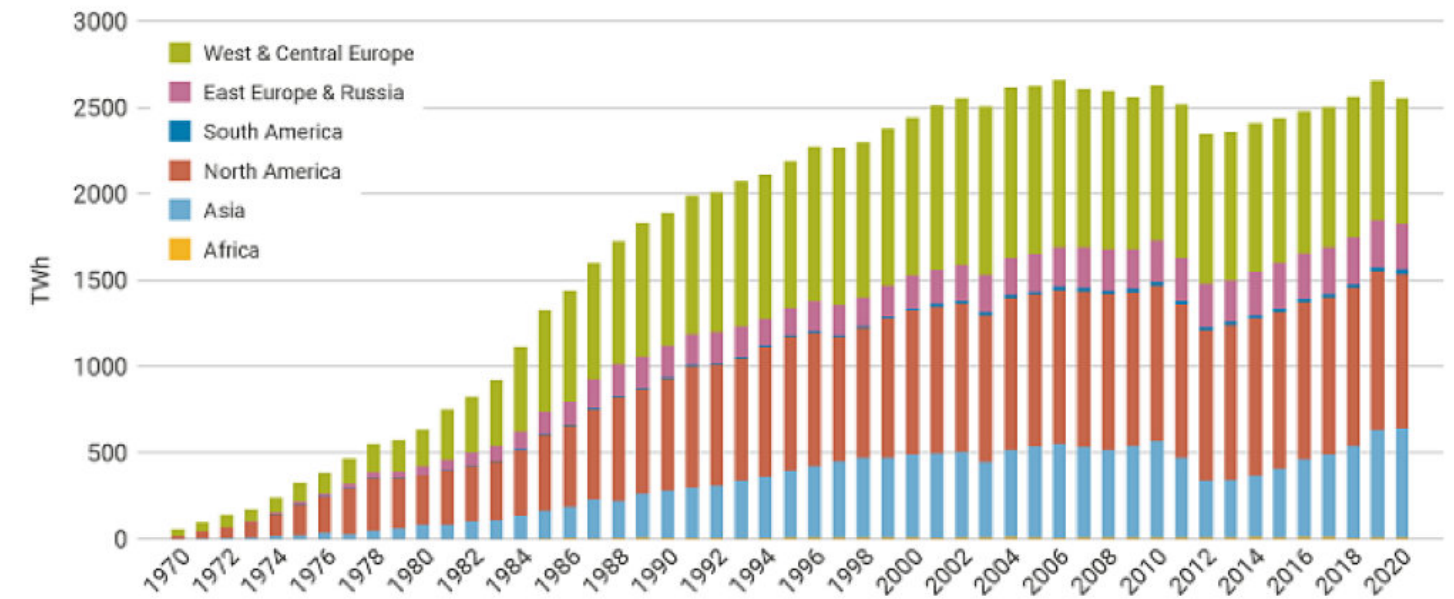


Figura 3: Número de reactores operando en todo el mundo Tomado de: WNA (october, 2021).

Trece países en 2020 produjeron al menos una cuarta parte de su electricidad a partir de energía nuclear. Francia obtiene alrededor de las tres cuartas partes de su electricidad de la energía nuclear, Eslovaquia y Ucrania obtienen más de la mitad de la energía nuclear, mientras que Hungría, Bélgica, Eslovenia, Bulgaria, Finlandia y la República Checa obtienen un tercio o más. Corea del Sur normalmente obtiene más del 30% de su electricidad de la energía nuclear, mientras que en los EE. UU., Reino Unido, España, Rumania y Rusia aproximadamente una quinta parte de la electricidad proviene de la energía nuclear. Japón estaba acostumbrado a depender de la energía nuclear para más de una cuarta parte de su electricidad y se espera que regrese a algún lugar cercano a ese nivel.

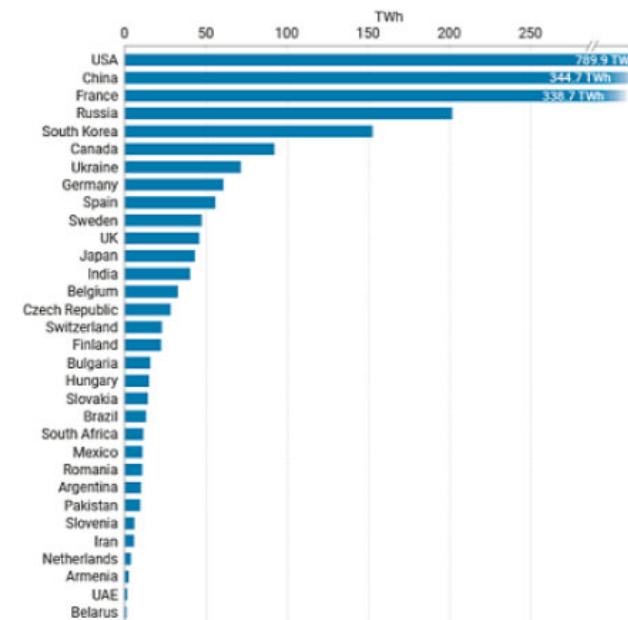


Figura 4: Producción mundial de electricidad en 2018 Tomado de: WNA (october, 2021).

## Energía nuclear en México

El interés de México por la energía nuclear se remonta a principios de la década de 1960. Los primeros pasos se dieron en 1966, cuando se llevó a cabo una investigación preliminar de posibles emplazamientos para centrales nucleares bajo los auspicios de la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y la CNEN (Comisión Nacional de Energía Nuclear). Al final de la década, el gobierno llegó a la conclusión de que las centrales nucleares podrían desempeñar un papel importante en la combinación energética más amplia. A principios de 1969, CFE decidió convocar a licitación para una central nuclear de 600 MW (e) de tipo probado y se enviaron invitaciones a licitar a varios fabricantes. Las ofertas se recibieron a principios de 1970, pero la decisión final, con las ofertas actualizadas, se tomó a mediados de 1972. En 1976 se inició la construcción del LVNPP (Laguna Verde Nuclear Power Station), compuesto por dos reactores de 654 MW (e) netos cada uno. La primera unidad entró en operación comercial en julio de 1990 y la segunda en abril de 1995.

Los reactores LVNPP tenían una capacidad bruta original de 654 MW (e) por unidad, pero en 2010 se actualizaron a 805 para la Unidad 1 y 803 MW (e) para la Unidad 2.

En 2020, LVNPP generó 10864.272 GW (h), equivalente al 4.94% de la generación total en el país, el factor de capacidad unitaria fue 83.52 (85.66 para la Unidad 1 y 81.38 para la Unidad 2). Con la operación del LVNPP, México evitó la emisión de 3.94 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2020.

Como se mencionó anteriormente, solo hay una planta nuclear en operación en México, con dos reactores de agua en ebullición (BWR). Todavía hay un plan para agregar tres unidades de energía hacia 2029-2031, si se alcanzan los medios económicos. PRODESEN (Programa para el Desarrollo del Sistema Energetico Nacional) demuestra que el 40% de la capacidad adicional que se instalará hasta el 2029 consistirá en tecnologías limpias, aportando 32.552 MW. Se prevé que hasta un 12% podría consistir en generación nuclear.

A través de un nuevo modelo energético, la Secretaría de Energía (SENER) lidera y coordina la transición energética en el país de manera gradual y sistemática para alcanzar el 35% de generación con Energía Limpia en 2024. Si bien México tiene un gran potencial de capacidad basada en energías renovables, actualmente no realiza ningún plan de acción en el desarrollo científico y tecnológico, para la promoción, transferencia, adaptación y asimilación de la tecnología nuclear, también lleva a cabo proyectos de investigación en respuesta a las necesidades del sector energético y provee de asistencia técnica para las instalaciones nucleares. Es importante buscar un equilibrio entre la generación eléctrica, su conducción y otras operaciones que permitan confiabilidad, seguridad, continuidad y calidad en el sistema energético nacional, considerando las características intrínsecas de cada energía primaria.

## Bibliografía

Consejo de Seguridad Nacional (CSN). (s/n). La energía nuclear. octubre 4, 2021, de Consejo de Seguridad Nacional (CSN) Sitio web: <https://www.csn.es/documents/10182/927506/La+energ%C3%ADa+nuclear+%28Monograf%C3%ADa%29#:~:text=%C3%89sta%20energ%C3%ADa%20se%20puede%20obtener,formar%20un%20n%C3%BAcleo%20m%C3%A1s%20grande.&text=En%20la%20fisi%C3%B3n%20nuclear%2C%20los,n%C3%BAcleos%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1os%2C%20liberando%20energ%C3%ADa>

Foro Nuclear. (s/n). ¿Qué es la energía nuclear?. octubre 4, 2021, de Foro Nuclear Sitio web: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/que-es-la-energia-nuclear/>

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2021). Country Nuclear Power Profiles: Mexico. octubre 4, 2021, de International Atomic Energy Agency (IAEA) Sitio web: <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Mexico/Mexico.htm>

World Nuclear Association (WNA). (julio, 2021). Nuclear Power Reactors. octubre 4, 2021, de World Nuclear Association (WNA) Sitio web: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>

World Nuclear Association (WNA). (enero, 2021). Nuclear Power in Mexico. octubre 4, 2021, de World Nuclear Association (WNA). Sitio web: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/mexico.aspx>

World Nuclear Association (WNA). (october, 2021). Nuclear Power in the World Today. octubre 4, 2021, de World Nuclear Association (WNA). Sitio web: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>

# TECNOLOGÍA CENTROS



## INTRODUCCIÓN

El *Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas (CIGA)*, es una institución creada por la Universidad Autónoma de Coahuila, con el objeto de desarrollar líneas de investigación de frontera y aplicadas, así como el de prestar servicios en geociencias y afines, paralelamente con la formación de recursos humanos de alto valor agregado, mediante posgrados, diplomados, especialidades y cursos de capacitación a fin de lograr consolidar la investigación y el desarrollo de los sectores inmersos en la exploración y explotación de los recursos naturales no renovables.

Para esto, el CIGA cuenta con laboratorios especializados, para soporte de las actividades de investigación y posgrado, que apuntalan al CIGA como una institución capaz de desarrollar servicios científicos necesarios para todos los sectores nacionales e internacionales, con el fin de generar conocimiento de frontera y formación de recursos humanos de calidad.

Nuestra Misión es apoyar la investigación de frontera en geociencias, a través de líneas de investigación, posgrados, capacitación y servicios tecnológicos o de investigación aplicada.

Nuestra Visión: Para el año 2025 somos una institución innovadora y de vanguardia con reconocimiento nacional e internacional por sus productos de investigación de frontera y la calidad de sus servicios de posgrado, siendo la primera entidad en su tipo, orientada a la investigación multidisciplinaria en yacimientos de hidrocarburos no convencionales, que genera, difunde e intercambia información y conocimiento, además de formar científicos y técnicos altamente especializados.

## ALCANCE

Gracias a la autonomía de la que goza la universidad, el alcance de nuestros servicios es global, donde podemos atender cualquier necesidad vía remota o mediante un desplazamiento físico sin restricción alguna.

## ACREDITACIONES

Nuestros laboratorios se encuentran certificados bajo la norma ISO 9001-2015.

Además, la Universidad Autónoma de Coahuila cuenta con la certificación de Empresa Socialmente Responsable (ESR).

### LABORATORIO DE PETROFÍSICA



El Laboratorio de Petrofísica del CIGA, se encuentra equipado con instrumentos de tecnología de punta, para atender la demanda científica, tecnológica y de servicios, en relación a la generación de datos correspondientes a las propiedades físicas de las rocas, que apoyen los modelos de yacimiento y las proyecciones de E&P de la industria petrolera.

Este laboratorio, integra diversas capacidades tecnológicas, relacionadas con el comportamiento de las rocas, que tienen aplicación principalmente en el estudio de reservorios naturales para la industria minera, de hidrocarburos y recursos hídricos. Algunas de las propiedades clave que se miden en este laboratorio son; la porosidad, la permeabilidad, la densidad, velocidad de ondas, volumen y saturación de fluidos, entre otras.

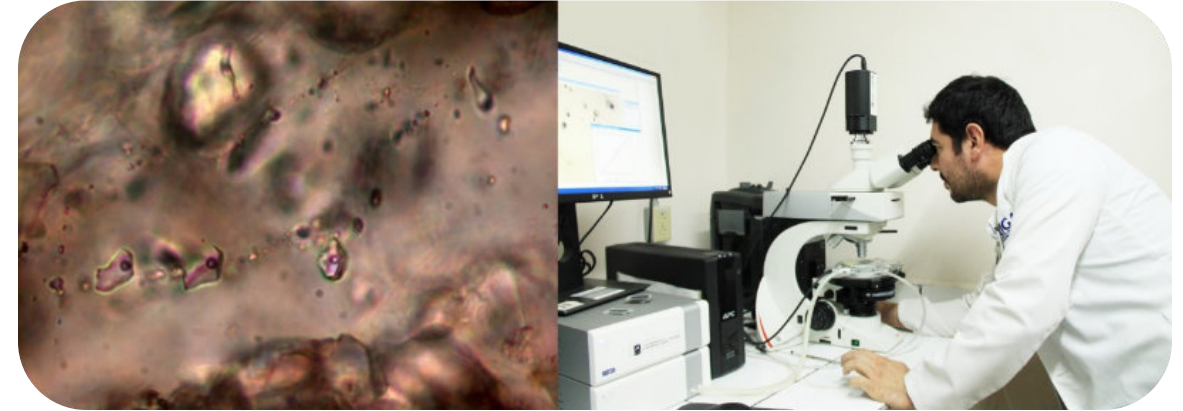
#### Usos y aplicaciones

- La saturación de agua en la muestra por medio de la resistividad
- Volumen geométrico
- Velocidad de las ondas primarias o de compresión (Vp) y ondas secundarias u ondas de corte (Vs) en una muestra de núcleo consolidado.
- Monitorear los cambios en el volumen de poro y volumen aparente bajo condiciones variables de presiones de confinamiento axiales y radiales simulando la temperatura del yacimiento
- Determinación de volumen de grano (volumen de sólido) e indirectamente el volumen de poro de una muestra de núcleo
- Medidas de permeabilidad absoluta de secciones de núcleos consolidadas
- Medidas de permeabilidad absoluta de secciones de núcleos consolidadas
- Generar curvas capilares de aire-salmuera en las muestras de núcleos.

#### Equipos

- Electral properties system at ambient (VINCI® EPS)
- Grain bulk volume (VINCI® GBV) & immersed bulk volume (VINCI® IBV)
- Acoustic velocity system (VINCI® AVS 700)
- Rock compressibility system (VINCI® RSC 700)
- Helium porosimeter educational (VINCI® HEP-E)
- Gas perm production VINCI®
- Gas perm educational (VINCI® GPE-100)
- Multi desaturator cell VINCI®
- Liquid perm VINCI®
- Soxhlet extractor VINCI®

### LABORATORIO DE INCLUSIONES FLUIDAS



El Laboratorio de Inclusiones Fluidas del CIGA, cuenta con la tecnología de microtermometría y petrografía de inclusiones fluidas, que permite realizar el análisis de los fluidos atrapados en la roca, para determinar el origen y la historia geológica de un yacimiento.

El laboratorio de inclusiones fluidas del CIGA (LIF), se especializa en el análisis de fluidos atrapados en la roca, con un enfoque que le permite determinar el origen y la historia geológica de las rocas y los fluidos. Con esta técnica, el CIGA desarrolla proyectos de caracterización, análisis y modelado de inclusiones fluidas, que se aplican comúnmente en el estudio y exploración de depósitos minerales; en investigaciones geotérmicas; en exploración petrolera; en petrología metamórfica, magmática y sedimentaria; en investigación sobre las relaciones entre la circulación de fluidos y las estructuras tectónicas, etc.

Los fluidos más comunes, atrapados durante la historia de la tierra en pequeñas inclusiones, generalmente microscópicas, en minerales son: soluciones acuosas con salinidad variable, que contiene fases volátiles (principalmente CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub> en diferentes proporciones) y/o hidrocarburos. Por lo tanto, los análisis de inclusiones de fluidos pueden proporcionar información fundamental sobre la naturaleza física y química del fluido presente en el pasado en diversos entornos geológicos.

#### Usos y aplicaciones

- Petrografía de inclusiones fluidas.
- Microtermometría de inclusiones fluidas
- Microanálisis de inclusiones fluidas
- Petrografía orgánica y fluorescencia

#### Equipos

- Microscopio Óptico (Leica® DM 2700P)
- Lámpara de Fluorescencia UV
- Platina Termométrica (Linkam® THMSG 600)
- Software Linksys®

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOCIENCIAS APLICADAS**

Universidad Autónoma de Coahuila

Calle 5 de febrero #303-A esq. Con Blvd. Simón Bolívar

Col. Independencia

C.P. 26830

Nueva Rosita, Coahuila., México.

**Página web:**

<http://www.portalciga.com>

**ADMINISTRACIÓN**

DR. LUIS FERNANDO CAMACHO ORTEGÓN  
Director General

DR. JUAN JOSUÉ ENCISO CÁRDENAS  
Subdirector Administrativo

DR. ARTURO BUENO TOKUNAGA  
Coordinador del Departamento de Investigación y  
Posgrado

DR. DIEGO MARTÍNEZ CARRILLO  
Subcoordinador del Departamento de Investigación  
y Posgrado

LIC. MELISSA RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ  
Coordinadora del Departamento de Administración  
de Servicios, Proyectos y Vinculación

LIC. ADRIANA PLAZA MONSIVÁIS  
Coordinadora del Departamento de Adquisiciones

**INVESTIGADORES**

DR. ARTURO BUENO TOKUNAGA

DR. DIEGO MARTÍNEZ CARRILLO

DR. LUIS FERNANDO CAMACHO ORTEGÓN

DR. JUAN JOSUÉ ENCISO CÁRDENAS

DR. SAMUEL CHACON DE LA ROSA

MC. ALAN OMAR AYALA REYES

MC. SUSANA LIZBETH MATERANO ESCALONA

MC. GENARO DE LA ROSA RODRIGUEZ

# FUNDADORES DE LA GEOLOGÍA MODERNA

## Arthur Holmes: (1890 - 1965)

**Arthur Holmes** (1890-1965) was an English geologist who made two important contributions to the development of geological ideas: the use of radioactive isotopes for dating minerals and the suggestion that convection currents in the mantle play an important role in continental drift. He held the chair of geology at Edinburgh University from 1943 until 1956.

Holmes presented his ideas on mantle convection in a lecture to the Geological Society of Glasgow on January 12 1928, and the paper was subsequently published in the society's Transactions for 1931. The 2010 BBC 2 series "Men of Rock", presented by Professor Iain Stewart, featured major contributions to world geology by Scottish geologists, including Holmes' 1928 explanation of how continents move around the surface of the planet.

Holmes was one of the first geologists to support Alfred Wegener's concept of continental drift, which became widely accepted following the development of the theory of plate tectonics in the 1960s. One of the key elements in plate tectonic theory is the phenomenon of seafloor spreading, and it is notable that Holmes' 1928 paper anticipated this concept by 35 years.

The full text of Holmes' paper appeared in volume 18 of the Transactions of the Geological Society of Glasgow, which was published in 1931. The paper can be viewed on the Lyell Collection website. (You can view an extract from the paper without logging in to the website, but will have to log in to view the full text. Members of the Geological Society of Glasgow can obtain a user name and password that will allow them to log in; details of how to do this can be found here.) A short summary of the lecture appears in the account of the meeting of January 12 1928 in the society's original minute book. A scan of the pages of the



minute book containing this summary, along with a summary of the subsequent discussion, can be found here. The following is the full text of the summary.

The hypocentric curve was interpreted by Wegener to indicate the existence of two dominant kinds of materials in the earth's crust, sial\* corresponding to the lighter continental areas, and sima\* to the denser oceanic floors. This view has been confirmed by Miller's study of surface seismic waves. The properties of the sima of the Pacific floor correspond to those of gabbro. The effect of compression on gabbro would be to transform the material into eclogite. Such change of density and the simultaneous action of isostasy would lead to subsidence of the compressed belt and therefore to the formation of oceanic seeps. Applying the principle of isostasy, it is easily shown that the average thickness of the sial should be about 30 km. This conclusion is confirmed by the recent work of Jeffreys on near earthquakes, which reveals the existence of an upper layer 10 km. thick (identified with granitic rocks); an intermediate layer 20 km. thick (supposed by Jeffreys to be tachylite, but identified by Holmes with diorite and quartz-diorite on petrological and

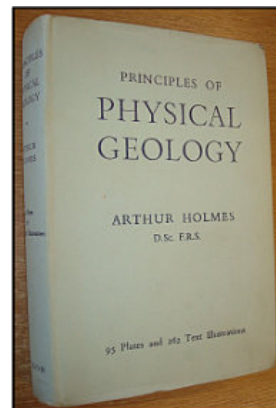
thermal grounds), and a lower layer which may be eclogite or peridotite or both. The continents are thus thin slabs of sial, ranging in composition from granite to diorite, averaging 30 km. thick by about 3000 km. across, and embedded in material which on any interpretation is much more dense than sial.

Thus for physical reasons it becomes as impossible to “sink” a continent as to sink an iceberg. Considerable areas of the Atlantic and Indian Oceans were formerly occupied by continental masses, and since these ancient lands are no longer there we are driven to believe that their material has been moved away sideways. Evidence of lateral movement is also forthcoming from tear faults; overthrust structures of the Alpine type; the geological history of geosynclines; the echelon structures of the Asiatic Island festoons; and by the opening of the Urals geosyncline at the same geological moment as the compression of the Caledonian Mountains of Britain and Scandinavia. Moving the continental regions back in the directions indicated by the evidence leads to a Permo-Carboniferous reconstruction similar to that of Wegener’s diagrams, a reconstruction that is independently called for on palaeoclimatic grounds. Wegener’s deduction that the equator of the time ran through the coalfield belt of N America to China is supported by the distribution of Permo-Carboniferous laterites and bauxites. It is concluded that there is now evidence pointing to the former occurrence of continental drift on a scale of the same order as that advocated by Wegener.

The dominant forces available to move the continental slabs in the required directions (outwards from Africa towards the Pacific) tend to set up a westerly drift (tidal action) and a drift from the poles towards the equator (due to the departure of a polar section through the earth from a circle). Since our actual geography is totally different from the picture thus visualised, we have an indication that some other agency must have been at work to move the continents into the positions they now

<https://www.amnh.org/learn-teach/curriculum-collections/earth-inside-and-out/geologist-arthur-holmes/>

**Book:** <https://www.amazon.com/Principles-Physical-Geology-Holmes/dp/B000XFR8FW>



occupy. There seems no escape from the deduction that slow but overwhelmingly powerful currents must have been generated in the underworld at various times in the earth’s history. These, as suggested by A.J. Bull, are probably convection currents set up in the lower layer as a result of differential heating by radioactivity. In place of the mobile basaltic magma of Joly, one imagines a highly viscous sima heated unequally to very great depths. A sheet-like upward current would develop beneath the region of greatest heat output. In turning over at or near the base of the sial it would exercise a powerful drag on the under-surface in two opposed directions, leading to the formation of a geosyncline. The return downward current would be looked for just beyond the continental edges. A continental mass would move forward by stoping of the heavy ocean floor just in front. When this ceased, mountain building would set in, and ultimately the direction of the currents would be reversed. Convection currents which themselves move their boundaries and the sources of much of the heat responsible for their existence can clearly lead to periodic alternations of heating and cooling in any one region.

\* In his “Principles of Physical Geology”, first published in 1944, Holmes used the term sima for a dense ultrabasic rock with silica, iron and magnesia, and sial for the less dense rock with silica and alumina. In this book he also outlined his ideas on mantle convection and illustrated them with a diagram. This diagram also appeared in subsequent editions of the book. The following is the version from the fourth edition, published in 1993. The diagram clearly shows how well he anticipated the concept of seafloor spreading from mid-ocean ridges (constructive plate margins), and even how he partly anticipated the concept of subduction zones (destructive plate margins).

**Source:** <https://geologyglasgow.org.uk/archive/arthur-holmes/>

# PIONEROS DE LA PALEONTOLOGÍA

## William Smith: (1769-1815)

**William Smith**, (born March 23, 1769, Churchill, Oxfordshire, Eng.—died Aug. 28, 1839, Northampton, Northamptonshire), English engineer and geologist who is best known for his development of the science of stratigraphy. Smith’s great geologic map of England and Wales (1815) set the style for modern geologic maps, and many of the colourful names he applied to the strata are still in use today.

Smith was the son of an Oxfordshire blacksmith of farming stock. Only seven when his father died, Smith was cared for by a farming uncle. He attended a village school, learned the basic methods of surveying from books he bought himself, and collected the abundant fossils of his native Cotswold hills. In 1787 he became an assistant to Edward Webb, a surveyor in nearby Stow-on-the-Wold, who in 1791 helped Smith become established in the Somersetshire coal district southwest of Bath. The steam locomotive had not yet been invented, and canal-building was at its height, particularly for the transportation of coal. There was also abundant work in the enclosure and drainage of fields.

During preliminary surveys for a proposed Somersetshire Coal Canal in 1793, Smith discovered that the strata outcropping in the northern part of the region dip regularly eastward, like so many “slices of bread and butter.” On a long trip in 1794 to examine canals and collieries, he had an opportunity to extend his observations. His suspicion that the strata of Somerset could be traced far northward across England was brilliantly confirmed as the familiar beds were encountered again and again during this journey. Excavation of the new canal began in 1795, and Smith, studying the fresh cuts, found that each stratum contained “fossils peculiar to itself.”

His work on the canal continued until 1799, when he was abruptly dismissed, probably over an engineering dispute. But Smith had a good reputation in Bath, at that time a



major intellectual and social centre, and quickly built a far-flung business as a geological engineer. In 1804 he moved his business headquarters to a house in London, where his fossil collection and geologic maps were always on display.

In 1799 Smith dictated to an amateur geologist in Bath his now-famous table of strata in the vicinity of Bath, which became a principal means for circulating his revolutionary discoveries. He also exhibited his maps and stratigraphic sections at agricultural fairs, such as the Holkham “Sheepshearings,” which he regularly attended. Much of his professional work was for the gentleman farmers who supported these shows, but he also supervised major reclamation projects in Norfolk and Wales, restoration of the hot springs at Bath, and a multitude of canal and colliery projects, sometimes travelling 10,000 miles a year (an incredible total made possible by the inauguration of fast mail coaches in 1784).

Smith’s intelligence and practical knowledge of geology and groundwater took him to the front rank of his profession, but he never became wealthy because of his personal objective: mapping the geology of England. He always made copious notes of what he saw on the job and

spent all his extra time and money on side trips to fill in blank spaces on his map, often sleeping in the coach on the way to his next appointment. Where exposures were few, he used soil, topography, and vegetation to identify underlying rock. His epochal geologic map of England and Wales appeared in 1815 under the title A Delineation of the Strata of England and Wales, with Part of Scotland. This was followed by an excellent series of county maps between 1819 and 1824.

During these years, Smith was in financial straits, undoubtedly exacerbated by the agricultural depression that followed the Napoleonic Wars. Failure of a quarry in Somerset lost him the property and forced the sale of his fossil collection to the British Museum in London. When creditors seized his London property after he had spent 10 weeks in debtor's prison in 1819, he sold out and left for Yorkshire. For some years he had no permanent home but finally settled in Scarborough among a small band of geological enthusiasts, one of whom retained him as a consultant on his nearby estate. Recognition of his achievements came from other sources. In 1822 his work

was praised by William D. Conybeare and William Phillips in their textbook on English stratigraphy, Outlines of the Geology of England and Wales. In 1831 he received from the Geological Society of London the first Wollaston Medal and in 1832 a yearly pension from the crown. He died in 1839 on his way to a scientific meeting in Birmingham. Smith was not only exceptionally observant but possessed the power to integrate his observations. He saw that different rock layers contained different fossils and used this fact to trace strata over hundreds of miles. So great was his ability that geologists still use all of the techniques he introduced, and current geologic maps of England differ from his primarily in detail. Between 1815 and 1817 he published a few thin volumes on his work, but in a sense they were too late. Smith had always talked freely to anyone interested, and his knowledge was already public property being applied by geologists in every part of Britain. The fame Smith achieved in his lifetime remains undimmed to this day, and he is universally admired as the "Founder of Stratigraphy."

# PLATE TECTONICS CONTRIBUTORS

## William R. Dickinson: (1931 - 2015)

**William R. Dickinson**, the University of Arizona geoscientist who integrated the fields of plate tectonics and sedimentology and also helped trace the migration of humans through the Pacific, died in his sleep on July 21 while on an archaeological field trip in Nuku'alofa, Tonga. He was 83.

A member of the National Academy of Sciences, Dickinson made key contributions to several subdisciplines of geosciences and also to the archaeology of the South Pacific. Not only was he a significant contributor to the "plate tectonics revolution" in the 1960s, he later studied ancient sedimentary rocks to reconstruct past movements of the Earth's plates and envision ancient landscapes.



"Bill Dickinson left few areas of geology untouched. He used the mineralogy of sand grains to give great insight into how tectonic provinces on Earth differ from each other. His work provided a unifying theme that could be applied across the entire globe and in very different geological settings," Thure Cerling, chair of the Geology Section of the National Academy of Sciences, wrote in an email.

"He applied his extensive knowledge of mineralogy not only to the distant geological past, but also to the understanding of trade routes across the Pacific Islands through the examination of the temper of pottery sherds. He bridged the disciplines of geology and archaeology," added Cerling, a Distinguished Professor of geology and geophysics and of biology at the University of Utah in Salt Lake City.

Dickinson was an expert on the formation of the North American part of the Cordillera, the mountain system that runs from Alaska to Chile. In addition, he and colleagues figured out that the sand that forms the scenic red rocks and canyons of the American West, including Bryce, Grand Canyon and Zion National Parks, originated in the Appalachian Mountains.

"Bill Dickinson was a bigger-than-life guy in a bigger-than-life place," said his close colleague **George Davis**, UA Regents Professor Emeritus of geosciences and former head of the UA Department of Geosciences.

"Bill helped in the whole discovery and introduction of plate tectonics — and then proceeded to so tightly integrate tectonics and sedimentology that he created a new field of endeavor. ... I've never known anyone who had such focus when he was going after the solution of the problem — I mean never. This guy was able to put all of his intellectual and field work faculties into just assaulting a geological problem and bringing it to its knees."

He also knew what problems to tackle, said his stepson Jon Spencer, senior geologist at the Arizona Geological Survey in Tucson. "He had a really good vision for what problems we needed to understand if we really wanted to understand how the Earth works." Dickinson, Davis and several colleagues established the Laboratory of Geotectonics within the UA Department of Geosciences. The lab developed partnerships with petroleum and mining companies. Davis said the UA-industry relationships provided no-strings-attached money to help

**geochronology: William Smith's work with faunal sequence**

As Cuvier's theory of faunal succession was being considered, **William Smith**, a civil engineer from the south of England, was also coming to realize that certain

**dating: Principles and techniques**

...the outset of this article, **William Smith** first noticed around 1800 that the different rock layers he encountered in his work were characterized by different fossil assemblages. Using fossils simply for identification...

**Earth sciences: William Smith and faunal succession**

...until 132 years later, when **William Smith** published his Geologic Map of England and Wales with Part of Scotland (1815). A self-educated surveyor and engineer, Smith had the habit of collecting fossils and making careful note of...

fund research and provided a way for UA faculty and students to connect with research geologists in industry.

Dickinson's former doctoral student Timothy Lawton, professor emeritus of geological sciences at New Mexico State University in Las Cruces, said, "Bill had this insatiable appetite for knowledge." Dickinson told Lawton that upon arriving at a South Pacific island to do research: "When you're walking down the stairs from the airplane you can just flip open your field notebook and start taking notes."

Dickinson had been conducting research in the South Pacific since the 1960s. He realized he could help archaeologists trace the migration path of people from island to island and find sites of past human habitation, said his colleague **David Killick**, a UA professor of anthropology.

"Archaeologists track these migrations in the Pacific by the pottery that people carried along with them," Killick said. The pots were made with clay combined with sand from where the pot was made.

By collecting sand from various islands and comparing it to the sand in a particular pot, Dickinson could figure out on what island or island group a pot had been made. To do so, he examined thin sections of the pot fragments under a microscope. Although Killick has now taken up doing those analyses for parts of the Pacific, he said for about 40 years Dickinson did almost all of that work. "He was revered by the Pacific archaeologists. Earlier this year they had a symposium in his honor at the Society for American Archaeology in San Francisco."

"I really enjoyed associating with him. He was intellectually rigorous, he was insightful, he was modest and self-deprecating, he was funny. I will miss him — he really was a great man," Killick said.

Dickinson was renowned for his ability to make key observations in the field and to synthesize enormous amounts of data. Those abilities, combined with his disciplined approach to science and his enormous energy and enthusiasm, fueled his tremendous productivity. Although he formally retired in 1991, Dickinson continued his research unabated. More than half of his 298 articles, chapters, field guides and comments were published since he retired, including 15 publications from 2013 and 2014. Dickinson was in the midst of writing at least one publication when he died, Spencer said. Not only was he a

prodigious researcher, Dickinson was dedicated to educating both undergraduate and graduate students. He was the principal adviser for 42 master's students and 43 doctoral students.

He championed the importance of undergraduate teaching because a geology professor whose course Dickinson took while a junior in college changed his career path from engineering to geology, Davis said. Dickinson wrote in an email to Davis, "Every single student is worth whatever it takes. Think back to Aristotle. He tutored Alexander the Great, and who could have imagined his future when he was a dumb teenager? Not even Aristotle was that wise, but I suspect he gave his charge full effort nonetheless."

Spencer, Dickinson's stepson, was one of the young people Dickinson influenced. "When I was in high school, the plate tectonics revolution was just getting rolling. Bill made it clear that there was a revolution going on. When I went to college I decided I wanted to be part of the revolution," Spencer said, adding that he has spent all of his adult life talking with Dickinson about rocks.

"Bill was a fascinating guy," Spencer said. "He had an ear for rural people — he'd go up and ask a rancher could we go through his property and then talk to him for half an hour. He really knew horses well, he was a wonderful story teller, he had huge experience in all kinds of places in the West — and he was an absolutely first-class scientist."

Born in Nashville, Tennessee in 1931, Dickinson moved to California as a teenager. His parents raised Arabian horses near Santa Barbara. He earned a bachelor's degree in petroleum engineering from Stanford University in 1952. He earned his master's degree and doctorate in geology from Stanford University in 1956 and 1958, respectively. He was an officer in the U.S. Air Force from 1952 to 1954, and in 1958 he became a faculty member at Stanford University, where he advanced through the ranks to full professor.

He joined the UA faculty as a professor of geosciences in 1979, was head of the UA Department of Geosciences from 1986 to 1991 and retired in 1991 as a UA professor emeritus of geosciences. His service to his profession includes being president of the Geological Society of America, initial chair of the Geological Sciences Board on Earth Sciences of the National Research Council, chair of

the U. S. Geodynamics Committee and chair of the Geology Section of the National Academy of Sciences.

His numerous honors and awards include a Guggenheim Fellowship in 1965 to live in and study the geology of Fiji, the Penrose Medal of the Geological Society of America in 1991, election to the National Academy of Sciences in 1992, the Sloss Award of the Geological Society of America in 1999, the SEPM (Society for Sedimentary Geology) Twenhofel Medal in 2000, and the Geological Society of America's Rip Rapp Award for Archaeological Geology in 2014. He was also a Geological Society of America Fellow and an American Association for the Advancement of Science Fellow.

Dickinson's second wife and constant companion, Jacqueline (Jackie), pre-deceased him. He is survived by his

first wife, Margaret (Peggy) Palmer Dickinson; his brother, Rufus Dickinson, and sisters, Edith Tipple and Maxi Decker; his sons, Edward and Ben; stepsons, Jon and Brian Spencer; nine nieces and nephews; three grandchildren and four step-grandchildren; and one great-grandchild.

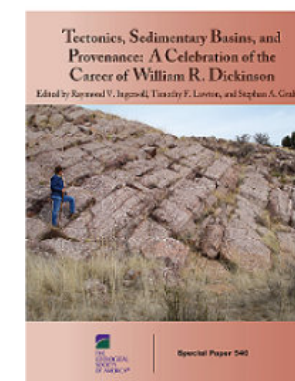
Donations can be made to the William R. Dickinson Field Trip Support Fund, which provides funding for field trips for geosciences students. Mail donations to William R. Dickinson Field Trip Support, Department of Geosciences, Gould-Simpson Building, University of Arizona, Tucson, Arizona 85721. Checks should be made out to "University of Arizona/Geosciences." Please put "WRD Field Trip Support" in the memo line.

<https://news.arizona.edu/story/william-r-dickinson-major-figure-in-plate-tectonics-and-pacific-archaeology-dies>

<https://www.researchgate.net/scientific-contributions/William-R-Dickinson-72413760>

<https://www.geo.arizona.edu/sites/www.geo.arizona.edu/files/WR%20Dickinson%20-%20Nat%20Acad%20Sci%20biography%20-%202016.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=XRwxwCp65OM>



GSA SPECIAL PAPERS

## Tectonics, Sedimentary Basins, and Provenance: A Celebration of the Career of William R. Dickinson

CONTAINS OPEN ACCESS

Author(s): Raymond V. Ingersoll; Timothy F. Lawton; Stephan A. Graham

Geological Society of America

Volume 540

DOI: <https://doi.org/10.1130/SPE540>

ISBN electronic: 9780813795409

Publication date: December 28, 2018



<https://pubs.geoscienceworld.org/books/book/2118/Tectonics-Sedimentary-Basins-and-Provenance-A>

# Fotografías enviadas por estudiantes de geología

## Complejo Oaxaqueño

Nochixtlán Asunción, Oaxaca. México.

El Complejo Oaxaqueño tiene una edad correspondiente al Proterozoico Medio, el cual presenta una litología identificada como una meta-arenisca en el área de Nochixtlán. Tiene una estratificación delgada (pseudo estratificación), una gran cantidad de micas (moscovita) en algunas zonas, granos de cuarzo y algunos feldespatos. En algunas otras partes, la roca está más compactada y más bandeada. El Complejo Oaxaqueño tiene pliegues que van de centímetros a metros. La orientación de estos pliegues era NE-SW, con una foliación de plano axial con un rumbo de NE45SW y una inclinación de 26° predominantemente. Además, se pueden observar fallas inversas, consecuencia de una más grande, que es la causante del levantamiento del Complejo en el área de observación.



Complejo Oaxaqueño. Se observa la falla de tipo inversa, con presencia de sigmoides, además de la pseudo estratificación.



Zona de falla. Se observa la litología, venas de cuarzo deformadas e indicadores cinemáticos.



Aportaciones: **Mónica Paulina Olvera Peña.** Pasante de Ingeniería geológica. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.

Diferentes estilos de plegamiento en el Complejo Oaxaqueño, causado por distintos esfuerzos compresivos y competencias a la deformación de las rocas.

Las fotografías en la página 47 fueron provistas por:

Dr. Salvador Ortuño Arzate

Colaborador de la revista.



Cono cinerítico reciente en la región de Buenavista Quechulac, Puebla.



Afloramientos de las brechas volcánicas holocénicas de Playa Muñecos, cerca del Puerto de Veracruz.





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](mailto:ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com)

quien está a cargo de organizar esta información.

# NOTAS GEOLÓGICAS

## Deformaciones estructurales pleistocenas en la cuenca de Guayllabamba, Ecuador

Dr. Carlos Giraldo-Ceballos

Geólogo Consultor

Madrid, España

### Introducción

A principios de diciembre de 1987 cuando participaba en una excursión geológica en los alrededores de Quito (Ecuador) hicimos una parada “relámpago” no prevista en el itinerario, unos 3 kilómetros al norte de Guayllabamba. Únicamente pude tomar dos diapositivas bajo la lluvia y continuamos hacia el norte hasta la localidad de Ambato. Pasaron los años y finalmente decidí dedicar un esfuerzo

para lograr ubicar el afloramiento y tratar de entender las interesantes deformaciones estructurales allí presentes, así como el contexto tectono-estratigráfico.

Recientemente publiqué una nota técnica en ResearchGate y LinkedIn con mi análisis estructural y una posible ubicación geográfica (Giraldo, 2020). A pesar de ello, me quedaba la duda razonable de si el afloramiento estaba bien posicionado. Continué la revisión bibliográfica hasta que luego de un exhaustivo “recorrido virtual” a lo largo de la carretera panamericana (288) con la ayuda de Google Maps, apareció ante mis ojos el afloramiento. Allí estaba, parcialmente cubierto por la vegetación, pero sin dejar dudas de que es el afloramiento correcto. A continuación, pasaremos un instante viendo la geología regional (Figura 1) y después analizaremos el afloramiento y el contexto geológico.

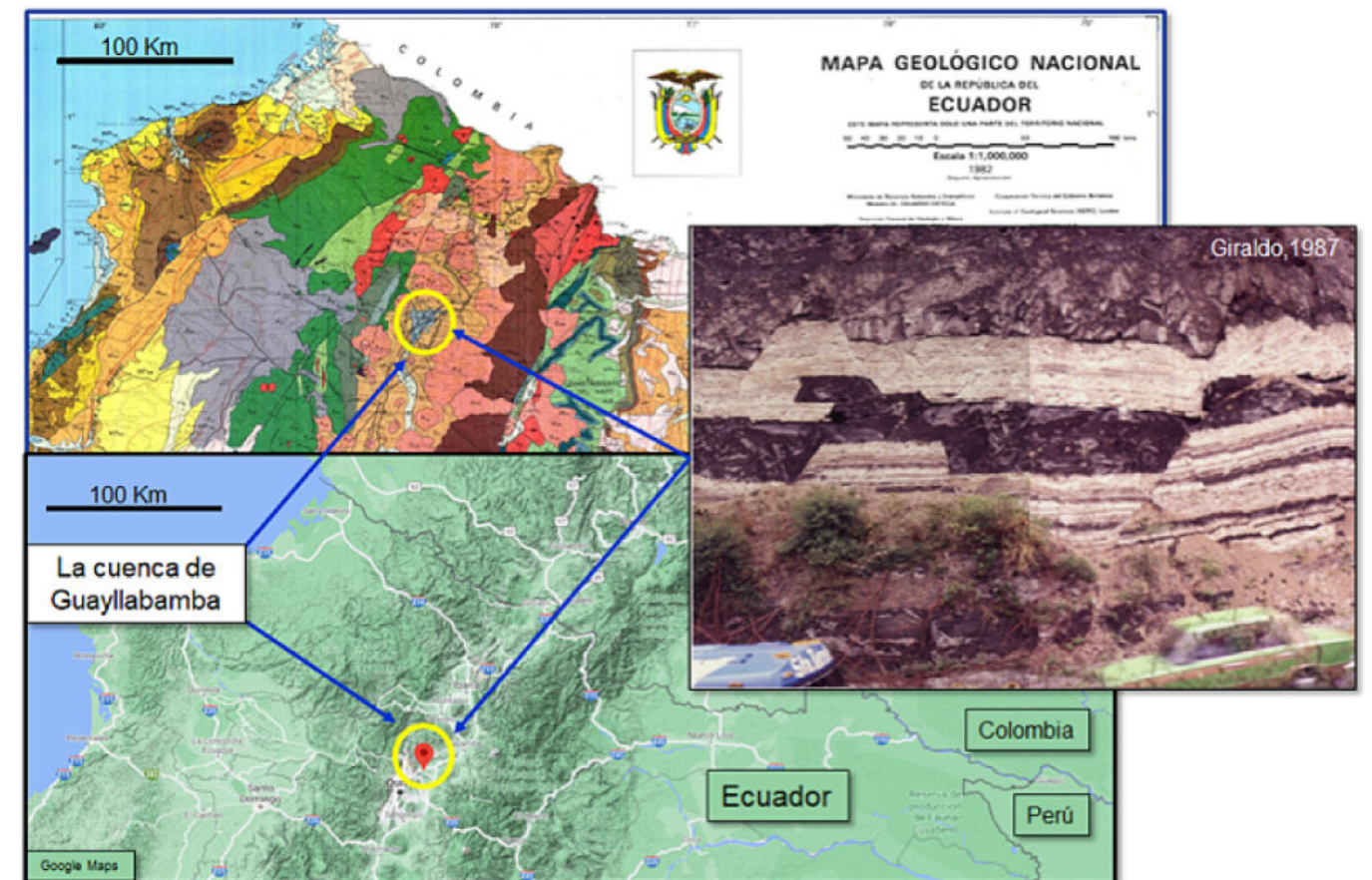


Figura 1. Ubicación de la cuenca de Guayllabamba (MRNE, 1982) y el afloramiento analizado. Abajo la ubicación en Google Maps.

**La cuenca de Guayllabamba**

La cuenca lacustre de Guayllabamba, de edad Pliocena – Pleistocena, se ubica inmediatamente al este de Quito y forma parte de una serie de cuencas intra - montañosas a lo largo del sistema orogénico andino. Dichas cuencas, han sido relacionadas tanto a fases extensionales como a posibles estructuras transtensionales de tipo “pull-apart”, asociadas a sistemas de fallas transcurrentes (Villagómez, 2003).

El afloramiento estudiado pertenece a la Formación San Miguel del Pleistoceno inferior, en su facies más lacustre

(Martín et al., 2018). Según López y Toro (2019) las litologías predominantes son limolitas tobáceas, arcillolitas bentoníticas de colores blancos a cremas con intercalaciones centimétricas de areniscas de colores grises a negros y tobas de composición acida. En el área hay evidencias de importantes colapsos (“slumps”) ó pliegues gravitacionales, que se consideran deformaciones sin-sedimentarias, posiblemente resultado de inestabilidades causadas por erupciones volcánicas y / o terremotos. En la Figura 2 se ubica el afloramiento y posible reconstrucción paleogeográfica.

Una de las grandes utilidades del Google Maps es la de tener la oportunidad de visualizar a distancia aquellos

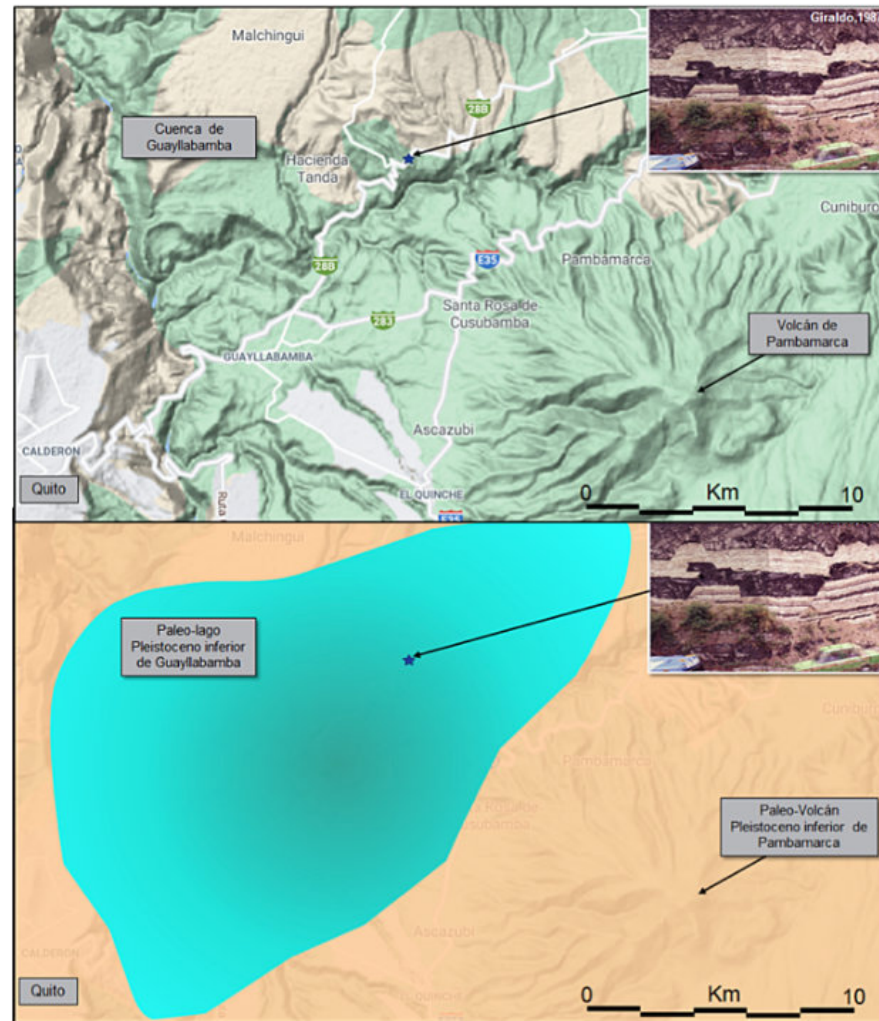


Figura 2. Ubicación del afloramiento (arriba) y posible reconstrucción paleogeográfica (abajo) con la ayuda de Google Maps.

afloramientos que por diferentes razones hoy no podemos visitar. En el caso particular que hoy estamos comentando, además nos permite confirmar que después de casi tres décadas y media de haberse tomado las fotos, el afloramiento todavía se puede visitar, aunque

parcialmente cubierto. En la Figura 3 se muestra la comparación del afloramiento visto en Google Maps y cómo nuestra imagen del 1987 complementa la geometría de las estructuras.

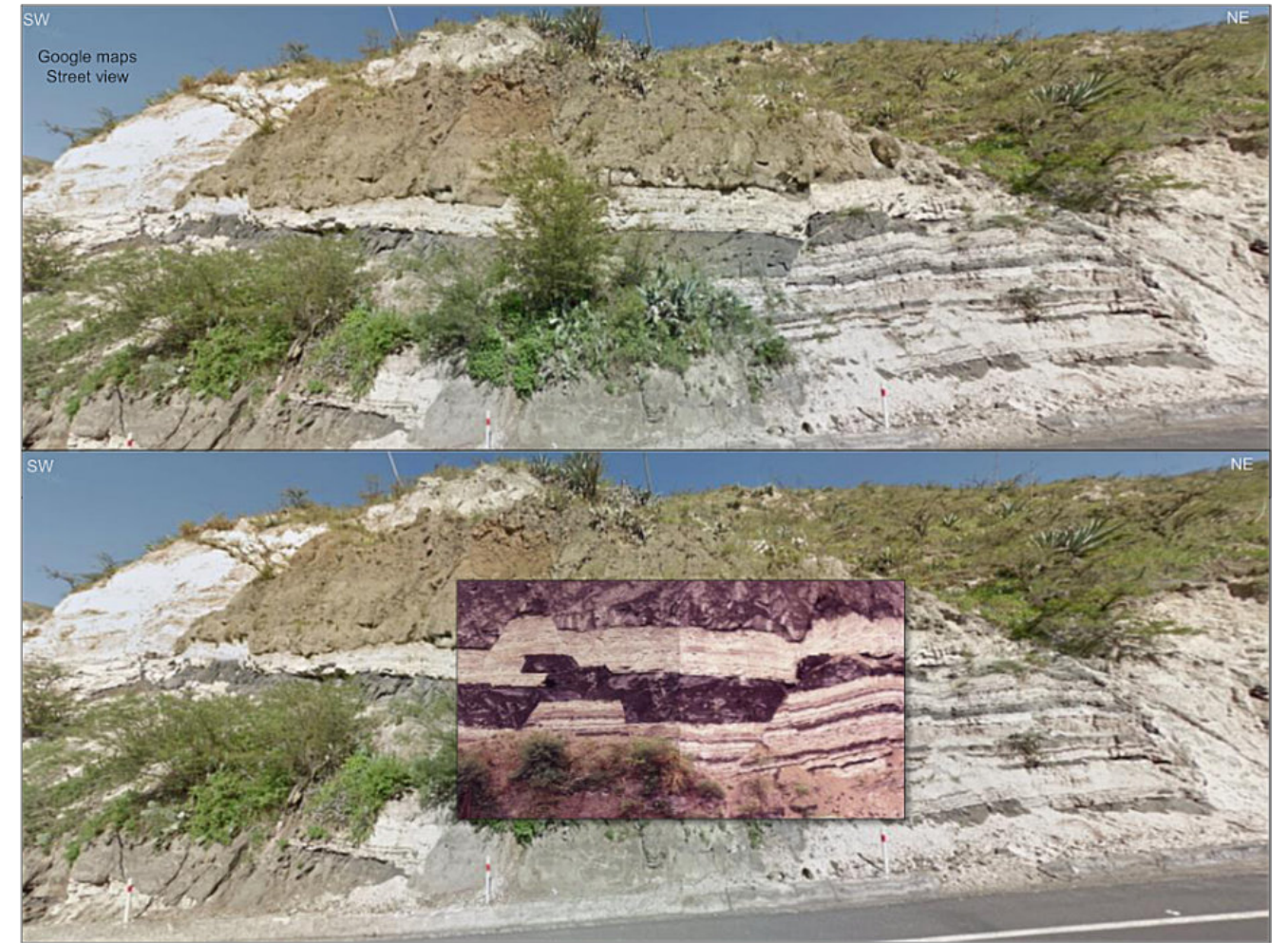


Figura 3. Arriba el afloramiento y abajo el ajuste entre foto de 1987 y la vista “Street view” de Google Maps.

**Análisis estructural**

Este afloramiento ubicado inmediatamente al norte del puente sobre el río Pizque llama la atención pues se identifican muy fácilmente las fallas normales (1, 2 y 3) que generan altos y bajos estructurales: “horsts” y “grabens”. Sin embargo, el rasgo más llamativo para aquellos que nos dedicamos a observar las estructuras geológicas son los deslizamientos paralelos a la estratificación (4 y 5), también llamados “capa por capa”, que en terminología anglosajona se conocen como “bed-parallel slip”. De esta forma en la parte más izquierda, se puede interpretar que hay un “horst decapitado” por una de estas fallas paralelas a la estratificación, con un movimiento hacia la izquierda, es decir al suroeste. La reconstrucción manual o balanceo de este afloramiento se muestra en la Figura 4.

Sin embargo, queda como otro punto de interés entender el mecanismo que genera estas deformaciones (“soft-

sediment deformations”). Para concluir sobre este tema, tendríamos que evaluar exhaustivamente las deformaciones visibles tanto a lo largo de las vías de comunicación, como a lo largo de cursos de agua y que también podríamos interpretar a través de las imágenes satelitales de dominio público.

Nuestra experiencia previa en otras cuencas intra-montañosas permite sugerir que este tipo de deformaciones (fallas normales y despegue capa por capa) sería de origen gravitacional. Las fallas “normales” tienden a generarse debido a varios factores que mencionamos a continuación: en parte al peso de la columna sedimentaria suprayacente, al ángulo de inclinación de la cuenca que normalmente podría ser de 1 a 2 grados, y por último a las inestabilidades generadas bien sea por terremotos ó erupciones volcánicas. Generalmente, estas deformaciones “extensionales” se acompañan de estructuras “compresivas” (fallas inversas / pliegues) hacia

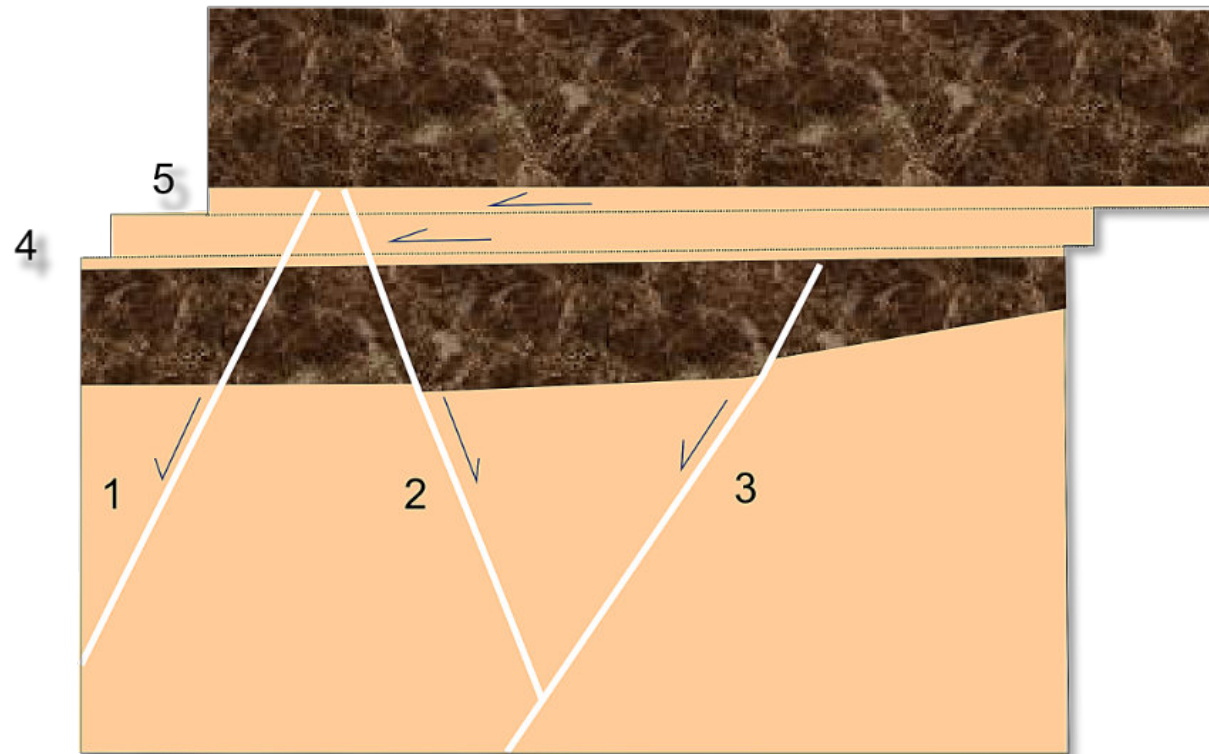


Figura 4. Ejercicio esquemático de retro-deformación (1:1). Observe el efecto del deslizamiento capa por capa a lo largo de los despegues 4 y 5. El afloramiento mide unos 12 metros de largo.

las partes más distales de la cuenca lacustre. Quizás estamos en presencia de deformaciones asociadas a un "Mass-Transport Complex / MTC", muy comunes en este tipo de ambientes sedimentarios (Figura 5).

Las deformaciones de tipo "soft-sediment deformations" ocurren cuando los sedimentos tienen bajo nivel de compactación y buena saturación (comportamiento hidroplástico). Los artículos de Shanmugam (2013) y Peel



Figura 5. Afloramientos cercanos que ilustran deformaciones posiblemente compatibles con un "mass-transport complex".

(2014) nos aclaran aspectos fundamentales de las deformaciones gravitacionales.

#### Comentarios adicionales

El análisis exhaustivo de afloramientos es una herramienta básica para entender la geología y contexto paleogeográfico de las cuencas sedimentarias. Actualmente gracias a Google Maps y Street View se pueden complementar observaciones hechas en el pasado y generar nuevas ideas y modelos geológicos.

Recomendamos al lector hacer un recorrido virtual por Guayllabamba, contemplar y reinterpretar los excelentes afloramientos, y en lo posible, hacer una visita presencial al campo.

Seguramente existen en México cuencas intracontinentales con buenos afloramientos y vías de comunicación en las cuales se pueden hacer evaluaciones parecidas a la que hemos ilustrado en esta nota geológica.

#### Bibliografía

Giraldo, C. (2020). Pleistocene gravity - driven deformations in Pleistocene sediments (Guayllabamba, Ecuador). Sitio web: [https://www.researchgate.net/publication/341031088\\_Pleistocene\\_gravity-driven\\_deformations\\_in\\_Pleistocene\\_sediments\\_GuayllabambaEcuador](https://www.researchgate.net/publication/341031088_Pleistocene_gravity-driven_deformations_in_Pleistocene_sediments_GuayllabambaEcuador) DOI: 10.13140/RG.2.2.19981.08163

López, D. y M. Toro. (2019). Análisis Tectono-estratigráfico de la Formación San Miguel dentro de la cuenca de Guayllabamba, Proyecto final Tesis Ingeniero Geólogo, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 146 p. Sitio web: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20757>

Martin-Merino, G., Roverato, M., Toro, J., Villagómez, D., López, D., Toro, M., Sanmartin, K.J. y M. Reinoso. (2018). New insights on the stratigraphy and sedimentology of an Andean intermontane quaternary paleolake. GSA 4-7 noviembre, Indianápolis, Poster.

Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos MRNE (1982). Mapa Geológico del Ecuador Escala 1:1.000.000, Sitio web: [https://www.gifex.com/detail/2011-11-05-14864/Mapa\\_geologico\\_del\\_Ecuador\\_1982.html](https://www.gifex.com/detail/2011-11-05-14864/Mapa_geologico_del_Ecuador_1982.html)

Peel, Fr. (2014). The engine of gravity-driven movements on passive margins: Quantifying the relative contribution of spreading vs. gravity sliding mechanisms. Tectonophysics 633 :126-142. Sitio web : <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2014.06.023>

Shanmugam, G. (2013). Deep-Water Processes Blog, Sitio web: <http://g-shanmugam.blogspot.com/2013/06/g-shanmugams-deep-water-processes-blog.html>

Villagómez, D. (2003). Evolución geológica Pliocena-Cuaternaria del Valle Interandino central en Ecuador (zona de Quito-Guayllabamba- San Antonio). Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 148 p. Sitio web: <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2731>



#### Dr. Carlos Giraldo: Docente, Investigador y Consultor

Carlos Giraldo es Geólogo Estructural, con diplomas en Ingeniería Geológica y Doctorado en Ciencias de la Tierra. Tiene experiencia en Investigación Neotectónica, Geología de Superficie, Evaluación de Riesgos Geológicos, así como en Exploración y Producción de Hidrocarburos. Durante sus 42 años de vida profesional ha trabajado en diversas cuencas a nivel mundial: Golfo de México y norte de Sudamérica, Mar del Norte, Cuencas mediterráneas, Márgenes pasivos Ibérico-Canadá - Africano, Mar Rojo y sureste asiático, entre otros. Es Instructor en cursos presenciales y virtuales relacionados con Cuencas Sedimentarias y Riesgos Geológicos. Especializado en deformaciones gravitacionales, así como en cinturones plegados, tectónica salina y tectónica de arcilla.

<https://www.linkedin.com/in/carlos-giraldo-b4657210/>

<https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Giraldo-Ceballos>

<https://www.u3explore.com/author/carlos-giraldo>

<https://epgc-spain.com/en/cursos/structural-geology/>

<https://ingeoexpert.com/cursos/curso-de-geologia-estructural-de-cuencas-sedimentarias/>

**YACIMIENTO SANTA LUCÍA (Zn, Pb, Ba), PINAR DEL RÍO (CUBA). ZONALIDAD GEOQUÍMICA**

**Ramón Guillermo Pérez-Vázquez.** Universidad Tecnológica de La Habana, cujae, Cuba. [monicodecuba@gmail.com](mailto:monicodecuba@gmail.com)

**José F. Lastra-Rivero.** Universidad de Pinar del Río, Cuba. [jlastra@upr.edu.cu](mailto:jlastra@upr.edu.cu)

**Elmidio Estévez-Cruz.** Universidad de Pinar del Río, Cuba. [estevez@upr.edu.cu](mailto:estevez@upr.edu.cu)

**Maite S. Romero-Espinosa.** Empresa Tescinor, Pamplona, España. [romeromaite188@gmail.com](mailto:romeromaite188@gmail.com)

**Introducción**

Luego de realizar el estudio de la génesis del distrito metalogénico Santa Lucía-Matahambre, apoyados en el análisis de Fry y establecer la relación espacial y genética que existe entre los diferentes yacimientos y manifestaciones del distrito metalogénico y revelar su dirección preferencial, nos propusimos estudiar la zonalidad geoquímica. Ese es el objetivo fundamental de esta investigación. Para el trabajo se contó con los datos de 198 pozos del informe de exploración detallada realizado en 1982, entre los que se incluyen: localización, inclinometría, litología y análisis químico de plomo, cinc, azufre, plata y sulfato de bario para muestras litogeoquímicas. Con esta información se creó una base de datos en Excel. Los datos fueron validados, importados y procesados con Rockware. Se pudo comprobar que la zonalidad geoquímica tiene un comportamiento anómalo, contraria a la propuesta por Duncan Large en 1980 y que existe un bandeamiento o lineamientos de los depósitos minerales en la región y que procesos posteriores distribuyeron por el área en varios depósitos y prospectos, lo que fue un solo depósito mineral de tipo sedex. Con el desarrollo científico-técnico la demanda de recursos minerales se incrementa constantemente para que la sociedad moderna pueda funcionar. Incluso minerales que

años atrás no se utilizaban, hoy son extremadamente necesarios.

Perfeccionar los modelos, aclarar su génesis y la identificación de nuevas clases de yacimientos debe dirigirnos a reevaluar el potencial mineral de regiones que previamente han sido poco exploradas (Metcalf *et al.*, 2006; Phillips y Powell, 2010; Zhong *et al.*, 2012; Lusty y Gunn, 2015; Janssona *et al.*, 2017). Distinguir cuáles factores son esenciales y cuáles son fortuitos para la presencia del yacimiento debe estimular a la realización de estudios comparativos críticos de los grupos de minerales utilizando todas las herramientas geológicas, geoquímicas, geofísicas, modelación descriptiva y datos estadísticos a disposición (Proenza y Melgarejo, 1998; Appold y Monteiro, 2009; Janssona *et al.*, 2017; Pérez-Vázquez *et al.*, 2017).

Una región que ha sido encuadrada en varios tipos genéticos de yacimientos y ha pasado por diferentes etapas de prospección y exploración es el distrito metalogénico Santa Lucía-Matahambre. El objetivo fundamental de esta investigación es estudiar la zonalidad geoquímica de la aureola de dispersión primaria del yacimiento Santa Lucía a partir del modelo genético de formación y de los indicadores de zonalidad obtenidos para los principales elementos indicadores de mineralización tipo Sedex teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de Fry y el patrón de distribución espacial, estos dos últimos aspectos muy relacionados con su génesis (Pérez-Vázquez *et al.*, 2015; Pérez-Vázquez *et al.*, 2017).

**Características Geográfico Geológicas de la Región.**

En el límite norte del Terreno Guaniguánico, se localiza el distrito metalogénico Santa Lucía-Matahambre, al noroeste de la provincia de Pinar del Río, Cuba Occidental.

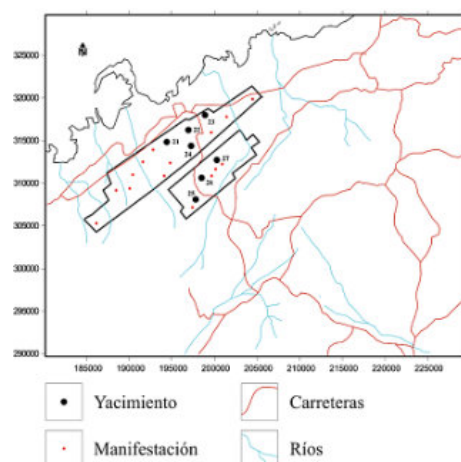


Figura 1. Mapa de Ubicación geográfica, de yacimientos y manifestaciones a escala 1: 50 000 de los campos minerales Matahambre (debajo) y Santa Lucía (arriba). 21) La Esperanza; 22) Castellanos; 23) Santa Lucía; 24) Sur; 25) Nieves; 26) Matahambre 27) Mella.

La región pertenece al municipio Minas de Matahambre y se encuentra a 46 km de la capital provincial (Figura 1). El relieve de la región es relativamente suave, con un sistema de crestas bajos con un rumbo que oscila entre (N35°E – N45°E) y crestas laterales bien marcadas con rumbo noreste-suroeste, las elevaciones más altas son: Loma Rogelia (256 m) y Matahambre (243 m) (Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998).

Esta es una región con alto potencial minero por lo tanto el principal renglón económico, en tiempos de explotación, fue la minería. Actualmente la economía está fundamentada en la industria minera, agropecuaria, forestal y turística. Los resultados obtenidos en los trabajos de búsqueda y exploración realizados en el área, así como artículos y publicaciones referentes a la misma sirvieron de base a esta investigación (Yurpalov *et al.*, 1972; Verchigora *et al.*, 1982; Whitehead *et al.*, 1996; Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998; Valdés-Nodarse, 1998; Pérez-Vázquez, 2000). En la geología de la región se distingue la Formación San Cayetano (Jurásico inferior-superior) como la más antigua. Son comunes en ella las estructuras de ripple marks. La base de la Formación es desconocida y en ella se

encuentran los yacimientos y manifestaciones minerales del área (Figura 2).

La Formación está compuesta por limolitas y argilitas de color gris a gris oscuro, pardo y violáceas, finamente estratificadas con aspecto pizarroso, intercaladas con areniscas cuarzosas y cuarzo-micáceas, estratificadas de color blanquecino o amarillo rojizo a veces algo oxidado y con espesores variables (Verchigora *et al.*, 1982; Yurpalov *et al.*, 1972). También afloran limoareniscas estratificadas de color naranja intercaladas con limolitas. Las limolitas y lutitas pueden contener abundante materia orgánica siendo muy carbonosas y con una coloración gris muy oscuro a negras cuando no están muy meteorizadas. Una cuestión significativa y que juega un rol muy importante en el proceso de formación del distrito metalogénico, es la tectónica. En la parte meridional oriental de la zona de Guaniguánico se identifican las dislocaciones tectónicas más antiguas, que es la base del manto Pinar. Son las fallas inversas de sobrecorrimiento, que delimitan escamas y otras fallas inversas conjugadas. También están presentes las fallas inversas con desplazamiento (falla Manacas, Limonar) y fallas con buzamiento abrupto con

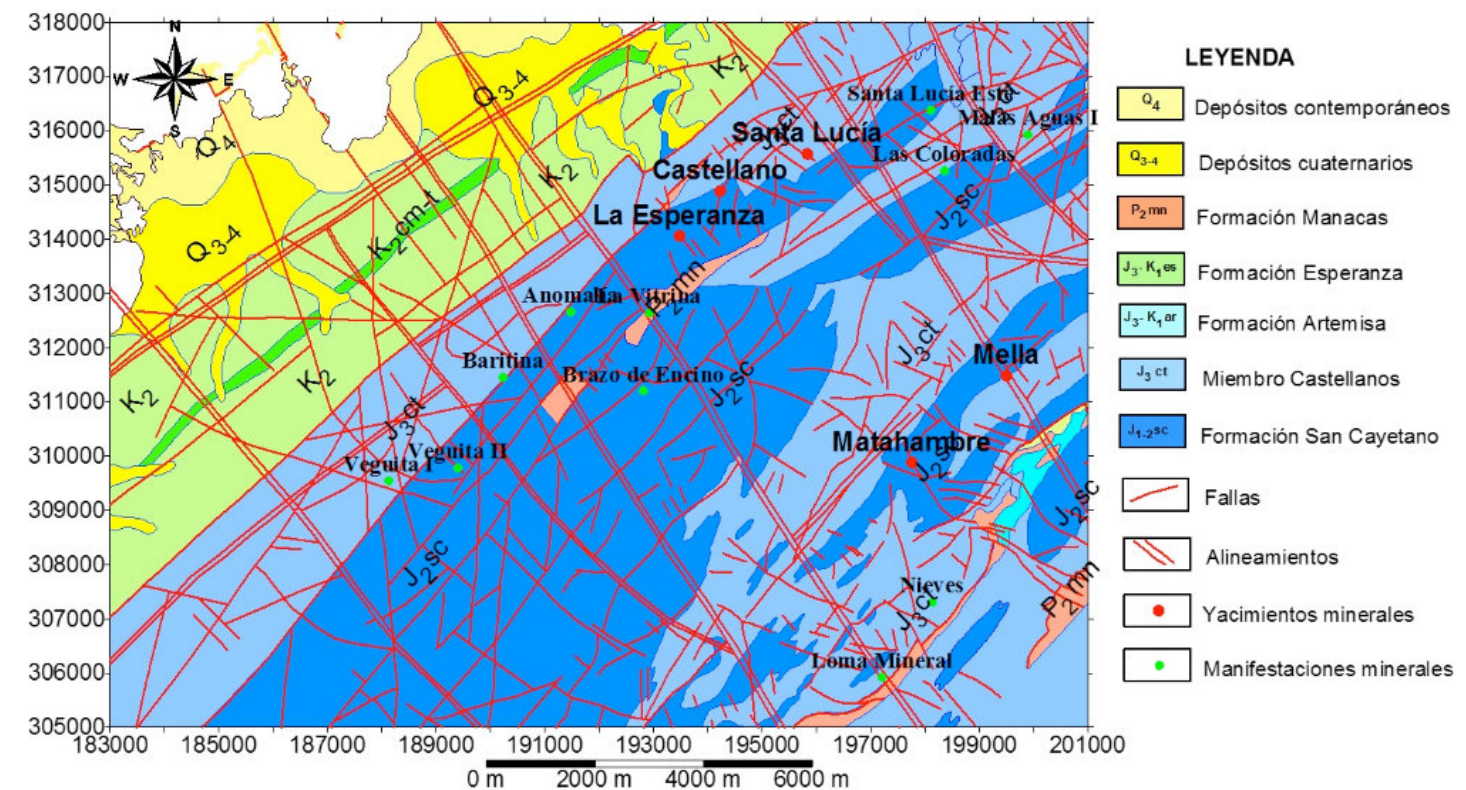


Figura 2. Mapa con la geología, de yacimientos y manifestaciones minerales de la región a partir del mapa geológico a escala 1: 50 000 (Tomado de Astajov *et al.*, 1985; recopilado y digitalizado por Lastra, 2000).

desplazamiento vertical (falla Laguna, Macurije) (Yurpalov *et al.*, 1972; Verchigora *et al.*, 1982; Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998).

### Metalogenia

El distrito metalogénico Santa Lucía-Matahambre (Figura 1) se subdivide en: campo mineral Santa Lucía y campo mineral Matahambre (Pérez-Vázquez *et al.*, 2017). En el campo mineral Santa Lucía se destacan los depósitos Santa Lucía, Castellanos y La Esperanza, mientras el campo mineral Matahambre está representado por los depósitos Matahambre y Nieves. Además, existen más de 20 manifestaciones. Estos depósitos y manifestaciones han sido clasificadas como de génesis exhalativo-sedimentaria (Sedex), con contenidos promedios de 1.95 % de Pb y 6.14



% de Zn (Verchigora *et al.*, 1982; Yurpalov *et al.*, 1972; Pérez-Vázquez *et al.*, 2017).

Valdés-Nodarse *et al.*, (1993), aseveran que la mineralización del yacimiento Santa Lucía pertenece al tipo SEDEX y que se encuentra localizada sólo en los estratos de esquistos negros y en menor medida en las arcillas y que contactan con la secuencia silíceo y areniscas de la formación San Cayetano. A partir de análisis isotópicos realizados al  $d^{34}S$  de la pirita del yacimiento Santa Lucía (Figura 3) es evidente, que el azufre de la pirita proviene de la reducción bacteriana, mientras que en el resto de los yacimientos es de origen endógeno. El yacimiento presenta un extenso gossan y sus menas estratiformes con alto contenido de azufre, se auto combustiónen al destaparse.



Figura 3. Yacimiento Santa Lucía.

La mineralización del depósito Matahambre está constituida por dos tipos de mineralización encajadas en la Formación San Cayetano: estratiforme, con Pb-Zn encajada en pizarras negras (cuerpo 70) y filoniana, con Cu, a muro de la anterior y encajada en las areniscas infrayacentes. En la mineralización filoniana, además de calcopirita, pirrotina, pirita, esfalerita y arseniuros de Co-Ni, hay pequeñas cantidades de seleniuros y telururos de Bi, Ag y Pb. En la mineralización estratiforme, en cambio, se da una estructura zonal, con predominio de pirita en la base y de galena y esfalerita hacia el techo (Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998).

El resto de los depósitos se caracterizan por ser estratiformes y concordantes con las rocas encajantes. Los cuerpos que afloran a la superficie se encuentran

intensamente oxidados y forman amplios sombreros de hierro o gossan, con óxidos e hidróxidos de Fe. De manera general, el sulfuro dominante es la pirita, en menor cuantía la esfalerita y la galena, como minerales acompañantes aparecen la pirrotina, marcasita y calcopirita, como trazas la arsenopirita, magnetita y la bornita. La zona de oxidación está compuesta por goethita, hematita, magnetita, lepidocrocita, cerusita, anglesita, barita, smithsonita, covelina y calcocita. El cuarzo, la calcita, dolomita, clorita y los feldespatos son los principales minerales no metálicos (Pérez-Vázquez, 2000).

### Metodología de trabajo

Aunque se ha descrito una zonación vertical Cu-Zn-Pb-Ba para la mineralización de los sulfuros masivos, se conoce

que está realmente tiene un patrón complicado tanto horizontal como verticalmente en los horizontes y secuencias individuales. Un ejemplo son los yacimientos Rammelsberg o McArthur Basin que tienen zonación vertical Cu-Pb-Zn (Large, 1980; Mukherjee *et al.*, 2017).

Para esta investigación se contó con los datos de 198 pozos del informe de exploración detallada de Verchigora *et al.*, 1982, entre los que se incluyen: localización, inclinometría, litología y análisis químico de plomo, cinc, azufre, plata y sulfato de bario para muestras litogeoquímicas. Toda esta información se llevó a formato Excel. Los mismos fueron validados e importados al programa Rockware 2016, compilación 2015.1.28. Posteriormente se realizaron los siguientes pasos: Modelo geológico a partir de la modelación de las superficies del piso y el techo de cada horizonte estratigráfico utilizando el método de interpolación inverso de la distancia. Modelo de bloque, para estimar los contenidos de los elementos, acotado por la red del piso y el techo generado del modelo geológico, para la interpolación se utilizó el inverso de la distancia. Se exporta el modelo numérico a Excel y los datos de  $BaSO_4$  fueron convertidos a Ba a partir del factor gravimétrico 0,549, resultado de la división de las masas moleculares del Ba y  $BaSO_4$ . Estos valores fueron convertidos de % a g/t, para establecer la equivalencia de unidades respecto a los restantes elementos indicadores. Rotación y traslación del sistema de coordenadas, debido al buzamiento de las rocas y el carácter estratiforme del cuerpo mineral, de modo que el rumbo del cuerpo coincida con la dirección Este-Oeste, para facilitar la división de los bloques en base a la coordenada y, a partir de las fórmulas siguientes:

Para  $x$ :  
 $RAIZ((C-190000)*(C-190000)+(D-305000)*(D-305000))*COS(ATAN((D-305000)/(C-190000))-(\alpha*3.141596/180))$

Para  $y$ :  
 $RAIZ((C-190000)*(C-190000)+(D-305000)*(D-305000))*SEN(ATAN((C-305000)/(C-190000))-(33*3.141596/180))$

donde:  
 C: coordenada x  
 D: coordenada y  
 $\alpha$ : ángulo de rotación (330°).

División por bloques de 100 m al cuerpo en dirección del buzamiento, normal al movimiento de las soluciones hidrotermales, para de esta forma analizar la zonación longitudinal de los elementos indicadores y exploradores de la mineralización. Análisis de la distribución zonal de los elementos indicadores y exploradores de la mineralización

en la aureola de dispersión primaria a partir de parámetros que desempeñan el papel de indicadores de zonación longitudinal (Lastra-Rivero, 2008):  
 (a) Variación de las productividades lineales y volumétricas.

Para la determinación de la variación de la productividad lineal de los elementos y sus relaciones se utilizan las productividades lineales de los elementos indicadores y exploradores, de manera tal que se pueda apreciar la zonación contrastante. La productividad lineal constituye un indicador de las relaciones existentes entre los contenidos medios anómalos y el ancho de la aureola de dispersión primaria, expresada en m%.

$$M = \sum_{i=1}^n C_i \cdot l_i - C_f \cdot a$$

donde:

M: productividad lineal del elemento químico en el corte dado (m%).  
 Ci: contenido del elemento químico en la muestra i (%)  
 li: longitud de la muestra i (%)  
 Cf: fondo geoquímico para el elemento químico (%)  
 a: ancho de la aureola

Para el cálculo de la variación de las productividades volumétrica se hizo una modificación de la fórmula para determinar la variación de las productividades lineales.

$$M = \sum_{i=1}^n C_i$$

donde:

C es el valor estimado en cada bloque del contenido de cada elemento.

(b) Variación del coeficiente de contraste de zonación.

El coeficiente de contraste de zonación (Kcz) representa la relación entre la productividad lineal de un elemento indicador o explorador en un horizonte superior y la de un horizonte inferior de una aureola de dispersión primaria. Esta relación puede ser representativa en los casos de fluctuaciones reducidas de las productividades lineales por la vertical. Sobre la base de los coeficientes de contraste de zonación determinados, se procede a la construcción de la serie de zonación en virtud del ordenamiento de los elementos según el decrecimiento de los valores de este parámetro.

$$Kcz = \frac{M_{superior}}{M_{inferior}}$$

$M_{superior}$ : Es la productividad del elemento en el nivel superior.  
 $M_{inferior}$ : Es la productividad del elemento en el nivel inferior  
 (c) Variación del índice de zonalidad.

El índice de zonalidad (Iz) representa la relación entre la productividad lineal de un elemento indicador o explorador y la suma de las productividades lineales de todos los elementos en un nivel u horizonte de la aureola de dispersión primaria.

$$IZ = \frac{M_i}{M_t} \quad M_t = \sum_{i=1}^n M_i$$

donde:  
 $M_i$ : productividad lineal del elemento químico i en un nivel dado.  
 $M_t$ : productividad lineal total de los n elementos i en un nivel dado.

Una vez calculados los índices de zonalidad de los diferentes elementos indicadores en cada nivel u horizonte, deben marcarse los valores máximos de este parámetro para cada elemento químico y establecer el nivel donde ello ocurre, correspondiéndose este con la zona de acumulación preferencial del elemento químico en cuestión. Con el objetivo de diferenciar el carácter zonal en la distribución de los elementos que manifiestan la tendencia a acumularse en un mismo nivel de la aureola de dispersión primaria, es requisito indispensable la determinación del gradiente del índice de zonalidad (G), según:

$$G = G_{superior} - G_{inferior}$$

donde:  
 $G_{superior}$ : parte del gradiente vinculado con los niveles por encima de aquel en que el Iz es máximo  
 $G_{inferior}$ : parte del gradiente vinculado con los niveles situados por debajo de aquel en que el Iz es máximo

De tal forma, si el valor de Iz máximo se manifiesta en el nivel superior de la aureola de dispersión primaria, entonces:

$$G_{superior} = 0 \quad G_{inferior} = \sum_{j=2}^k \frac{Iz_{max}}{Iz_j}$$

Para el caso en que el elemento químico posea su Iz máximo asociado a cualquier nivel intermedio de la aureola, resultaría:

$$G_{superior} = \sum_{j=1}^{k-1} \frac{Iz_{max}}{Iz_j} \quad G_{inferior} = \sum_{j=2}^k \frac{Iz_{max}}{Iz_j}$$

De manera similar a la primera situación, si el valor de Iz máximo para un elemento químico dado que se encuentra en el nivel inferior de la aureola de dispersión primaria, la solución sería:

$$G_{superior} = \sum_{j=1}^{k-1} \frac{Iz_{max}}{Iz_j} \quad G_{inferior} = 0$$

donde:

Izmax: valor máximo del índice de zonalidad para el elemento químico, correspondiente al nivel v de la aureola de dispersión primaria.

Izj: valor del índice de zonalidad para el elemento químico en cada uno de los niveles j de la aureola de dispersión primaria, con la excepción del correspondiente al nivel v  
 K: número de niveles de la aureola de dispersión primaria evaluados.

Finalmente, fueron ordenados los elementos con Izmax en un mismo nivel u horizonte según el incremento de los valores de sus gradientes. Al elaborar la serie de zonalidad deberá ser respetado el ordenamiento anterior y, adicionalmente, han de organizarse los elementos siguiendo un orden que considere la ubicación de estos desde el nivel superior hasta el inferior atendiendo a sus Izmax.

Por último, se realizó el estudio de la variación de la relación Zn/(Zn+Pb) en profundidad, mediante los datos de cuatro pozos ubicados en la parte central, al SO y NE del cuerpo mineral. Se realizó el cálculo que lleva implícito la relación y un gráfico de dispersión para cada pozo que permitió la interpretación del comportamiento, según Fawzy (2017) y Safari *et al.*, (2016).

**Análisis y discusión de los resultados alcanzados**

Según los resultados obtenidos con el análisis de la variación de las productividades volumétricas (M), la variación del coeficiente de contraste de zonalidad (Kcz) y la variación de índice de zonalidad (Iz), se puede inferir que la zonalidad geoquímica horizontal que se manifiesta en el yacimiento Santa Lucía es: Zn-S-Pb-Ba desde las zonas más próximas hasta la parte distal del cuerpo (Tablas I). Este comportamiento se manifiesta tanto en los resultados de los coeficientes de contraste de zonalidad como para el índice de zonalidad. Se puede apreciar como

los valores de Kcz para el Ba son mayores, lo que lo ubica en el primer bloque perteneciendo este a la zona más distal del cuerpo. Si se analiza el Iz entonces se puede ver donde cada variable manifiesta su mayor expresión colocando así al Ba en el primer bloque, posteriormente al Pb acompañado de la plata, un comportamiento predecible ya que la plata en estos yacimientos proviene de la galena, y luego ocupando el último bloque o sea la

zona más cerca al canal de ascenso o zona de apertura el Zn. (Figura 4).

En todos los yacimientos de este tipo, el proceso de formación es muy complejo, existiendo variaciones en la concentración de azufre y oxígeno de la cuenca, en la que el canal por donde ascienden las soluciones puede migrar en el tiempo, incluso puede haber más de un canal (Diehl

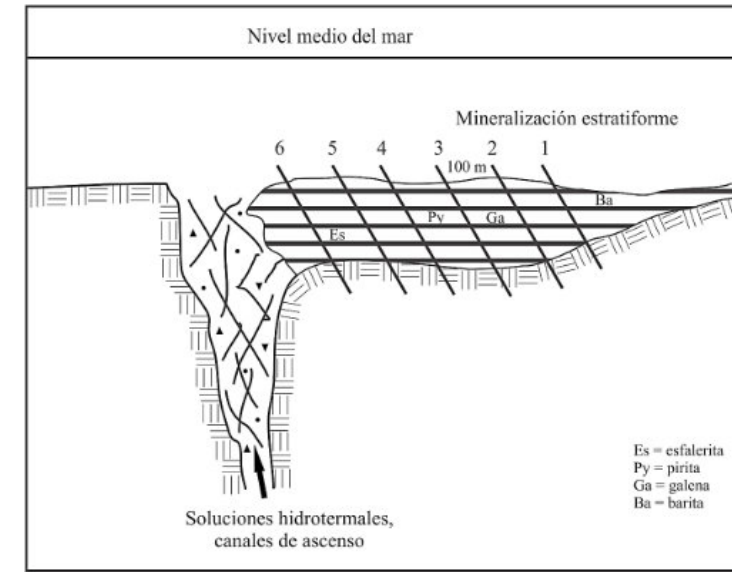


Figura 4. Ubicación de los bloques y zonalidad geoquímica horizontal (Tomado de Pérez-Vázquez *et al.*, 2017).

*et al.*, 2010; Farquhar *et al.*, 2010; Lund *et al.*, 2011; Johnson *et al.*, 2015; Moles, *et al.*, 2015; Emsbo, 2017).

Se puede concluir que el proceso de formación del yacimiento Santa Lucía fue también complejo influenciado por el régimen de azufre y oxígeno y la migración del canal de ascenso de la mineralización, con la presencia de varias zonas de apertura de la cuenca, colocadas paralelamente y cuyos contenidos de azufre pudo ser diferente (Perez-Vázquez *et al.*, 2017). En conclusión, la distribución geoquímica del yacimiento es muy irregular, provocado

por la propia génesis del mismo y eventos posteriores, observándose una zonalidad geoquímica horizontal de Zn-S-Pb-Ba, contraria a la propuesta por Duncan Large en 1980. Además, este comportamiento anómalo de la zonalidad geoquímica pudo ser provocado por un proceso complejo donde influyó tanto la presencia de distintos canales de ascenso de las soluciones mineralizadoras, así como varios ciclos de degeneración de las salmueras o incluso la migración del canal original (Pérez-Vázquez *et al.*, 2017).

Bloques	Pb (g/t)	Zn (g/t)	Zn+Pb	Zn/(Zn+Pb)	Zn/Pb
5550	2.27701	6.56258	8.83959	0.742407736	2.88210416
5650	2.43275	6.55633	8.98908	0.729366075	2.69502826
5750	1.34583	4.30622	5.65205	0.761886395	3.19967604
5850	1.23337	4.97911	6.21248	0.801468979	4.0369962
5951	0.90009	3.36492	4.26501	0.788959463	3.73842616
6050	0.76061	2.54862	3.30923	0.770154991	3.35075794

Tabla I. Valores de Zn/Pb para cada nivel

El análisis de la relación Zn/(Zn+Pb) demostró que no existe ninguna tendencia hacia arriba o hacia abajo, los valores son muy regulares (Figura 5), lo que se puede observar claramente en la figura de dispersión obtenida.

Los valores de Zn/ Zn+Pb) en todos los pozos son relativamente constantes del piso al techo. Este comportamiento difiere de muchos depósitos donde los valores se incrementan o decrecen hacia arriba o fluctúan ampliamente de los valores cercanos a la media.

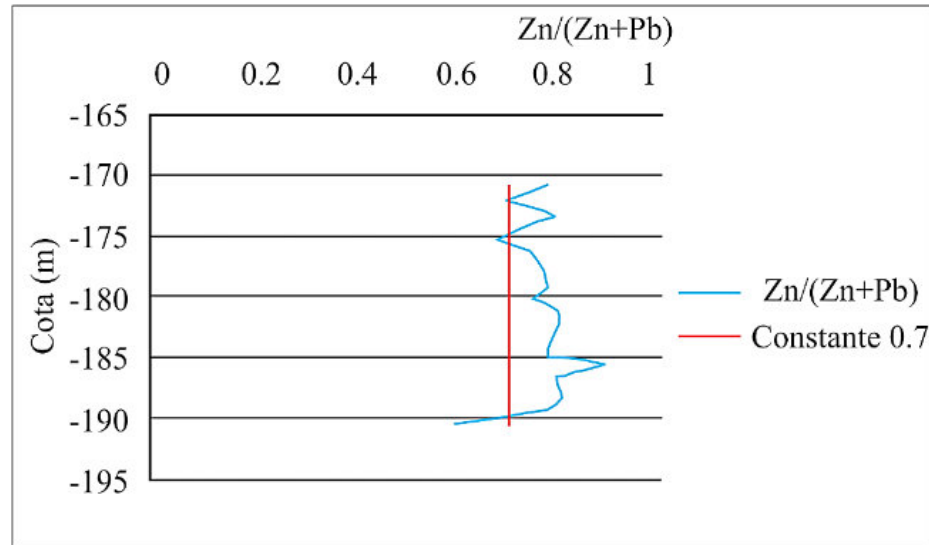


Figura 5. Pozos 65

### Conclusiones

A partir del estudio de la zonalidad geoquímica podemos llegar a las siguientes conclusiones:

La zonalidad geoquímica tiene un comportamiento anómalo, observándose una zonación horizontal de Zn–S–Pb–Ba, contraria a la propuesta por Duncan Large en 1980 que pudo ser provocado por un proceso complejo. Los resultados evidencian que existe una clara relación en la distribución espacial de los cuerpos minerales.

Existe un bandeamiento o lineamientos de los depósitos minerales en la región, que pueden estar producidos por fallas, que siguen una dirección NE-SO y establece una correspondencia entre todo el distrito metalogénico.

### Agradecimientos.

Los autores desean agradecer en primer lugar a la Empresa Geominera de Pinar del Río, por su ayuda incondicional al permitir revisar los materiales que atesoran en sus archivos, sin los cuales hubiera sido imposible este trabajo. A la Oficina Nacional de Recursos Minerales por su eficiencia y disposición a la colaboración. Mención especial a mi hijo el Ing. Daniel Pérez Altabás, quien nos facilitó el software y la mayoría de los artículos bajados de internet. En fin, a todas aquellas personas que de una

forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo. A todos MUCHAS GRACIAS.

### Referencias.

Appold, M. S. y Monteiro, L. V. S. 2009. Numerical modeling of hydrothermal zinc silicate and sulfide mineralization in the Vazante deposit, Brazil. *Geofluids*, 9(2): 96-115.

Diehl, S. F.; Hofstra, A. H.; Koenig, A. E.; Emsbo, P.; Christiansen, W. y Johnson, C. 2010. Hydrothermal Zebra Dolomite in the Great Basin, Nevada—Attributes and relation to Paleozoic stratigraphy, tectonics, and ore deposits. *Geosphere*, 6(5): 663-690.

Emsbo, P. 2009. Geologic criteria for the assessment of sedimentary exhalative (sedex) Zn-Pb-Ag deposits: U.S. Geological Survey Open -File Report 2009-1209, 21p.

Emsbo, P. 2017. Sedex brine expulsions to Paleozoic basins may have changed global marine  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values, triggered anoxia, and initiated mass extinctions. *Ore Geology Reviews*, 86 (2017) 474-486.

Farquhar, J.; Wu, N.; Canfield, D. E. y Oduro, H. 2010. Connections between Sulfur Cycle Evolution, Sulfur Isotopes, Sediments, and Base Metal Sulfide Deposits. *Economic Geology*, 105: 509-533.

Fawzy, Kh. M. 2017. Ore Mineralogical and Geochemical Studies on El-Daghabag-I Gold Deposit, Central Eastern Desert, Egypt. *Open Journal of Geology*, 7: 395-419.

Janssona, N. F., Zetterqvistb, A, Allena, R. L, Billströmd, K., Malmströme, L. 2017. Genesis of the Zinkgruvan stratiform Zn-Pb-Ag deposit and associated dolomite-

hosted Cu ore, Bergslagen, Sweden. *Ore Geology Reviews*, 82 April: 285-308.

Johnson, C. A.; Dumoulin, J. A.; Burruss, R. A. y Slack, J. F. 2015. Depositional conditions for the Kuna Formation, Red Dog Zn-Pb-Ag-Barite District, Alaska, inferred from isotopic and chemical proxies. *Economic Geology*, 110(5): 1143-1156.

Large, D.E. 1980. Geological parameters associated with sediment-hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits: An empirical model for mineral exploration. *Geologisches Jahrbuch*, 40: 59-129.

Lastra-Rivero, J. F. 2008. *Geoquímica Aplicada*. Libro de texto en formato digital. (Inédito). Universidad de Pinar del Río. 405p.

Leach, D. L.; Bradley, D. C.; Huston, D.; Pisarevsky, S. A.; Taylor, R. D. y Gardoll, S. J. 2010. Sediment-Hosted Lead-Zinc Deposits in Earth History. *Economic Geology*, 105: 593-625.

Lund, K.; Tysdal, R. G.; Evans, K. V.; Kunk, M. J. y Pillers R. M. 2011. Structural controls and evolution of gold-, silver-, and REE-bearing copper-cobalt ore deposits, Blackbird District, East-Central Idaho: Epigenetic origins. *Economic Geology*, 106: 585-618.

Lusty, P. A. J. y Gunn, A. G. 2015. Challenges to global mineral resource security and options for future supply. Geological Society, London, Special Publications, 393: 265 – 276.

Metcalfe, R.; Takase, H.; Sasao, E.; Ota, K.; Iwatsuki, T.; Arthur, R. C.; Stenhouse, M. J.; Zhou, W. y Mackenzie, A. B. 2006. A system model for the origin and evolution of the Tono Uranium Deposit, Japan. *Geochemistry Exploration Environment Analysis*, 6: 13-31.

Mukherjee, I., Large, R. 2017. Application of pyrite trace element chemistry to exploration for SEDEX style Zn-Pb deposits: McArthur Basin, Northern Territory, Australia. *Ore Geology Reviews*, 81(4): 1249-1270.

Pérez-Vázquez, R. G. 2000. Pronóstico de metales preciosos (Au y Ag) en el campo mineral Matahambre. Tesis de Maestría. Pinar del Río. 92 p.

Pérez-Vázquez, R. G. y Melgarejo, J. C. 1998. El yacimiento Matahambre (Pinar del Río, Cuba): estructura y mineralogía. *Acta Geológica Hispánica*, 33(1-4): 133-152.

Pérez-Vázquez, R. G., Estévez-Cruz, E., y Romero-Espinosa, M. S. 2017. Modelación descriptiva del yacimiento

Santa Lucía (Zn-Pb-Ba), Pinar del Río (Cuba). *Boletín de Geología*, 39(2): 83-93.

Pérez-Vázquez, R. G.; Estevez-Cruz, E. y Romero-Espinosa, M. S. 2015. Análisis de Fry en el estudio de la génesis del distrito metalogénico Santa Lucía Matahambre. *Minería y Geología*, 31(2): 34-47.

Phillips, G. N. y Powell, R. 2010. Formation of gold deposits: a metamorphic devolatilization model. *Journal of Metamorphic Geology*, 28(6): 689-718.

Proenza, J. A. y Melgarejo, J. C. 1998. Una introducción a la metalogenia de Cuba bajo la perspectiva de la tectónica de placas. *Acta Geologica Hispanica*, 33(1-4): 89-131.

Safari S., M. Ziaii, M. y Ghoorchi, M. 2016. Integration of singularity and zonality methods in preparation of prospectivity map of blind mineralization. *International Journal of Mining and Geo-Engineering*, 50(2): 189-194.

Valdés-Nodarse, E. L. 1998. Pb-Zn SEDEX deposits and their copper stockwork roots, western Cuba. *Mineralium Deposita*, 37: 560-567.

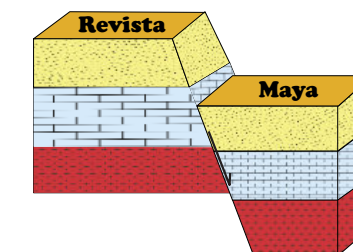
Valdés-Nodarse, E.L., Díaz-Carmona, A., Davies, J., Whitehead, R., and Fonseca, L. 1993. Cogenetic SEDEX Zn-Pb and stockwork Cu ores, Western Cuba. *Exploration and Mining Geology*, 2(4): 297-305.

Verchigora, N.; Hernández, A.; Simón, A.; García, L. y Escalona, N. 1982. Informe de búsqueda a escala 1:10 000 realizado en el campo mineral Castellanos Santa Lucía. Informe final. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) La Habana, 508p.

Whitehead, R. E.; Davies, J. F.; Valdés-Nodarse, E. L. y Diaz-Carmona, A., 1996. Mineralogical and chemical variations, Castellanos shales-hosted Zn-Pb-Ba deposits, Northwest-tern Cuba. *Economic Geology*, 91: 713-722.

Yurpalov, O.; Zameshikov M.; Sedov V.; Avtoneev S.; Shulzhenke V. y Amisenov Y. 1972. Informe con el cálculo de reservas de las menas de plomo-cinc del yacimiento Santa Lucía. Según los trabajos de exploración geológica. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) La Habana, 48p.

Zhong, W.; Keyan, X. y Chuazhong, S. 2012. The grade-tonnage model for china's molybdenum deposits. *Acta Geologica Sinica*, 86 (3): 680-690.





**MSc. Ramón Guillermo Pérez Vazquez**

Profesor del departamento de Geociencias de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría. cujae. Cuba.

Ramón Guillermo Pérez Vazquez es geólogo con más de 44 años de experiencia en la docencia y las investigaciones. Ha desarrollado su labor como especialista en Prospección y Exploración de Yacimientos Minerales y Geología de Minas. Recientemente ha realizado investigaciones sobre impacto ambiental provocado por la actividad minera en diferentes localidades. Ha impartido docencia de pregrado y postgrado a diferentes niveles. Ha trabajado o colaborado en temas de investigación y docencia con varias universidades cubanas y a nivel mundial como son: La Universidad de Pinar del Río, Cuba; la Universidad de Barcelona, España; el departamento de Geofísica de la UNAM, México; la Universidad Agostinho Neto, Luanda, Angola; Mekelle University, Mekelle, Etiopía y otras. Ha participado en diferentes eventos científicos nacionales e internacionales y ha publicado varios artículos científicos en diferentes revistas. Es miembro del consejo editorial de revistas científicas y miembro de la Sociedad Cubana de Geología.

<https://orcid.org/0000-0002-8559-5271>

[https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Perez-Vazquez?ev=hdr\\_xprf](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Perez-Vazquez?ev=hdr_xprf)

<https://www.linkedin.com/mwlite/in/ram%C3%B3n-guillermo-p%C3%A9rez-v%C3%A1zquez-03a3a813b>



**MSc. Maité Susana Romero Espinosa**

Geóloga de la Empresa Tesicnor, Pamplona, España.

Maite Susana Romero Espinosa es geóloga, graduada en la Universidad de Pinar del Río, Cuba y tiene 9 años de experiencia laboral. Realizó su maestría en la Universidad Pública de Navarra, España, en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Recién graduada trabajó en la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas como especialista en proyectos e ingeniería, Cuba, en la que se desempeñó en las investigaciones geotécnicas, elaboración de proyectos, estudios de peligros, vulnerabilidad y riesgos ambientales, informes peritales e informes de patologías. Durante sus cuatro años en la empresa Geominera del Centro, Cuba, fue geólogo supervisor de la explotación de canteras, control de la calidad de materias primas e impacto ambiental y realizó el cálculo de reservas del yacimiento. Actualmente trabaja en Tesicnor, Pamplona, España, donde elabora planes de emergencia, utiliza GIS para análisis de información y desarrolla mapas de vulnerabilidad y riesgo para fenómenos meteorológicos adversos.

<https://orcid.org/0000-0003-1165-5830>

<https://www.linkedin.com/in/maite-r-58752a1a3>



**Dr. Elmidio Estévez Cruz**

Profesor del departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. Cuba. Elmidio Estévez Cruz es geólogo, profesor con 25 años de experiencia en la docencia y en las investigaciones. En pregrado y postgrado imparte las asignaturas de Geología de los Yacimientos Minerales, Prospección y Exploración de Yacimientos Minerales, Modelación de Yacimiento, Sistema de Información Geográfica y Procesamiento Digital de Imágenes. Ha publicado un total de 28 artículos científicos, 12 en los últimos 5 años, en diversas revistas nacionales e internacionales como son Cuaternario y Geomorfología, Boletín Geológico y Minero de España, Boletín de Geología de Colombia, Investigaciones Geográficas de México, Geología y Minería de Cuba. Ha desarrollado sus investigaciones en los siguientes temas: Estimación de recursos minerales, Evaluación de potencial mineral y Riesgo Geológico. Ha participado en varios eventos científicos nacionales e internacionales y ha impartido docencia en la Universidad Agostinho Neto, Luanda, Angola y la Universidad Pública de Mozambique.

<https://orcid.org/0000-0001-7311-8382>



**Dr. José Francisco Lastra Rivero**

Profesor del departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. Cuba. José Francisco Lastra Rivero es geólogo con experiencia docente-investigativa de 45 años, todos dedicados a la enseñanza de pregrado y posgrado. Coordinador de la disciplina Geoquímica en la carrera de Ingeniería Geológica, presidente del Comité Académico de la Maestría en Geología y miembro del Comité Académico del programa de Doctorado en Ciencias Geológicas. Ha impartido las asignaturas Geoquímica General, Geoquímica de los Isótopos, Procesamientos de Datos Geoquímicos y Geoquímica Aplicada a minerales sólidos y Exploración Petrolera y Geoquímica Ambiental. Ha publicado 15 artículos en revistas especializadas, además de otros 12 en memorias de eventos científicos. Ha participado en numerosos eventos nacionales e internacionales, con la presentación de 40 ponencias. Ha orientado 26 trabajos de diploma, 15 tesis de maestría y 5 tesis doctorales. Es miembro de la Sociedad Cubana de Geología y de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba.



## Origen y caracterización del karst en el afloramiento Chalingo, Huautla, Hidalgo.

Jahel Ramos Vite<sup>1</sup>, Stephen P.J. Cossey<sup>2</sup>, Mark R. Bitter<sup>3</sup>

### Introducción

El karst se distingue por ser una superficie de erosión principalmente de rocas carbonatadas. En 2011 Palmer diferencia el karst epígeno del hipógeno mediante las diferencias de formación: la morfología de las cuevas, las cuales dependen del aporte del agua, ya sea meteórica (por precipitación) o subterránea (por ascendencia de aguas termales). Mas tarde, Klimchouk (2018) realiza una extensa revisión bibliográfica del karst hipógeno, determinando que la principal característica para identificarlo es el flujo ascendente desde unidades hidroestratigráficamente más bajas, también determina el modelo espeleogenético de las cuevas con el objetivo de hacer la caracterización de su diseño general desde la perspectiva hidrogeológica, destaca la importancia de los estudios mineralógicos y de la geoquímica elemental e isotópica de espeleotemas, rellenos de vetas y matriz de roca, para identificar el origen hipógeno.

Anteriormente Stafford (2009) muestra la implicación en el proceso hipógeno de la karstificación volcánica del Sistema Zacatón, un área kárstica generada a partir de

flujos de agua subterránea enriquecidos de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, provenientes del complejo volcánico Villa Aldama y la Sierra de Tamaulipas, y un posterior colapso de las rocas suprayacentes.

Cossey et al (2019) realizaron una sección medida sobre el Paleocañón de Acatepec, donde se determinó que se trata de un ambiente kárstico de acuerdo con la descripción y la calcita en forma de aguja encontrada en las oquedades, esta sección medida está interpretada con una edad del Eoceno inferior.

En el presente trabajo se realizará la caracterización del afloramiento kárstico de Chalingo en el municipio de Huautla, Hidalgo, retomando el modelo generado por Gary y Sharp en Stafford (2009) con el objeto de comprender el origen de la formación de este karst, tomando como base el modelo morfológico de los flujos ascendentes de Klimchouk en Stafford (2009).

### Área de estudio

#### Localización y acceso

Los afloramientos encontrados hasta el momento se localizan al este de México (Figura 1), en la transición entre la Sierra Madre Oriental y la Cuenca Tampico-Misantla, entre los poblados de Huejutla de Reyes y Chicontepec de Tejada, la ubicación del karst se encuentra 5 kilómetros al norte del poblado de Huautla, Hidalgo, para acceder al sitio se maneja por la carretera pavimentada que se dirige a Chalingo.



Figura 1. Mapa de ubicación de los afloramientos kársticos, dirección de los derrames basálticos de la Formación Tlanchinol (López, SGM, 2009), y Flujos Turbidíticos (Aguayo, 2018).

1Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo 42184  
2Cossey and Associates Inc., P.O. Box 1510, Durango, Colorado 81302, U.S.A  
3Marbit Geoconsulting, 14322 Spanish River Ln., Cypress, Texas 77249, U.S.A

### Geología

La litología que aflora en la zona de estudio, se encuentra dominada por intercalaciones de areniscas carbonatadas y lutitas de la Formación Chicontepec (Figura 2) con edades del Paleoceno al Eoceno Bitter (1993), los afloramientos de rocas carbonatadas del Jurásico y Cretácico de la Sierra Madre Oriental. Se muestra también el Campo Volcánico del Álamo descrito en Ferrari et al 2005, se ubican las

aguas termales descritas en Camargo et al 2011, y la Sierra de Otontepec en Viera et al 2009, así mismo, en la figura 1 se distinguen los flujos basálticos que generan mesetas con dirección noreste (López, SGM, 2009) y los flujos turbidíticos que coinciden en esta dirección (Aguayo, 2018), que además son muy comunes en la zona. Lo anterior nos podría indicar una conexión con la teoría de formación del karst hipógeno antes mencionado.

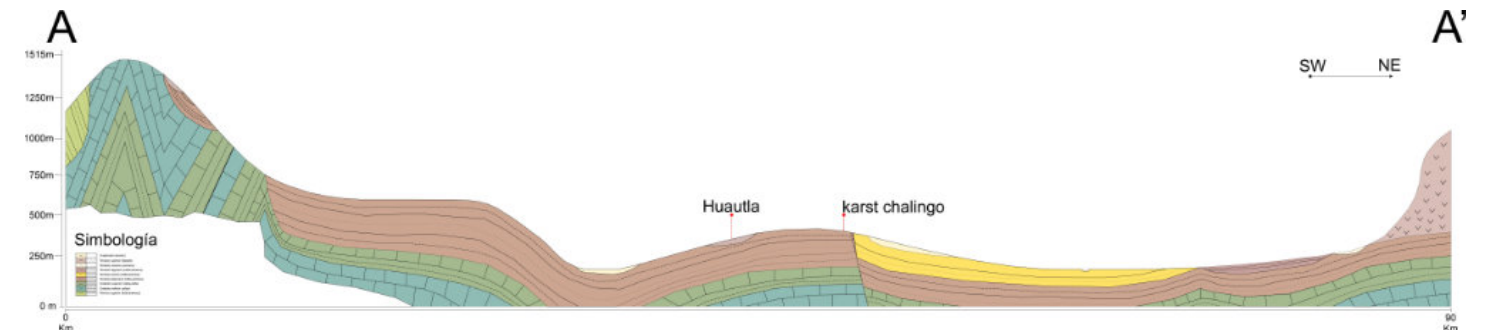
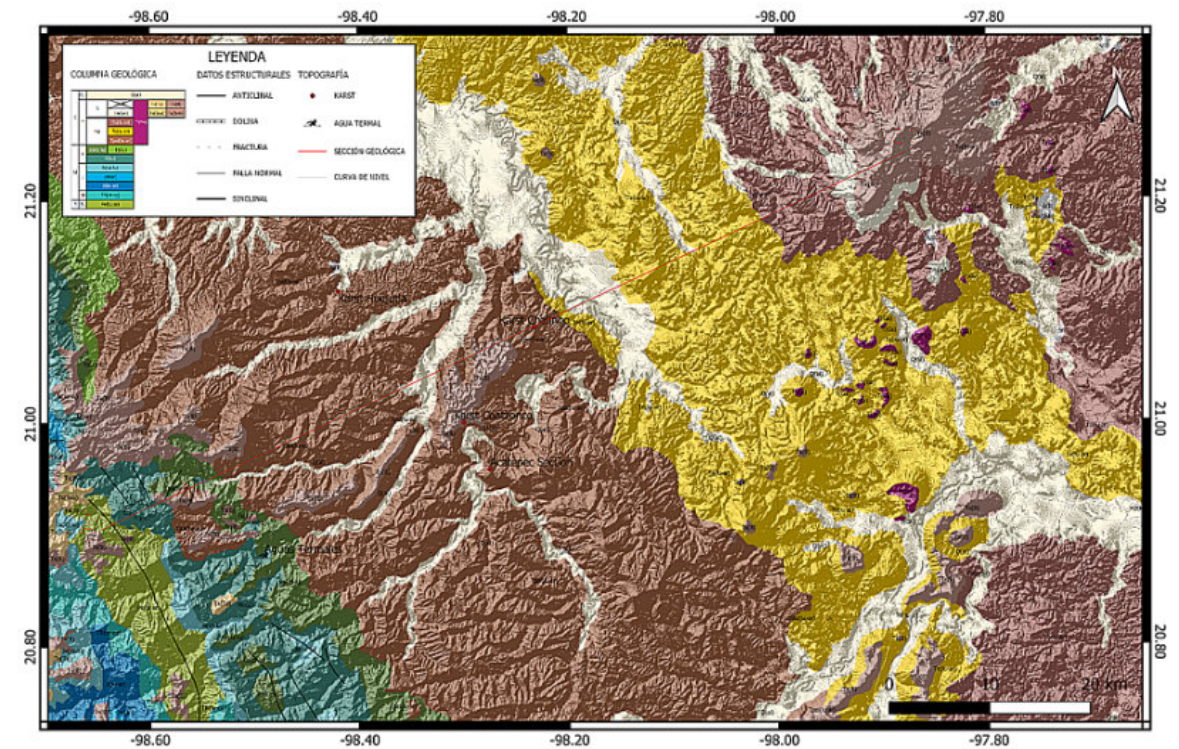


Figura 2. Mapa y sección geológica del área de estudio, ubicación del Campo Volcánico del Álamo (Ferrari et al., 2005), la Sierra de Otontepec (Viera et al., 2009), y ubicación de las Aguas Termales caracterizadas por Camargo et al. (2011).

### Afloramiento Kárstico de Chalingo

La sección medida de Chalingo se encuentra en las coordenadas 21° 5.135' N y 98° 13.909' O, sus estratos se inclinan 25° SE y su rumbo es de 72° NE a una altura sobre

el nivel del mar de 413 m, mide verticalmente más de 8 metros de espesor, es una sección donde podemos encontrar 10 estratos que contienen karst, además éstos miden entre 12 y 80 cm de espesor, todos formados sobre areniscas de grano medio a grueso (Figura 3).



Figura 3. Sección medida de Chalingo

**Materiales y métodos**

Para el levantamiento estratigráfico se midió la columna en intervalos de 5 cm de resolución, interpretando la litología y sus características. Se tomaron cuatro muestras de este afloramiento para el análisis del contenido micropaleontológico (Figura 4), intentando encontrar especies extremadamente raras, pero potencialmente importantes.

Las muestras tienen porcentajes de *W. barnesae* superiores al 63% la mayor parte afectado por la disolución, con excepción de una muestra que es estéril. El material que rellena los huecos del karst son sedimentos



Figura 4. Toma de muestras en afloramiento de Chalingo.

retrabajados probablemente del Batoniano temprano al Maastrichtiano.

Los mapas de ubicación se obtuvieron con datos geológicos y topográficos de INEGI, procesados con los softwares de uso libre QGIS y Google Earth Pro.

**Resultados y discusión**

La morfología de las oquedades del karst predominante en forma de “cebolla” muestra erosión por fluidos acuosos ascendentes donde el flujo migró hacia la superficie y extendiéndose lateralmente al encontrarse con una superficie permeable, esto concuerda con el modelo

propuesto por Klimchouk en Stafford (2009) como se muestra en la figura 5.

La disposición de los estratos y el karst se mantienen paralelos, por lo que su formación debió haberse presentado antes de la inclinación de dichos estratos, al mismo tiempo esto puede significar que fue después de la

litificación y contemporáneo al desarrollo de las fracturas como se muestra en la figura 6, de acuerdo con la sección medida de Acatepec (Cossey et al., 2019) se sabe que el karst pudo haberse producido después del Eoceno Temprano, pudiendo ser más antiguo que 35 Ma pero más joven que 56 Ma.

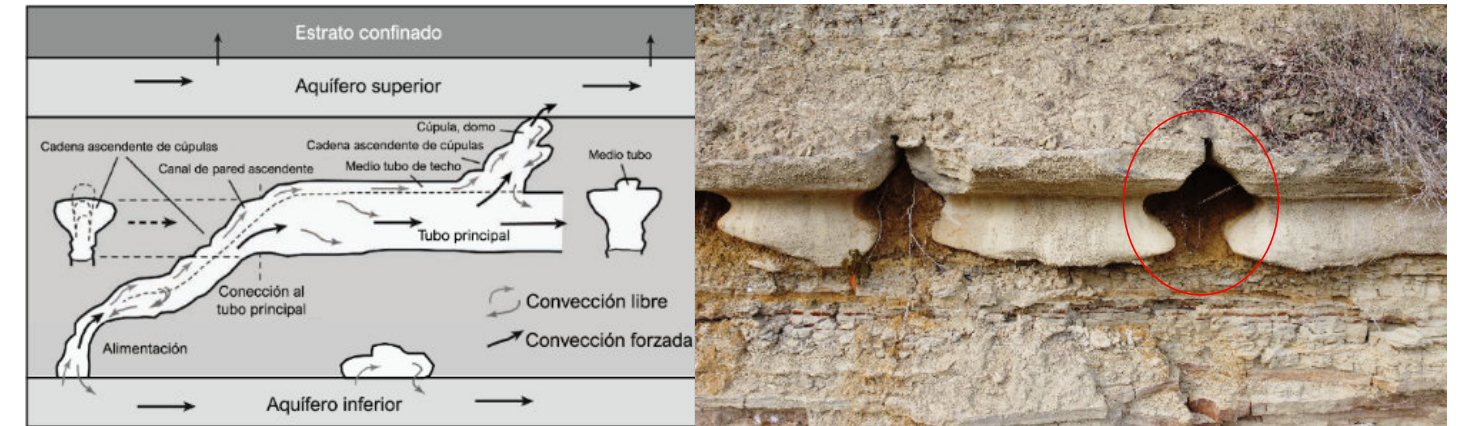


Figura 5. A la izquierda diagrama de Klimchouk, a la derecha afloramiento de Chalingo.

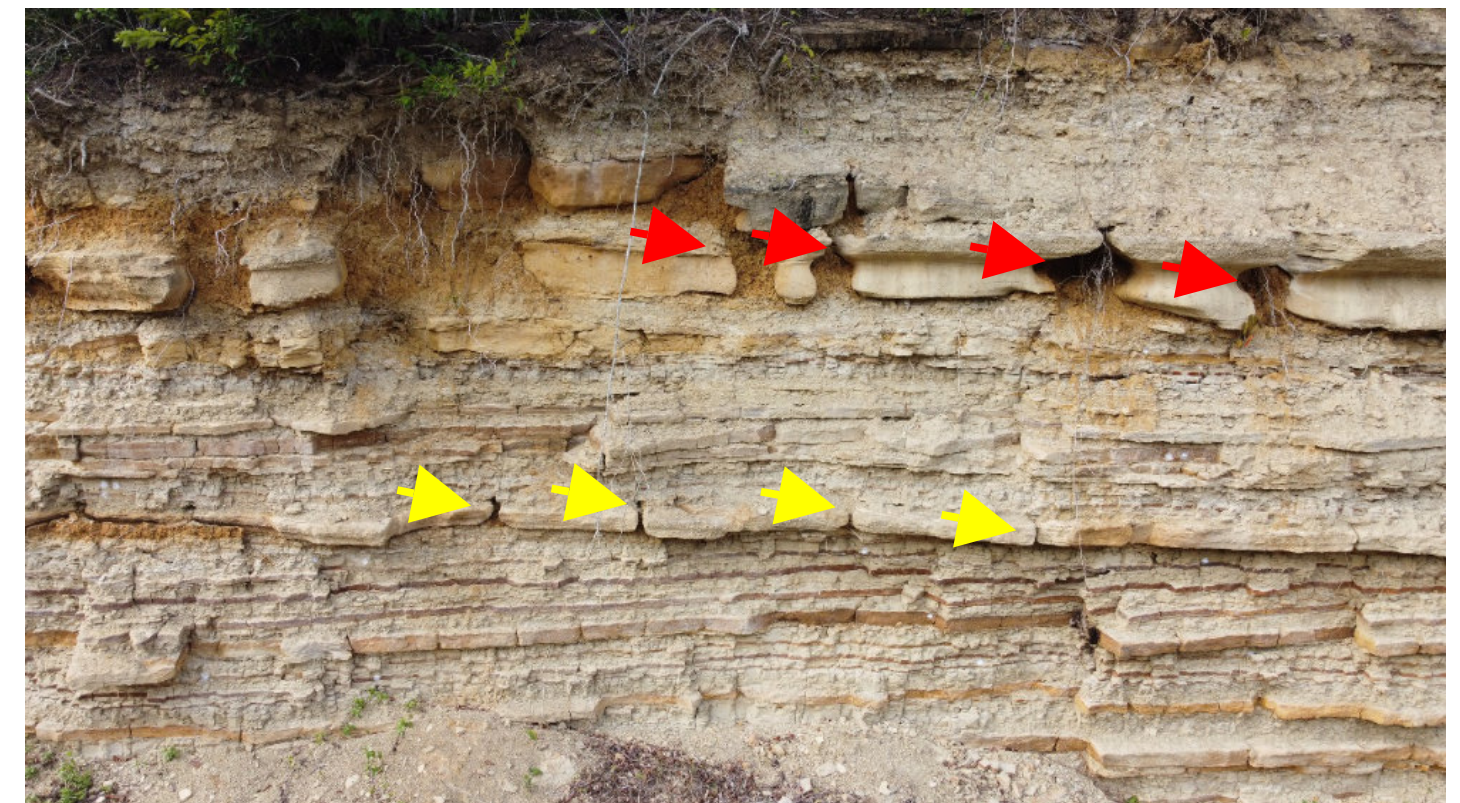


Figura 6. Fotografía que muestra las fracturas perpendiculares al afloramiento (Flechas amarillas) y el karst paralelo al mismo (Flechas rojas).

El Sistema Kárstico Hipógeno se forma mediante el aporte de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S a las corrientes de agua subterráneas que ascienden a la superficie por fracturas y fallas disolviendo las rocas carbonatadas formando cavernas que se rellenan con material erosionado de rocas suprayacentes.

En la figura 7, diagrama tomado de Stafford (2009), se muestra la formación del Sistema Kárstico Zacatón mediante la disolución hipogénica por el Complejo Volcánico Villa Aldama y la Sierra de Tamaulipas. El karst de Chalingo pudo haber sido afectado por el mismo sistema Zacatón generando fracturas en toda la zona, sin

embargo, también existe la posibilidad de verse afectado por el Campo Volcánico del Álamo (Ferrari, 2005) y de acuerdo con Viera (2009) las rocas de la Sierra de Otontepec son del tipo volcánicas (extrusivas) de posible edad Eoceno a Oligoceno, por lo que también pudieron afectar a la formación del sistema kárstico e incluso una combinación de ambos, otra fuente de formación pudo haberse generado por las Aguas Termales caracterizadas por Camargo et al., 2011 en la cual manifiesta que los estratos de caliza poseen espacios porosos favorables para la circulación de agua caliente hacia la superficie.

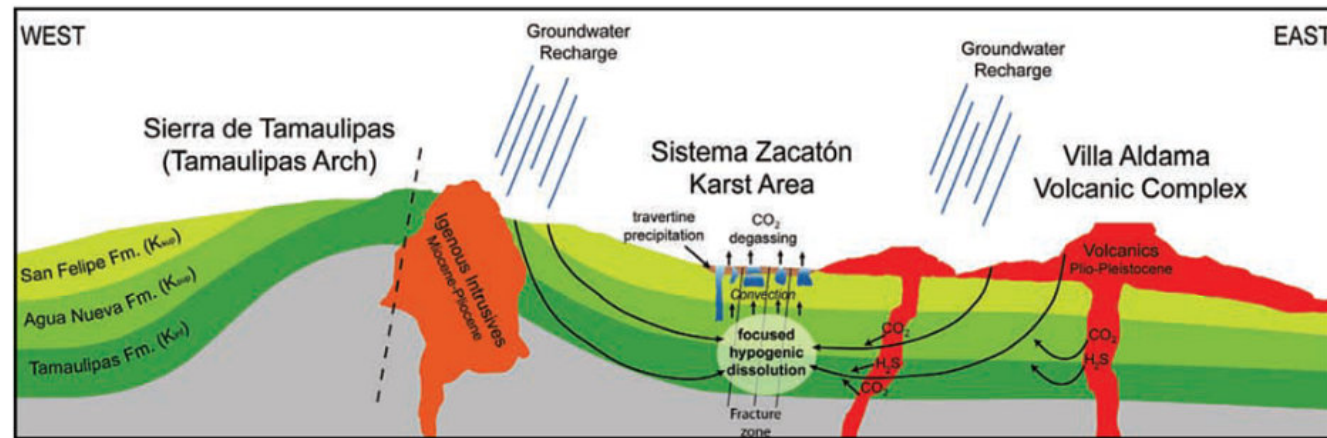


Figura 7. Modelo de formación del karst hipógeno del Sistema Kárstico Zacatón, tomado de Stafford (2009).

En la figura 8, se muestra una representación de la posible formación del Sistema Kárstico Hipogénico de Chalingo que en algún momento de la formación de la Sierra Madre Oriental y la Apertura del Golfo de México debió haber aportado CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S a las aguas subterráneas formando este sistema, aunado a la manifestación de aguas termales en la localidad de Atempa, Calnali.

En el modelo experimental se presenta el Sistema Volcánico Álamo como posible causa de formación del sistema karstico, sin embargo, como se menciona anteriormente, de igual forma puede funcionar la

generación de la Sierra de Otontepec, así que el modelo puede complementarse con todos los eventos antes mencionados y las aguas termales, mostrando así similitud con el modelo de Stafford (2009).

De igual forma, la actividad ígnea de la Sierra Madre Oriental (SMO) pudo haber aportado CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S al sistema propuesto (Figura 8), de esta forma en algún momento entre el Eoceno temprano y medio pudo tener lugar la formación del karst esto de acuerdo con Cossey et al 2019, esto llevaría a tener diferentes fuentes de aporte, sin embargo, se mantiene indefinida la edad del karst.

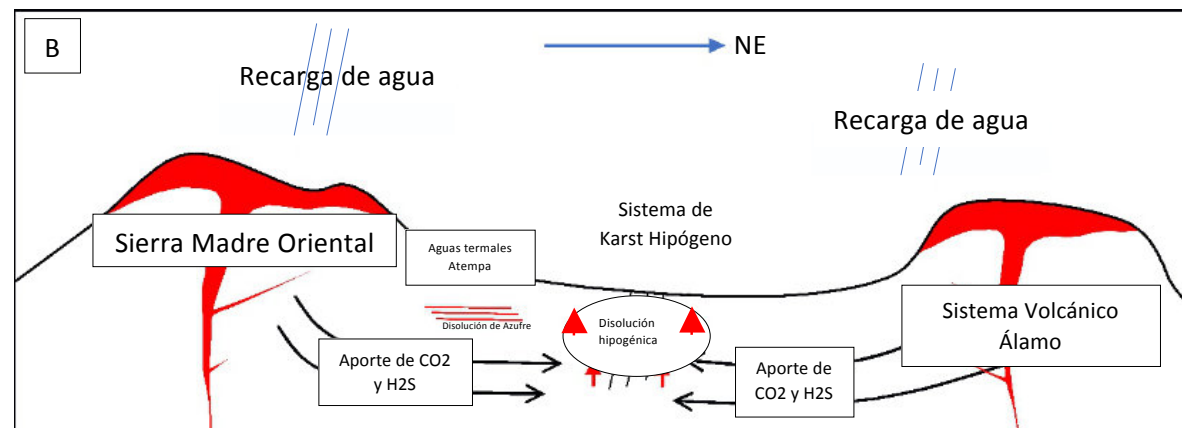


Figura 8. Modelo "experimental" del Sistema Kárstico Chalingo

Por otro lado, la maduración del petróleo documentada en Cossey et al. 2019 que mantiene variados afloramientos por toda la zona, pudiese haber aportado CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S al sistema hidrológico, esto explicaría de otra forma la generación de un karst hipógeno complejo que se

extendería por toda el área (Figura 9). Sin duda la zona contiene características similares por lo que es posible encontrar más afloramientos de este tipo, lo que abriría un abanico de posibilidades para la comprensión de este tipo de karst.

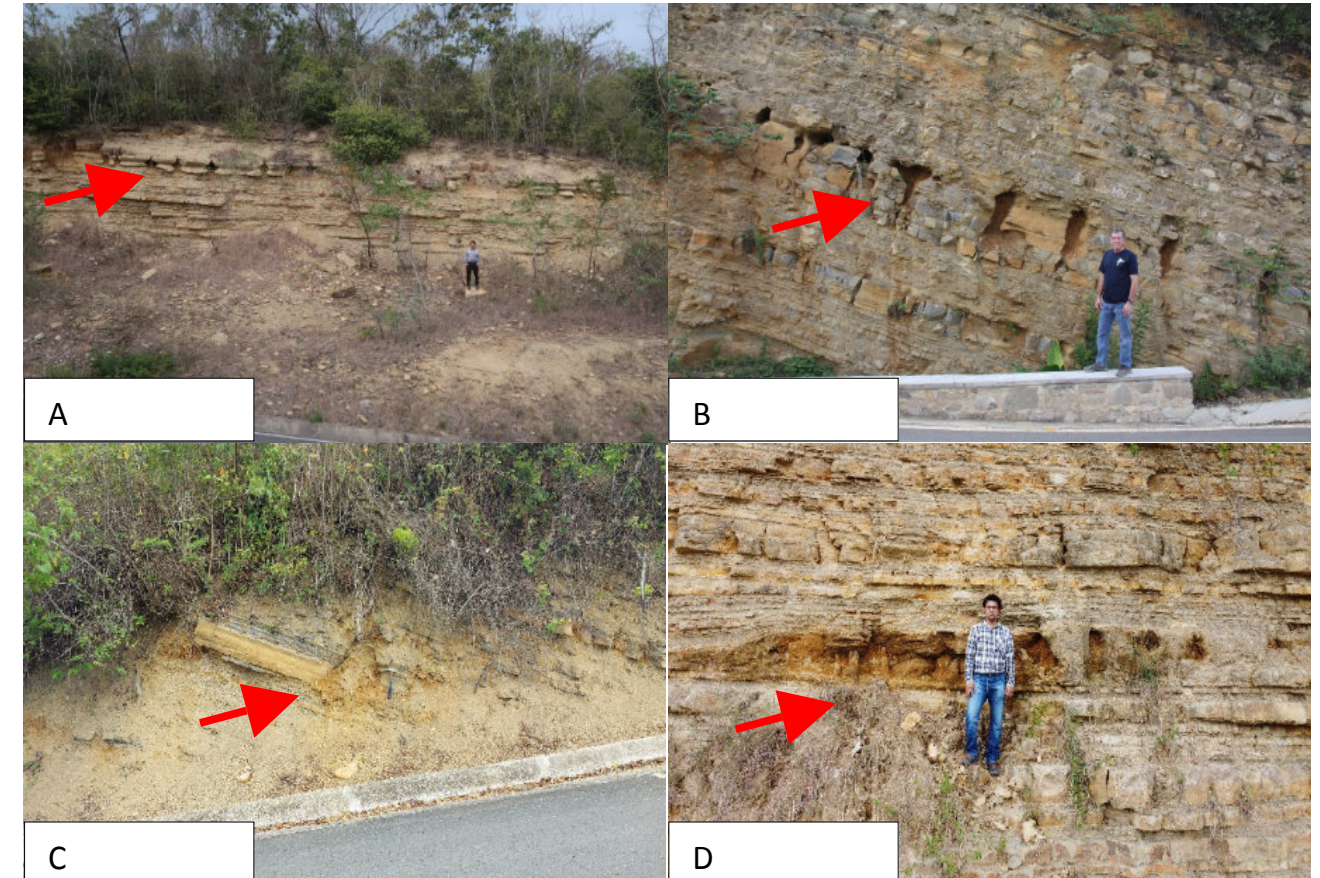


Figura 9. Fotografías que muestran los karst ubicados en la zona de estudio (Señalados por flechas rojas), A) Karst Chalingo, B) Karst Acatepec, C) Karst Cuatzonco, D) Karst Huejutla.

**Conclusión**

Se ha interpretado el karst de Chalingo como un karst del tipo hipógeno de acuerdo con los modelos presentados por Stafford y Klimchouk los cuales se adaptan perfectamente, también se sabe que se pudo haber producido en algún momento del Eoceno, sin embargo, no se tiene claro el momento exacto de su formación o que fue lo que lo causó. Además, se han encontrado otras dos localidades más (Huejutla y Coatzonco) y que al menos 3 parecen estar correlacionadas, de las cuales solo la de Acatepec se ha trabajado en profundidad (Figura 9).

En todos los afloramientos existe más de un estrato que contiene la formación de karst y se muestran las mismas características tanto en las areniscas como en los rellenos de las oquedades, sin embargo, el espesor del karst varía en cada afloramiento, pero, siempre entre los 10 y 80 cm.

**Referencias**

Aguayo-Camargo, J. E., Santillán-Piña, N. y Arellano-Gil, J. 2018. Prograding low-density turbidite systems and oil traps at the Lower Paleogene Chicontepec Foreland Basin, East-Central Mexico, <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.035>

Bitter, M.R., (1993). Sedimentation and provenance of Chicontepec sandstones with implications for uplift of the Sierra Madre Oriental and Teziutlan Massif, east-central Mexico: Gulf Coast Section, SEPM Foundation, 13th Annual Research Conference, p. 155–172.

Camargo, C. T., Núñez, B. J., y Ángeles, H. J. G. 2011. Aguas termales del Estado de Hidalgo.

Cossey, S. P. J., M. R. Bitter, G. R. Dickens, D. V. Nieuwenhuise, J. Pindell, J. H. Rosenfeld, A. Beltran-Trivino, P. Cornick, and C. Agnini, 2019, Paleo-canyon formation and contemporaneous oil seepage near the Paleocene/Eocene boundary, Tampico-Misantla Basin, eastern Mexico: *GeoGulf Transactions*, v. 69, p. 27–53.

Ferrari, L., Tagami, T., Eguchi, M., Orozco-Esquivel, M. T., Petrone, C. M., Jacobo-Albarrán, J., y López-Martínez, M. 2005. Geology, geochronology and tectonic setting of late Cenozoic volcanism along the southwestern Gulf of Mexico: The Eastern Alkaline Province revisited. *Elsevier*, v. 146, pp. 284-306, <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2005.02.004>

Klimchouk, A., Palmer, A., De Waele, J., Auler, A., y Audra, P. (eds.). 2017. Hypogene Karst Regions and Caves of the World, Cave and Karst Systems of the World, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53348-3>

Klimchouk, A. 2018. Advances in understanding Hypogene Karst. *Texas Speleological Survey*, pp. 3-20

Palmer, A. N. 2011. Distinction between epigenic and hypogenic maze caves. *Elsevier, Geomorphology*, v. 134, pp. 9-22, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03.014>

SGM, Servicio Geológico Mexicano. 2009. Léxico Estratigráfico de México; Formación Tlanchinol.

Stafford, K.W., L. Land and G. Veni (eds). 2009. Advances in Hypogene Karst Studies: NCKRI Symposium 1. Carlsbad, NM: National Cave and Karst Research Institute.

Viera Décida, F., Ramírez Fernández, J. A., Velasco Tapia, F., y Orozco Esquivel, M. T. 2009. Relaciones petrognéticas del magmatismo en la Provincia Alcalina Oriental Mexicana. *Ciencia UANL*, v. XII (1), pp. 42-49



**Jahel Ramos Vite.** Es Técnico en Sistemas Computacionales por CETEC Pachuca y se graduó de la Licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, su pasión por la geología lo llevó a participar activamente en el equipo técnico del Proyecto Geoparque Comarca Minera de Hidalgo entre el 2015 y 2016, el cual, hoy es un hecho. En 2017 participó una semana como Exponential Thinker en el International Air and Space Program desarrollando el proyecto “Misión simulada a la Luna Europa” y obteniendo experiencia en liderazgo, trabajo en equipo, resolución de problemas teóricos y prácticos, además de la experiencia de entrenamiento de un astronauta. Entre diciembre de 2019 y enero de 2020 realizó sus prácticas profesionales en el Instituto Mexicano del Petróleo Centro La Reforma realizando una evaluación Geológico-Ambiental de pozos petroleros en la zona sur de México. Además, ha impartido diferentes pláticas y conferencias en nivel primaria, preparatoria y universidad.



**Dr. Stephen Cossey** is chief geoscientist at Cossey and Associates Inc. geoconsulting based in Durango, Colorado. He has more than 43 years’ experience in the petroleum industry. He worked for Conoco Uranium exploration and International Exploration from 1978 to 1983 and Sohio/BP from 1983 to 1995. He was based in Dallas with Sohio, working oil & gas exploration in frontier areas of the US. From 1990-1992, he spent 2 years based at BP Research in Sunbury, UK and helped to start BP’s deepwater research program. The remainder of the time at BP was spent working exploration in the onshore US and Gulf of Mexico. In 1995 he started a consulting company, Cossey & Associates Inc. Since then, he has consulted for more than 150 global exploration companies and is skilled in interpreting deepwater sequences and in creating sequence stratigraphic and depositional models from core, well, and seismic data. Dr. Cossey also teaches field excursions in France, Spain and Mexico and has conducted over 20 courses in these areas.



**Mark R. Bitter**, owner Marbit Geoconsulting, LLC, has had a diverse career in the geosciences. He earned a Master of Science degree in geology at the University of Kansas under the direction of Dr. Paul Enos, who introduced him to the geology of the Chicotepec Formation and the Tampico-Misantla Basin in Mexico. Upon graduation, he went to work for Marathon Oil Company in Houston. During his 30 year career with Marathon, he worked exploration projects in the Texas Gulf Coast, California and Alaska and northern Latin America. From 1993 to 1998, he worked in Business Development, concentrating on opportunities in Mexico, which included the Cantarell Nitrogen Injection Project. He also evaluated several acquisition opportunities around the world and worked on field development and modeling projects in West Texas, Siberia and Norway. After retiring from Marathon Oil in 2015, he has consulted on projects in Guatemala and continued his interest in the Chicotepec through additional fieldwork with Steve Cossey.

## MELANGES Y MEGAMELANGES EN LA GEOLOGÍA DE CUBA.

Humberto Álvarez-Sánchez.

Miramar Mining Corp. República de Panamá.

*A la memoria de Edward Greenly a los 102 años de la publicación de The Geology of Anglesey en 1919 y al cumplirse 70 años de su deceso.*

### Introducción.

La introducción de los términos melange y olistostroma en Cuba era indispensable en virtud de la abundancia de cuerpos geológicos de estructura desordenada en localizaciones geográficas numerosas y ambientes geológicos diversos; característica atractiva para los estudiosos de tales fenómenos. Y como era de esperarse; de la mano de Gansser, 1974; Bailey and McCallien, 1950, 1953; Flores, 1955, 59; Hsü, 1968; Abbate *et al.*, 1970; Hoedemaeker, 1973 y bajo su influencia, se aplicaron sus conceptos en algunos trabajos regionales por geólogos cubanos (Álvarez-Sánchez, 1975; Cobiella, 1978); o extranjeros (Pszczółkowski, *et al.*, 1975; Kuznetsov, en Konev y Segura Soto, 1979; Piotrowska, 1978; Pszczółkowski y Flores, 1986; Brezsnysky y Jenó, 1992). Sin embargo, emplear términos en la literatura científica sin definir su significado y los límites de su aplicación, es frecuente causa de confusiones y errores de interpretación. Enclaustrados en la literatura suelen citarse y reproducirse sin discusión, y, a veces se necesitan años de impugnaciones y hasta trabajos de terreno para desterrarlos. Cuanto más complicados son los fenómenos geológicos, tanto más es preciso afinar los términos apropiados para su descripción y así satisfacer la necesidad de hacerlos uniformes y comprensibles al público científico a través de propiedades inherentes a la ciencia, tales como la precisión, la neutralidad, la objetividad y la concisión (Santamaría Pérez, 2009).

Aunque la geología es una ciencia destacada por los neologismos; cuando no están justificados, evitarlos es indispensable. Con ese propósito, es conveniente realizar una breve discusión crítica del origen y significado del término megamelange en Cuba; ¿cuando surge? ¿en cuales trabajos se aplicó primero? y las consecuencias derivadas de su empleo; en particular, en el Macizo

Metamórfico Escambray de Cuba central; región de la mayor complejidad geológica de toda la cuenca del Caribe.

### Origen del término melange.

El término melange se inicia en la geología en la obra de Edward Greenly *The Geology of Anglesey* (1919). Greenly describió mezclas heterogéneas de bloques embebidos en una matriz y creó nuevos términos como *Autoclastic Mélange*, *Gwna Mélange*, *Autoclastic Phyllite-and-Grit Mélange*, que aún suenan familiares a pesar del siglo cumplido desde su formulación y, aunque parte de sus conclusiones fueron superadas, su obra permanece como ejemplo de consagración y perspicacia científica. La amplia difusión actual del término es opinión que partió del trabajo de K. J. Hsü (1968) en los melanges franciscanos de California, dedicado a definir las reglas para su cartografía y distinción de las olistostromas. A continuación la revisión del concepto persiste por varios autores (Şengör, 2003; Festa *et al.*, 2010; Festa *et al.*, 2012; Wakabayashi, 2008). Medley y Zekkos, 2011 y Wakabayashi y Dilek, 2013; discutieron la complejidad estructural de los melanges en los problemas de la ingeniería. Festa *et al.*, 2010, publicó un excelente y completo estudio de los melanges con nuevos criterios de clasificación. Hoy día la palabra melange cuenta con su propia Torre de Babel geológica, aún no depurada de una sinonimia fatigosa.

Desde la conferencia de Penrose sobre melanges (1978), Silver y Beutner (1980) proponen usar el término solo de manera descriptiva, escoltado por adjetivos que denoten los procesos de formación. Con algo de mayor alcance Swarbrick y Naylor (1980) proponen utilizar la palabra "melange" de forma emergente o provisional mientras no se encuentra un término mejor. Como quiera que melange ya carece de los atributos que le fueron asociados durante muchos años y hace ya tiempo que perdió cualquier significado genético o dimensional; una brecha tectónica, una olistostroma, un cuerpo diapírico, deformados en combinación con recristalización metamórfica, metasomatosis intensa y ciertos tipos de control geotectónico, pueden ser llamados un "mélange"; sin una significación mayor que la de una palabra confortable.

### Una breve incursión en la geografía del término megamelange

La preposición mega es común en geología. En la descripción de objetos geológicos, algunos escritores enfatizan las dimensiones con el afijo y la gramática tolera ciertos términos en la formación de los sustantivos en

concesión a la parquedad y economía. Hay muchos ejemplos: Mega-fault breccia (Şengör and Sakln, 2001). Megathrust (Wakabayashi and Dilek, 2013). Megablocks (Dilek *et al.*, 2012). Megabrechas (Festa *et al.*, 2012). En Cuba tenemos: Megacapa (Pszczółkowski, 1986).

Sería bueno conocer, en beneficio de la terminología científica, las razones que determinan y justifican el paso de melange a "mega-melange", ya que no se encuentra una definición de la palabra megamelange ni si posee un creador.

Uso sin definición previa, se reitera en trabajos sobre las grandes cordilleras de Asia Central. En el Tien Shan se describe el mega-mélange Kokshal de 20 x120 km, con "megaclastos" hasta 15-20 km; formado por un collage de 5 complejos; como parte de la sutura Laurasia-Gondwana (Solomovich y Trifonov, 2014) (Dobretsov y Buslov, 2004; Mikhno *et al.*, 2014; Schrtl, 2015). En el Karakórum entre India y Pakistan; en el macizo caledoniano de Borus al W de los Sayanes; en Chagan-Uzun del Altai; se describen unidades llamadas megamelanges (Coward *et al.*, 1982; Theunissen *et al.*, 2001; Wenjiao Xiao *et al.*, 2001).

¿Será Asia donde se origina el término? No siempre "megamelange" aparece en Asia. Se describen amalgamas denominadas "collages", con melanges en su interior (v. Buckman y Aitchinson, 2004). Williams and Stevens (1974) describen en Terranova el Milan Arm Melange como un megamelange con enormes bloques volcánicos. Wallace (1984) en EEUU refiere un megamelange en la sutura Nevada-Oregon, formado por restos de estructuras heterogéneas.

Pero, al leer estos trabajos y otros que se omiten por evitar redundancia; no encontré la razón de la exaltación de estos mélanges, desde su inicial condición hasta su promoción en la escala de tamaños para convertirse en "megas". No obstante, es claro del breve repaso anterior, el empleo de megamelange en la descripción de superunidades en zonas de colisión o de sutura; amalgamadas en collages tectónicos o diapíricos. Superunidades indistintamente formadas por arcos volcánicos, prismas de acreción, microcontinentes melanges ofiolíticos; etc.; o sus restos. Por tanto y, en conclusión: melanges.

Sin acotación precisa y definición clara en la palabra megamelange se aprecia su sentido confuso. No circunscribe categoría genética alguna, ni refiere un concepto dimensional, ni define un significado científico específico de uso general, más allá del alcance del termino primario: melange. Tampoco parece obedecer a reglas llamar a un melange megamelange por su extensión geográfica, hecho que al fin depende del afloramiento, o dimensiones de los bloques; lo que parece esforzarse en sugerir la palabra. El Melange Franciscano de California, con enormes bloques, parece no calificar para merecer esta distinción en ningún trabajo que he visto. Ni el Melange de Puerto Nuevo en la península Vizcaíno (Moore, 1986). Tampoco el Melange Lichi de la Cordillera de la Costa de Taiwán (Chung-Pai *et al.*, 2000), en la falla entreplacas de Eurasia y Las Filipinas, compuesto de bloques kilométricos en una matriz arcillo-escamosa.

Evidentemente en un melange sus características, no dependen de teorías o leyes geológicas o lógicas. Es por tal causa que suele llamárseles complejos caóticos. Caos es la palabra que pone de acuerdo al 100% de los geólogos. Aceptada tal premisa prácticamente por todos ¿se aplican los términos alternativamente a lo relacionado con las dimensiones de los bloques, composición de la matriz, contexto geotectónico; o a su extensión geográfica? Sin una justificación clara y explícita de las razones de su empleo; megamelange es, o una etimología redundante o un ejercicio terminológico con algo de libertinaje.

### Impacto en la ingeniería.

Abusar de la terminología puede que no tenga mas graves consecuencias que una polémica de gabinete o un fuego cruzado, entre académicos y teóricos de diversas parroquias en revistas geológicas. Al fin, un incidente mas de la frontera entre ciencia y especulación. Sin embargo, existe un mundo real donde es general la firme y generalizada creencia de que la geología debe servir para resolver problemas prácticos y satisfacer necesidades humanas.

Como sentencian Medley y Zekkos (2011) "*Aunque los melanges son emocionantes, desconcertantes y controvertidos para los geólogos, son los geopracticos y contratistas quienes deben trabajar con ellos para diseñar las obras construidas por la sociedad*".

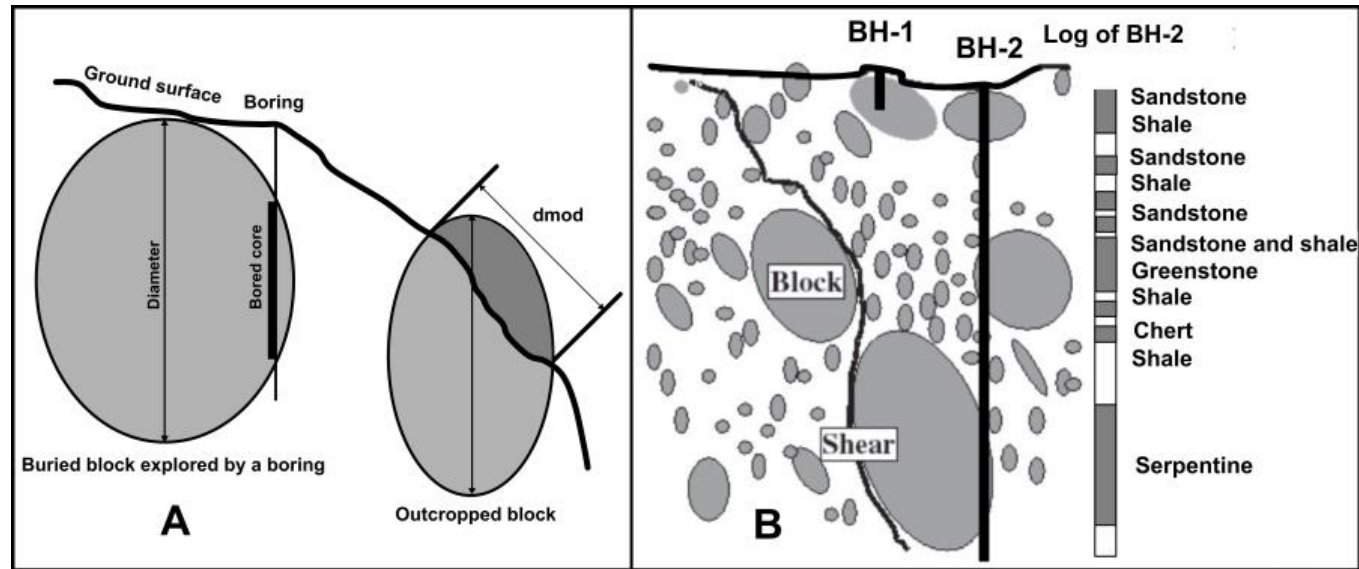


Figura.1. A- En un afloramiento, un bloque tiene un tamaño aparente  $d_{mod}$ , la dimensión máxima observada. En una perforación, el tamaño del bloque está aparentemente indicado por la línea recta que une los extremos de un arco. La longitud de la intersección entre la perforación y un bloque. Sin embargo, solo en raras ocasiones un  $d_{mod}$  o una línea que une los extremos son equivalentes al "diámetro" real o dimensión máxima de un bloque. (Según Medley (2002). B-Las intersecciones en núcleos rara vez indican tamaños de bloque verdaderos, o formas, orientaciones o distribuciones. Notar que las cizallas en la matriz se configuran tortuosamente alrededor de los bloques. La secuencia de arenisca-esquisto en el núcleo no son "esquistos y areniscas intercalados". La yuxtaposición improbable de rocas (por ejemplo, esquistos verdes y lutitas) sugieren fuertemente un melange. (Según Medley, 1994. Figuras 6 y 7, en Medley y Zekkos, 2011).

Un ejemplo de las consecuencias en el mundo real se puede apreciar en las diferencias entre la cartografía geológica regional, destinada a la confección de mapas geológicos y el tratamiento de los melanges en la ingeniería, respecto al tamaño y condiciones mecánicas de los bloques del melange, entre otros numerosos parámetros (Figura 1), esencialmente importantes durante la construcción.

¿Cuáles serían los criterios aplicables para la distinción entre melange y megamelange en la práctica humana y los posibles beneficios? Lo cierto es que, a pesar de la falta de criterios y definiciones; las quejas de los ingenieros y las discusiones académicas y hasta filosóficas; hasta hoy no se consigue descalificar las descripciones superdetalladas, conclusiones genéticas, clasificaciones precisas y aún aproximaciones cuantitativas cercanas a la estadística que llenan la literatura. Algo que parece inevitable y corresponde con la naturaleza de ciertos capítulos de la geología en su estado actual, que todos tenemos la tendencia de tolerar, sin que podamos establecer fronteras entre la especulación disciplinada y honesta y el disparate.

Al tomar en cuenta factores como el afloramiento, el relieve, la vegetación, la red fluvial y la meteorización; la realidad económica de la cartografía en áreas grandes; hace insostenible obtener valores precisos, estadísticamente ordenados por clases, de las dimensiones de bloques bajo la superficie, su densidad respecto a la matriz y la frecuencia de los cambios de composición de los bloques. Puestos los geólogos ante la necesidad de recursos técnicos resolutivos, de los que nunca se dispone o que nunca se completan y la alternativa de cometer un error, consciente pero aproximativo; se acepta la probabilidad del error. Tal selección suele motivarse generalmente por la esperanza optimista de que el progreso solucionará por sí mismo los problemas y el futuro se encargará de justificar el riesgo asumido.

#### Megamelange en Cuba oriental.

Extensos afloramientos del Cinturón Ofiolítico de Cuba se encuentran en el extremo oriental de la Isla, en las regiones de las Sierras de Nipe, Cristal y Purial; extendidos a lo largo de 180 km con un ancho de 30 km (Knipper y Cabrera, 1974). Varios estudios en el terreno caracterizan esta región (Knipper y Puig, 1967; Nagy *et al.*, 1976;

Breznysanzky y Jenó, 1992). Un lugar notable ocupa el trabajo realizado por Myron T. Kozary (1968). Kozary sostuvo una interpretación conservadora de la estructura tectónica, pero se le deben valiosas observaciones sobre las variedades heterogéneas de las rocas ultramáficas y los mecanismos de emplazamiento, entre ellos el diapirismo en frío de las serpentinitas, las variedades sedimentarias y las distinciones entre tectonitas. Kozary no empleó el término melange sino que lo rechazó, aunque sus mapas y perfiles pudieron animarlo perfectamente a emplearlo. En el excelente trabajo de Knipper y Puig (1967) se discute

ampliamente la interpretación del emplazamiento frío de las serpentinitas bajo el nombre de protrusiones, con numerosos reconocimientos a la obra de Kozary y unos años después Knipper y Cabrera (1974) introdujeron el término precursor "brecha tectónica gigante". Es en el informe de Pentelenyi *et al.*, 1988 donde surge el término mega-melange. Según nuestras fuentes, es la región donde primero aparece el término en Cuba, aplicado a las ofiolitas tectonizadas de la Zona Auras de la región de Holguín. Algo más tarde Breznysanzky y Jenó (1992) introducen una terminología basada en el tamaño de los

Clases del megamelange	Dimensiones de los bloques
Macromelange	El tamaño de los bloques entre 2-10 km de extensión
Mesomelange	El tamaño de los bloques entre cientos de metros hasta 1.2 km
Micromelange	El tamaño de los bloques no sobrepasa 200 m.

Tabla .1. Formaciones tectogenéticas de la Zona Auras, según Breznysanzky y Jenó, 1992.

bloques inmersos en el melange (Tabla 1), el grado de tectonización y la composición de la matriz. De este modo dividen el melange en tres clases; cada uno de ellos con diferente grado de participación, en tres mantos principales de corrimiento superpuestos.

De acuerdo a lo ya dicho; tal estadística podría aproximarse a la realidad mediante la aplicación de ingentes medios técnicos y geofísicos; en tal grado de densidad y detalle que desde el punto de vista económico, serían inusitados y hasta prácticamente imposibles en la cartografía geológica a escalas medias, incluso en las detalladas. Tales dispendios solo se ven en la exploración de minerales valiosos y en complicadas obras de ingeniería. Las divisiones de elementos constituyentes, agrupadas en clases (mezclas ofiolíticas puras, olistostromas deformadas y wildflysch); son entonces solo estimaciones descriptivas de valor general, en la misma región y no conceptos definidos por su valor para ser aplicables fuera de la región. Esta es una razón más de la vanidad del término megamelange.

Sin restar mérito al producto de un trabajo serio y científicamente honesto; en mi opinión se trata de un recurso, cuya utilidad facilitaba a los autores exponer los datos, respecto a como dichos datos son interpretados por ellos. Esto sin excluir de que se trate de un intento, explícito o no, de crear una definición general que finalmente no se concretó. De lo que no cabe duda es que el factor principal en la decisión de introducir el término

megamelange, fue determinado por la categoría subjetiva de tamaños y el interés de que este factor fuera la premisa de la justificación del término.

#### ¿Mega-mélange en el Macizo Metamórfico Escambray de Cuba central?

La Expedición checoslovaco-cubana Escambray I (Stanik *et al.*, 1981) introdujo en el Escambray el concepto de melange. Diferenciaron un melange de matriz serpentinitica, con bloques de esquistos cristalinos y el "manto de cabalgamiento superior", interpretado como un melange de escamas meta-terígeno-calcáreas jurásicas de alta presión; gravitando sobre las unidades menos metamórficas subyacentes y limitado en su base por el melange serpentinitico. Sin objetar el concepto, en esencia correcto, de manto superior del Escambray; la supuesta estructura de melange no obtuvo suficientes pruebas durante Escambray I y pasó a formar parte de los problemas de la expedición Escambray II de 1981-86 [Dublan y Álvarez-Sánchez (edit.) *et al.*, 1986].

Con el fin de ganar claridad en el problema, a pesar de haberse cumplido la cartografía de la región norte de la Cúpula de Trinidad a escala 1:50,000, se realizó una re-ambulacion detallada en 1983 y en 1984, Millán y Álvarez-Sánchez realizaron una revisión adicional de la totalidad de dicha región.

Durante 1991-92, Millán y Álvarez-Sánchez (1992, *ined.*), cartografiaron unos 700 km<sup>2</sup> de la esquina SW de la Cúpula de Trinidad; con su borde W y S ocupado por la unidad

llamada por Stanik *et al.*, 1981 "el manto de cabalgamiento superior", equivalente en parte de la región norte de la Cúpula de Trinidad. Como resultado, confirmamos la continuidad de la composición del manto tectónico superior; compuesto por las Formaciones Loma La Gloria (metaterrígena) y Cobrito (calcárea) del Jurásico Inferior al Cretácico Inferior; en cuya sección en esencia participan metabasitas eglogíticas y otras metavulcanitas nativas, esquistos poliminerales Algarrobo y otros esquistos cristalinos también nativos. Un complejo estratigráfico constante y estable, para ambas cúpulas metamórficas del macizo Escambray, llamado Nappe de tipo Monforte (Álvarez-Sánchez, en Millán y Álvarez-Sánchez, 1992),

nombre derivado del Klippe Monforte (*v et.* Millán, 1997, Figura 2). Por añadidura, una buena oportunidad para recordar, en justicia, que "Klippe Monforte" es un rebautizo de "Lomas de San Juan" de Stanik *et al.*, 1981; interpretada por la Expedición Escambray I como un klippe, "formado por una placa de mármoles de la f. San Juan casi completamente rodeada por la f. Yaguanabo más joven que aflora en un nivel debajo de los mármoles" (Epígrafe 2.1.1.4. El problema de la estratigrafía invertida. Stanik *et al.*, 1981).

La síntesis de estas investigaciones sobre el terreno, unidas con los resultados de las campañas de cartografía de las

cuestión principal del presente artículo y se debe a K. P. Stanek (Stanek, 1998, *n. v.*); quien introduce una división de mantos tectónicos en la Cúpula de Sancti Spiritus (oriental) (Figura 2) y parece ser el primero de este grupo en retomar el termino "melange" para las unidades de la coraza superior de mayor grado metamórfico de presión. En efecto. En Grevel (2000, pag. 6) se hace claro en una cita de comunicación personal de Stanek: "Las zonas colgantes de la unidad de Pitajones se intercalan con la unidad de Gavilanes, que es una zona de *mélange* tectónica. En un basamento de esquistos de cuarzo y mica carbonatada, facies de eclogita y esquistos azules, aparecen serpentinitas, esquistos de talco y esquistos de mica granate como cuerpos tectónicamente limitados. Este *mélange* tiene una anchura de unos 3 km (Fig. 1.4).....(Stanek, *com. pers.*)".

El volumen y tema del presente artículo no permiten una discusión detallada de las tesis de Stanek *et al.*, 2006 (ver Álvarez-Sánchez y Bernal, 2008); pero unas observaciones sucintas son posibles: Stanek (2006), aún a pesar de su aparente neutralidad con sus numerosas menciones contextuales de nombres de formaciones; descartó la sucesión litoestratigráfica del Escambray (Millán y Somin, 1981; Millán y Somin, 1985ab) como base de su construcción de nappes, bajo pretextos formalistas. Omitieron la presencia de varias formaciones cretácicas del Grupo La Sierrita (Los Cedros, Yaguanabo y La Sabina)

(Álvarez-Sánchez y Millán, 1992 y en Huelves Alonso, 2013) afloradas dentro de los límites de una ventana tectónica delimitada en la culminación del centro de la Cúpula de Sancti Spiritus (Figura 3).

En consecuencia demarcaron una extensión irreal de los nappes Pitajones y Gavilanes en una imagen incoherente dentro de unos límites que carecen de realidad física en esta región. Mezclaron las unidades 3 y 4 de Millán (1997) en la unidad Gavilanes y así se vieron precisados a establecer límites por fallas inexistentes de sus contactos naturales y crearon una mezcla de los melanges de serpentinitas con bloques de eclogitas, con otras unidades de eclogitas nativas derivadas de metabasitas autóctonas, sumadas a serpentinitas sin bloques cristalinos, existentes en el Escambray. De manera que como, resultado de lo anterior el nappe Pitajones resulta ser mucho más próximo a un melange que el nappe Gavilanes; resultado del cual Stanek probablemente ni se percató. Como epílogo, la idea de que la llamada Unidad Gavilanes de Stanek *et al.* 2006 consiste de un melange, está tomada al pie de la letra de Stanik *et al.*, 1981, sin que pueda encontrarse el debido reconocimiento a los autores de dicho concepto.

A lo sostenido por Stanek (2006) y también por otros (*e. g.* Hattori y Guillot, 2007; Iturralde-Vinent, 2011, 2012) contribuyen en gran medida varios rasgos notables de la

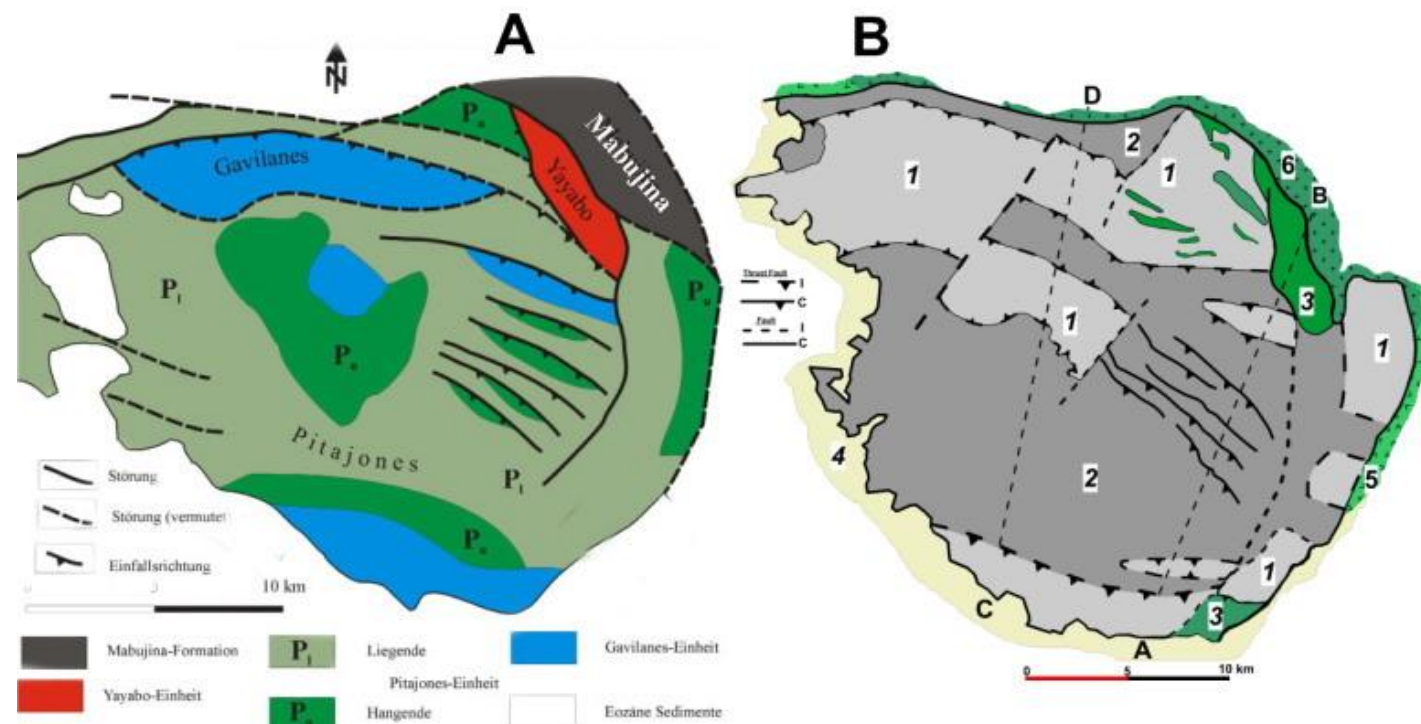


Figura.2. A: Mantos tectónicos de la Cúpula de Sancti Spiritus según Stanek, 1998. Negro: Formación Mabujina. Rojo: Unidad Yaguanabo. Azul: Unidad Gavilanes. Verdes: Unidad Pitajones. P<sub>v</sub>: Colgante. P<sub>y</sub>: Yacente. Blanco: Sedimentos eocenos. Störung: Falla. Störung vermuten: Falla supuesta. Einfallsrichtung: Dirección del buzamiento. (tomado de la Figura 1.4 de Grevel, 2000). B: Mantos tectónicos de la Cúpula de Sancti Spiritus en otra versión de Stanek *et al.*, 2006, 8 años después. 1. Unidad Gavilanes. 2. Unidad Pitajones. 3. Unidad Yaguanabo. 4. Sedimentos del Cretácico tardío-Mioceno. 5. Arco de Islas Cretácico. 6. Unidad Mabujina (Simplificado de la Figura 4 de Stanek *et al.*, 2006).

dos cúpulas metamórficas, durante más de 20 años [Millán, 1978; Millán y Myczynski, 1978; Millán y Somin, 1981; Millán y Somin 1985a y 1985b; Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Millán Trujillo, 1990; Millán y Álvarez-Sánchez, 1992; Millán, 1997]; no confirmaron la interpretación de que la unidad tectónica superior, con su corte estratigráfico estable, efectivamente descansando

sobre el resto de todas las unidades del Escambray, pudiera denominarse "un melange". Poco antes del inicio del 2000; comienzan a publicarse trabajos sobre el Escambray por un grupo de académicos, quienes prestan especial atención a la petrología metamórfica y, de paso, a la cuestión de los melanges. El primero de estos trabajos, me conduce directamente a la

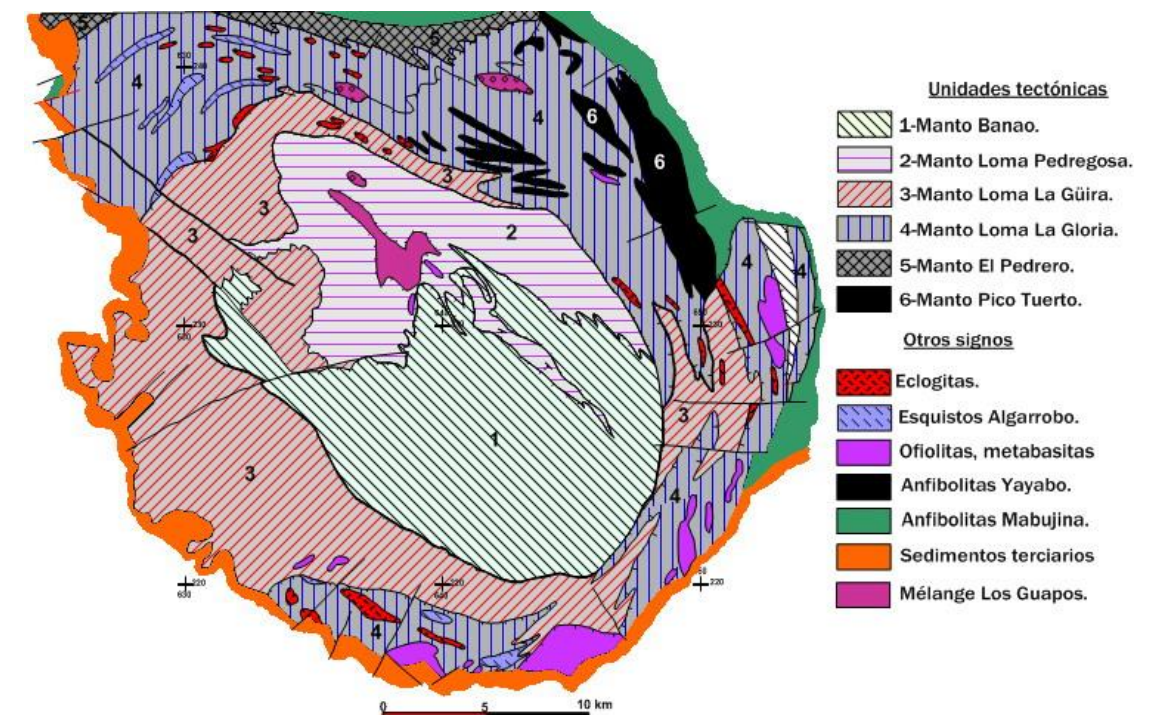


Figura.3. Esquema de los mantos tectónicos principales de la Cúpula de Sancti Spiritus, Macizo Metamórfico Escambray; delimitados sobre la base del Mapa Geológico Oficial 1:100,000 del Instituto de Geología y Paleontología (Según Álvarez-Sánchez y Bernal, 2008).

estructura que no son privativos del manto superior. Entre ellos: El mal tratamiento en la literatura de las serpentinitas, denominando a todos sus cuerpos como melanges. En el Escambray existen cuerpos de serpentinitas con bloques de esquistos cristalinos; bien caracterizados como el "Melange Los Guapos" (Álvarez Sánchez y Souček, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); con el aspecto de "diapiros" que irrumpen a presión a través del manto superior. Otras son masas de antigorititas que

carecen de bloques de cualquier clase o solo de metasomatitas y yacen en la frontera tectónica de la base del manto superior; como es el cuerpo de Loma de Los Guaos de la Cúpula de Trinidad (Figura 4). Otros cuerpos de serpentinitas solo contienen bloques de metabasitas sin ninguna clase de bloques cristalinos; que son "formaciones rotas" o, inclusive conservando una estratificación magmática ofiolítica primaria. Es decir, tres clases de cuerpos de estructura y composición diferente. A

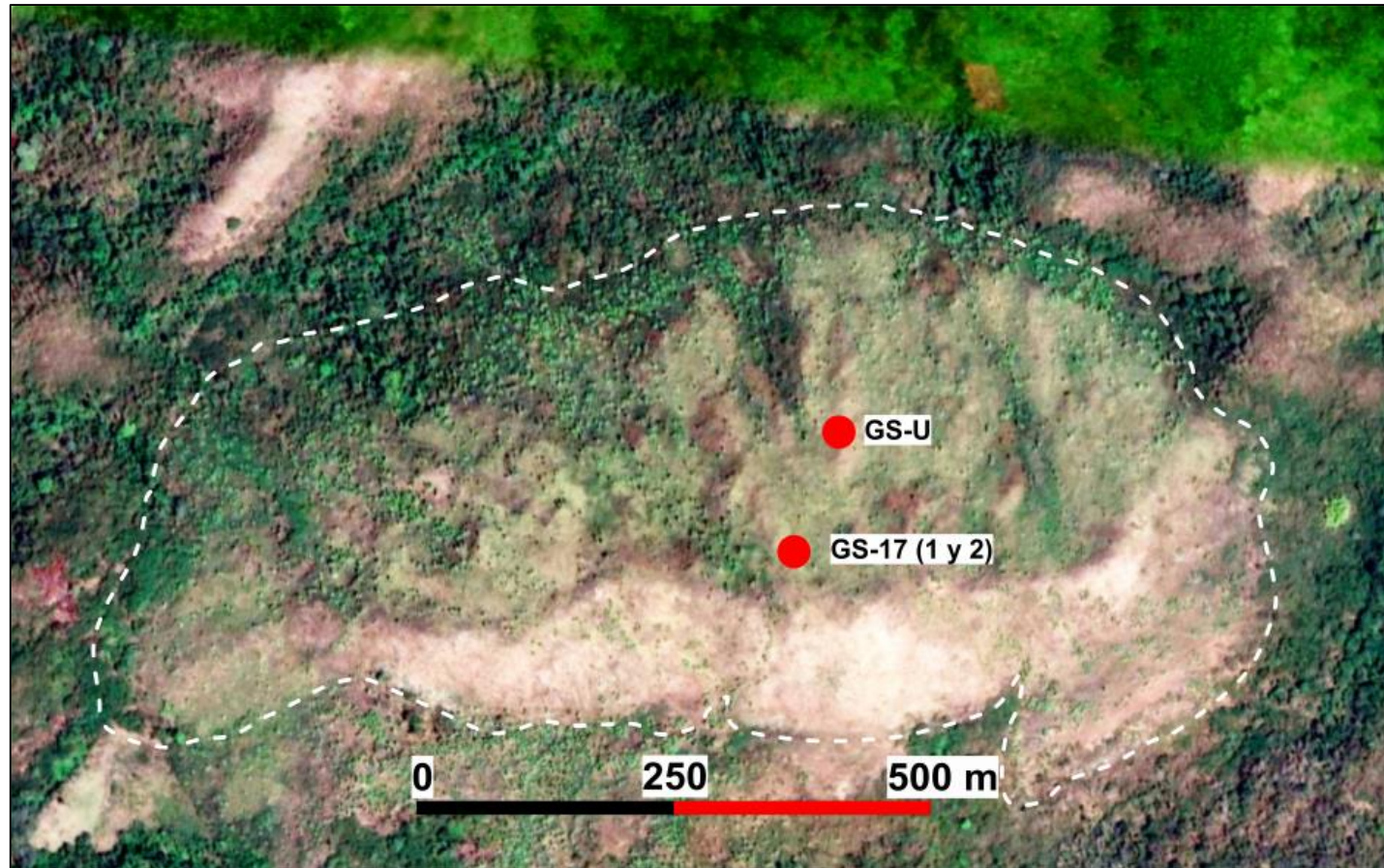


Figura.4. Serpentinitas de Loma de Los Guaos, al NE de la Cúpula de Trinidad, formado por antigorititas masivas, yacentes en la frontera tectónica entre la Unidad 3 de Orden Superior de Millán (1997), o la Unidad Carlota de Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; o el "manto de cabalgamiento superior", de Stanek *et al.*, 1981 y la Unidad 2 de Orden Superior de Millán; o Unidad Tectónica Crucecitas de Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; al sur. (Las muestras son de MacDonald,

los que se suman las serpentinitas identificadas por Hill (1959) derivadas de cuerpos de metagabros de composición prácticamente ultrabásica, de posición tectónica equivalente a la de cualquiera de los restantes cuerpos de serpentinita.

En localidades innumerables en ambas cúpulas se producen inyecciones a presión de serpentinitas, fluyendo hacia el interior de fallas y hasta pequeñas grietas de plumaje, entre secciones coherentes de una misma

formación, sin que ello determine alguna pérdida en la continuidad del corte estratigráfico. Esos casos, terminan por convencer a muchos, sin la suficiente experiencia en el Escambray, que se encuentran en presencia de alguna clase de melange.

Campos densos de fallas sintéticas que dan una apariencia "desordenada" a escamas tectónicas de metacarbonatos frágiles en contacto con metaterígenos dúctiles, en sectores moltiplegados. Los metacarbonatos

fragmentados por cizalla; en las condiciones de un mal afloramiento dan el aspecto de falta de continuidad. Pero los cortes profundos de ríos y las perforaciones no confirman que se trate de un melange, sino en todo caso una "formación rota" y solo por sectores. Localidades pueden observarse en la región de La Carlota, en la Cúpula de Trinidad.

Ahora bien. ¿Empleó Stanek el término megamelange? No en Stanek *et al.*, 2006. Pero al parecer sí en Grevel *et al.*, 2006, apenas meses después. En el último trabajo que estuvo a mi disposición (Stanek *et al.*, 2018) se puede encontrar un par de frases bastante confusas. Una donde se llama a la Unidad Gavilanes "una mezcla similar a un melange de rocas sedimentarias e ígneas derivadas de un margen pasivo con láminas exóticas de corteza oceánica y serpentinita". La otra referida a las profundidades de enterramiento "para varias partes de esta megamelange".

En términos de la imprecisión de los conceptos, la tesis sostenida por Stanek y asociados se encuentra en un nivel de posible aceptación, en contraste con los extremos a los que llegan Hattori y Guillot (2007) al caracterizar a la totalidad del Macizo metamórfico Escambray como un melange.

Ningún comentario por mi parte en cuanto a discutir la forma en que escribe cada cual y consigue, enfatizar la intrascendencia de las palabras que utiliza. Mi preocupación por el uso riguroso de los términos es probablemente estéril, ya que en el fondo quizá no tenga importancia alguna el uso de las palabras en geología cuando se usan sin un significado circunscrito y conciso. Y porque no representen algo concreto en términos de la realidad de la estructura o por causa de un acuerdo implícito de no prestar importancia alguna al peso de las palabras. Lo cierto es que desde mi percepción del problema la relación entre ciencia y lenguaje no es posible eliminarla del problema de demarcación entre ciencia y no-ciencia

#### Conclusión final.

¿Qué es al fin un megamelange? En mi indagación sobre el significado de esta palabra en la literatura sobre los melanges y sin ocultar mi desagrado por su futilidad, encuentro su carencia de algún significado científico particular. Me parece un ocioso e innecesario ejercicio semántico en la ciencia geológica cuyo uso depende de preferencias de cada cual. Y lo interpreto como producto

del afán, común entre muchos geólogos, de crear neologismos inútiles y la fascinación al utilizar una palabra que pretende definir algo más allá de lo visible; ya sea honestamente o por motivo de sentir una especie de cosquilleo intelectual de novedad.

Identificar y describir una masa desordenada y compuesta de fragmentos heterogéneos como un melange, requiere cautela y gran volumen de información. De forma adicional es necesario autodisciplina; porque basta con llamar melange o megamelange a un objeto de apariencia geológicamente desordenada cediendo a la tentación y obtener aceptación general del público escaso de práctica y experiencia; ya que la palabra posee un cierto ingrediente cautivador, sugestivo y atrayente en la geología.

Interpretar cuerpos aflorados como melanges, sin serlo, puede causarse por cartografía incompetente, entendimiento erróneo de la tectónica de fractura y estimados erróneos de las relaciones entre cuerpos rocosos. Otra posibilidad, es dar por correctas explicaciones previas (*magister dixit*) sin examen crítico ni conocimiento del terreno. Así que, deslizarse de la necesidad y conveniencia hacia la inutilidad y la confusión, es frecuente. El uso impreciso de conceptos puede transformar las palabras en redundancias sin contenido o en metáforas falsas. Así puede ocurrir con el término megamelange.

No hay como justificar en la ciencia el abuso de términos ambiguos e indefinidos. O la geología acepta los requisitos del lenguaje científico, como ciencia respetable, o no los cumple, en cuyo caso se trata de pseudociencia. La excesiva abundancia de términos inexactos, especulativos, condicionales y supuestos en los escritos geológicos, demuestra la inmadurez de la ciencia sobre ciertos problemas o las insuficiencias de los redactores de las descripciones. Los geólogos son los científicos que más necesitan un manejo riguroso del lenguaje y no existe razón para que tal exigencia no se refleje en la descripción de los fenómenos geológicos.

#### Referencias

- Abbate, E, Bortolotti, V y Passerini, P, 1970, *Olistostromes and olistoliths. Sedimentary Geology, Volume 4, Issue 3, p. 521-557.*  
 Álvarez Sánchez, H., 1975, *Estratigrafía de la parte Occidental de la llanura costera y piedemonte de la Provincia de Pinar del Río. Cuba. Arch. Inst. de Hidroec. P. del Río, 49 págs. 17 figs. 1 map. (inédito).*



- Álvarez-Sánchez, H. F. y Bernal, L. R., 2008, Dilemas en la litoestratigrafía y el metamorfismo en la tectónica de mantos del Macizo Metamórfico Escambray. *En Academia edu*. 35 pags. 17 figs.
- Bailey, E. B., and W. J. McCallien, 1950, The Ankara Mélange and the Anatolian Thrust. *Nature*, volume 166, pages 938–940 (1950).
- Bailey, E. B., and McCallien, W. V., 1953, Serpentine lavas, Ankara Mélange and the Anatolian Thrust. *Transactions of the Royal Society Edinburgh*, 62, 403–442.
- Brezsnyanszky, K., y Jenó, B., 1992, El Mélange Ofiolítico de Holguín y sus características estructurales. *En Contribución a la Geología de Cuba Oriental*, IGPAAC, La Habana. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. 1992. No. 20.
- Buckman, S., Aitchison, J. C., 2004, Tectonic evolution of Paleozoic terranes in West Junggar, Xinjiang, NW China. In: *Malpas, J., Fletcher, C.J., Aitchison, J.C. (Eds.), Aspects of the Tectonic Evolution of China: Geological Society, Special Publication, London 226, 101–129*.
- Cobiella Reguera, J., 1978, Una mélangé en Cuba oriental. *La Minería en Cuba*, Vol. 4, No 4, 46–51.
- Coward, M. P., Jan, M. Q., Rex, D., Tarney, J., Thirlwall, M., and Windley, 1982, Geo-tectonic framework of the Himalaya of N Pakistan. *Journal of the Geological Society*, 139, 299–308, 1 May 1982.
- Chang, Chung-Pai; Angelier, J., Huang, Chi-Yue, 2000, Origin and evolution of a mélangé: The active plate boundary and suture zone of the Longitudinal Valley, Taiwan. *Tectonophysics* 325 (1): 43–62 · October 2000.
- Dilek, Y., Festa, A., Ogawa, Y., and Pini, G. A., 2012, Chaos and geodynamics: Mélanges, mélangé-forming processes and their significance in the geological record. *Tectonophysics* 568–569, 1–6. *Special Issue*. (in L. Jolivet, M. Liu, F. Storti, H. Thybo and A. Yin).
- Dobretsov, N. L. & Buslov, M. M., 2004, Serpentinic Mélanges Associated with HP and UHP Rocks in Central Asia. *International Geology Review*. Volume 46, 2004 - Issue 11.
- Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H. (Editores), 1986, Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H. Mlcoch, B.; Mañour, J.; Lledíaz, P.; Molak, B.; Vázquez, C.; Snopkova, P.; De los Santos, E.; Soucek, J.; Pérez, M.; Mihailova, A.; Bernal, I.; Zoubek, J.; Ordoñez, M.; Soucek, J.; Morousek, J.; Svetska, J.; Marshall, W.; Pérez-Conde, R.; González, E.; Rodríguez, R., 1986, Informe Final del levantamiento geológico y evaluación de los minerales útiles en escala 1:50,000 del Polígono CAME-I, Zona Centro. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana*. 1,402 Págs. 250 mapas. (Inédito).
- Festa, A., Pini, G. A., Dilek, Y., Codegone, G., 2010, Mélanges and mélangé-forming processes: a historical overview and new concepts. *International Geology Review*. Vol. 52, Nos. 10–12, pp 1040–1105.
- Festa, A., Dilek, Y., Pini, G. A., Codegone, G., Ogata, K., 2012, Mechanisms and processes of stratal disruption and mixing in the development of mélanges and broken formations: Redefining and classifying mélanges. *Tectonophysics* (2012), doi:10.1016/j.tecto.2012.05.021.
- Flores, G., 1955, Discussion in Beneo, E (1955): Les resultats des études pour la recherche pétrolifere en Sicily. *Proc. IV World Petroleum Cong. Rome Sec. 1/A& Boll. Soc. Geol. Ital.* (1956), 78: 1-26 (109-124).
- Flores, G., 1959, Evidence of slump phenomena (olistostrome) in areas of hydrocarbon exploration in Sicily. *5th World Petroleum Congress, 30 May-5 June, New York, USA (WPC-8013)*. *Proc. Sec. 1.*, pags. 259-275.
- Gansser, A., 1974, The ophiolite mélangé: A world-wide problem on Tethyan examples: *Ecolgae Geologicae Helvetiae*, v. 67, p. 479–507.
- Greenly, E., 1919, The Geology of Anglesey. *Memoirs of the Geological Survey. England & Wales. Jan Truscott and Son, Ltd. London*. 444 pp.
- Greenly, E., 1919, The Geology of Anglesey. Memoir of the Geological Survey of Great Britain, 2 vol. HMSO, London. 980p.
- Grevel, C., 2000, Druck-und Temperaturentwicklung der metamorphen Deckeneinheiten des Escambray Massives, Kuba (Pressure and temperature history of the metamorphic nappes of the Escambray Massif, Cuba). *Unpublished Dr. rer. nat. Thesis, Ruhr-Universita't Bochum, Germany*.
- Grevel, C., Maresch, W. V., Stanek, K. P., Grafe, F. and Hoernes, S., 2006, Petrology and geodynamic significance of deerite-bearing metaquartzites from the Escambray Massif, Cuba. *Mineralogical Magazine, October 2006, Vol. 70(5)*, pp. 545–564.
- Hattori, K. and Guillot, S., 2007, Geochemical character of serpentinites associated with high- to ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Alps, Cuba, and the Himalayas: Recycling of elements in subduction zones. *Geophysics, Geosystems*. Volume 8, Number 9. Q09010. ISSN: 1525-2027.
- Hill, Patrick. A., 1959, Geology and structure of the north-west Trinidad Mountains, Las Villas Province, Cuba. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 70, p. 1459-1478. Baltimore.
- Hoedemaecker, Ph. J., 1973, Olistostromes and other delapsional deposits and their occurrence in the region of Moratalla (Province of Murcia, Spain). *Scripta Geol.*, No. 19, 207 págs. Leiden, Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie.
- Hsü K. J., 1968, Principles of melanges and their bearing on the Franciscan Knoxville Paradox. *Geol. Sec. of Am. Bull. V. 79*, pp 1063-1074, 2 figs, 2 pls.
- Huelves Alonso de, J. et al., 2013, Léxico Estratigráfico de Cuba. Tercera versión. *Inst. de geol. y Paleont. Serv. Geol. de Cuba. La Habana. Cuba*. ISBN: 978-959-7117-58-2.
- Iturralde-Vinent, M. A., (Editor), 2011, Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. *Primera Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba*.
- Iturralde-Vinent, M. A. (Editor), 2012, Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. *Segunda Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba*.
- Knipper, A. L., y Puig, M., 1967, Protrusiones de las serpentinitas en el Noroeste de Oriente. *Rev. De Geol. Año I. No. 1. p.182-187*.
- Knipper, A. L. y R. Cabrera, 1974, Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el miosinclinal y el eugeosinclinal y del cinturón hiperbasico de Cuba. *Contribución a la geología de Cuba. Publicación Especial No. 2, IGP-ACC, pp. 15-77*.
- Konev, P. N. y Segura Soto, R., 1979, Presencia de Olistostromas en la Región Varadero. *La Min. en Cuba. No.4*.
- Kozary, M. T., 1968, Ultramafic rocks in thrust zones of Northwestern Oriente Province Cuba. *AAPG Bull.*, 52 (12): 2298-2317.
- Macdonald, G. C., 1977, A re-evaluation of the serpentinites and serpentinized rocks of the Northwest Trinidad Mountains, Las Villas province, Cuba. *Carleton University. Thesis. Ottawa*.
- Medley, E. W., 1994, The Engineering Characterization of Melanges and Similar Block-in-Matrix Rocks (Bimrocks). *Thesis. Doctor of Philosophy. University of California at Berkeley*. 338 pp.
- Medley, E.W., and Zekkos, D., 2011, Geopractitioner approaches to working with antisocial mélanges, in Wakabayashi, J., and Dilek, Y., eds., Mélanges: Processes of Formation and Societal Significance: Geological Society of America Special Paper 480, p. 261–277, doi:10.1130/2011.2480(13).
- Mikhno, Anastasiya, Gao, Xiao-Ying, Korsakov, Andrey 2014, Sulfide associations in diamond-grade dolomitic marble from the Kokchetav massif (Northern Kazakhstan): Evidence for the sulfide melt presence at the UHP-conditions. *2014 Convention & 11th International Conference on Gondwana to Asia. IAGR Conference Series No. 20, pp.96–98*.
- Millán, G., 1978, Tectónica y metamorfismo de las secuencias mesozoicas de las montañas del Escambray, Cuba. *Tesis del Instituto de Física de la Tierra. Moscú*. 134 pp. (en ruso).
- Millán, G. y Myczynski, R., 1978, Fauna jurásica y consideraciones sobre la edad de las secuencias metamórficas del Escambray. *Acad., de Ciencias de Cuba. Informe Científico Técnico, 80. Págs. 1-14*.
- Millán, G., y Somin, M. L., 1981, Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray. *Editorial Academia. La Habana. 104 páginas*.
- Millán, G. y Somin, M. L., 1985 a, Contribución al conocimiento geológico de las metamorfitas del Escambray y del Purial. *Reporte de Investigación Nº 2. IGP. Academia de Ciencias de Cuba. 74 Pág.*
- Millán, G. y Somin, M. L., 1985 b, Condiciones geológicas de la constitución de la capa granito-metamórfica de la corteza terrestre de Cuba. *Pub. Esp. Inst. de Geol. y Paleont. La Habana. 83 p.*
- Millán Trujillo, G., 1990, Evolución de la estructura del Macizo Metamórfico Escambray, Sur de Cuba central. *En D. K. Larue y G. Draper (eds.): Transactions of the 12th Caribbean Geological Conference. St. Croix, U.S. Virgin Island., Miami Geol. Soc., pp. 82- 94*.
- Millán Trujillo, G., Álvarez-Sánchez, H., 1992, Geología del sector de La Sierrita. Cúpula de Trinidad. Macizo Metamórfico Escambray. *Instit. Geología y Paleontología, La Habana, Empresa de Geología de Santa Clara, Cuba, 40 pp. (unpubl. Report)*.
- Millán, G., 1997, Geología del Macizo Metamórfico Escambray. *En G. Furrázola-Bermúdez y K. E. Nuñez Cambra (edits.): Estudios sobre geología de Cuba. Inst. de Geol. y Paleont. Centro Nacional de Información Geológica. La Habana. Pags. 271-288*.
- Moore, T. E., 1986, Petrology and tectonic implication of the blueschist bearing Puerto Nuevo melange complex: Viscaïno Peninsula, Baja California Sur, Mexico. *In Bernard W. Evans and Edwin H. Brown eds. Blueschists and Eclogites. The Geol. Soc. of Am. Memoir 164*.
- Nagy, E., Brezenyansky, K., Brito, A., Coutin, D. P., Formell, F., Franco, G. L., Cyarmati, P., Jakus, P., Radócz, Gy., 1976, Texto Explicativo del mapa geológico de la Provincia de Oriente a escala 1: 250,000 levantado y confeccionado por la Brigada Cubano-Húngara entre 1972 y 1976. *Inédito. Biblioteca IGP. La Habana. Cuba. 788 pp.*
- Pentelenyi, L. y L. E. Garces (redactores), 1988, Informe final sobre los resultados del levantamiento geológico complejo y búsquedas acompañantes a escala 1:50 000 en el Polígono CAME-IV, Holguín, 1983-1988, Manuscrito. IGP. La Habana. Cuba.
- Pszczołkowski, A.; Piotrowska, K.; Myczynski, R.; Piotrowski, J.; Skupinski, A.; Grodzicki, J.; Danilewski, D. y Haczewski, G., 1975, Texto explicativo al mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar del Río. Brigada Cubano- Polaca, Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).
- Piotrowska, K., 1978, Nappe Structure in the Sierra de Los Órganos, western Cuba. *Acta Geol. Polonica, vol. 28, No 1. p 97-170*.
- Pszczołkowski, A., Flores, R., 1986, Fases tectónicas del Cretácico y del Paleógeno en Cuba occidental y central. *Bulletin of The Polish Acad., of Sciences. Earth Sciences. Vol. 34 No. 1*.
- Pszczołkowski, A., 1986, Megacapas del Maestrichtiano en Cuba occidental y central. *Bulletin of the Polish Acad. of Sciences. Vol. 34, No. 1*.
- Rosental, M. M. y Iudin, P. F., 1961. Diccionario Filosófico. *Acad. Ciencias. Moscú, 1961*.
- Schneider, J., Bosch, D., Monie, P., Guillot, S., García-Casco, A., Lardeaux, J. M., Torres-Roldán, R. L. and Millan Trujillo, G., 2004, Origin and evolution of the Escambray Massif (Central Cuba): an example of HP/LT rocks exhumed during intraoceanic subduction. *J. metamorphic Geol.*, 2004, 22, 227–247.
- Schertl Hans-Peter, 2015; Diamonds and the Kokchetav Massif. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 89 (supp. 2): 81-83.
- Sengör, A. M. C and Sakln, M., 2001, Structural rocks: Stratigraphic implications. Paradoxes in Geology. *Ueli Briegel and Wenjiao Xiao, eds*.
- Sengör, A. M. C., 2003, The repeated rediscovery of mélanges and its implication for the possibility and the role of objective evidence in the scientific enterprise, in Dilek, Y., and Newcomb, S., eds., Ophiolite concept and the evolution of geological thought: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 373, p. 385–445. 504 pp.
- Silver, E. A., and Beutner E. C., 1980, Mélanges. *Geology* (1980) 8 (1): 32-34.
- Solomovich, L. and Trifonov, B., 2014, Rapakivi granites within Phanerozoic collisional orogens as a possible consequence of continental subduction and following exhumation of the Precambrian crust: Evidences from the

Stanik, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Schovanik, P., Valecka, J., Koverdysnsky, B., Mlcoch, B., Zoubek, J., Vazquez, C., Mañour, J., Vyjidak, B., Holak, J., Prochazka, J., Eisenreich, M., 1981, Informe del levantamiento geológico, geoquímico y trabajos geofísicos, realizados en la parte Sur de Cuba Central, en las Provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus y Villa Clara. Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. 555 pags. (Inédito).

Stanek, K. P., 1998, Tektonische Entwicklung der nordwestlichen Karibik-Abriß der Geologie von Kuba. Habilitationsschrift, Freiberg, 145 S.

Stanek, K. P., Maresch, W. V., Grafe, F., Grevel, Ch., Baumann, A., 2006, Structure, tectonics and metamorphic development of the Sancti Spiritus dome (Eastern Escambray Massif, Central Cuba). Geologica Acta. Vol. 4. Nos. 1-2. pp. 151-170.

Stanek, K. P., Maresch, W. V., Scherer, E., Krebs, M., 2018, Born in the Pacific and raised in the Caribbean: construction of the Escambray nappe stack, central Cuba. A Review. European Journal of Mineralogy · July 2018.

Swarbrick, R. E. and Naylor, M. A., 1980, The Katikas mélangé, SW Cyprus. Sedimentology. Vol. 27. Nº. 1.

Theunissen, K., Dobretsov, N. L., Korsakov, A., Travin, A., Shatsky, V., Smirnova, L., Boven, 2001, Two contrasting

petrotectonic domains in the Kokchetav megamélange (north Kazakhstan): Difference in exhumation mechanisms of ultrahigh-pressure crustal rocks, or a result of subsequent deformation? Island Arc 9 (3) : 284-303 · December 2001.

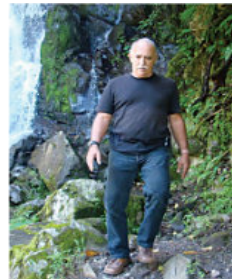
Wakabayashi, J., 2008, Franciscan Complex, California: Problems in recognition of mélanges, and the gap between research knowledge and professional practice. ARMA 08-357.

Wakabayashi, J. and Dilek, Y., 2013, Introduction: Characteristics and tectonic settings of mélanges, and their significance for societal and engineering problems. Geological Society of America Special Papers 2011;480;v-x doi: 10.1130/2011.2480(00).

Wallace R., 1984, Faulting Related to the 1915 Earthquakes in Pleasant Valley, Nevada. U. S. Geol. Survey. Professional Paper 1274-A, B.

Wenjiao Xiao, Shu Sun, Jiliang Li and Haihong Chen, 2001, Early Mesozoic collapse of the Late Paleozoic archipelago in south China. Paradoxes in Geology, Ueli Briegel and Wenjiao Xiao, eds. 9 2001 Elsevier Science B.V.

Williams, H., and Stevens, R. K., 1974, The Ancient Continental Margin of Eastern North America. En Burk, C.A. and Drake, Ch. L., (editors), 1974, The Geology of Continental Margins. Springer-Verlag, New York.



Técnico geólogo a los 16 años, el ingeniero cubano **Humberto Álvarez Sánchez** culmina 54 años de profesión. Por años realizó estudios de la Cordillera de Guaniguanico y en los macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central. Autor de 18 formaciones y litodemas de la estratigrafía cubana. Miembro de la subcomisión del Jurásico del primer Léxico Estratigráfico de Cuba. Descubridor del mayor depósito de fosforitas marinas de Cuba. Country Manager y Senior Geologist de Juniors canadienses, panameñas y de Estados Unidos; exploró en los greenstone belts de Uruguay; en terrenos Paleozoico-Mesozoicos en Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso do Norte en Brasil; en los Andes de Perú y en Honduras, en Panamá y otros países. Miembro de la Comisión Ministerial “Ad Honorem” del Plan Maestro de Minería de Panamá. Nombrado por el Banco Interamericano de Desarrollo Consultor Senior para el proyecto geocientífico de minería de Panamá y miembro de la Misión Especial del Banco para entregarlo al Gobierno del país. Consultor del BID para la descentralización de la Autoridad Nacional del Ambiente panameña. Formerly Miembro del Consejo Científico de Geology Without Limits. Formerly Representante para América Central del Servicio Geológico de la Gran Bretaña. Director de Miramar Mining Panamá se dedica a redactar obras sobre geología de Cuba.

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

# ADMIRADOR DEL PAISAJE GEOLÓGICO

**José María Velasco: Paisajista y Naturalista Mexicano; Arte y Ciencia Natural: El Análisis del Paisaje en la Pintura**

Salvador Ortuño Arzate  
Universidad Nacional Autónoma de México



En Temascalcingo, Estado de México, nace José María Velasco, el 6 de julio de 1840, en el seno de una familia provinciana que gozaba de una posición económica confortable y de cierta preparación cultural. Sus padres fueron don Felipe Velasco y doña Antonia Gómez Obregón. Su abuelo paterno fue don Ramón Velasco quien ocupó diferentes cargos públicos gubernamentales en su pueblo natal. Para José María, el abuelo fue modelo de hombre probo y de evidente moralidad. Ya en la ciudad de México, José María y su hermano Ildefonso inician la educación básica en el Colegio Lancasteriano de Santa Catarina Mártir. Posteriormente, José María continuó sus estudios en la Escuela La Divina Providencia, donde descubrió, con interés y gran gusto, el dibujo y la pintura.

Entusiasmado por su recién descubierta vocación, José María ingresa a la Academia de Bellas Artes de San Carlos, donde inició sus estudios de dibujo bajo la dirección del maestro Miguel Mata, y posteriormente con el profesor Juan Urrichi. Sin embargo, fue hasta 1958 cuando José María fue alumno regular y de tiempo completo en la Academia de San Carlos. Entre los conocimientos previos requeridos estaban historia general e historia del arte, arquitectura clásica, anatomía y perspectiva del dibujo, y conocimientos fundamentados en reproducciones y modelos de yeso.

Cuando la Academia de San Carlos se sobrepuso de las crisis económicas causadas por la guerra de Independencia y la invasión norteamericana, fueron contratados profesores invitados de la Academia de San Lucas de Roma. Entre los profesores eminentes contratados estaba los catalanes Pelegrin Clavé y el escultor Manuel Vilar. Otro profesor invitado fue Eugenio Landesio, quien fue propuesto para impartir las cátedras de perspectiva y pintura del paisaje. Estos maestros de la Academia provenían de la escuela clasicista europea, imperante en Europa durante la primera mitad del siglo XIX. Eugenio Landesio, al visitar la capital del país, quedó maravillado por la majestuosidad del valle de México. Por ello, el crítico de arte Enrique Gual expresó: “Landesio nace en México como Gauguin nace en Tahití, hastiados

ambos de la rutina.” Asimismo, se puede afirmar que el género del paisaje en México, nació como práctica pictórica regular e institucional gracias a la influencia de Landesio. La estancia de Landesio en la Academia se prolongó por más de veinte años, y devino un promotor del estilo académico purista. Siendo Landesio, además metódico y disciplinado, fue el formador de una reconocida generación de paisajistas mexicanos. Entre sus alumnos se destacaron, primeramente, José María Velasco, y José Jiménez y Luis Coto. Como profesor, Landesio fue excelente dibujante, y experto en la perspectiva, realizando obras monumentales de singular encanto.

La escuela mexicana de paisajistas (ya influenciada al inicio del siglo XIX por las academias europeas, que impregnaron en la escuela mexicana el sentido de la historia, el retrato y la mitología), fue complementada por la contribución académica de Eugenio Landesio, en el magno sentido del paisaje. En tal contexto, la dedicación y las virtudes de Velasco dieron frutos formidables, llegando a dominar magistralmente este género pictórico. Por su historia, la Academia de San Carlos representaba en los siglos XVIII y XIX la sensibilidad neoclásica progresista y, en cierta medida, positivista, como resultado de las influencias del desarrollo de las nuevas ideas en la ciencia y la filosofía, y las ciencias naturales de esos siglos.

Además de sus éxitos como pintor paisajista, Velasco estudió botánica, zoología y ciencias naturales, llegando a ser el más constante, disciplinado y apasionado de los pintores de su generación. En el cultivo de las ciencias naturales, Velasco estudió además Geología, física y matemáticas en el Palacio de Minería. Asimismo, fue un incansable autodidacta y gran lector, amante del saber. En

la XII Exposición de la Academia de San Carlos, 1862, José María fue galardonado con la Medalla de Plata y un diploma firmado por el director de la Academia, el maestro Pelegrín Clavé; recibiendo, además, los primeros elogios de los críticos de arte del periódico El Siglo XIX. Posteriormente, gana nuevamente la Medalla de Plata y Diploma en la exposición anual de la Academia en 1862, por la exposición de su obra *Cabrío de San Ángel*.

José María sustentó sus obras pictóricas en dos elementos: una técnica de dibujo muy rigurosa y la observación minuciosa del paisaje, apoyado en estudios detallados de la naturaleza. Preliminarmente a la realización de una obra, dado su conocimiento de las formas de la naturaleza, José María realizaba estudios a lápiz, bocetos al óleo de rocas, formas del relieve, hojas, flores, nubes, árboles, etcétera. De ahí, la magnífica reproducción de los detalles y formas de los elementos naturales, así como los diferentes planos de las imágenes, el manejo de veladuras, líneas de perspectivas; asimismo, el juego de luces y sombras que proporcionaban los volúmenes de las formas representadas. Igualmente, por la presentación de la pintura *La Alameda de México* en 1863, se hace acreedor a la Medalla de Plata y diploma. En la misma categoría de pintura al natural, Velasco presenta la pintura *La caza* (1860-65) en la Academia, por lo que recibe nuevamente la Medalla de Plata al mérito de manos de Maximiliano de Habsburgo. En esta pintura, logra una magnífica representación del México precolombino donde aparecen dos indígenas participando en actividades de cacería; en el plano del fondo se despliega un magistral paisaje del lago de Texcoco, y la ciudad de Tenochtitlán.

Velasco, en una carrera deslumbrante y productiva, y de grande actividad artística, culmina, brillantemente, sus estudios profesionales en la Academia de San Carlos en 1868. En este año terminal de estudios, y siendo la Academia nominada como Escuela Nacional de Bellas Artes, recibe de manos del presidente Juárez, el reconocimiento por su pintura *Ahuehuetes y Castillo de Chapultepec*.

#### **José María Velasco, académico de la Escuela Nacional de Bellas Artes**

José María llega a ser profesor de perspectiva en la Academia en 1868, nombrado por el mismo presidente Juárez. Gracias al impulso propiciado por el gobierno y particularmente por el doctor José María Luis Mora para fundar instituciones y academias, la ciencia y la investigación recibieron un gran impulso. Paralelamente, la ciencia y la técnica comenzaron a formar parte de la cultura mexicana, así como la literatura y las artes plásticas. En tal contexto, Velasco participaba en la publicación de la revista *Flora del Valle de México*, donde

publicaba litografías de estudios botánicos. Realizó dieciocho placas litográficas para estos estudios de plantas. Fue vocación de José María el estudio continuo de temas de las ciencias naturales durante toda su vida. Por ello, fue miembro destacado de la *Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Esta sociedad realizaba investigaciones y estudios en ciencias naturales como la Geología, paleontología, mineralogía, zoología y botánica. Asimismo, en la revista *Naturaleza*, órgano oficial de la institución, José María publicó varios ensayos sobre las ciencias naturales.

A partir de 1880, José María inicia su colaboración con el Museo Nacional Mexicano ilustrando artículos que se presentaban en las ediciones de la revista *Anales del propio museo*. Asimismo, realizó dibujos y gráficos de temas de ciencias naturales, de las piezas y temas de las culturas precolombinas de México (por ejemplo, el Calendario Azteca, la Coatlicue, el Chac-Mool, códices, monumentos de Teotihuacán). En esta época (1878) crea obras como la *Pirámide del Sol*, *Pirámides del Sol y de la Luna*. Velasco también es designado profesor de perspectiva y paisaje en la Academia y preconizaba, en la enseñanza, el estudio y análisis del paisaje como premisa para discernir los fenómenos y la vitalidad esenciales de la naturaleza y, por ende, asegurar con éxito la reproducción y creación pictórica. La pintura se tenía que ejercer al natural, observando el objeto de la creación artística: es decir, la naturaleza. Hacia 1890, Velasco ejerció la fotografía como elemento de trabajo y como fotógrafo del Museo Nacional; fotografiando monumentos, códices y diversos objetos, así como en zonas arqueológicas, para estudios y análisis científicos formales.

#### **Viajes y Obras Paisajistas Monumentales**

Velasco acostumbraba realizar recorridos en zonas campestres y poblaciones de provincia como Veracruz, Orizaba, Oaxaca lo cual capitalizó para estudiar y pintar variados paisajes, y realizar estudios de macizos rocosos. Ponía especial énfasis en el conocimiento de sus estructuras y clasificación petrológica de las rocas inherentes a esas formaciones naturales. A partir de estos viajes de exploración y contemplación de paisajes naturales, José María comienza su etapa de creación artística monumental como paisajista excepcional. Esta época es el inicio de sus obras magistrales de gran formato. Entre éstas se pueden nombrar creaciones paisajísticas majestuosas como, por ejemplo: *Uno de los grandes ahuehuetes* (1871), *Valle de México desde el cerro Atzacolco* (1873), *Peñascos del cerro de Atzacolco* (1873), *Vista del Valle de México* (1873), *Rocas del Tepeyac* (1874), *Vista de la ciudad de Tlaxcala* (1874), *Barranca de Agua Santa en Tlaxcala* (1874), *Bosque de Pacho* (1875), *Volcán de Orizaba* (1876).

Por la creación de la pintura *Valle de México desde el cerro Atzacolco*, José María recibió la Medalla de Oro en 1873, la más alta condecoración, que le fue entregada por el presidente de la República, entonces, don Sebastián Lerdo de Tejada. En Oaxaca Velasco realizó varias obras como *Vista de la ciudad y valle grande de Oaxaca*, *Vista de Mitla*, *Guelatao*, *Cardón*, *Catedral de Oaxaca*. Así mismo, pintó una gran variedad de flora, y realizó estudios geológicos y arqueológicos en el área. Otra obra maestra pintada por Velasco, en 1901, fue *Valle de México visto desde Chapultepec*. En ese mismo año pintó *Valle de México tomado desde el Tepeyac*. Ambas obras de gran majestuosidad y donde se aprecia una profusión de luz y contrastes en la inmensidad del espacio etéreo y geológico. Velasco resaltaba la grandiosidad del valle, sus montañas y los dos magníficos volcanes que custodiaban su singular belleza. Así, la percepción de la pintura del paisaje, provoca un sentimiento profundo de plenitud, magnificencia y calma infinitas por la poesía inscrita profusamente en la naturaleza.

#### **Participación en Exposiciones Internacionales**

Velasco prepara su segunda gran obra monumental: *Valle de México desde el cerro de Santa Isabel* (pintada *in situ*, en 1875), para participar en la Exposición Universal en Filadelfia, (*Centennial International Exhibition*), en Estados Unidos. En esta exhibición internacional participaron, además, dieciséis artistas mexicanos como Félix Parra, Salomé Piña, Felipe Gutiérrez, Santiago Rebull, Pellegrín Clavé, entre otros. Velasco obtuvo el Primer Premio de la exposición. Además, le fueron comandadas catorce copias de la obra allí presentada.

Posteriormente, José María asiste a la Exposición Universal de París de 1878, en la que expone igualmente su obra monumental: *Valle de México desde el cerro de Santa Isabel*, óleo sobre tela, en formato de 160 x 229 cm. Obra pintada durante los meses de marzo a mayo con luz promedio de las tres de la tarde. La obra es de gran majestuosidad, por la dimensión del espacio representado y las distribuciones de las luces y sombras abrazando los elementos naturales, desde el cielo y hacia las formas metafóricas del relieve. La obra maestra fue admirada en París por millones de visitantes, así como por la crítica francesa. La obra de Velasco permaneció en la tradición académica del paisaje. Ya en la época de la Exposición Universal de París, el impresionismo francés estaba impactando fuertemente el mundo de la pintura europea.

Velasco vuelve a participar en una exposición universal: la Gran Exposición Universal en Nueva Orleans. En esta ocasión presentó sus obras *Barranca de Metlac* y *Valle de México*. Posteriormente, participa nuevamente en una segunda Exposición Internacional de París en 1889; donde

expone sesenta y ocho obras pictóricas. La exposición de Velasco tuvo excelente éxito en la crítica francesa; es condecorado como Caballero de la Legión de Honor de la República Francesa. Nuevamente asiste, en 1893, a la Exposición *World's Columbian Exposition de Chicago*. En esta muestra presenta *Lumen in caelo*, por la cual obtuvo *Medalla y Diploma de Mención Honorífica*. También, es condecorado con la *Cruz de la Orden de Francisco José*, por el emperador de Austria, Francisco José I.

#### **Velasco en las Ciencias Naturales: el Instituto Geológico Nacional**

Para el Museo Nacional, Velasco realizaba diferentes trabajos de fotografía, de pintura y dibujo para ilustrar variados temas como mapas, objetos históricos, temas de ciencias naturales. Entre éstos se cuentan diversos óleos tratando la flora marina y terrestre de varios periodos de tiempo geológico que realizara para el Instituto Mexicano de Geología, y los cuales fueron expuestos en las salas de este recinto de las ciencias geológicas. El Instituto Mexicano de Geología será, después, el nuevo Museo de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Destacan, igualmente, los gráficos e ilustraciones pintados por Velasco para diferentes proyectos del Instituto Geológico, intitulados: *Evolución de la vida marina en el globo terrestre*, *Evolución de la vida continental en el globo terrestre*, *Flora del Valle de México*, *Flora de los alrededores de México*, y *Flora universal iconográfica* y cuatro artículos publicados en la revista de la institución. Si bien estas obras adolecen de información precisa y verificada de carácter científico geológico, dado el incipiente desarrollo del conocimiento de las ciencias naturales en esa época, constituyen aproximaciones coherentes a la comprensión de los fenómenos geológicos y de la historia de la vida en el planeta. Su obra contribuyó a la ilustración de temas científicos, coadyuvando al desarrollo de la ciencia en el país. Finalmente, arte y ciencia comparten el anhelo por la aprehensión del mundo: en esta conjunción, José María Velasco creció materializando monumentales e imperecederas obras artísticas.

La carrera profesional de José María Velasco como pintor y naturalista se extenderá durante cuarenta y cuatro años, creando más de trescientas pinturas al óleo, además de acuarelas, litografías y obras en miniatura. Su sólida evolución estética produjo obras maestras de gran impacto estilístico, coincidiendo con los determinantes y fundamentales acontecimientos históricos de una época crucial de la historia de México. Es la etapa de la construcción del México republicano protagonizado por las luchas liberales y la brillante trayectoria política y social de don Benito Juárez García. En su libro *El Arte de la*

*Pintura*, Velasco escribe: “El talento y la imaginación no pueden ser enseñados, son aptitudes naturales que pueden desarrollarse a través del estudio y la práctica.” Siempre preconizó el estudio formal y dedicado, como base del arte y el conocimiento de la naturaleza.

De acuerdo con Aristóteles, la ciencia es la disciplina que estudia el conocimiento racional de lo universal, y a través de la historia de la humanidad, las formas de crear ciencia han sido variadas, y la pintura ha llegado a ser una manera prodigiosa de crearla. José María Velasco estudio y recreó decenas de láminas con la descripción detallada de la morfología de plantas y algunos animales. Eugenio Landesio, emérito maestro de Velasco, influyó definitivamente en éste por su sensibilidad al estudio de las especies naturales de animales y plantas, así como en la descripción del mundo físico y la pintura del paisaje como bosquejo de conocimiento natural. Ambos eran meticulosos en la exploración de paisajes en los sitios naturales, eligiendo las épocas del año, las horas de luz y la representación del detalle natural, en forma visible, sensible y artística. La aproximación epistemológica al paisaje tiene como objetivo aprehender, en el sentido de “capturar”, la esencia y las leyes de la naturaleza en su profundidad, y recrearla en forma sensiblemente artística. Además de esto, Velasco poseía una profunda preparación en la historia natural, la cual manifestó en la representación de plantas, árboles, formaciones geológicas, variedades de conjuntos nubosos y cielos en variadas condiciones meteorológicas. Sus conocimientos de Geología y ciencias naturales fueron determinantes en su creación artística. Conocía, al parecer, los desarrollos conceptuales sobre el tiempo geológico de su época. Además de su sentido de naturalista consumado, Velasco reflejó sus concepciones estéticas dentro del romanticismo imperante de su tiempo; impregnando, además, su pintura de rasgos naturalistas, costumbristas, alegóricos, indigenistas e históricos.

Es evidente que Velasco dominaba la noción de la regla de oro, o dimensión áurea, con la cual reconstruye, sobre el plano de la tela, el espacio y la horizontalidad del valle, y en el cual, despliega cada uno de los planos del paisaje que se suceden y entrelazan angularmente, formando una perspectiva tridimensional majestuosa. La resolución de los ángulos de cada plano logra la visión tridimensional. Esa visión panorámica que Velasco observaba al pintar, logra transmitirla a la percepción del observador y que, gracias a ello, logrará ubicarse en el espacio tridimensional del panorama paisajístico como si observara la realidad. El primer plano muestra todos los detalles mínimos y la visión se fuga hacia el último plano dominados por los objetos macro, las montañas y el cielo, materializando un conjunto estético impresionante. Es evidente que Velasco

fue un brillante heredero de la escuela clásica académica en el arte, seguidor de los cánones establecidos por Luca Pacioli (1445-1517) en su obra *De divina proportione* y de Leon Battista Alberti (1404-1472), que estableció la teoría de la perspectiva en su *Tratado de la pintura*. De esa talla es la majestuosidad de la pintura de Velasco, que recrea la dimensionalidad poética del espacio natural. Aunado a ello, además, las tonalidades, los colores, las luces, las sombras, las texturas...impregnan vida y temporalidad a cada pintura de Velasco. Así, Velasco logra, como el poeta de la palabra, transmitir al lector la percepción y el sentimiento que le conduce a ensoñar y metaforizar el fenómeno de la poesía y del instante poético.

Hasta el final, Velasco se mantuvo fiel a la escuela de la pintura académica que recibió y aprendió de sus profesores europeos: el Realismo, el cual concibe a la realidad como el objeto de estudio y de inspiración creativa en el arte, la realidad *per se*, como esencia de la belleza y la sensibilidad estética. No concibió desviaciones en el arte de la pintura; creó y proclamó el clasicismo académico en el crisol de las expresiones nacionales de la naturaleza y el alma mexicana, en el contexto de los trágicos, y a la vez formadores, acontecimientos históricos de la Nación mexicana durante la segunda parte del siglo XIX. Mientras Velasco se consagraba como el gran artista de la pintura emblemática nacional, Europa abordaba nuevos caminos en el arte a través del impresionismo y el postimpresionismo. Velasco conoció el nacimiento de estos nuevos caminos del arte, pero fue consecuente y fiel a sus virtudes e inspiración naturales.

El legado de José María Velasco es inconmensurable en el arte y las ciencias naturales: descubrió, y plasmó para siempre, el alma de las tierras mexicanas. Cultivó, con ahínco y amor a la tierra mexicana, la investigación y el estudio de las ciencias naturales, de la Geología, la botánica, zoología, la historia. Impregnó en su obra artística y en su noble trayectoria de vida artística, el alma, la grandeza y el espíritu de México. El gran paisajista y naturalista partió de este mundo el día 27 de agosto de 1912.

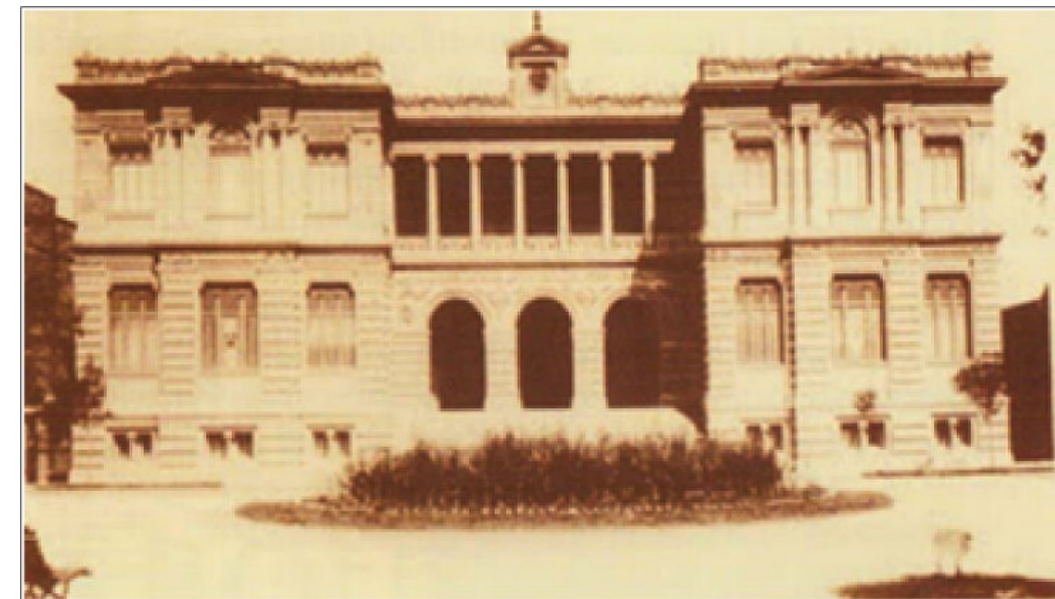
**Fuentes de información:**

Lara Elizondo L., 2011.- *Paisaje, José María Velasco y Paul Cézanne*. Promoción de Arte Mexicano. Quálitas, Compañía de Seguros.  
González Mario A. y Parra Hernández Melissa, Museo de Geología; Espacio Arquitectónico Urbano del México Independiente Siglo XIX. FES Acatlán, UNAM.  
Museo Nacional de Arte, México. FOEM, Fondo Editorial Estado de México. Altamirano Piolle, M. E. y Echeagaray, M. A., 2000.- José María Velasco. Arte Ciencia, Salud. Pinacoteca 2000.  
Galería de las obras de José María Velasco en el Museo Nacional de Arte. Tacuba, Ciudad de México.

**Catálogo de las obras más importantes de José María Velasco:**

*Baño de pescaditos*: Primer óleo;  
*El maguey*, 1859: dibujo a lápiz;  
*Hojas*, 1859: dibujo a lápiz;  
*Patio del Ex Convento de San Agustín*, en 1860: segundo gran óleo;  
Segunda versión del *Ex Convento de San Agustín*; en 1861;  
*Estudio para caza*, en 1864;  
*Ahuehuetes y Castillo de Chapultepec en 1868*;  
*Valle de México desde el cerro de Atzacualco*, 1873;  
*Vista del Valle de México desde el río de Los Morales*, 1873;  
*Tizapán y Cordillera de la Cañada de la Magdalena*, 1873;  
*Cascada de Rincón Grande*, 1874;  
*El Valle de México desde la Lomas de Tacubaya*, 1876;  
*Valle de México desde el cerro de Santa Isabel*, 1877;  
*Pirámides del Sol y de la Luna*, 1878;  
*Chapultepec*, 1878;  
*Popocatépetl e Iztaccíhuatl tomados desde el corredor de la Casa de Hernán Cortés en Cuernavaca*, 1881;  
*Puente curvo del ferrocarril mexicano en la Cañada de Metlac*, 1881;  
*Popocatépetl e Iztaccíhuatl desde el lago de Chalco*, 1882;  
*Los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl tomados desde la Calzada de San Antonio*; 1882: mural, óleo sobre tela; de aproximadamente cinco metros de longitud;  
*Vista de la Cordillera del Ajusco*, 1882: mural en óleo sobre tela de aproximadamente cinco metros de longitud;  
*Vista de Chapultepec*, 1883;  
*Vista de Chapultepec desde la Calzada de la Reforma*, 1883;  
*Popocatépetl e Iztaccíhuatl*, 1880-1885;  
*Valle de México tomado en las lomas de Tacubaya*, 1885;  
*Valle de México desde el cerro del Tenayo*, 1885;  
*Ahuehete de la noche triste*, 1885;  
*Cardo*, 1887;  
*Guelatao*, 1887;  
*Atlixco*, 1887;  
*Vista de La Carbonera*, 1887;  
*Vista de la ciudad y valle grande de Oaxaca*, 1887;

*Vista de Mitla*, 1887;  
*Vista de la fábrica de hilados La Carolina*, 1887;  
*Catedral de Oaxaca*, 1888;  
*Valle de México*, 1888;  
*Bahía de La Habana*, 1889;  
*Atlántico (Altamar)*, 1889;  
*Vista de París*, 1889;  
*Chapultepec*, 1889;  
*Valle de México desde el río de Los Morales*, 1890;  
*Volcán de Orizaba desde la Hacienda de San Miguelito*, 1890;  
*Camino a Chalco con los volcanes*, 1891;  
*Lumen in caelo*, 1892;  
*El Calvario*, 1892;  
*Hacienda de Chimalapa*, 1893;  
*Valle de México desde el cerro del Tepeyac*, 1894;  
*Hacienda de Coapa y Valle de México*, 1897;  
*Cañada de Metlac*, 1897: óleo sobre tela;  
*Valle de México desde el Molino del Rey*, 1898;  
*Valle de México tomado desde el Tepeyac*, 1901;  
*Valle de México visto desde Chapultepec*, 1901;  
*Cerro de las Campanas*, 1902;  
*Valle de México desde el Tepeyac*, 1905;  
*El Pico de Orizaba*, 1905: óleo, tarjeta postal;  
*Árboles de pirú del Tepeyac*, 1905;  
*Valle de México desde el Tepeyac*, 1908;  
*Árido camino*, 1909: óleo, tarjeta postal;  
*El Calvario*, 1909;  
*Árbol de la noche triste*, 1901;  
*Gran cometa*, 1901;  
*El Arte de la Pintura*, 1908: libro;  
*Fauna y flora marina de los períodos Silúrico y Devónico de la era paleozoica*, ca. 1904-1906: Óleo sobre cartón. Colección Museo de Geología;  
*Lecho oceánico con formas vivientes*, ca. 1904-1906: Colección Museo de Geología.



El Instituto Geológico Nacional en 1904; Fuente: González, M. A y Parra, H. M. FES Acatlán, UNAM.

# MISCELÁNEOS



*La Alameda de México*, 1866; óleo sobre tela. 70 x 97 cm. Museo Nacional de Arte.



*Valle de México desde el cerro de Santa Isabel*, 1877; óleo sobre tela. 160 x 229 cm.



*El Valle de México*, 1875.; óleo sobre tela.



*Camino a Chalco con los volcanes*, 1891. Óleo sobre tela. 189x126 cm. Colección particular.

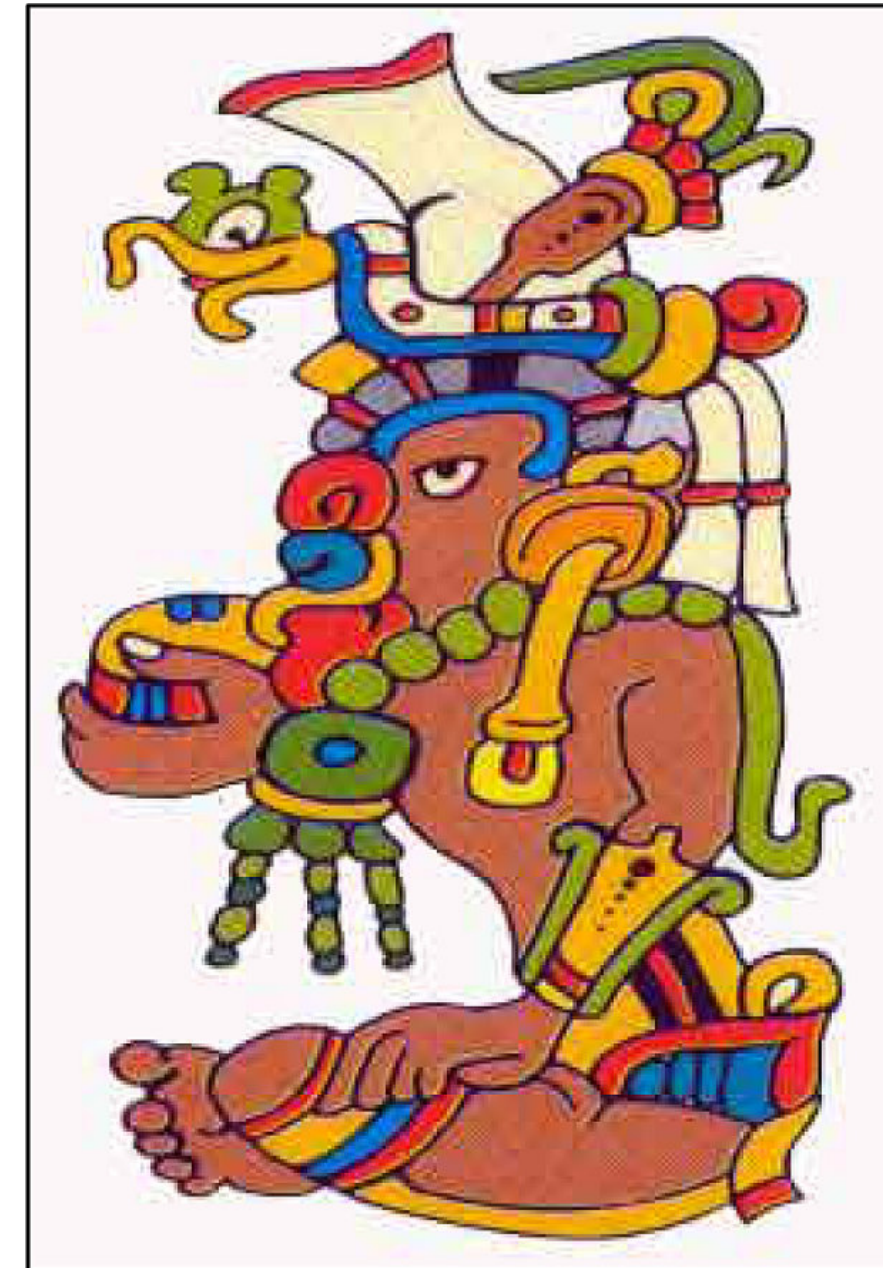


*Hacienda de Chimalapa*, 1893; óleo sobre tela. 103 x 159 cm. Museo Nacional de Arte.



Flora y fauna marina de los periodos Silúrico y Devónico, de la era paleozoica; ca. 1904-1906. Óleo sobre cartón. 260 x 140 cm. Museo de Geología, UNAM.

## Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



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

# Museo de Historia Natural, Los Angeles, California, USA

Haz click en la imagen



# La casa de los ríos

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

[https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/rivers-streams-and-creeks?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/rivers-streams-and-creeks?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

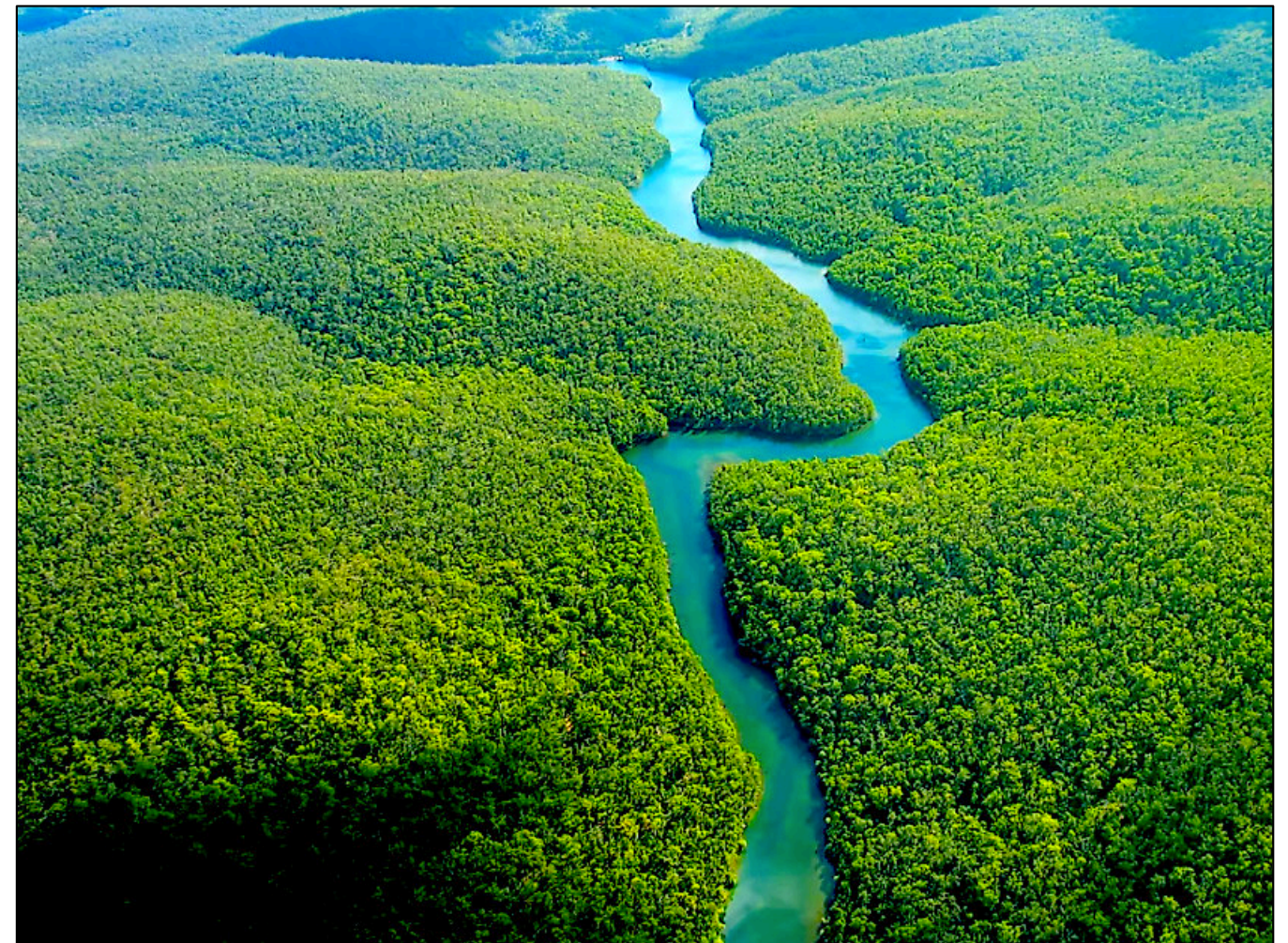
<https://www.worldatlas.com/articles/which-are-the-longest-rivers-in-the-world.html>

<https://www.britannica.com/place/Amazon-River>

<https://www.americanrivers.org/river/mississippi-river/>

<https://www.discovermagazine.com/planet-earth/the-source-of-the-nile-river-a-mystery-that-spanned-three-millennia>

<https://www.britannica.com/place/Yangtze-River/The-lower-course>



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:**

Rawtherapee: [www.rawtherapee.com](http://www.rawtherapee.com)

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

XnViewMP: <https://www.xnview.com/en/xnviewmp/>

**Estadística:**

Past4: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>

**Open Geoscience:**

<https://github.com/softwareunderground/awesome-open-geoscience>

**Para GIS:**

GIS: <https://grass.osgeo.org>

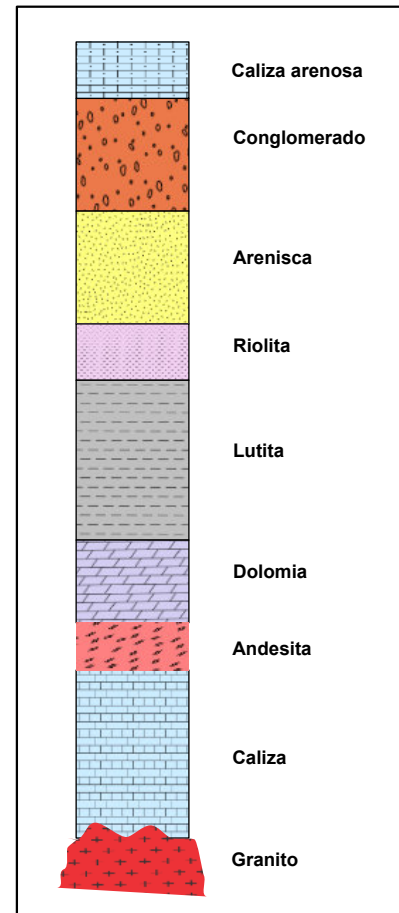
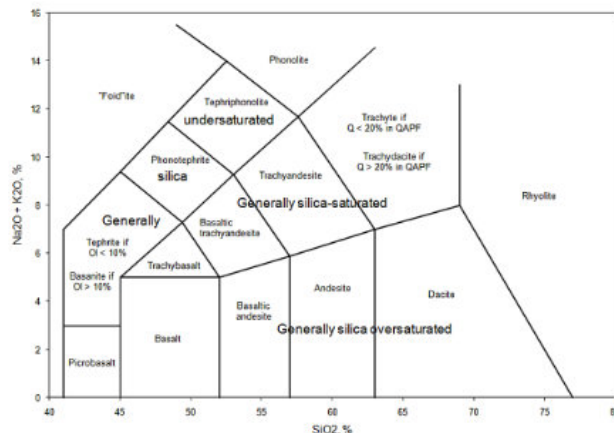
**Administradores de Referencias:**

Jabref: <https://www.jabref.org>

Zotero: <https://www.zotero.org>

Mendeley: <https://www.mendeley.com/>

**EJEMPLOS DE ILUSTRACIONES**



**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.

**Magma:** Masa de rocas fundidas que se encuentra en las capas más profundas de la Tierra a muy elevada temperatura y presión, y que puede fluir al exterior a través de un volcán.

**Cámara magmática:** Es la zona donde se produce y almacena el magma y que posteriormente es expulsado a la superficie. La cámara magmática se comunica con el cráter del volcán a través de un conducto conocido como chimenea.

**Volcán:** Son estructuras abiertas naturalmente en la corteza terrestre por donde brotan gases, cenizas y magma o roca derretida.

**Volcanes con cono de ceniza:** este tipo de volcanes son los que aparecen después de una gran explosión, que se provoca cuando hay mucho gas entre el magma. Se forman por el apilamiento de cenizas durante las erupciones basálticas, en las que predominan materiales calientes solidificados en el aire, que caen en las proximidades del centro de emisión.

**Volcanes de tipo escudo:** son los que tienen varios cráteres debido a la erupción de magma muy fluido, que se disemina sobre un área grande, formando una cúpula baja cuyo diámetro es mucho mayor que su altura. Se forman por la acumulación sucesiva de corrientes de lava fluida, por lo que su topografía es suave y su cima forma una planicie ligeramente encorvada.

**Volcanes estratificados (poligenéticos):** son edificios volcánicos construidos por la múltiple sobreposición de materiales expulsados por el volcán a lo largo de su evolución. Esto quiere decir que el volcán ha formado su cono poco a poco en cada erupción, poniendo una capa de material sobre otra, creando pseudoestratos distintos.

**Erupción volcánica:** Una erupción consiste en la emisión de materiales magmáticos, que son rocas fundidas acompañadas de gases y vapores, desde profundidades terrestres hacia la superficie.

**Erupción tipo hawaiana:** Se caracteriza por la emisión de lavas de composición basáltica o andesita básica, las cuales poseen bajo contenido de gases. Estas lavas son poco viscosas, poseen gran movilidad y pueden alcanzar fácilmente decenas de kilómetros de distancia. La actividad explosiva es muy rara, pero pueden formarse montículos de escoria alrededor de los centros de emisión.

**Erupción tipo estromboliana:** Este tipo de erupciones corresponden a pequeñas explosiones. En este tipo de erupción la columna eruptiva alcanza alturas que varían entre 1 a 15 km. Se caracterizan por tener explosiones rítmicas, separadas por periodos de menos de un segundo hasta varias horas. Los materiales emitidos poseen composición básica y están conformados por escoria, bombas y pocas cantidades de ceniza. Durante las erupciones se forman conos de escoria y ceniza de poca altura, en promedio entre 100 y 200 metros de alto.

**Erupción tipo vulcaniana:** En este tipo de erupciones la columna eruptiva alcanza entre los 3 a 20 km de altura. Son erupciones explosivas que emiten ceniza, y proyectiles balísticos y eventualmente escoria o pómez. Las explosiones se dan en intervalos de minutos a horas en incluye días, algunas explosiones destruyen parte del edificio volcánico.

**Erupción tipo pliniana:** Estas erupciones son las mas violentas, debido a que e magma es de composición acida y posee alto contenido de gases. Las columnas eruptivas alcanzan alturas mayores a los 30 km y los materiales emitidos pueden afectar extensas áreas, incluso generar cambios en la temperatura del planeta. Durante estas erupciones se generan voluminosas caídas de lapilli, pómez y ceniza, asi como se emplasan flujos piroclásticos de pómez y ceniza (ignimbritas).

**Erupción tipo peleana:** Estas erupciones son violentas he intermitentes, se caracteriza por presentar colapsos de domos que general flujos de piro clásticos, conformado por fragmentos de lava, cenizas y gases. Estos flujos pueden llegar a tener 500°C y pueden alcanzar velocidades de hasta 100 a 200 KM/h.

**Bibliografía**

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). (s/n). Tipos de erupciones. octubre 7, 2021, de INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET) Sitio web: [http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page\\_id=102](http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=102)

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). (s/n). Tipos de volcanes. Octubre 7, 2021, Sitio web: [http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page\\_id=922](http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=922)

# Datos sobre los sismos recientes en el mundo

**BGI - International Gravimetric Bureau**

**Overview**

The International Gravimetric Bureau (IG) is the scientific service of IAG aimed at ensuring the data inventory and the long term availability of the gravity measurements acquired at the Earth's surface. Its main task is the collection, validation and archiving of all kind of gravity measurements (relative or absolute) acquired from land, marine or airborne surveys and the diffusion of the derived data and products to a large variety of users for scientific purposes. Created in 1951, BGI has played a major role before the era of the satellite gravity missions (CAMP, GRACE, GRACE Follow-on and GOCE) for supporting the computation of regional or global models of the Earth's gravity field, primarily based on terrestrial gravity measurements together with Satellite Laser Ranging (SLR) data. It has also provided the accessibility to the global network of stations for referencing the worldwide gravity data surveys in a same absolute reference system (Potsdam and IGSN71 networks). Today, terrestrial gravity data, derived from both field (ground, airborne and seaborne surveys) and laboratory measurements, remain fundamental for the calibration/validation of the results derived from the satellite gravity missions and for providing the high-resolution components of the Earth's gravity field, not accessible from the satellite observations.

The increasing facilities in the relative or absolute gravity measurements and the developments of new sensors (including cold-atom technologies) facilitate homogeneous and accurate worldwide observations of the Earth's gravity field and the determination of its variations in space and time. The BGI activities are coordinated with those of other IAG gravity services (IGS, IGEM, IGEM) through the International Gravity Field Service (IGFS). Most of the databases and services (products, documentation, tutorials, software...) provided by BGI are available from the BGI website.



<https://ggos.org/item/bgi/>

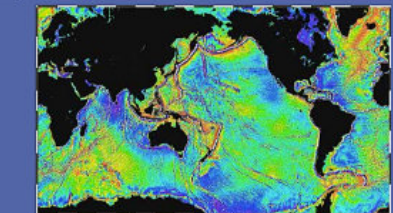
EN ESTE SITIO PUEDES ENCONTRAR INFORMACIÓN GRAVIMÉTRICA TERRESTRE DE DOMINIO PÚBLICO.

**SATELLITE GEODESY**

Scripps Institution Of Oceanography, University of California San Diego, 9500 Gilman Drive, La Jolla, 92093-0225

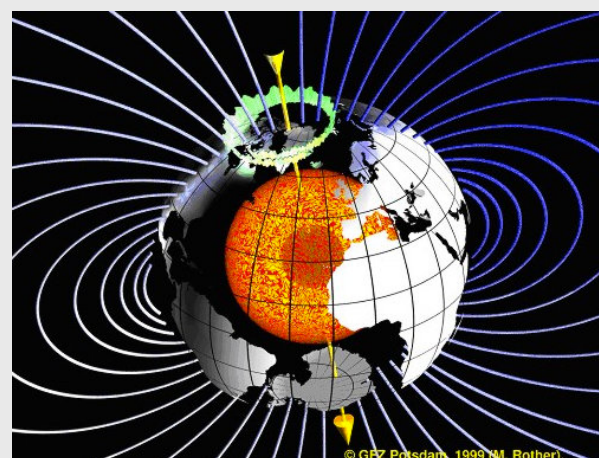
**HOME** | **BACKGROUND** | **PEOPLE** | **GLOBAL TOPOGRAPHY** | **RADAR ALTIMETRY** | **SYNTHETIC APERTURE RADAR** | **LINKS** | **CONTACT**

**HOME** | **BACKGROUND** | **PEOPLE** | **GLOBAL TOPOGRAPHY** | **RADAR ALTIMETRY** | **SYNTHETIC APERTURE RADAR** | **LINKS** | **CONTACT**  
Last modified: 08/24/04 PDT, 05/07/21



EN ESTE SITIO PUEDES ENCONTRAR INFORMACIÓN GRAVIMÉTRICA MARINA DE DOMINIO PÚBLICO.

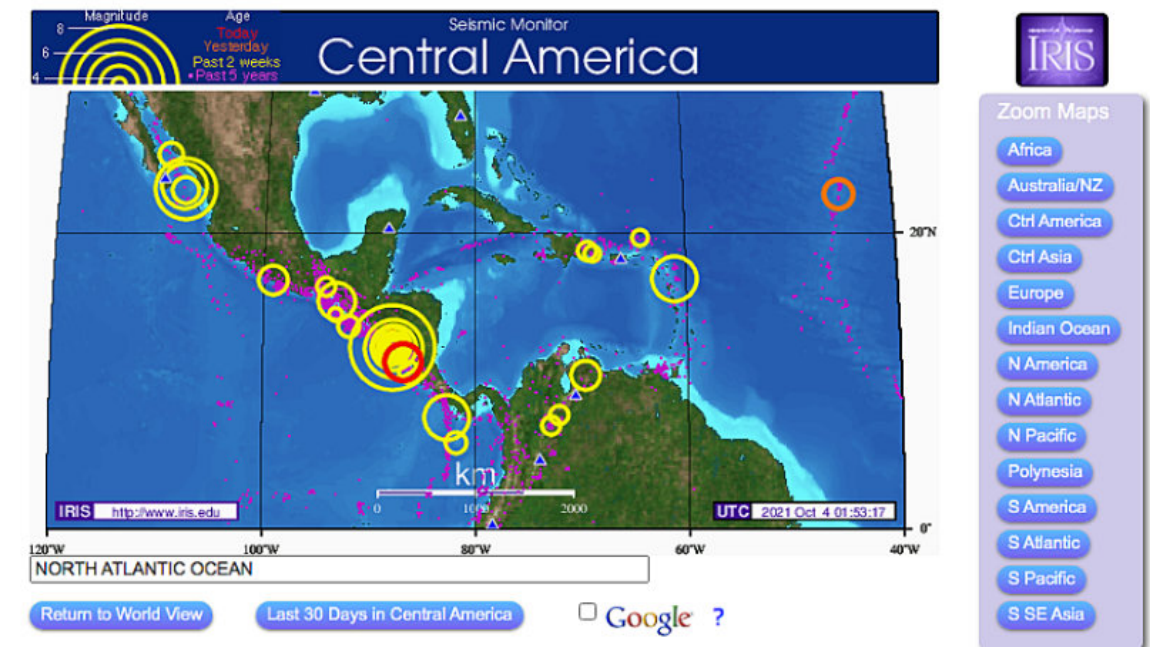
[https://topex.ucsd.edu/marine\\_grav/mar\\_grav.html](https://topex.ucsd.edu/marine_grav/mar_grav.html)



EN ESTE SITIO PUEDES ENCONTRAR INFORMACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO, SOBRE EL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

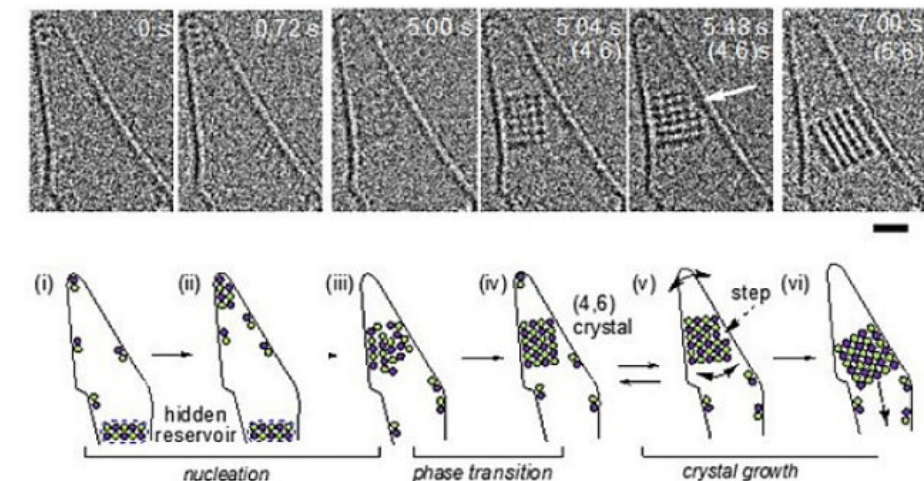
<https://geomag.us/index.html>

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



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

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







Aspice in mundi circa te

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

Por Humberto Álvarez-Sánchez y Luis Bernal Rodríguez

TOMO TRES

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

**Necesitas la Tabla del tiempo geológico?**

[https://www.geosociety.org/GSA/Education\\_Careers/Geologic\\_Time\\_Scale/GSA/timescale/home.aspx](https://www.geosociety.org/GSA/Education_Careers/Geologic_Time_Scale/GSA/timescale/home.aspx)

**Asociaciones de Geología y Geofísica**

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

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

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

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

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

**Gaceta Geológica de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros**

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

**Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature**

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

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

**Visítanos en Facebook y hazte miembro: Mexico Petroleum Geology**

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

**Aquí puedes bajar la Tabla Cronoestratigráfica Internacional:**

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

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

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

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

**Glosario de Geología (España)**

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales  
[https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac\\_geologia/rac.htm](https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm)

**English-Spanish and Spanish-English Glossary of Geoscience Terms**

Gary L. Prost

<https://garyprostgeology.com/publications>

**Consortios de Investigación**

En varias universidades de Estados Unidos se han establecido numerosos consorcios para atender la demanda de especialidades geológicas de la industria del petróleo. Esto ha permitido que los grupos de investigación y académicos en dichas universidades, perciban ingresos económicos que utilizan para el desarrollo de proyectos de investigación, y la financiación de equipos y materiales.

A continuación listamos algunos de esos consorcios, para que tengamos una noción de cómo se se organizan sus capacidades en relación con la industria petrolera.

Consortio Interdisciplinario de Carbonatos de Kansas: <https://carbonates.ku.edu/>

Consortio de Cuencas Conjugadas, Tectónica, e Hidrocarburos: <http://cbth.uh.edu/>

Programa de Bases de Datos de Análogos Sedimentarios: <https://geology.mines.edu/research/sand/>

Consortio para Modelado Electromagnético e Inversión: <http://www.cemi.utah.edu/>

Consortio de Investigación de Interacción Sal-Sedimento: <https://www.utep.edu/science/its/>

Consortio de Laboratorio de Geodinámica Aplicada: <https://www.beg.utexas.edu/agl>

Proyecto de Síntesis Depositional: Golfo de México: <https://ig.utexas.edu/energy/gbds/>

Consortio de Investigación de Fracturas y su Aplicación: <https://www.beg.utexas.edu/frac>

Consortio para la Energía Avanzada: <https://www.beg.utexas.edu/aec>

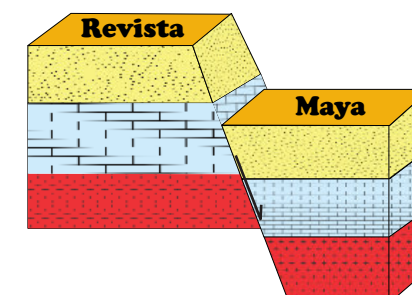
Laboratorio de Sedimentología Cuantitativa: <http://www.qsc.uh.edu/>

Consortio: Análisis Tectónico: <https://www.tectonicalysis.com/#top-bar>

Investigación por Hidrocarburos (EGI): <https://egi.utah.edu/research/hydrocarbon/>

Procesado Sísmico e Interpretación Atributos: <http://mcee.ou.edu/aaspi/>

Laboratorio de Registros de Pozo: [https://www.spwla.org/SPWLA/Technical/Software/WELL\\_LOGGING\\_LABORATORY.aspx](https://www.spwla.org/SPWLA/Technical/Software/WELL_LOGGING_LABORATORY.aspx)



# Caverna del arte

Fotografía de Claudio Bartolini



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

**Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo**

<https://aggep.org/>



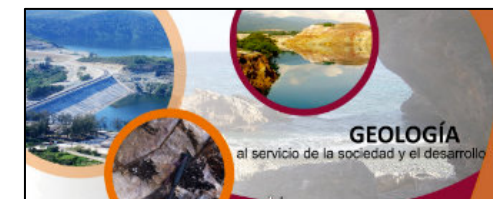
**Sociedad Geológica de España**

<https://sociedadgeologica.org/>



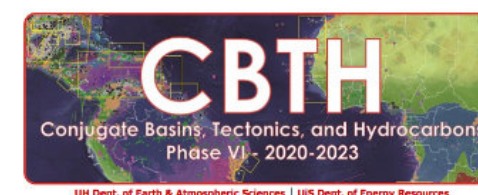
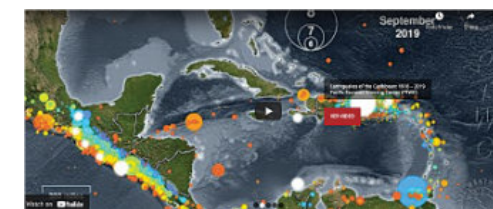
**Sociedad Cubana de Geología**

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



**Sociedad Dominicana de Geología**

<http://sodogeo.org/>



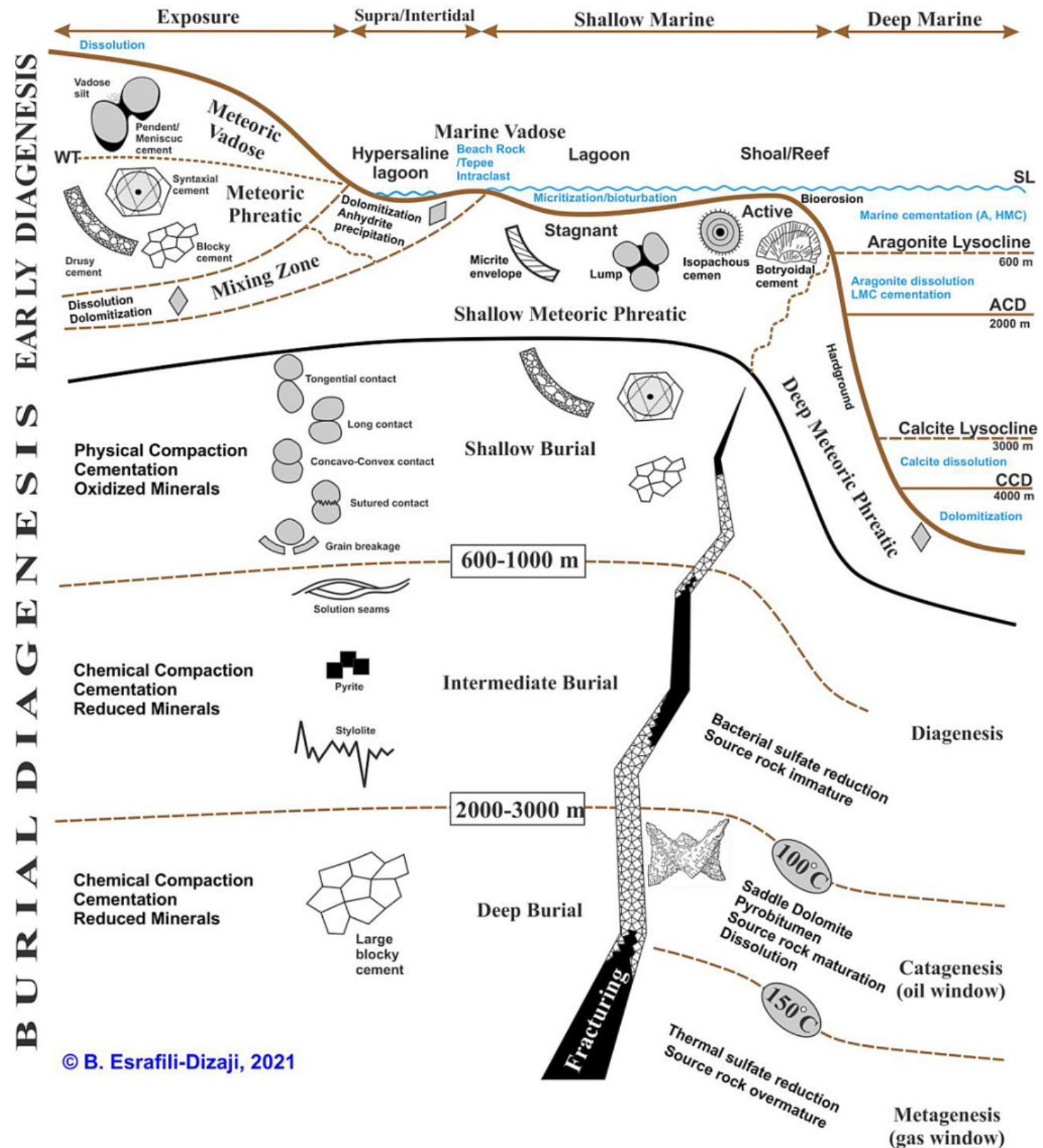
<http://cbth.uh.edu/>

**Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana**

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



## Carbonate Diagenesis



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