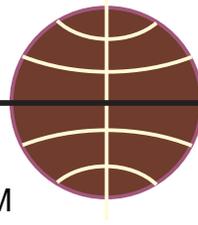




NUESTRA

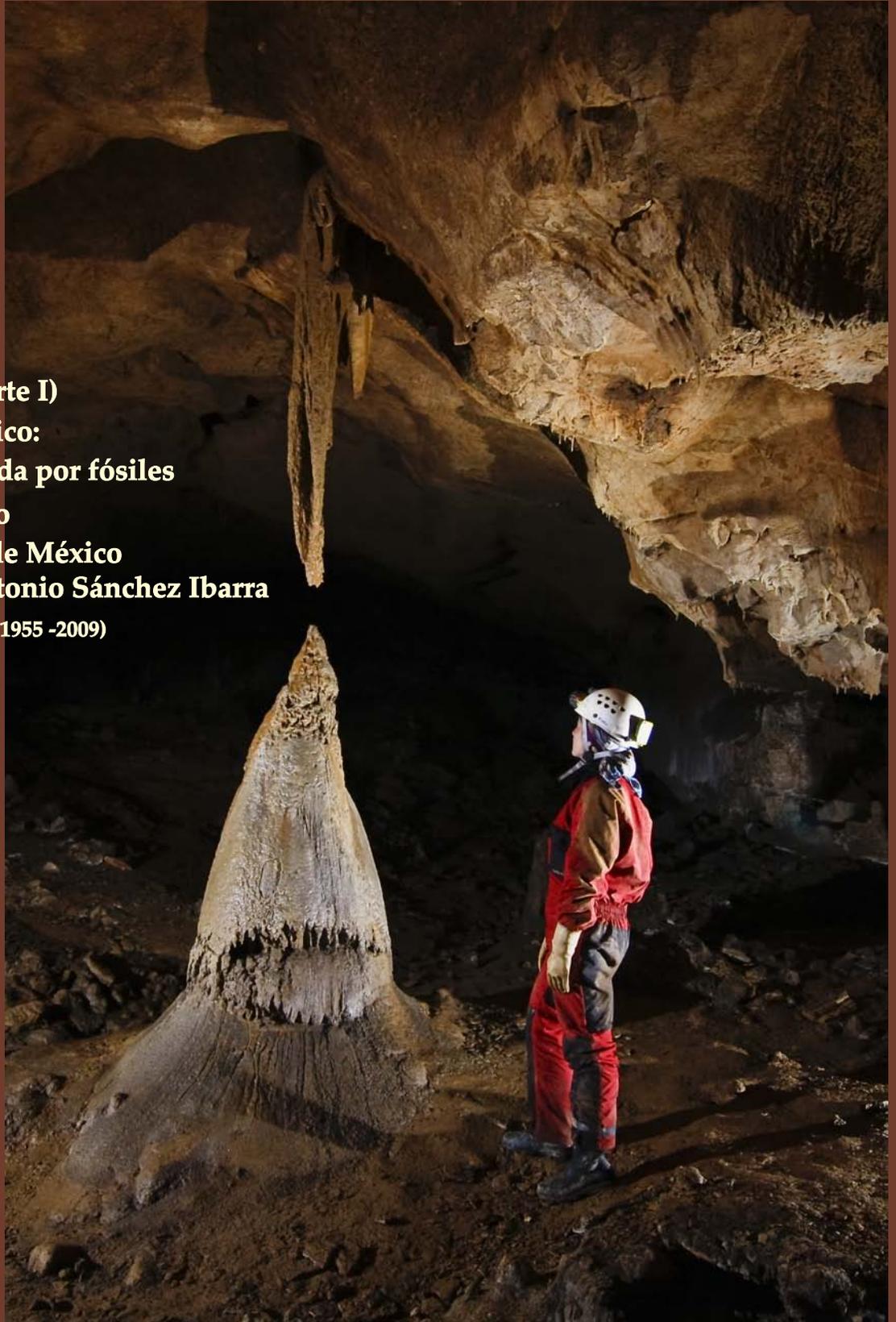


TIERRA

Órgano de difusión de la
Estación Regional del Noroeste, UNAM

Número 12
31 de Diciembre de 2009
Hermosillo, Sonora, México

La Espeleología (parte I)
Los Mares de México:
una historia narrada por fósiles
Níquel y Cobalto
en el Noroeste de México
Astrónomo Antonio Sánchez Ibarra
in memoriam (1955 -2009)





Editorial

La Tierra esconde bajo su superficie riquezas minerales y lugares de una belleza que muy pocos pueden contemplar. El acceso humano a regiones subterráneas es limitado y se restringe a la actividad minera y a las pocas personas que conocen el mundo de la espeleología. El noroeste de México, por conservar el registro de una intensa y variada actividad tectónica, exhibe una diversidad de procesos de mineralización que hace de la minería una actividad económica importante. En cambio, son pocas las cavidades subterráneas naturales conocidas, contrariamente al sureste del país, donde sustentan una actividad turística y científica, desarrollándose en grandes extensiones de rocas calcáreas. Por otra parte, estas mismas rocas de tipo calcáreo, cuyo origen es marino, conservan en su interior el vestigio de los animales que las formaron y que vivieron en los mares de hace muchos millones de años: son los fósiles. Los minerales, las cuevas y los fósiles nos deleitan con su belleza, pero también nos hablan del pasado de la Tierra, de los movimientos de su corteza que generaron montañas, de cursos de ríos subterráneos y de climas que los generaron, de mares antiguos y de ambientes en los que vivieron otros animales y plantas. Debemos conocerlos para comprender nuestra Tierra.

Nuestra Tierra se publica a color en esta ocasión. Agradecemos a la Dra. Gloria Alencáster, colaboradora en este número, por su entusiasmo y su disposición para participar en el financiamiento, que lograron que sus mapas de mares ancestrales, pero también las fotografías de los otros artículos, lucieran a color. Es ésta una chispa de luz, como aquélla que encendió con su amplio y fructífero camino por la divulgación de la ciencia el recientemente fallecido astrónomo Antonio Sánchez. Él también fue colaborador de Nuestra Tierra y queremos recordarlo con un profundo homenaje.

Ma. Cristina Peñalba, Editora

Contenido

Editorial	2
La Espeleología (Parte I) (Ugalde, Txomin)	3
Cuando el mar invadió a México. Una historia narrada por fósiles (Alencáster Ybarra, Gloria y Flores Timoteo, Laura)	5
Depósitos y manifestaciones minerales de níquel (Ni) y cobalto (Co) en el noroeste de México (Pérez Segura, Efrén)	11
Breve semblanza del Astrónomo y divulgador de la ciencia Antonio Sánchez Ibarra (1955-2009) (Saucedo Morales, Julio).....	15

Portada

Foto portada. Formaciones de estalactitas (que cuelgan del techo) y estalagmitas (que nacen en el suelo y se desarrollan hacia arriba) en la Cueva de Aixà, en Itziar. Fotografía de Sergio Laburu, propiedad de la sociedad Felix Ugarte Elkartea.

Directorio

UNAM

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Secretario General

Mtro. Juan José Pérez Castañeda
Secretario Administrativo

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Gustavo Tolson Jones
Director del Instituto de Geología

Dr. César Domínguez Pérez Tejada
Director del Instituto de Ecología

Dr. Thierry Calmus
Jefe de la Estación Regional del Noroeste

NUESTRA TIERRA

Dra. Ma. Cristina Peñalba
Editora

Dr. César Jacques Ayala
Dr. Martín Valencia Moreno
Dr. Juan Carlos García y Barragán
Editores Asociados

Dra. María Amabel Ortega-Rivera
Editora Técnica y Diseño

Nuestra Tierra es una publicación de la Estación Regional del Noroeste, institutos de Geología y Ecología, que aparece semestralmente en Junio y Diciembre de cada año.

Estación Regional del Noroeste
Blvd. L. D. Colosio s/n y Madrid, Campus UniSon
Hermosillo, Sonora, México, 83000
Tel. (662) 217-5019, Fax (662) 217-5340
nuestratierra@geologia.unam.mx
<http://www.geologia-son.unam.mx/nt.htm>

ISSN 1665-945X
Impresión: 500 ejemplares
Precio: \$ 30.00

En caso de utilizar algún contenido de esta publicación, por favor citar la fuente de origen. El contenido de los trabajos queda bajo la responsabilidad de los autores.

El mundo subterráneo

La Espeleología (Parte I)

Txomin Ugalde

Sociedad Felix Ugarte Elkarte, País Vasco
txugalde@uralsan.com

La superficie de nuestro planeta tiene una gran diversidad de ambientes y paisajes. Sobre ella podemos encontrar volcanes, lagos, montañas, océanos y también el espacio subterráneo. Existen múltiples disciplinas para estudiar todos esos lugares, y la espeleología se ocupa del estudio del medio subterráneo accesible para el ser humano.

Cualquier espacio natural es complejo y de difícil comprensión. Sus orígenes y evolución tienen relación directa con múltiples factores como pueden ser la historia geológica de la Tierra, las variaciones climáticas, su colonización por los seres vivos y, en muchos casos, la intervención del hombre. El medio subterráneo no es una excepción; las cuevas (Figura 1), simas, cavidades y abismos que albergan muchas montañas, se han formado gracias a diversos procesos geológicos, el clima les ha dado forma y han sido ocupados por multitud de seres vivos que han evolucionado hasta adaptarse totalmente a un medio que se desarrolla en ausencia absoluta de la luz del sol, imprescindible para muchos organismos vivos y para todos nosotros.



Figura 1. Cueva de Akaitz Txikiko Koba, Aralar, Gipuzkoa.
Fotografía de Sergio Laburu, propiedad de la sociedad Felix Ugarte Elkarte.

En la espeleología intervienen disciplinas como la geología, la climatología, la biología y también la arqueología, ya que muchas cuevas fueron utilizadas

en épocas preterritas como refugio por el ser humano y en ellas realizaron complejos ritos religiosos. Lógicamente es muy difícil que una persona domine todas esas disciplinas, por lo que la espeleología, en la práctica, se ocupa de la exploración, cartografía y el reconocimiento previo de cuevas y simas, facilitando a los diversos especialistas el acceso al medio subterráneo y la obtención de los datos imprescindibles para poner en mano de los científicos la información sobre aquellos abismos a los que solamente pueden acceder los espeleólogos.

El espacio subterráneo puede ser inmenso. Existen complejos que se extienden por centenares de kilómetros como la cueva Mammoth en Estados Unidos, con sus 591 km de desarrollo, otros descienden hasta profundidades increíbles, como la sima Kruvera Voronya en Abjazia, con cerca de los 2200 m de desnivel, y algunas cavidades albergan espacios interiores que podrían contener holgadamente la Plaza de la Constitución o del Zócalo, con la catedral Metropolitana de la capital mexicana incluida, ya que la sala Sarawak, perteneciente al sistema Nasib bagus en Malasia, tiene unas dimensiones de 700 m de largo por 400 de ancho y una altura de 70 m. No hay que ir tan lejos de México para encontrar esos espacios gigantescos. La cueva de Ox Bel Ha de Quintana Roo tiene 172 km explorados y el sistema Cheve de Oaxaca, 1584 m de profundidad (La Jornada, Jueves 29 enero 2009), situándose además entre los más destacados del mundo.

Podemos preguntarnos: ¿Cuál es el origen de este inmenso y extraño mundo? La primera respuesta la obtendremos de la roca que principalmente lo contiene: la caliza, ya que los complejos gigantescos a los que nos hemos referido, se han formado exclusivamente sobre ese tipo de roca. Existen cavidades naturales en otros materiales, como los túneles de lava desarrollados en el interior de formaciones volcánicas, también en los hielos glaciares, y excepcionalmente en las cuarcitas de la selva venezolana, pero no son comparables a los sistemas calcáreos.

El karst, el paisaje de las montañas calcáreas

La roca caliza es una roca sedimentaria formada principalmente por carbonato cálcico, CaCO_3 . Forma relieves montañosos, ya que es una roca dura y muy resistente a la erosión mecánica y que aguanta muy bien los relieves en fuerte pendiente, incluso verticales,

pero tiene una debilidad: es soluble en el agua con cierta acidez.

Por otra parte, su origen se remonta a acumulaciones de estratos en el fondo de los mares y lagos (precipitación química), o por la acumulación de caparzones calcáreos de organismos en esos mismos ambientes. Posteriormente, los movimientos internos de la Tierra que se han producido en varios episodios de su historia (movimientos orogénicos), los han elevado y plegado hasta formar parte de las cadenas montañosas que conocemos.

La caliza es una roca con cierta rigidez y soporta muy mal los esfuerzos que tienden a plegarla, por lo que sus estratos reaccionan con fracturas y fisuras, cubriendo de grietas todo su volumen.

Tenemos, por lo tanto, los principales agentes y circunstancias que condicionan la formación del paisaje de las formaciones calcáreas. El carbonato cálcico, el agua con cierta acidez y la fracturación de los estratos calizos.

El proceso de formación del paisaje calizo, tanto interno (cuevas y simas), como externo con valles cerrados (ríos que se introducen en el interior de la Tierra), dolinas (grandes depresiones circulares semejantes a cráteres) y lapiaz (extensiones de roca desnuda muy agrietada), tiene a los agentes indicados como protagonistas. La lluvia se introduce como una cuña en las grietas de la roca caliza, y su acidez las disuelve y ensancha. El agua penetrará en su interior hasta alcanzar una fractura principal a favor de la cual el caudal hídrico irá aumentando, hasta formar un curso subterráneo. El tiempo y el agua harán que el paisaje evolucione hasta formar el cavernamiento interno y las peculiares formas externas referidas. Todo ello es el karst (Figura 2), cuya denominación internacional hace referencia a un paisaje tipo de la roca caliza que se encuentra en Eslovenia, Europa.

El clima tiene gran importancia en este proceso, de manera que cada zona climática tiene un paisaje kárstico peculiar, ya que su evolución es diferente en zonas frías, desérticas o tropicales.

Es posible que nos preguntemos cómo se acidifica el agua, y la respuesta se encuentra en el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. La lluvia al descender hacia la tierra va cargándose de ese compuesto, hasta formar ácido carbónico de forma natural. Esta solución química proporciona cierta acidez al agua. También puede encontrarse el CO₂ en el humus de las zonas muy boscosas y de intensa vegetación, incrementando la acidez de la lluvia que penetra en el subsuelo.

Vemos, por lo tanto, que el origen de los impresionantes complejos espeleológicos de que hemos hablado, está sustentado en la geología, el clima y el agua. La geología por medio de la roca caliza y el entramado de fisuras y fallas, herencia de los esfuerzos orogénicos de la Tierra; el clima por medio de las variables meteorológicas como son lluvia, temperatura, presión atmosférica y todo aquello que condiciona el proceso químico de acidificación de la lluvia y disolución de la roca; y el agua, el gran protagonista del karst, constructor nato de cuevas, simas y de su peculiar, atormentado y árido paisaje externo, ya que apenas permite la circulación de agua por el exterior. Incluso los ríos que circulan sobre rocas no calcáreas, en cuanto contactan con montañas calizas se introducen bajo tierra por medio de sumideros, algunos de ellos espectaculares y de impresionantes dimensiones.

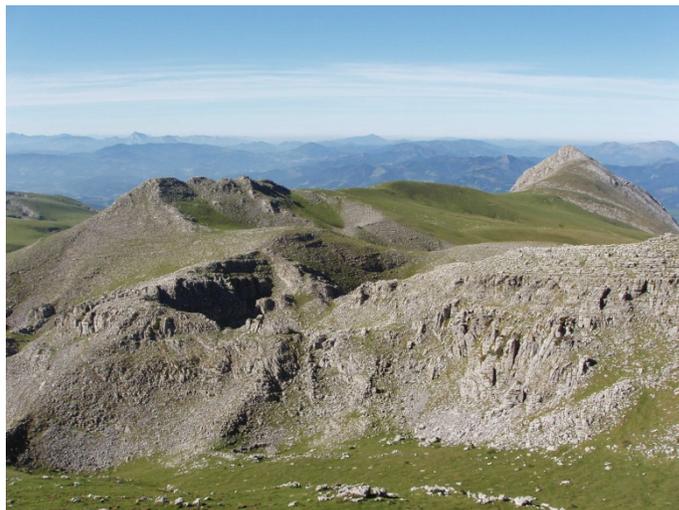


Figura 2. Karst de Ganbo Txiki, en la sierra de Aralar, Gipuzkoa. Éste es un karst de clima templado de media montaña. Fotografía del autor.

Los ríos subterráneos

El agua penetra en el interior del karst por grietas, fisuras y sumideros, se encauza internamente a favor de fracturas como diaclasas (fracturas paralelas sin desplazamiento de los estratos) y fallas (cuando existe un desplazamiento del paquete rocoso, ya sea lateral o verticalmente, dando origen a distintos tipos de fallas), y sigue un recorrido que respeta la disposición estructural de la montaña (los estratos de una formación sedimentaria se disponen como hojas de un libro y su disposición e inclinación nos proporcionan el buzamiento y la dirección del plegamiento, lo que denominamos estructura) y su tectónica. Durante el

recorrido, recibirá aportes laterales, hasta constituirse en ríos subterráneos cuya importancia en caudal dependerá de la magnitud de la cuenca superficial. En este aspecto siguen las mismas pautas que los ríos superficiales.

En numerosos casos, estos cauces internos son accesibles y pueden ser recorridos por los espeleólogos que encuentran en su descubrimiento una auténtica recompensa a sus esfuerzos, ya que los ríos subterráneos son como el fluido sanguíneo de los sistemas kársticos, y a través de ellos podemos conocer muchos aspectos de la salud del complejo subterráneo, sus reservas, capacidad de recuperación, agotamiento de los acuíferos, origen, estado de sus aguas y calidad medio ambiental del conjunto, entre otras muchas cosas.



Figura 3. - Formación de aragonito en la cueva de Praileaitz, Deba, Gipuzkoa. Fotografía de Mikel Uzkudun, propiedad de la Sociedad Felix Ugarte Elkartea.

Por debajo de un cierto nivel (nivel freático) el karst se encuentra inundado, con sus grietas y galerías totalmente saturadas de agua. Cuando las dimensiones de los conductos lo permiten, algunos espeleólogos se aventuran por su interior con escafandras autónomas, practicando la peligrosa actividad denominada espeleobuceo. El sur de México es el paraíso de esta actividad, y en la península de Yucatán, en el estado de Quintana Roo, se desarrolla el mayor río subterráneo del mundo, con 156 km de longitud.

Por último, estos cauces subterráneos aflorarán al exterior por medio de manantiales y surgencias, siendo el origen de muchos de nuestros ríos.

(Este artículo continuará en el próximo número de Nuestra Tierra.)

Paleontología

Cuando el mar invadió a México. Una historia narrada por fósiles

** Gloria Alencáster Ybarra
y Laura Flores Timoteo*

*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, 04510, México D. F., MÉXICO.*

** gloalenc@geologia.unam.mx*

En todo el mundo existen localidades con fósiles de todo el tiempo geológico y los fósiles marinos son más abundantes porque habitaron lugares más propicios para que se efectuara la fosilización y porque la mayoría posee exoesqueleto o carapacho, por lo que se pudieron conservar. La prodigiosa abundancia de los fósiles marinos significa que las localidades donde se encuentran estaban cubiertas por mar, y es sorprendente que el mar tuvo una extensión mucho mayor que en el presente.

La distribución de tierra y mares ha cambiado enormemente en todas las regiones del mundo. También es interesante saber que todos los factores que determinan el ambiente han sido diferentes en las épocas del pasado. El asombroso cambio geológico y paleoecológico a través del tiempo es un fenómeno global. El cambio ha sido tan intenso que, por ejemplo, lo que era selva es ahora desierto, lo que era planicie, hoy puede estar ocupado por una cadena de montañas o de volcanes, lo que fue mar, ahora es tierra firme, etcétera.

¿Cómo se llega a estos conocimientos?

Cualquiera que sea la índole de la investigación que se va a emprender, el paso inicial es saber de qué organismo se trata, para lo cual debe ser clasificado. Es fácil reconocer a un coral, un gasterópodo (caracol), un bivalvo (almeja, ostión), una amonita (Figura 1), etcétera, y ubicarlo en las categorías taxonómicas de Phylum, Clase, Orden y Familia, y se llega al género correspondiente. La búsqueda de la especie requiere mucho más tiempo y es un problema más difícil, pero una vez conocido el género, ya se sabe qué tipo de organismo fue. A esta información se le agrega el conocimiento que indica la roca, lo cual permite reafirmar los datos proporcionados por el fósil. El

estudio de los fósiles y de las rocas en donde se encuentran nos informa sobre el tipo de organismos que vivieron; si se trata de un animal, podemos saber si era marino o terrestre; si era marino, por su forma sabremos si vivía en el piso del mar (bentónico, Figuras 2, 3 y 4) y, en este caso, si habitaba sobre el sustrato o dentro de él. Así mismo, si se trata de un animal pelágico se puede inferir si nadaba o flotaba.

Cuando se registran muchas localidades contiguas de fósiles marinos y se marcan en un mapa, indudablemente significa que esa región estuvo ocupada por un mar. Incluso se puede saber la extensión y el límite del mar en cuanto aparecen fósiles terrestres.

Figura 1.
Substeueroceeras
catorcense Verma &
Westermann, Jurásico
Superior, Sierra de
Catorce, S.L.P.



La edad relativa del depósito se obtiene casi automáticamente, pues se sabe en qué edad vivió determinado género, ya sea animal o vegetal, porque existen fósiles índice (indicativos de edad). Después de obtener esta información, ya es posible proseguir con el tipo de investigación planeada, ya sea sobre paleogeografía, bioestratigrafía, paleoecología, evolución, filogenia, o alguna otra.

La edad absoluta se obtiene mediante el estudio de las rocas por el método radiométrico o isotópico. Éste se basa en que las rocas contienen elementos radioactivos (padre) que se descomponen para producir ciertos isótopos (hijo) a un ritmo constante lo cual permite, mediante un análisis de sus masas, determinar el tiempo transcurrido en la relación padre-hijo.

Figura 2. *Caprina*
massei Alencáster &
Pantoja, Cretácico
Inferior, Huetamo, Mich.



¿En dónde se encuentran los fósiles?

Los fósiles se encuentran en rocas sedimentarias y no en

rocas ígneas o metamórficas, porque los fósiles son destruidos por las intensas presiones y las altas temperaturas a las que están sometidas estas rocas. Excepcionalmente se han encontrado fósiles muy delicados, como alas de insectos, en cenizas volcánicas finas. Las rocas sedimentarias son aquéllas que resultan de la erosión causada por el agua, el viento, el hielo o fenómenos tectónicos que rompen las rocas. La erosión fragmenta en granos de diferentes dimensiones cualquier tipo de roca. Estos sedimentos son arrastrados por las corrientes de los ríos y transportados al mar, pantanos, lagos y lagunas y a los deltas de los ríos. Las rocas sedimentarias también se originan por medio de la precipitación de las sales disueltas en el agua, por ejemplo la calcita.

Figura 3. *Pterotrigonia*
plicatocostata (Nyst &
Galeotti), Cretácico
Inferior, San Juan Raya,
Pue.



El presente artículo se basó en datos concretos sobre la

distribución de faunas de invertebrados marinos, constituidas por corales, moluscos, esponjas, equinodermos, briozoarios, braquiópodos y crustáceos, asociadas a microfósiles que son principalmente foraminíferos y algas calcáreas. Estas faunas vivieron en aguas cálidas y corresponden a depósitos arrecifales típicos de zonas tropicales y subtropicales. La mayor parte de los fósiles mencionados vivieron lejos del oleaje, en la zona nerítica del mar, en donde el aporte constante y uniforme de sedimentos finos, garantiza el sepultamiento rápido y completo de los organismos muertos, cumpliéndose así el paso inicial de una posible conservación.

Tratamos con mayor amplitud la historia geológica a partir del momento en que el mar invadió al territorio mexicano, que se inició al final del Jurásico Medio. Después, en el Cretácico se registró el evento más importante de sedimentación marina para nuestro país. Por esta razón mencionamos los eventos que se llevaron a cabo durante las divisiones del periodo Cretácico denominadas edades. Hacemos referencia a la era Paleozoica y a sus periodos solamente para indicar que también hubo mares en esos tiempos. Igualmente, al tratar el Terciario mencionamos sus

edades para mostrar el destino de los mares hasta su desaparición total.



Figura 4. Monopleura pinguiscula White, Cretácico medio, El Madroño, Qro.

Mares del Paleozoico (542 a 251 millones de años)

Durante el Paleozoico existieron mares en diferentes regiones del país que fueron restringidos y estuvieron aislados unos de otros. A principios de esta era existió un mar en Sonora cuyos fósiles más notables fueron los trilobites. Estos mares persistieron en algunas localidades hasta el Paleozoico tardío, en que predominaron los fusulínidos (foraminíferos) y braquiópodos. También existieron mares del Paleozoico tardío en Guerrero y Chiapas, en tanto que rocas con fósiles del Paleozoico temprano, medio y tardío se han encontrado en la barranca Ixtaltepec en Oaxaca.

Mares del Mesozoico (251 a 65.5 millones de años)

Durante la era Mesozoica en los periodos Triásico y Jurásico Temprano, la mayor parte del territorio mexicano fue un continente emergido con plantas y animales terrestres. En este tiempo existieron bahías poco extensas, que fueron simultáneas o sólo en parte; en algunas localidades de Sonora y Zacatecas existieron muy pequeñas cuencas marinas. En cambio hubo dos bahías de mayores dimensiones entre Veracruz y Puebla y otra entre Oaxaca y Guerrero (Figura 5a).

A fines del Jurásico Medio (Figura 5b) y a principios del Jurásico Tardío (Figura 5c) se presentó un evento tectónico de gran importancia para México y América del Norte, cuando se inició la apertura del Golfo de México. Como resultado de este fenómeno empezó el proceso más importante de sedimentación marina, en el que por 100 millones de años gran parte de nuestro territorio estuvo cubierto por un mar epicontinental

(sobre el continente) que es un mar poco profundo en comparación con los océanos. La invasión del mar (transgresión) avanzó desde el centro del golfo hacia el occidente, el norte y el sur, cubriendo gradualmente superficies cada vez más extensas. La magnitud de la transgresión estuvo controlada por la paleotopografía; el mar cubrió las tierras bajas y las tierras altas quedaron como penínsulas o como islas.

Mares del Cretácico (145.5 a 65.5 millones de años)

El Cretácico marca uno de los periodos más activos y variados en la evolución de organismos marinos y la diversificación que proporcionó esa evolución; a su vez hubo un incremento en la complejidad de las interacciones ecológicas. Al inicio del Cretácico, del Neocomiano al Aptiano (Figura 5d) la expansión marina continuó, permaneciendo emergida una amplia franja a lo largo de la costa occidental, con excepción de la región de Huetamo, en el suroeste de Michoacán y noroeste de Guerrero, que presenta en el Aptiano inferior una fauna abundante y bien conservada de rudistas (grupo extinto de moluscos bivalvos) y corales. La tierra emergida fue moderadamente alta, formada de rocas antiguas y de rocas volcánicas. El mar tampoco cubrió tierras altas de rocas metamórficas y volcánicas antiguas a lo largo de las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. El piso marino se elevó en muchas regiones por el plegamiento de las rocas y por el desarrollo de capas gruesas de evaporitas (yeso y sal).

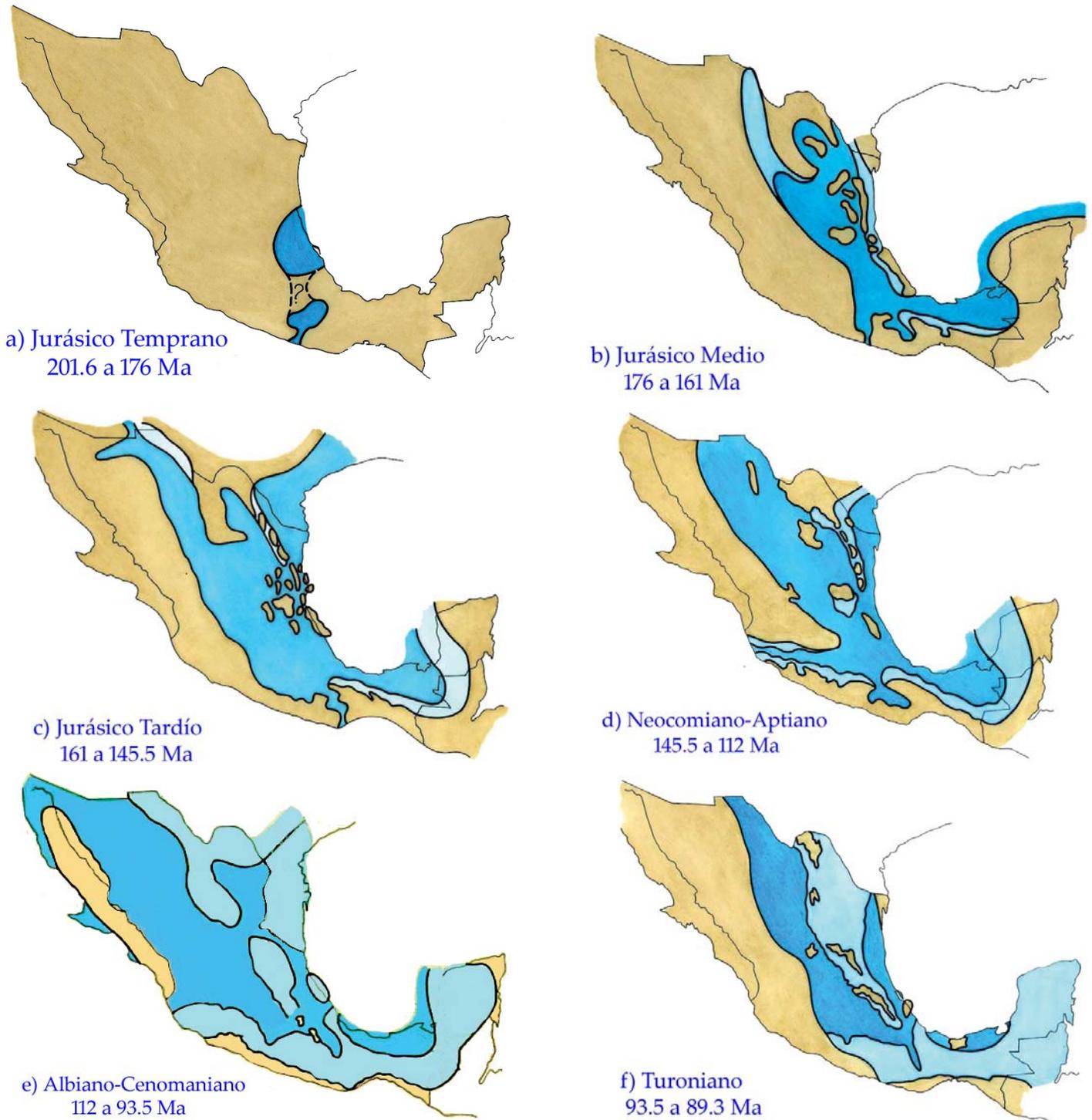
Durante el Cretácico medio, que comprende las edades de Albiano y Cenomaniano (Figura 5e) el mar alcanzó su máximo desarrollo, y las plataformas carbonatadas adquirieron su mayor extensión. El desarrollo de plataforma es una de las características del periodo Cretácico. Aunque la formación de las plataformas se inició a fines del Jurásico, se desarrollaron extensivamente durante todo el Cretácico, sobre todo en las zonas cálidas del planeta.

El mar fue somero en las plataformas, de tal manera que se formaron extensos arrecifes coralinos y numerosos bancos de rudistas (Figuras 6 y 7), en donde abundaron todos los grupos de animales mencionados.

En este tiempo las plataformas calcáreas situadas alrededor del Golfo de México, estaban formadas por una mega-plataforma que comprendía las Bahamas, Florida, Texas, Coahuila y Nuevo León, que se continuaba con la plataforma Valles-San Luis Potosí y

la plataforma de Córdoba. A lo largo de la costa sur y suroeste del Pacífico existió otra mega-plataforma compuesta por Michoacán, Jalisco, Colima, Guerrero, Oaxaca y Puebla, que se conectó con la plataforma de Chiapas. Las faunas estaban constituidas por invertebrados del Cretácico Temprano y Medio y solamente en Chiapas existen rudistas y otros invertebrados del Cretácico Superior (Figuras 8, 9 y

10); este grupo predominó sobre todos los demás grupos de invertebrados asociados a ellos. Las plataformas estuvieron rodeadas por cuencas cuyas aguas marinas fueron profundas, en donde existieron animales pelágicos, entre los que abundaron los amonites (grupo extinto de moluscos cefalópodos). Hace 90 millones de años, en la edad denominada Turoniano (Figura 5f), el mar inició su retirada



Figuras 5a, 5b, 5c, 5d, 5e y 5f. Mares de México en la historia geológica. En color café claro se representan las masas continentales e islas, en azul claro los mares poco profundos (<50m) y en azul oscuro los mares más profundos (50 a 200m).

(regresión) y la franja occidental quedó descubierta nuevamente, pues la tierra estaba siendo elevada por un proceso orogénico acompañado de intrusiones. Este levantamiento originó por erosión grandes cantidades de depósitos terrígenos que al acumularse, junto con las rocas volcánicas, produjeron el desplazamiento progresivo del mar, de occidente a oriente. Cuando sobrevino la regresión, se redujeron

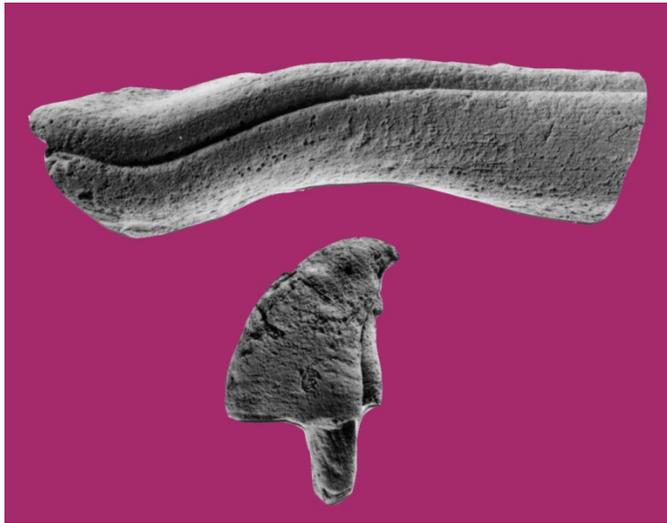


Figura 6. Mexicaprina quadrata Alencáster & Oviedo, Cretácico medio, El Madroño, Qro. Arriba.

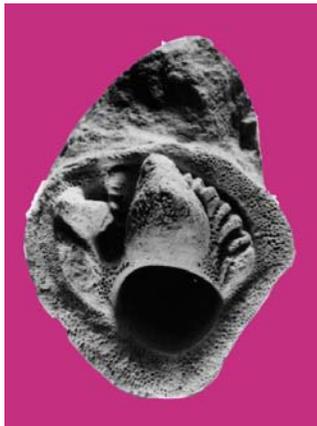


Figura 7. Texicaprina kugleri (Bouwman), Cretácico medio, El Madroño, Qro.

muchos hábitats y otros se eliminaron; se incrementaron la competencia y la intensidad de las fuerzas de selección natural. La regresión continuó en el Cretácico Tardío, y durante el Coniaciano (Figura 5g) el mar cubrió la mitad oriental del territorio. En el Santoniano, el Campaniano (Figura 5h) y el Maastrichtiano (Figura 5i) el mar ocupó una franja amplia a lo largo del Golfo de México, que en el norte se extendió hasta Coahuila, y en el suroeste hasta el norte del estado de Guerrero, donde, en el Maastrichtiano existió una fauna de moluscos y crustáceos marinos. La península de Yucatán estuvo cubierta por un mar somero.

Tanto los amonites del Jurásico y del Cretácico, como todas las faunas estudiadas del Cretácico, presentan una gran afinidad con las faunas de la

Provincia Mediterránea del Dominio del Tethys (antiguo mar que se extendía donde actualmente se sitúan la región mediterránea, el Cáucaso y la cordillera del Himalaya). A medida que los continentes se separaron debido a la deriva continental, esta afinidad se fue perdiendo y las faunas gradualmente muestran un endemismo más acentuado.



Figura 8. Chiapasella radiolitiformes (Whitfield), Cretácico Superior, Ocuilapan, Chis. Izquierda.



Figura 9. Barrettia gigas Chubb, Cretácico Superior, Ocuilapan, Chis. Arriba.

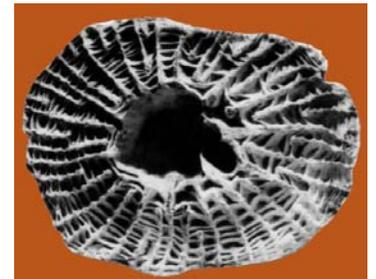


Figura 10. Antillocaprina trilobata García-Barrera & Avendaño, Cretácico Superior, Turipache, Chis.

A principios del Terciario (65 a 60 millones de años) se inició el plegamiento que originó la Sierra Madre Oriental, así como la gran masa de roca volcánica de la Sierra Madre Occidental, y posteriormente la Faja Volcánica Mexicana. En las primeras épocas del Terciario, que son el Paleoceno y el Eoceno (Figura 5j) el mar había dejado la mayor parte del continente y sólo cubría los estados que se encuentran en las costas tanto del Pacífico como del Atlántico. En estas regiones se encuentran faunas abundantes de moluscos de aspecto muy diferente al de las faunas del Cretácico. En el Oligoceno continuó la regresión marina y los mares de las costas fueron cada vez más estrechos. En el Mioceno (Figura 5k) existieron aún cuencas con alguna profundidad, como la cuenca de Burgos en el norte, la de Tampico-Misantla en el centro del golfo y en el sur la del Istmo de Tehuantepec, que contiene una fauna abundante muy bien conservada de moluscos. A mediados del Mioceno, hace aproximadamente 12 millones de años, se inició la

separación de la península de Baja California de Sonora y Sinaloa y se formó el Golfo de California o Mar de Cortés. En el Plioceno (Figura 5l) los mares desaparecieron y sólo existieron en franjas estrechas en las costas, como la cuenca de Macuspana-Campeche, y la de La Mira, en Michoacán, con una fauna rica en moluscos. En el Pleistoceno (de 2.6 m. a. 10 mil años) el territorio ya tenía la misma configuración que en la actualidad.

Extinción masiva al final del Cretácico

En el límite Cretácico-Terciario (K/T), hace 65.5 millones de años, desapareció el 50 % de los géneros y el 75 % de las especies. La extinción afectó en una proporción mayor a los organismos de las zonas tropicales que a los de las zonas templadas, porque estaban adaptados a factores ambientales no



Figuras 5g, 5h, 5i, 5j, 5k y 5l. Mares de México en la historia geológica. En color café claro se representan las masas continentales e islas, en azul claro los mares poco profundos (<50m) y en azul oscuro los mares más profundos (50 a 200m).

fluctuantes y eran más vulnerables, aun a cambios ligeros. Esta extinción masiva no fue tan devastadora como la del Pérmico, en la que se considera que desapareció el 96 % de los organismos. En la extinción K/T sucumbieron los dinosaurios, la mayoría de los reptiles marinos y los reptiles voladores denominados pterosaurios; entre los moluscos se extinguieron los amonites y los rudistas, muchas familias de gasterópodos y de bivalvos, la mayor parte de las familias de equinodermos, braquiópodos y corales. El plancton marino se extinguió súbitamente y tuvo una profunda repercusión en la cadena trófica.

Indudablemente las extinciones masivas obedecen a alteraciones drásticas del ambiente. Sin embargo, esta idea se tambaleó cuando en 1981, Walter Álvarez y su grupo de la Universidad de California, postularon la hipótesis del impacto causado por un meteorito que colisionó con la Tierra. En general se acepta que ese cuerpo extraterrestre formó un cráter en Chicxulub, situado en el norte de la península de Yucatán, que tiene una antigüedad de 65 millones de años. Actualmente existe la controversia de si las causas fueron extraterrestres o terrestres. En efecto, se sabe que un vulcanismo a gran escala, lo cual sucedió en ese tiempo, tendría efectos catastróficos y produciría el mismo tipo de depósitos y de fenómenos que la colisión de un meteorito, pero con efectos a más largo plazo, de 10 mil años o más. Independientemente de la causa de las extinciones, las faunas del Cretácico son completamente diferentes de las que surgieron en el Terciario, que forzosamente descendieron de los pocos grupos que no desaparecieron y que ya presentan una relación cercana con los organismos actuales.

Bibliografía recomendada

- Alencáster, G., 1984, Late Jurassic-Cretaceous Molluscan Paleogeography of the Southern part of Mexico: Geological Association of Canada, Special Paper 27, 77-88.
- Burckhardt, C., 1930, Étude synthétique sur le Mésozoïque Mexicain : Mémoire Société Paléontologique Suisse, 49-50, 280 p
- González-González, A. y A. De Stéfano (eds.), 2002, Fósiles de México, Coahuila una ventana a través del tiempo: Gobierno del estado de Coahuila, 228 p.
- López-Ramos, E., 1978, 1979, Geología de México, Tomos 1, 2 y 3: México D.F., CONACYT, 446 p.
- Wilson, J. L., 1975, Carbonate facies in geologic history: Berlin, Springer-Verlag, 417 p.

Geología Económica

Depósitos y manifestaciones minerales de níquel (Ni) y cobalto (Co) en el noroeste de México

Efrén Pérez Segura

*Departamento de Geología, Universidad de Sonora,
efrenpese@yahoo.com*

Introducción

México es un país de gran tradición minera, destacando a nivel mundial por su producción en plata (Ag), oro (Au), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu), grafito, barita y wollastonita, entre otros. A pesar de lo anterior, existen algunos metales estratégicos como el níquel (Ni) y el cobalto (Co), de los cuales existen muy pocas evidencias en territorio mexicano. Ni y Co son importantes por sus grandes aplicaciones en aleaciones con el acero y en la fabricación de monedas. La referencia más antigua en relación a minerales de Ni en México data de González-Reyna (1956), reportada en rocas de Sinaloa y Chihuahua. Por su afinidad geoquímica, ambos elementos se encuentran acompañados en algunos yacimientos minerales. En México solo se han identificado 13 localidades que contienen minerales de Ni y Co (Tabla 1, Figura 1). De ellas, una reporta un mineral de Ni, cinco reportan solo minerales de Co y el resto contiene minerales con ambos elementos. En tres de los yacimientos se trata de minerales en forma de óxidos (minerales que contienen elementos combinados con el oxígeno, O), en el resto hay óxidos y sulfuros (minerales que contienen elementos combinados con el azufre, S). En dos casos la plata es el elemento económico principal (Batopilas y Aventurera, Chih.), en dos el Co ha sido considerado de importancia económica (El Boleo, Sara Alicia) y, en uno de ellos, el Ni se considera económicamente tan importante como el Co (La Esperanza). La variedad mineralógica más interesante (8 minerales, ver Tabla 1) se encuentra en la mina La Gloria (Badiraguato, Sinaloa), en la cual también se han buscado platino (Pt) y elementos afines. La mayor parte de los yacimientos se formaron por aguas calientes ascendentes (soluciones hidrotermales), en diferentes períodos de la historia geológica.

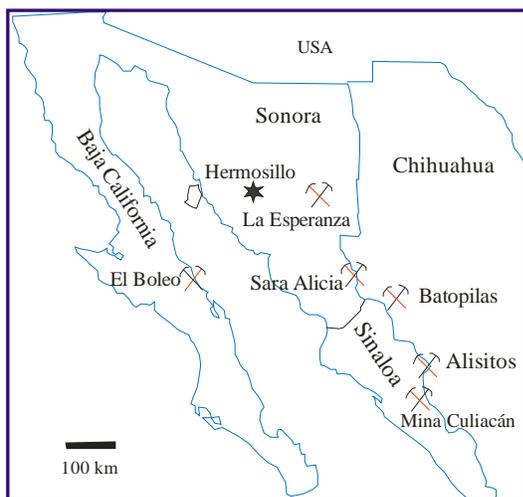


Figura 1. Principales localidades de Ni y Co mencionadas en el texto.

Localidades en Sinaloa

Dos localidades se ubican en Sinaloa y corresponden a Alisitos (Mina la Gloria) y Culiacán.

Alisitos

El depósito de Alisitos se ubica cerca de los límites de los estados de Sinaloa, Durango y Chihuahua. Existen varios prospectos mineros en el área, donde se han descrito más de ocho minerales en forma de óxidos, sulfuros y arseniuros (minerales que contienen elementos combinados con el arsénico, As) que contienen Ni y Co, los cuales se reportan en la Tabla 1. Varias muestras obtenidas en las obras mineras dan valores de 0.3 a 0.9 % de Ni (1% = 10 kg del elemento por cada tonelada de mineral) y menores concentraciones de Co y Cu.

Mina Culiacán

Se ubica a 27 km al noreste de Culiacán. Existen varias vetas mineralizadas dentro de rocas ígneas de composición ultramáfica (roca ígnea constituida por abundantes silicatos que contienen hierro y magnesio). Algunos análisis químicos seleccionados de varias muestras dan valores de Ni superiores a 1 % y hasta 0.15 % de antimonio (Sb), otros estudios de laboratorio indican presencia de niquelina, un arseniuro de níquel (Clark, 1973).

Localidades en Baja California Sur

El Boleo, Santa Rosalía

Por sus características geológicas tan particulares, el yacimiento El Boleo es un yacimiento único en México. Este depósito se encuentra ubicado adyacente a la población de Santa Rosalía en Baja California Sur, un pueblo con gran ascendencia francesa desde fines del

siglo XIX y principios del XX (Figura 2). Durante esa época fue la segunda mina de cobre más importante de México, después de Cananea. De 1868 a 1985 produjo 14 millones de toneladas de mineral con 4.8 % Cu y proporciones menores de Co que nunca fueron recuperadas. Actualmente se tienen recursos por 70 millones de toneladas de mineral, con una ley de 1.5 % Cu, 0.1 % Co, 0.5 % Zn y 3.0 % Mn (manganeso).

Tabla I. Localidades donde se han reportado minerales de Ni y Co en México y minerales presentes.

Estado y localidad	Minerales de Ni y Co presentes y composición química	Otros minerales metálicos reportados
Chihuahua: Mina Batopilas, Batopilas.	Rammelsbergita (NiAs ₂).	Polibasita, proustita, pirargirita, plata, esfalerita y minerales oxidados.
Chihuahua: Mina Aventurera, Sabinal, Ascensión.	Rammelsbergita (NiAs ₂) y safflorita (CoAs ₂).	Pirargirita, polibasita, plata, galena.
Chihuahua: Mina Luz, Maguarichi.	Eritrita (Co ₂ As ₂ O ₈ ·8H ₂ O), gersdorffita (NiAsS).	
Baja California Sur: El Boleo, Santa Rosalía.	Smithsonita cobaltífera, esferocobaltita (CoCO ₃), carrolita (Co ₂ CuS)	Calcosita, covelita, carrolita, pirita, calcopirita, boleita, seudoboleita, cumengeita, fosgenita y muchos otros óxidos.
Coahuila: Veta Rica, Sierra Mojada.	Eritrita (Co ₂ As ₂ O ₈ ·8H ₂ O).	Clorargirita, plata, estroncionita, pearceita, proustita.
Jalisco: Mina Esmeralda, Pihuamo.	Eritrita (Co ₂ As ₂ O ₈ ·8H ₂ O), cobaltita (CoAsS), skutterudita (Co,Ni)As ₃ s.	
Querétaro: Mina grande de Escalera, Aguacatlán, San Juan del Río.	Asbolana.	
Sinaloa: Mina La Gloria, Alisitos, Badiraguato.	Annabergita (Ni ₂ As ₂ O ₈ ·8H ₂ O), eritrita (Co ₂ As ₂ O ₈ ·8H ₂ O), gersdorffita (NiAsS), maucherita (Ni ₂ As ₂), millerita (NiS), niquelina (NiAs), pentlandita (Ni ₃ Fe ₂ Co ₂ S ₈), violarita (Ni ₂ Fe)S ₄ .	Goethita, oro, jarosita, ilvaita, pirita.
Sinaloa: Mina Culiacán.	Nicolita.	
Sonora: Sara Alicia, San Bernardo.	Eritrita (Co ₂ As ₂ O ₈ ·8H ₂ O), cobaltita (CoAsS), mansfieldita, safflorita (As ₂ Co), heterogeneita (CoO ₂ Co ₂ O ₃ ·6H ₂ O).	Goethita, escorodita, estilbita, arsenopirita, glaucodota, lollingita.
Sonora: La Guadalupeana, El Zubiate.	Asbolana.	
Sonora: La Esperanza, Bacanora.	Siegenita (Co,Ni) ₂ S ₄	Calcopirita, esfalerita, pirita, malaquita, crisocola, azurita, wad.
Zacatecas: Mina Aránzazu, Concepción del Oro.	Esferecobaltita (CoCO ₃).	Atacamita, acantita, azurita, goethita, malaquita, cerusita, cobre, cuprita, bornita, galena, estefanita, esfalerita.

Las rocas que hospedan la mineralización se ubican dentro de un paquete de 500 metros de espesor de rocas marinas y continentales: una caliza basal, conglomerados, areniscas, tobas y yeso. Se conocen al menos 5 mantos con mineralización de Cu-Co-Zn en estratos arcillosos. La mineralización está diseminada en la roca y consiste de calcosita-digenita, covelita, calcopirita y pirita. El cobalto se encuentra en un mineral del grupo de las linneitas (carrolita) que son sulfuros que contienen Fe, Cu y Co (Tabla I). Este yacimiento es también mundialmente conocido porque en él se descubrieron especies mineralógicas como la boleita y la cumengeita (Figura 3). El yacimiento de El Boleo se formó al inicio de la apertura del golfo de California, hace unos 7 millones de años (Ma).



Figura 2. Iglesia de Santa Bárbara en Santa Rosalía, B.C.S., atribuida a Gustave Eiffel (1887), creador de la Torre Eiffel (Fotografía de Lucas H. Ochoa Landín).

Localidades en Chihuahua

Batopilas

Los yacimientos de Batopilas se ubican a 240 km al suroeste de la ciudad de Chihuahua, cerca de los límites con Sinaloa, y fueron descubiertos en 1632 (Figura 4). Batopilas es particularmente célebre en el mundo por los especímenes de plata nativa de formas arborescentes, extraídos de sus minas (Figura 5). Su producción registra 300 millones de onzas de plata procedentes de las cinco minas reconocidas en el distrito (Wilkerson et al., 1988). La mineralización se obtuvo de vetas en las que la plata nativa fue el mineral más importante, pero también hay presencia de otros sulfuros de antimonio y arsénico llamados pirargirita y proustita, respectivamente. Los minerales de Co-Ni son arseniuros que corresponden a los minerales rammelsbergita y safflorita (Tabla 1).

Localidades en Sonora

Sara Alicia

Este yacimiento se ubica al noreste de San Bernardo, en el sur de Sonora. Aquí existe un depósito que contiene leyes de 3.6 gr Au/ton y 0.32 % Co (Pérez-Segura, 1985). Los minerales de Co conocidos corresponden al arseniuro safflorita y a un arseniato llamado eritrita (Tabla 1). La eritrita de Sara Alicia es muy apreciada por los coleccionistas de minerales de todo el mundo.

La Esperanza

Este yacimiento se ubica a 12 km al noroeste de Bacanora. Es el único depósito que puede ser económico por Ni y Co (0.15 % Ni y 0.15 % Co) y contiene además pequeñas concentraciones de Au, Cu

y Zn. El mineral de Ni-Co presente, reportado por primera vez en México (Pérez-Segura et al, 2004), es el sulfuro siegenita (Figura 6a), el cual se acompaña de otros sulfuros y óxidos como calcopirita, esfalerita, pirita, hematita y magnetita (Tabla 1). Las figuras 6 b, c, d, e y f muestran imágenes de análisis semicuantitativos, sobre el área de la figura 6a, realizados con la ayuda de una microsonda electrónica: la sonda analiza en este caso específico, por medio de un barrido, una pequeña superficie; sobre la cual cuantifica la presencia de distintos elementos químicos, siendo posible elaborar mapas de distribución de cada elemento para el área considerada. La Figura se interpreta de la siguiente manera: en 6 b, los tonos verde amarillento intenso indican abundancia relativa de azufre (S); en 6 c y d los tonos gris azulosos indican abundancia relativa de cobalto (Co) y níquel (Ni), respectivamente; en 6 f, los tonos gris azulosos indican abundancia relativa de hierro (Fe), los otros colores no tienen mayor significado.



Figura 3. Ejemplar de boleita procedente de la mina Amelia, Distrito El Boleo, Santa Rosalía, B.C.S. Fotografía cortesía de Kevin Ward: www.themineralgallery.com. Ejemplar de la colección Ernst W. Matti (Fotografía tomada por Joe Budd).

Conclusión

El presente artículo muestra que, a pesar de las muy escasas manifestaciones de mineralizaciones de Ni-Co presentes en México, éstas son de gran interés tanto desde el punto de vista estratégico, puesto que México es importador de estos metales, como desde el punto de vista meramente mineralógico. Vale la pena enfatizar que las localidades anteriores son conocidas a nivel mundial por sus aportaciones a las colecciones

minerales: en el mundo se conoce la plata nativa de Batopilas, la boleita y la cumengeita de El Boleo, la eritrita de Sara Alicia, y... todo lo que nos falta aún por descubrir...



Figura 4. Iglesia de Satevó, Batopilas, Chihuahua (Fotografía de Eric Enders). Tomada para fines educativos de: www.ericenders.com.



Figura 5. Ejemplar de plata nativa de Batopilas, Chihuahua. (Fotografía cortesía de Jordi Fabre: www.fabreminerals.com.)

Bibliografía

- Clark, K.F., 1973, Rocas básicas y ultrabásicas en el Estado de Sinaloa: Mazatlán, X Convención Nacional de la AIMMGMAC, Memorias Técnicas, 271-281.
- Consejo de Recursos Minerales (Coremi), 1991, Monografía geológico-minera del Estado de Sinaloa: Pachuca, 159 p., 3 mapas.
- González-Reyna, J., 1956, Riqueza minera y yacimientos minerales de México: México, D.F. Banco de México, S.A., Tercera Edición, 497 p.
- Pérez-Segura, E., 1985, Carta metalogenética de Sonora 1:250 000 – Una interpretación de la metalogenia de

Sonora: Hermosillo, Gobierno del Estado de Sonora, Dirección de Minería, Geología, y Energéticos, Publicación No. 7, 64 p.

Pérez-Segura, E., Gallardo-Romero, R., Valencia-Gómez y V.A. Padberg, M., 2004, La Esperanza: una nueva mineralización con Ni-Co en Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21, 2, 260-267.

Wilkerson, G., Deng, Q., Llavon, R. y Goodell, P., (1988), Batopilas Mining District, Chihuahua, Mexico: Economic Geology, 83, 1721- 1736.

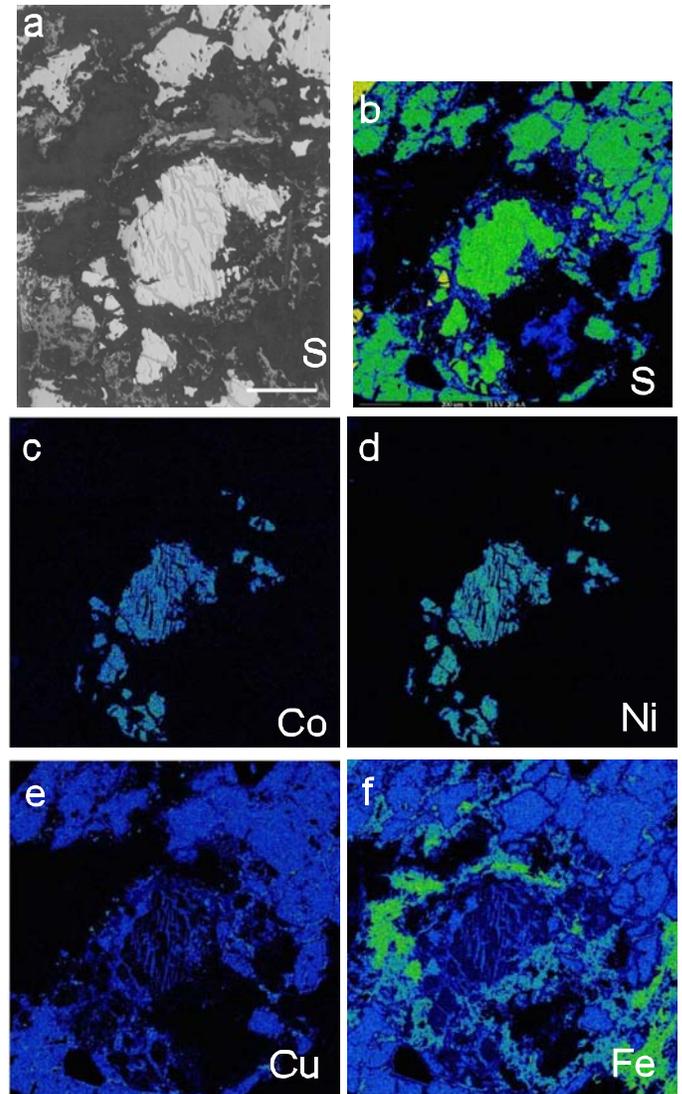


Figura 6. (a). Siegenita (mineral más blanco) parcialmente reemplazada por calcopirita (mineral más gris), mina La Esperanza, Bacanora, Sonora. Sección pulida al microscopio. Luz reflejada. La escala representa 0.2 mm. (b), (c), (d), (e) y (f), análisis semicuantitativos efectuados con microsonda electrónica mostrando la distribución de los elementos S, Co, Ni, Cu y Fe sobre la misma superficie. Ver texto para explicación. Imagen tomada del original publicado por Pérez-Segura et al. (2004) en la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas número 21 (2), páginas 260-267, con el permiso de la revista.

Homenaje

Breve semblanza del Astrónomo y divulgador de la ciencia



Antonio Sánchez Ibarra

(30 de agosto de 1955 -13 de septiembre de 2009)

Julio Saucedo Morales

Departamento de Investigación en Física,
Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora

jsaucedo@cosmos.astro.uson.mx

El interés de Antonio Sánchez Ibarra por la Astronomía inició en su niñez. También desde temprano fue cautivado por la era espacial, habiendo nacido dos años antes de su inicio, lo cual le permitió seguir muy de cerca el programa Apolo que llevó al hombre a la luna en 1969, cuando Antonio estaba por cumplir 14 años de edad.

Pero el gusto por la astronomía y las ciencias del espacio no quedó encerrado en él, sino que empezó a transmitir lo que iba aprendiendo, primero en su entorno, y luego más lejos, hablando de las maravillas del espacio. Aún siendo adolescente, formó en Nogales la Sociedad Astronómica Orión, logrando despertar en mucha gente la pasión por el cosmos.

Viviendo en Nogales, Sonora, se dio cuenta de que cerca de Tucson, Arizona, se encontraba el Observatorio Nacional de Kitt Peak, sitio con la mayor concentración de telescopios del mundo. Ahí conoció a astrónomos (Jack Pierce, Bill Hubbard, Steve Larson y David Levy, entre otros) con quienes colaboraría en diversas investigaciones: ocultaciones de estrellas, cometas, estudios solares y estrellas variables. Así mismo, Kitt Peak le brindó la oportunidad de llevar a estudiantes, a quienes aparte de mostrarles el observatorio impartía charlas; es así como inició su peregrinar por las escuelas de Sonora. En 1985, Antonio fue contratado por el INAOE para trabajar en Cananea en la instalación del telescopio de 2.1 metros (Observatorio Guillermo Haro). Después, en 1990 se dieron las condiciones para que la UNISON lo contratara y fue así como por 20 años,

Antonio laboró en la Universidad de Sonora. Desde que Antonio llegó, dejó sentir su huella. El primer reto fue la instalación del Observatorio del Centro Ecológico de Sonora, con un telescopio de 41.2 cm, que fue inaugurado el 20 de marzo de 1990. Este observatorio ha funcionado desde entonces, brindando a la comunidad la oportunidad de observar las maravillas del Universo. El 18 de septiembre de 2009 (cinco días después de su fallecimiento), se develó una placa en que se dedicó el observatorio a Antonio, por lo que por siempre será conocido como Observatorio Antonio Sánchez Ibarra.

En 1990, Antonio, el Dr. Manuel Corona, profesor visitante del INAOE, y un servidor presentamos la propuesta para la creación del Área de Astronomía de la Universidad de Sonora, misma que fue sometida y aprobada por el Consejo Interno del Departamento de Investigación en Física de esta universidad (DIFUS). El próximo 14 de febrero, el Área de Astronomía cumplirá 20 años y en este contexto está prevista la visita del astronauta mexicano José Hernández.

Durante sus 20 años en la UNISON, Antonio fue un gran impulsor de infraestructura astronómica y educativa (programa "Constelación" de planetarios), un diligente observador solar, un guía de muchos alumnos que trabajaron con él. Pero sobre todo, será recordado como un verdadero fenómeno de la divulgación de la ciencia. En ésta como en todas sus actividades, Antonio contagió con su entusiasmo a personas de todas las edades y estratos sociales. Su constante presencia en los medios de comunicación lo convirtió en una persona ampliamente conocida y querida por la sociedad sonorensis y más allá, entre la población de habla hispana que seguía los programas de astro-tv en Internet, en sus transmisiones de programas educativos. En 2000, fue distinguido con el Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia por SOMEDICYT. Así mismo, en 2001 publicó su libro, "101 Preguntas Clásicas de Astronomía". Para finalizar, podríamos resumir que el principal legado de Antonio Sánchez fue mostrar a grandes y pequeños que el Universo está al alcance de nuestras manos.

Contraportada,

Arriba. Ejemplar de boleita procedente de la mina Amelia, Distrito El Boleo, Santa Rosalía, B.C.S. Fotografía cortesía de Kevin Ward: www.themineralgallery.com. Ejemplar de la colección Ernst W. Matti. Fotografía tomada por Joe Budd. Artículo sobre los minerales de níquel y cobalto en el noroeste de México.

Abajo. Ejemplar completo y valva inferior de *Guzzyaella bisulcata* Alencáster, una especie de molusco bivalvo del grupo extinto de los rudistas, que vivió en los mares que cubrieron México durante el Cretácico medio. Fueron colectados en la localidad de El Madroño, Querétaro. Fotografía de Gloria Alencáster. Artículo sobre los mares de México.



Nuestra Tierra

Revista de divulgación de las ciencias naturales

Nuestra Tierra es una publicación semestral de la Estación Regional del Noroeste de la UNAM que busca crear un medio de difusión de las Ciencias de la Tierra en nuestra localidad. Su objetivo es dar a conocer, de manera sencilla, información sobre la geología y biología de Sonora y otras partes del mundo, así como temas y hallazgos de interés general relacionados con nuestro planeta. Invitamos a la comunidad de las Ciencias de la Tierra y el ambiente a presentar trabajos sobre estos temas.



Aspectos Técnicos

Los trabajos deberán incluir ilustraciones que serán publicadas en blanco y negro, las cuales pueden ser enviadas como dibujos, fotografías o diapositivas, o bien en archivos en formato BMP, PCX, PSD o WMF (resolución 306 dpi para fotografías y 800 dpi para dibujos; 1100 o 2300 pixeles de extensión lateral para fotografías; 2800 o 6000 pixeles para dibujos). Se publicarán artículos en dos modalidades: 1) textos cortos, con un mínimo de 1/2 página y un máximo de 2 páginas; y 2) textos en extenso, con un mínimo de 3 y máximo de 6 páginas (con ilustraciones). Deberán estar escritos en Times New Roman, 11 puntos, normal, a doble espacio y con márgenes de 2.5 cm. Los trabajos deberán enviarse en formato de archivo RTF (RichTextFormat) con el mínimo de formato de estilo posible. Para efectos de evaluar su posible publicación, los autores deberán enviar un archivo electrónico de la misma en un CD-ROM o bien por correo electrónico a:

Comité Editorial de Nuestra Tierra
Estación Regional del Noroeste
Instituto de Geología, UNAM
Apartado Postal 1039
83240 Hermosillo, Sonora, México
nuestratierra@geologia.unam.mx