



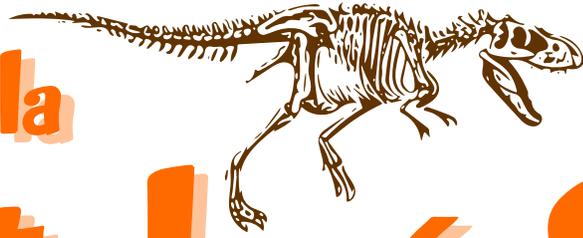
GOBIERNO DE  
MÉXICO

SALUD  
SECRETARÍA DE SALUD

SNDIF  
SISTEMA NACIONAL PARA  
EL DESARROLLO INTEGRAL  
DE LA FAMILIA

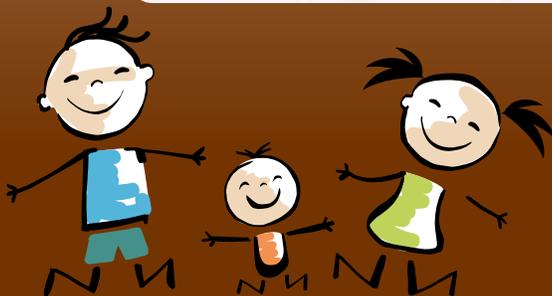


# ¿Qué es la Paleontología?



Elaborado por René Hernández Rivera

Revisión del texto: M. en C. Ángel A. Ramírez Velasco D.R. 2018



DivertiDIF

# Contenido

¿Qué es la Paleontología? .....	5
¿Qué es un fósil? .....	7
Unidades estratigráficas.....	9
Litoestratigráficas	
Cronoestratigráficas	
Geocronológicas	
Bioestratigráficas	
Principios geológicos.....	13
Superposición estratigráfica	
Correlación estratigráfica	
Principios paleontológicos.....	16
El postulado de origen	
El actualismo biológico	
La anatomía comparada	
• La comparación de grupos con estructuras homólogas	
• La comparación de grupos con estructuras análogas	
La correlación orgánica	
La correlación funcional	
Tafonomía.....	23
Yacimiento autóctono	
Yacimiento alóctono	

## Los diferentes procesos de fosilización y tipos de fósiles.....29

¿Qué es un proceso de fosilización?

Los diferentes procesos de fosilización y tipos de fósiles

Fósiles que conservan las partes blandas originales

- Por congelación o criopreservación
- Inclusión en chapopoterias
- Momificación

Fósiles que conservan las partes duras originales

- Restos de calcita
- Restos de aragonita
- Restos de fosfatos.
- Restos de sílice
- Restos de quitina

Fósiles que conservan las partes duras "alteradas"

- Permineralización y petrificación
- Carbonización o destilación
- Inclusión en ámbar

## Moldes y reemplazamientos por otros minerales (mineralización)..... 44

Por calcita

Por sílice

Por piritita

## Fósiles traza..... 48

Rastros y pisadas

Galerías y madrigueras.

Coprolitos

Gastrolitos

Pseudofósiles.....54  
Dendritas  
Concreciones y nódulos

Ramas de la Paleontología.....58

Bibliografía.....69

Glosario.....70

Agradecimientos.....76



FL  
1992

## ¿Qué es la Paleontología?

La Paleontología tiene como objetivo, el estudio del registro fósil para reconstruir la historia de la vida en la tierra.

Más que una ciencia es una disciplina ya que utiliza, integra e interpreta, de una manera especial, principios, hipótesis, formas de investigación, tratados, un gran etcétera de diferentes ciencias y está íntimamente ligada a la Geología, que estudia a la tierra en todos sus aspectos y a la Biología que estudia todos los aspectos de la vida.



		Taliaferro (1933)	González-León y Lawton (1995)		
CRETÁCICO TARDÍO	GRUPO CABULLONA	Toba Riolítica	Toba Riolítica	X	GRUPO CABULLONA CRETÁCICO TARDÍO
		Capas Rojas Superiores	Formación Lomas Coloradas		
		Lutita Packard	Lutita Packard		
		Arenisca Camas	Arenisca Camas		
		Formación Snake Ridge	Formación Corral de Enmedio		

El rastro de un dinosaurio ornitópodo, probablemente un "pico de pato", descubierto en el ejido de Esqueda, Municipio de Fronteras, Sonora. Se muestra su ubicación en una secuencia estratigráfica y el tipo de roca en donde se encontró, datos que permiten saber cómo era el ambiente en el que se formaron esas pisadas y hace cuánto tiempo lo hicieron, demostrando que la paleontología y la geología "van de la mano".

El término Paleontología, tiene origen griego y viene del término: palaios ("antiguo"), onto ("ser") y logos ("ciencia") que literalmente significa la ciencia de la vida antigua. Existen varias versiones, de quien lo acuñó. Algunos le dan el crédito al geólogo británico Charles Lyell (1769-1875). Otros se lo dan a Henry Marie Ducrotay de Blainville, zoólogo y anatomista francés, editor de la revista "Journal de Physique" quien en 1822 usó la palabra, en francés "Palæontologie", por vez primera, para referirse al estudio de los antiguos organismos vivos. Cabe mencionar que fue estudiante de Georges Cuvier, considerado "el padre de la Paleontología"

Al consolidarse la paleontología en la primera mitad del siglo XIX, contribuyó a un rápido aumento del conocimiento acerca de la historia de la vida en la Tierra y, a lograr un importante progreso hacia la definición de la escala temporal geológica basada en su mayoría en evidencia fósil.



Barón Georges Cuvier (Francia, 1769-1832) también propuso los principios de la correlación orgánica y la anatomía comparada.

## ¿Qué es un fósil?

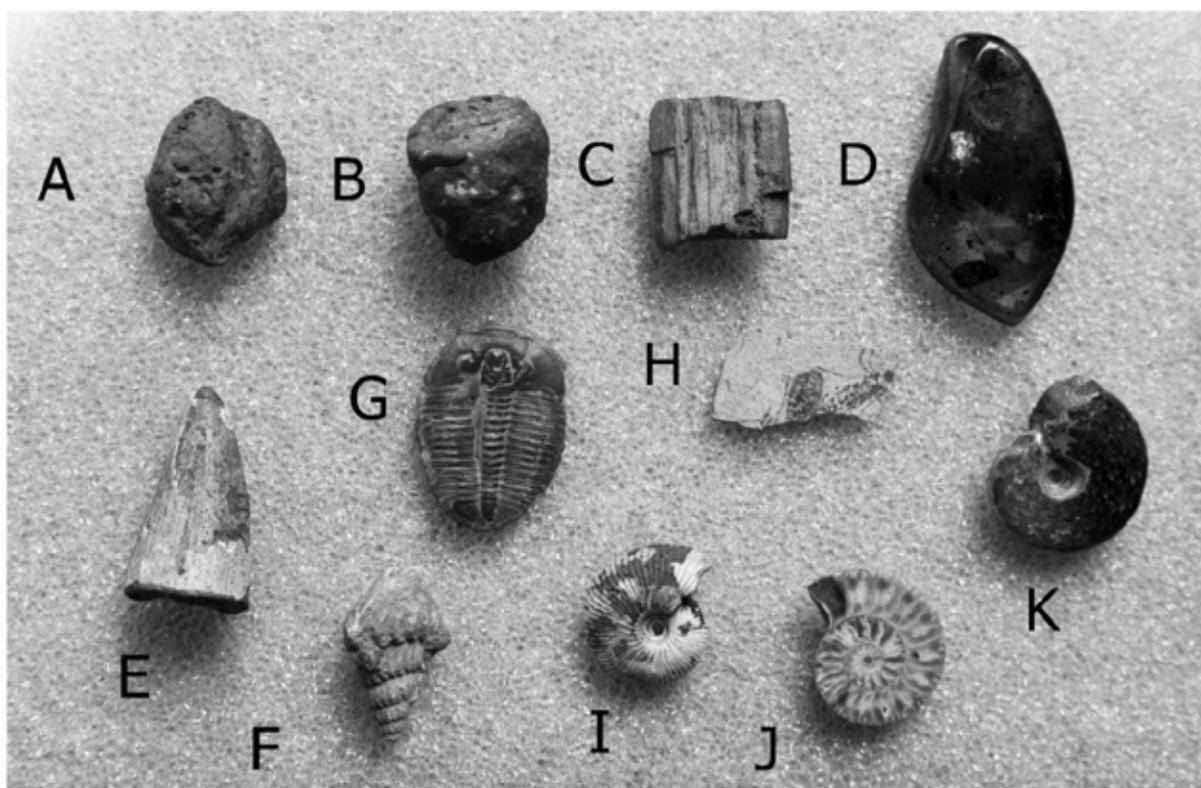
Un fósil es cualquier evidencia de vida del pasado que se haya conservado, por una serie de procesos o cambios fisicoquímicos, del organismo original, de forma natural, en las rocas (principalmente sedimentarias).

La palabra fósil viene del latín fossilis, relacionada con "fosa" que significa excavar. Su significado, hasta el siglo XVIII se aplicaba también a cualquier objeto encontrado por excavaciones, como los minerales, restos arqueológicos; al igual que a los fósiles verdaderos, evidencias de vida antigua, que quedaban expuestos en las rocas de paredes, acantilados o en el suelo debido a la erosión.



Minerales, puntas de lanza, rocas pulidas, restos arqueológicos junto con "fósiles auténticos" eran considerados fósiles antes del siglo XVIII.

En la actualidad el término fósil implica cualquier evidencia de vida del pasado y como tal incluye microorganismos, el esqueleto de un animal o un pedazo de hueso, un tronco petrificado, pisadas, rastros, restos de plantas, de polen y esporas organismos preservados en hielo como mamutes y rinocerontes, insectos y plantas incluidos en ámbar, excrementos fosilizados (llamados coprolitos), contenidos estomacales y gastrolitos.



Ejemplos de algunos tipos de fósiles: A. Fruto, B. Coprolito, C. Madera, D. Ámbar, E. Diente de un reptil marino, F. Gasterópodo, G. Trilobite, H. Insectos, I,J,K. Amonites

## Unidades estratigráficas

Como la mayoría de los fósiles se encuentran incluidos en las rocas sedimentarias es por lo que se hace necesario conocerlas. Estas unidades se basan en el origen y tipo de sedimentos que las constituyen. Cada cuerpo de roca está formado por procesos distintos y en ambientes diferentes dando como resultado una litología o un conjunto de ellas, con texturas, estructuras y conjuntos fosilíferos que son característicos y distintivos.

### Unidades Geocronológicas

Son unidades de tiempo

Era

Mesozoica

Período

Cretácico

Época

(Tardío)

Edad

(Campaniense)

### Unidades Geocronológicas

Son unidades de tiempo

Eratema

Sistema

Serie

(Superior)

Piso

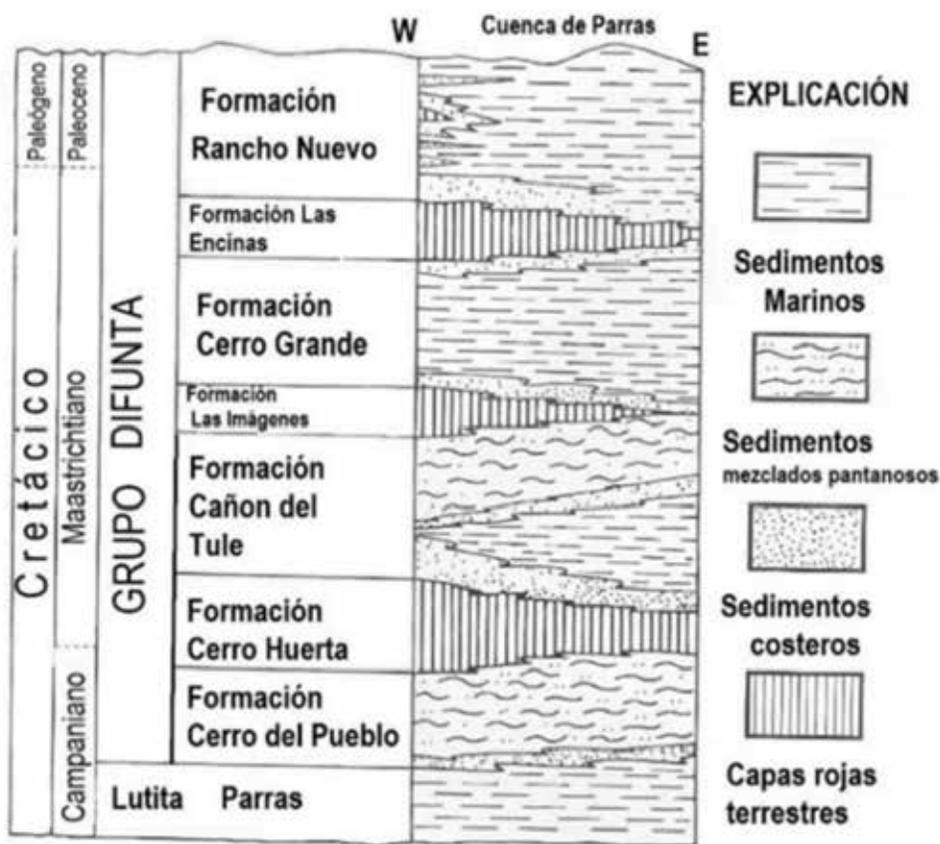
(Campaniano)

Ejemplo de dos unidades estratigráficas que se basan en diferentes conceptos pero que, al usar nombres iguales, en algunas subdivisiones con frecuencia se confunden.

Las **unidades litoestratigráficas** se acumulan una sobre otra de manera horizontal como una pared de ladrillos. Su principal característica es la homogeneidad litológica, pero también es posible el establecimiento de una unidad de este tipo por su extraordinaria heterogeneidad. Los límites de las unidades deben estar situados en contactos marcados y claros entre diferentes rocas o sedimentos.

Las unidades formales, ordenadas según su rango son las siguientes:

- Grupo
- Formación
- Miembro
- capa



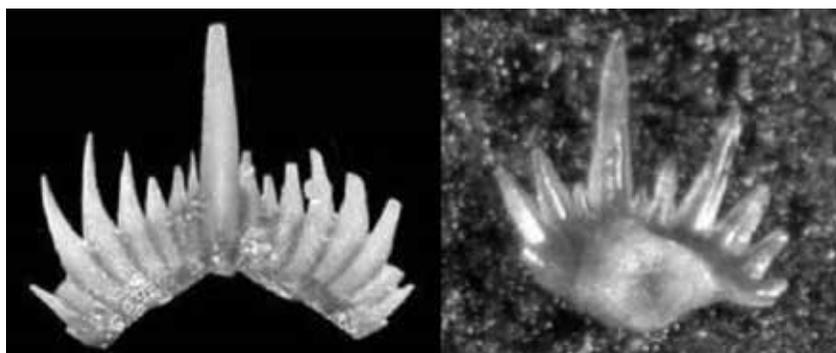
Nomenclatura estratigráfica para el Grupo Difunta en la Cuenca central de Parras, Coahuila

Las **unidades cronoestratigráficas**, son de posición y corresponden a las rocas formadas o depositadas durante un periodo de tiempo y sus subdivisiones son inferior, medio y superior.

Las **unidades geocronológicas** son las que expresan tiempo en forma de secuencia o sucesión relativa temporal en millones de años. Aquí se utilizan los términos era, periodo, época y edad. Y para las subdivisiones de ellas temprano, medio y tardío.

Eratema	Sistema	Serie	Piso	Cronoestratigráficos
<b>M</b> <b>e</b> <b>s</b> <b>o</b> <b>z</b> <b>o</b> <b>i</b> <b>c</b> <b>o</b> <b>(a)</b>	Cretácico	Superior	Maastrichtiano	65
			Campaniano	72
			Santoniano	83
		Tardío	Coniaciano	86
			Turoniano	89
			Cenomaniano	93
		Inferior	Albiano	100
			Aptiano	113
			Barremiano	125
			Hauteriviano	129
Temprano	Valanginiano	132		
	Barreniano	139		
				145
Era	Período	Epoca	Edad (iense)	Geocronológicos millones de años

Las **unidades bioestratigráficas** se establecen en el contenido fosilífero de las rocas, son independientes del tiempo en el que se formaron. La enorme ventaja que presentan, con respecto a las otras unidades es que, como se basan en la evolución biológica **NO SE REPITEN** y por lo tanto son muy útiles para hacer correlaciones. La ordenación de las unidades litológicas en función de su contenido de fósiles es la base de la bioestratigrafía, cuya unidad básica es la zona que es el estrato o conjunto de estratos caracterizados por ciertos taxones (y organismos).



Fósiles de conodontos

Sistema Series	Sistema/ Piso	Zona de fósiles Conodontos	Unidad en el Mapa	
Devónico superior	Viscaño	<i>Pa. g. expansa</i>	Unidad de carbonatos y siliclastos	
		<i>Pa. g. postera</i>		
		<i>Pa. z. trachyleta</i>		
		<i>Pa. m. marginifera</i>		
		<i>Pa. chontuotini</i>		
	Frasniano	<i>Pa. eripida</i>		
		<i>Pa. triangularis</i>		
		<i>Pa. inquilina</i>		
		<i>Pa. rhenana</i>		
		<i>Pa. senaria</i>		
Ordovícico inferior	Arenigiano	<i>Pa. hassi</i>	Unidad 2 carbonatos	
		<i>Pa. punctata</i>		
		<i>Pa. senaria</i>		
	Tremadociano	Fauna D	<i>R. andinus</i>	Unidad 1 carbonatos
			<i>Oe. communis</i>	
		Superior	<i>A. deltatus - On. costatus</i>	
			Inferior	
		<i>R. manitouensis</i>		
		<i>C. angulatus</i>		
		<i>Iapetognathus n. sp.</i>		
<i>C. lindstromi</i>				

Zona de conodontos para el Ordovícico, Devónico en las rocas de Sierra Agua Verde en el este de Sonora, México.

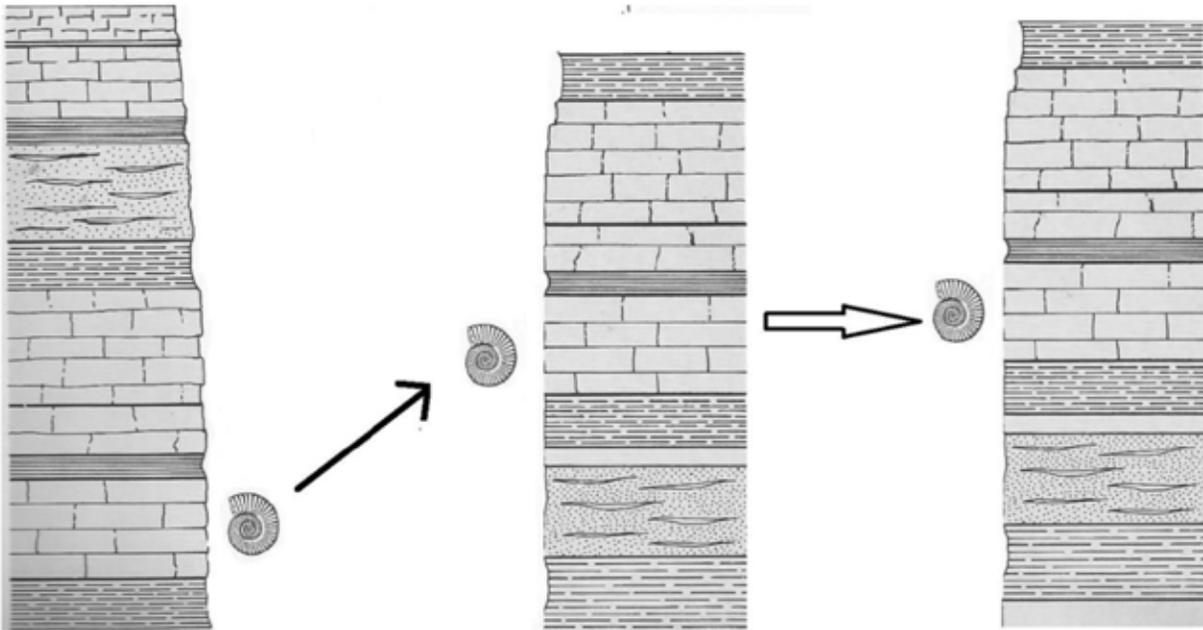
## Principios geológicos

**Superposición estratigráfica:** Enunciado por William Smith (1769–1839). Retomando las ideas de Nicolas Steno (1638–1686, ley de Steno) dice que en una serie estratigráfica normal (no invertida, ni plegada) los estratos de la parte inferior son siempre más antiguos que los de la superior. El contenido en fósiles de dichos estratos debe cumplir el mismo principio.



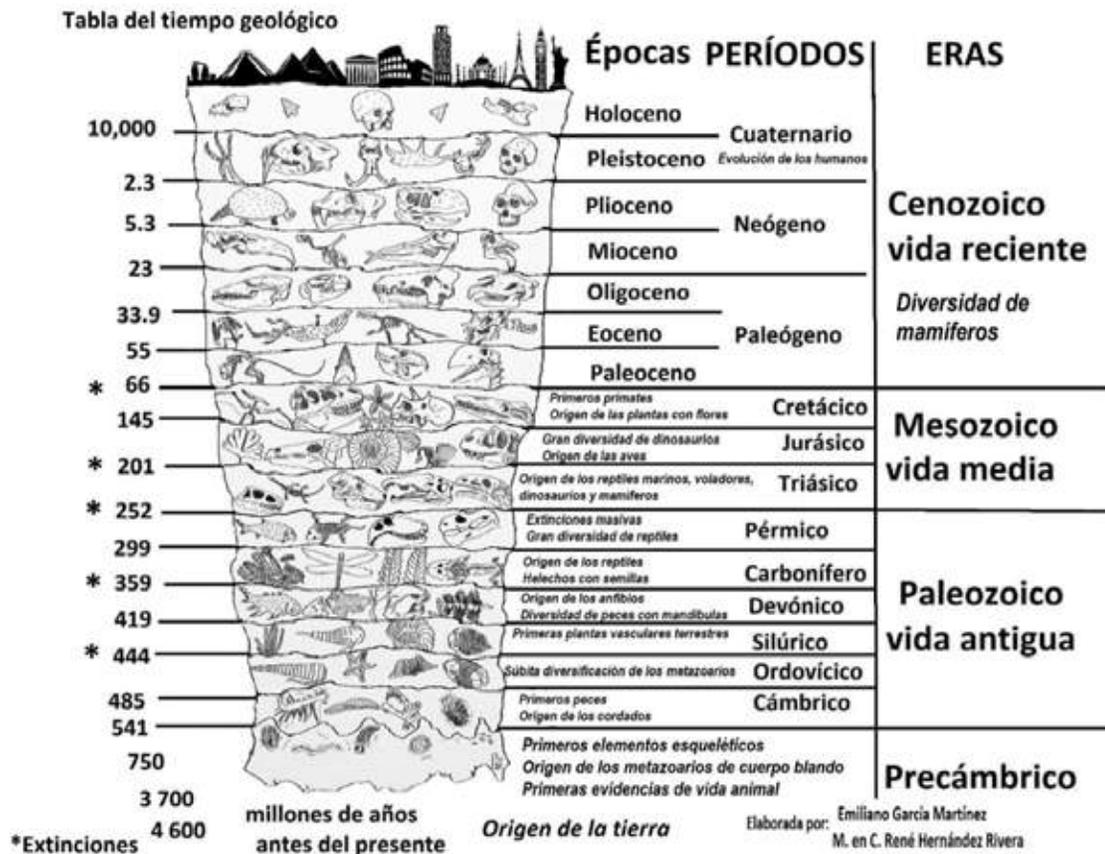
Los estratos inferiores son más antiguos que los superiores en una secuencia normal de depósito de rocas sedimentarias. Cuenca Junggar, NO de China, Jurásico medio, con una edad aproximada de 150 millones de años.

**La correlación estratigráfica:** Los estratos pertenecientes a la misma época se caracterizan por un contenido en fósiles y litológico similar. Este principio, en la práctica, es cierto, pero con limitaciones, ya que otros factores como las barreras físicas, el clima o el ambiente condicionan esto.



Los fósiles más útiles para hacer las correlaciones se conocen como índice o guía y tienen las características de ser abundantes, fáciles de identificar, de vida corta y distribución amplia que se presentan en muchos tipos de rocas.

La manera en la que se ha desarrollado la tabla secuencial del tiempo geológico sirve para ubicar cuando vivieron los diferentes organismos, cuando se originaron, evolucionaron o se extinguieron depende del estudio de unos cuantos principios generales, que parecen muy simples en su concepción, pero al aplicarlos a veces son difíciles.



Los principios y métodos fundamentales para hacer estas secuencias están basados en las unidades litoestratigráficas, las geocronológicas, las cronoestratigráficas y las bioestratigráficas.

## Principios paleontológicos

**El postulado de origen:** los fósiles son productos directos o indirectos de organismos que vivieron en el pasado, es decir, son entidades del pasado.



⌚ a la izquierda una reconstrucción del aspecto en vida de un amonite, molusco pariente de los pulpos actuales, cuando estaba vivo en los mares del Periodo Jurásico hace 150 millones de años. ⌚ a la derecha la evidencia fósil de su concha nacar original.

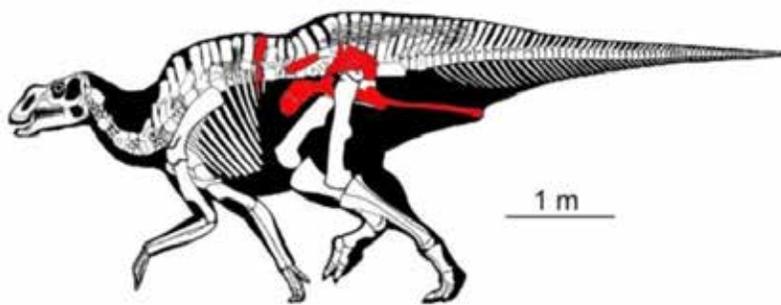
**El actualismo biológico:** Para interpretar el pasado es necesario estudiar el presente. Los seres que vivieron en anteriores épocas geológicas se regían por las mismas leyes físicas y biológicas, y tenían las mismas necesidades que los actuales. Esto permite, por ejemplo, afirmar que los peces del Silúrico tenían branquias, porque las tienen los peces actuales (aunque no sean los mismos); y que los dinosaurios ponían huevos, como los cocodrilos, lo cual se ha visto posteriormente corroborado al encontrarse fósiles de huevos, y nidos.



Dibujo de Jonathan S. Cabrera

El nido de un dinosaurio, Citipati descubierto en Mongolia por el Dr. James M. Clark, con las evidencias de la protección parental. Los huevos están cubiertos por los brazos del dinosaurio adulto que los protege y empolla al mismo tiempo, como lo hacen muchas aves.

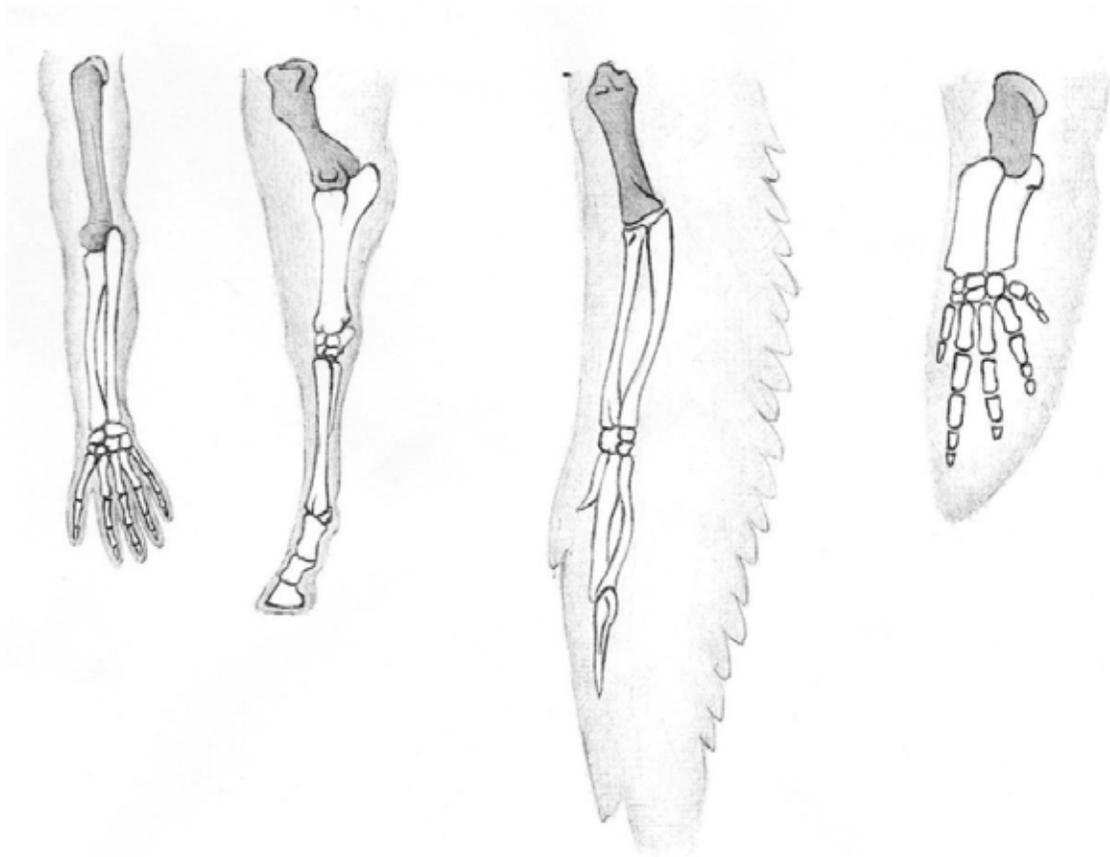
La **anatomía comparada**: Aunque los fósiles solo nos aporten una pequeña parte anatómica de un taxón extinto, la anatomía comparada nos permite inferir y completar determinadas características de su forma o de los huesos ausentes. Así permite colocar a los organismos extintos en el sitio que les corresponde del cuadro general de los seres vivos, obteniendo el punto de referencia necesario para poder aplicar el principio de la correlación orgánica



Fotografía y dibujo de Ángel A. Ramírez Velasco.

Los paleoartistas son el mejor ejemplo de que cuando se aplica el principio de anatomía animal comparada se puede reconstruir adecuadamente un organismo "completo" a partir de fragmentos. Esto lleva un gran trabajo de estudio de la forma y posición de los huesos, con cuales otros se articulan, como lo hacen y de su musculatura.

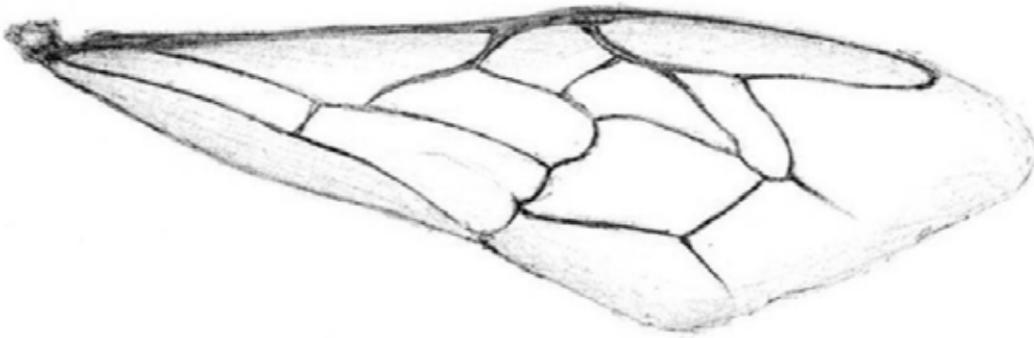
El principio se basa en la comparación de grupos con estructuras homólogas que son morfológicamente semejantes y derivadas de una estructura ancestral común.



Dibujo de José Luis Martínez

Las estructuras homólogas son morfológicamente semejantes y derivan de una estructura ancestral común como los brazos de los humanos, la pata delantera del caballo, el ala de un ave y la aleta de una ballena.

También se basa en la **comparación de grupos con estructuras análogas** que son aquellas morfológica y/o funcionalmente semejantes, pero se originaron de manera filogenéticamente diferente. Es decir, no tienen un origen común, pero cumplen la misma función. Por ejemplo, el ala de los insectos y de los reptiles voladores, pterosaurios.



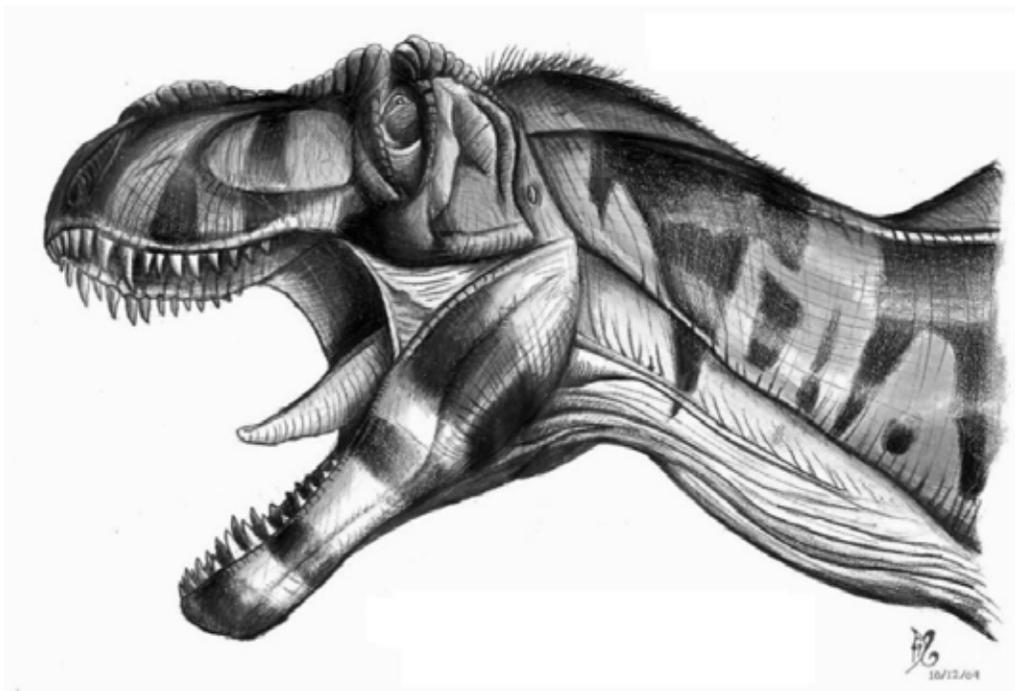
Dibujo de José Luis Martínez

Se dice que dos estructuras son análogas si son morfológica y/o funcionalmente semejantes adquiridas de manera filogenéticamente independiente como las alas de las aves y de los insectos.

**La correlación orgánica:** Propuesto por Cuvier dice que cada ser orgánico forma un conjunto cuyas partes se complementan en armonía, determinando todas las demás y por tanto, puede ser reconocido por un fragmento cualquiera, bastando en último término un trozo de hueso para identificarlo.

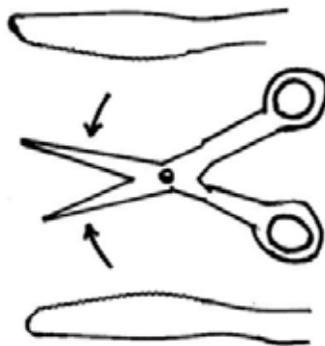


Uno de los más destacados descubridores de fósiles, Harly Garbany, recolectando mandíbulas de **Tyrannosaurus** del Período Cretácico y la reconstrucción de cómo era este dinosaurio basándose en ellas.



Dibujo de Ángel C. Kamírez Velasco.

**La correlación funcional:** Conocida mejor como morfología funcional, es la parte de la Paleontología que trata de las relaciones entre la forma y la función, es decir: que intenta relacionar las estructuras observadas en los fósiles con la función que realizaba el organismo cuando estaba vivo. Para ello utiliza diversos métodos o líneas de análisis.



La forma de cuchillo con serraciones de los dientes del **Tyrannosaurus rex** servían para cortar y desgarrar la carne de sus víctimas, al igual que lo hacen las tijeras o cuchillos.

## Tafonomía

La tafonomía (del griego: taphos=tumba; nomos==ley) es la rama de la Paleontología que estudia la formación de un yacimiento fósil, es decir investiga e interpreta las condiciones o procesos que contribuyeron a que los restos de un organismo, de una población o de una comunidad biológica, formaran parte del registro fósil, o en caso contrario, que evitaron que este se llevara a cabo. Cuando murieron los organismos, pasaron por diferentes etapas, cada una de las cuales presento una influencia distinta sobre ellos, hasta que son "transformados" en fósiles. En cada una de las fases, se va determinando una mayor o menor probabilidad de que se conserve un organismo, población o comunidad biológica, desde que éstos estaban vivos; es decir, a lo largo del proceso tafonómico, se definen una fuerte y progresiva selección de los restos orgánicos antes de constituirse en fósiles.



Ensamble de muerte en masa de rinocerontes y otros animales, que murieron víctimas de un enterramiento por cenizas volcánicas, en Knox County, Nebraska, del Mioceno, hace aproximadamente 12 millones de años.

La tafonomía se divide en: La **bioestratinomía** que es el estudio de los procesos tafonómicos presentes desde el momento en que se genera un resto (el cuerpo entero o una parte de él) susceptible de convertirse en fósil hasta que se produce su enterramiento.

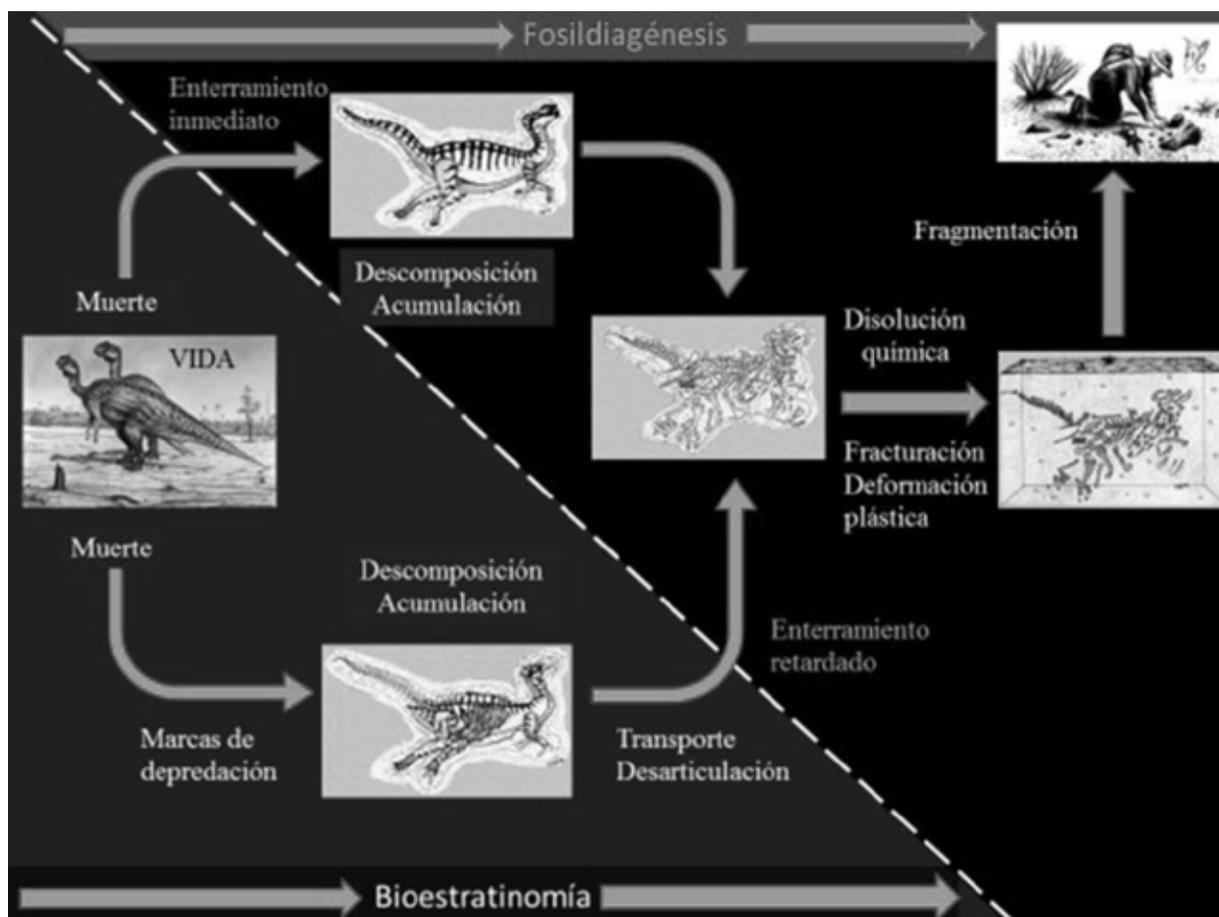
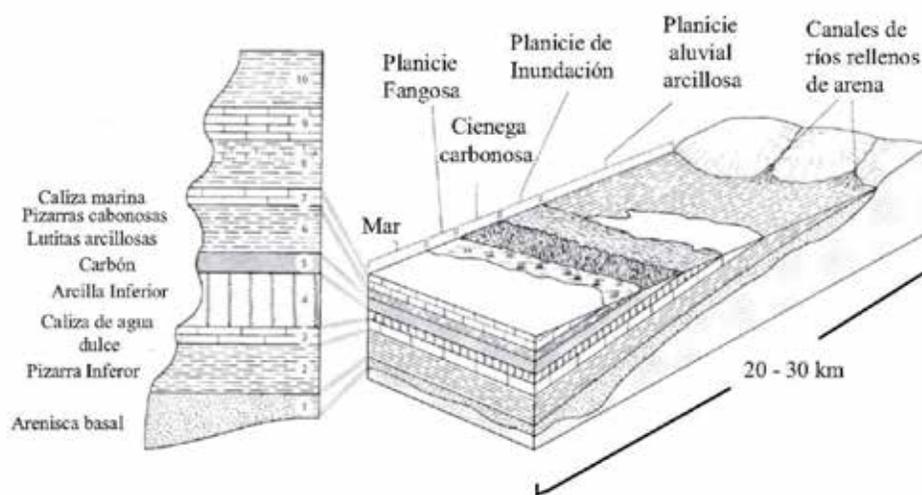


Imagen compuesta por Ángel A. Ramírez Velasco, con ilustraciones de Julio Caballero y Marco A. Pineda y de él mismo.

Puede haber restos que fosilicen sin haber sufrido ninguna alteración bioestratinómica. Los procesos son variados como, por ejemplo: La descomposición, bioerosión, necrocinesis (desplazamiento de los restos una vez muerto el organismo), disolución, etc.

Los procesos tafonómicos posteriores al enterramiento forman parte del campo de la fosildiagénesis que es el estudio de los factores bióticos y abióticos que influyen en la preservación de los restos orgánicos después de ser enterrados. A través de la fosilización también recuperamos información paleobiológica importante sobre el organismo después de ser enterrado (paleoambiente, ecología, etología).



Arriba una fotografía de un actual semidesierto. Abajo a la derecha el dibujo de la secuencia estratigráfica de las rocas que se encuentran expuestas en él y a la derecha la interpretación del probable paleoambiente, hace 70 millones de años.

La diagénesis (gr.,  $\delta\iota\alpha$ - dia-, «a través de», y  $\gamma\acute{\epsilon}\nu\epsilon\sigma\iota\varsigma$  genesis, «origen»), conocida también como litificación, es el conjunto de procesos de formación de una roca sedimentaria a partir de sedimentos, tales como compactación, recristalización o cementación.



El origen de las rocas sedimentarias es la diagénesis producto sobre todo de la presión y temperatura altas. La mayoría de las veces la consolidación de los sedimentos se debe a la infiltración de las aguas que contienen sustancias disueltas. La diagénesis convierte así las gravas en conglomerados, las arenas en areniscas, las arcillas en lutitas, los lodos calcáreos en calizas o dolomías y las cenizas volcánicas en cineritas, etc.

**Yacimiento Autóctono.** Es aquel que se forma en el mismo sitio donde vivían los organismos que han sido fosilizados, permite caracterizar diversos aspectos del lugar y de las condiciones ambientales en que habitaban.

En general, este tipo de yacimientos se constituye de organismos con hábitos sedentarios en su ciclo de vida, como es el caso de los organismos bentónicos o sésiles, los arrecifes de coral, los bancos de ostras y rudistas, e incluso los bosques petrificados y los icnofósiles, así como las turberas, los lignitos y las hullas.



La base de un árbol y el tronco que cayó a su lado, tal como sucedió hace 70 millones de años en el Período Cretácico tardío, en el municipio de Fronteras al norte del estado de Sonora.

**Yacimiento Alóctono.** – se encuentra formado por organismos que sufrieron un transporte previo o posterior a su depósito, por diferentes agentes, como corrientes de agua, aire, acarreo de sedimentos por gravedad (deslaves, turbiditas, etc.).

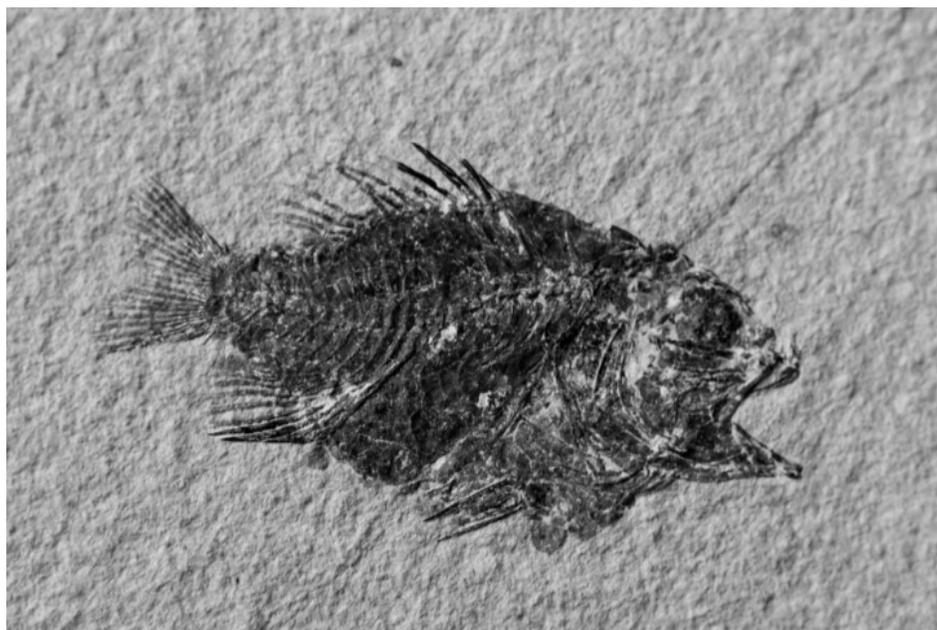


En la gran mayoría de los yacimientos, como este en el sureste del estado de Coahuila, están presentes elementos autóctonos y alóctonos, la abundancia de algunos de éstos en un yacimiento, permite determinar su característica principal.

## Los diferentes procesos de fosilización y tipos de fósiles.

Los tipos de fósiles son producto de los diferentes procesos de fosilización. Existen varias maneras de clasificarlos. Se consideran evidencias directas (también llamados "fósiles corporales") como los exoesqueletos de los invertebrados y los esqueletos de los vertebrados o alguna de sus partes, hojas de árboles, polen, esporas.

Pueden ser producidas antes o después de su muerte ya que, por ejemplo, un árbol caducifolio puede perder hojas en vida y a un vertebrado se le puede caer un diente.



Ejemplar cedido por Enoch Ortiz

Un pez conservado por el proceso de "carbonización" del Periodo Cretácico de con una edad aproximada de 120 millones de años en Chiapas.

Las evidencias indirectas también llamadas “fósiles traza” se produjeron durante la vida de los organismos cuando interactuaron con el sedimento y las rocas, como son las huellas, rastros, nidos, huevos, contenidos estomacales, gastrolitos y excrementos fosilizados llamados coprolitos.



Dibujo de Ángel A. Ramírez Velasco

Las dinosauroicnitas, como estas localizadas en el Ejido de Esqueda, Mpio. de Fronteras, Sonora, proporcionan gran cantidad de información biológica acerca de las actividades cotidianas de los dinosaurios, su comportamiento social, la velocidad de desplazamiento, ecología, actividad dinámica, dimensiones y evolución, aparte de inferir los paleoambientes en los que se formaron.

## ¿Qué es un proceso de fosilización?

Son los diferentes cambios fisicoquímicos que ocurrieron en un organismo que alguna vez estuvo vivo y su "transformación para convertirse en un fósil", es decir una evidencia de vida del pasado. Los factores principales que favorecieron la fosilización son: la posesión de partes duras, evitar la descomposición inmediata, el rápido enterramiento y el tipo de sedimento con el que se cubrieron los organismos.



Los insectos incluidos en resina fósil, el ámbar, son probablemente de los fósiles más conocidos y populares del mundo. Este es un ejemplar de Simojovel, Chiapas, del Mioceno, con una edad de 25 millones de años aproximadamente.

## Fósiles que conservan las partes blandas originales.

Ocurren en condiciones favorables y excepcionales, con la ayuda de un "enterramiento casi de inmediato" conservando a los organismos intactos en un medio que los protege de su descomposición por la acción bacteriana.

Por **congelación o criopreservación** ocurrió debido a las temperaturas muy bajas y extremas, el hielo actuó como un auténtico refrigerador que permitió una excelente preservación, incluso de los tejidos blandos de los animales que murieron por esta causa.



Imagen de internet

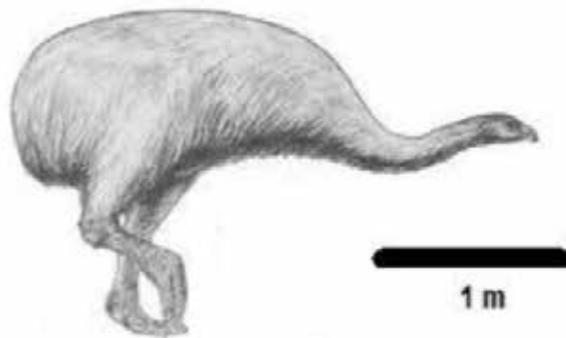
Los restos de mamutes, rinocerontes lanudos y otros mamíferos, incluidos en hielo han sido descubiertos en Siberia y Alaska todos ellos pertenecen a la llamada era del Hielo, del Pleistoceno, con una edad entre 10 000-15 000 años. (Fotografía de Internet)

**Inclusión en chapopoteras.** Cuando el petróleo queda expuesto en la superficie de la tierra y pierde ciertos elementos se convierte en una sustancia semilíquida de tonalidad oscura, aroma intenso y viscosa. Son varios los lugares en el mundo en donde se encuentran y en ellos quedan atrapados los organismos. Debido a que los lagos son asépticos permiten una increíble preservación de ellos, aunque como se entierran lentamente sufren pérdida de tejidos blandos.



Las chapopoteras del Rancho la Brea, en California, Estados Unidos, son un lugar destacado para la preservación de fauna y flora del Pleistoceno con un excelente estado de preservación con una edad aproximada a los 14 000 años.

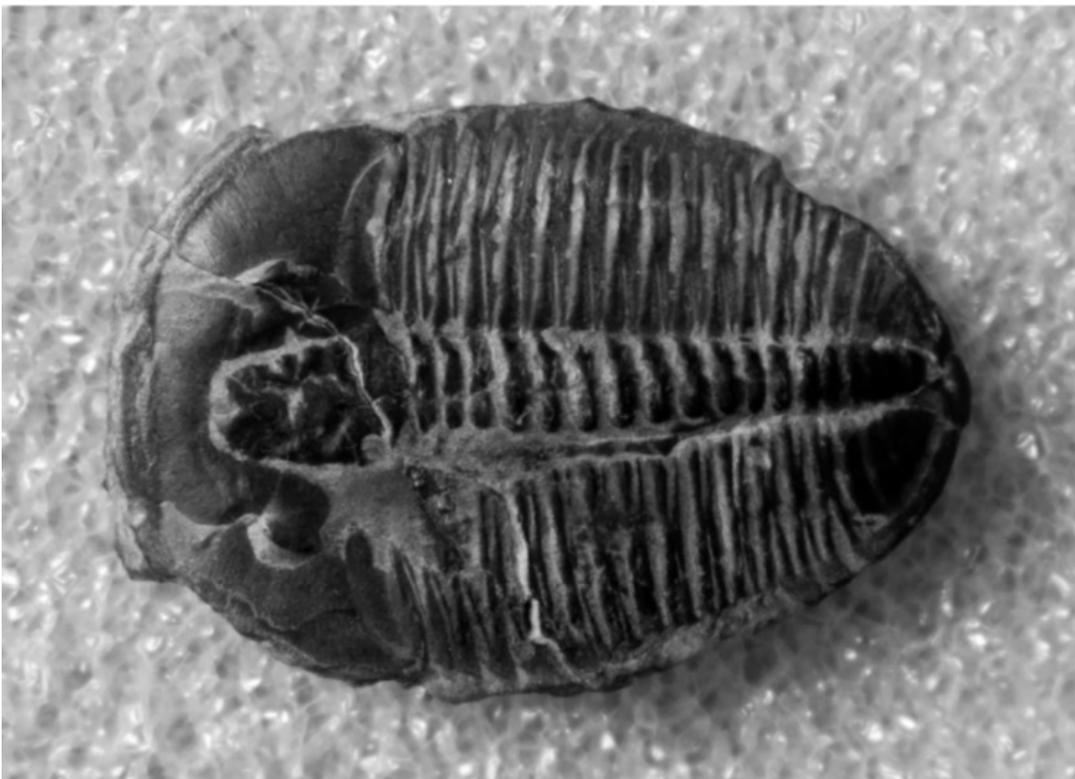
**Momificación.** Se presenta en ambientes extremadamente áridos y permite la conservación de esqueletos con piel, pelo, garras. Cuando los organismos mueren de una manera súbita y al deshidratarse queda lo que conocemos como "cuero", esto es lo que se llama momificación.



Momia del ave Moa, de Nueva Zelanda (Imágenes de Internet)

## Fósiles que conservan las partes duras originales

Cuando los esqueletos y exoesqueletos de los organismos están constituidos por sustancias minerales estables basta con que sean enterrados rápidamente y con un poco de ayuda de un ambiente húmedo esas sustancias se vuelven aún más estables permitiendo preservar esas estructuras casi intactas, parecidas a cuando el animal estaba vivo o acababa de morir.



**Restos de calcita.** La calcita es un mineral de fórmula química  $\text{CaCO}_3$  y es uno de los más comunes constituyentes de los exoesqueletos de los animales invertebrados como los equinodermos, la mayoría de los foraminíferos, corales, briozoarios, braquiópodos y algunas conchas de moluscos y crustáceos o como el de este trilobite.

**Restos de aragonita.** Es una forma inestable de calcita  $\text{CaCO}_3$  que compone la concha de muchos moluscos: Gasterópodos, pelecipodos o bivalvos y cefalópodos como los amonites.



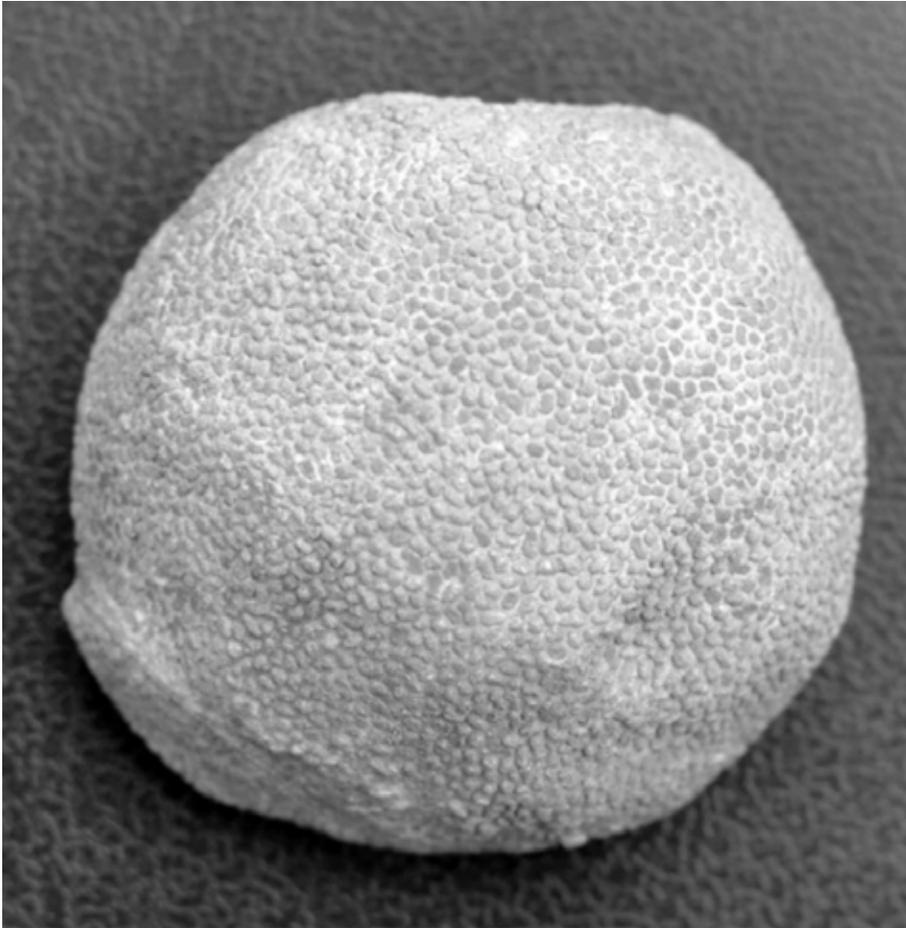
Por su naturaleza son comunes en las rocas de la Era Cenozoica, son raros en yacimientos más antiguos porque rápidamente se transforma a una forma más estable de calcita, como este bivalvo del grupo de los Moluscos.

**Restos de fosfatos.** El fosfato de calcio  $(Ca_3(PO_4)_2)$  es extremadamente resistente y estable formando los aparatos bucales de todos los conodontos, ciertos artrópodos, los huesos y dientes de los vertebrados.



Por su inusual y fuerte resistencia química este compuesto se encuentra virtualmente en los fósiles sin alteración.

**Restos de sílice.** El dióxido de sílice,  $\text{SiO}_2$  es el componente de las conchas de algunas esponjas, radiolarios y otros protozoarios marinos, debido a su gran estabilidad permite la excelente preservación de los esqueletos que lo contienen y por su estructura química se puede combinar con una gran variedad de otros elementos.



Una esponja, del Periodo Cretácico, en muy buen estado de preservación descubierta en Santiago Huauclilla, Oaxaca, por el "paleontólogo" aficionado, Filiberto García.

**Restos de quitina.** Es un carbohidrato que constituye el material principal del que está formado el revestimiento exterior del cuerpo de los artrópodos similar en composición a las uñas de algunos vertebrados y los restos de lignina o celulosa de plantas.



A. El exoesqueleto de un trilobite que conserva el exoesqueleto de calcita, B la concha de un cangrejo preservando la quitina y C el molde interno del mismo ejemplar.

## Fósiles que conservan las partes duras “alteradas”

**Permineralización o petrificación.** En este proceso los minerales disueltos en el agua se filtran, precipitan y rellenan los espacios intracelulares, además de las extracelulares, de las cavidades dejadas por la descomposición de los tejidos blandos de los organismos antes, durante o después del enterramiento.



El sílice disuelto penetra y ocupa los espacios entre los tejidos de este hueso. Cuando se evapora el agua se precipita y forma cristales de cuarzo.

## Petrificación



Este tronco fósil está silicificado, es decir primero se cubrió con sedimento rico en este elemento, que posteriormente penetra y rellena los huecos del tejido orgánico.

**Carbonización, compresión carbonosa o destilación.** Se presenta en estructuras tegumentarias, algunos esqueletos de animales y restos de plantas. que, al ser enterradas en sedimentos finos, sufren metamorfismo bajo, volatilizand o sustancias y dejando películas de carbono en las rocas.



Ejemplar cedido por Enoch Ortiz

Restos de la fronda de una planta cicada del Periodo Jurásico en Oaxaca.

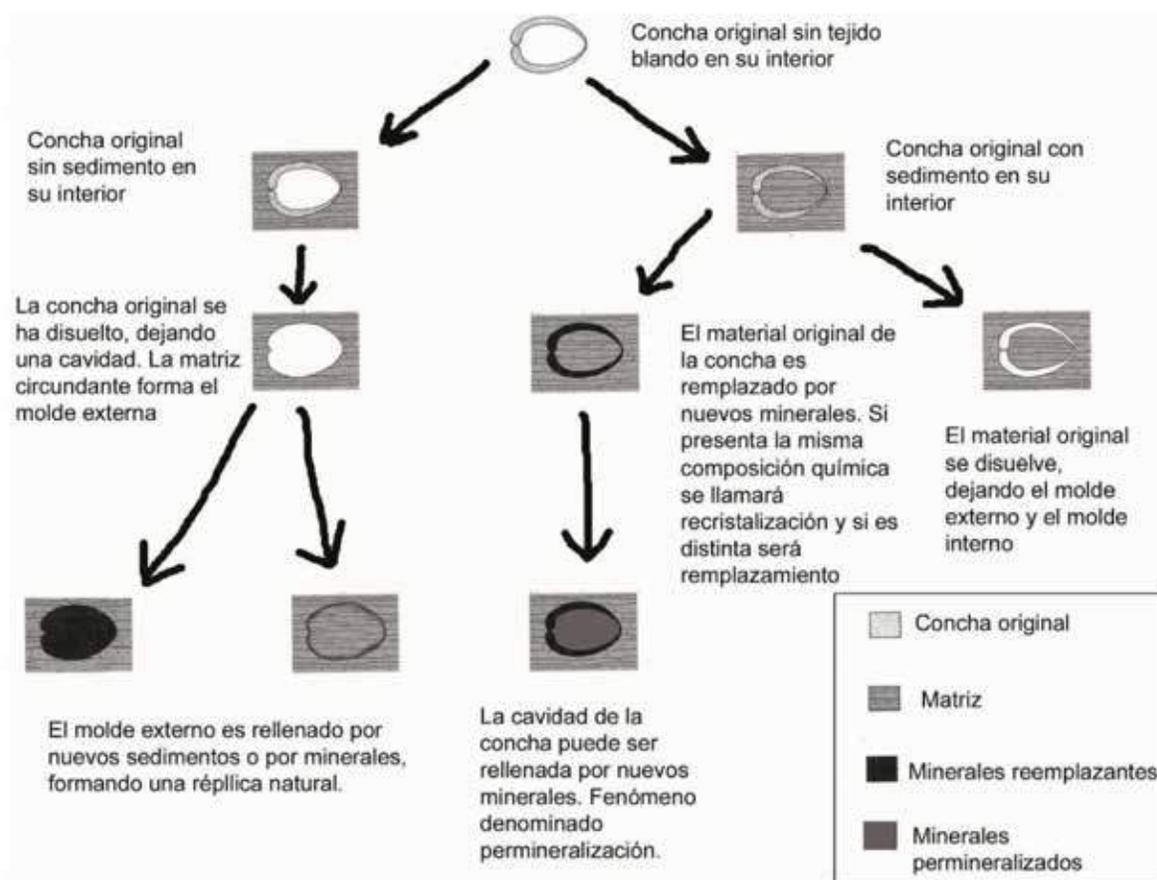
**Inclusión en ámbar.** El ámbar es el producto de la exudación de resina en los árboles y plantas” debido a que sufren algún daño, por ejemplo, la caída de una de sus ramas. La savia al deslizarse sobre la corteza despide olores que atraen a los insectos que son atrapados en ella. Cuando se solidifica por su peso puede caer al piso y ser cubierta por sedimentos. De la misma manera organismos más grandes, entre ellos vertebrados de talla pequeña, que se encontraban sobre el árbol, pueden quedar atrapados en un extraordinario estado de preservación.



Las inclusiones en ámbar, como esta pieza de Simojovel, Chiapas, son verdaderas “capsulas del tiempo” que muestran al organismo atrapados en ella, en un excepcional estado de conservación. La preservación de los insectos, huesos y piel que se han descubierto en su interior es por carbonización.

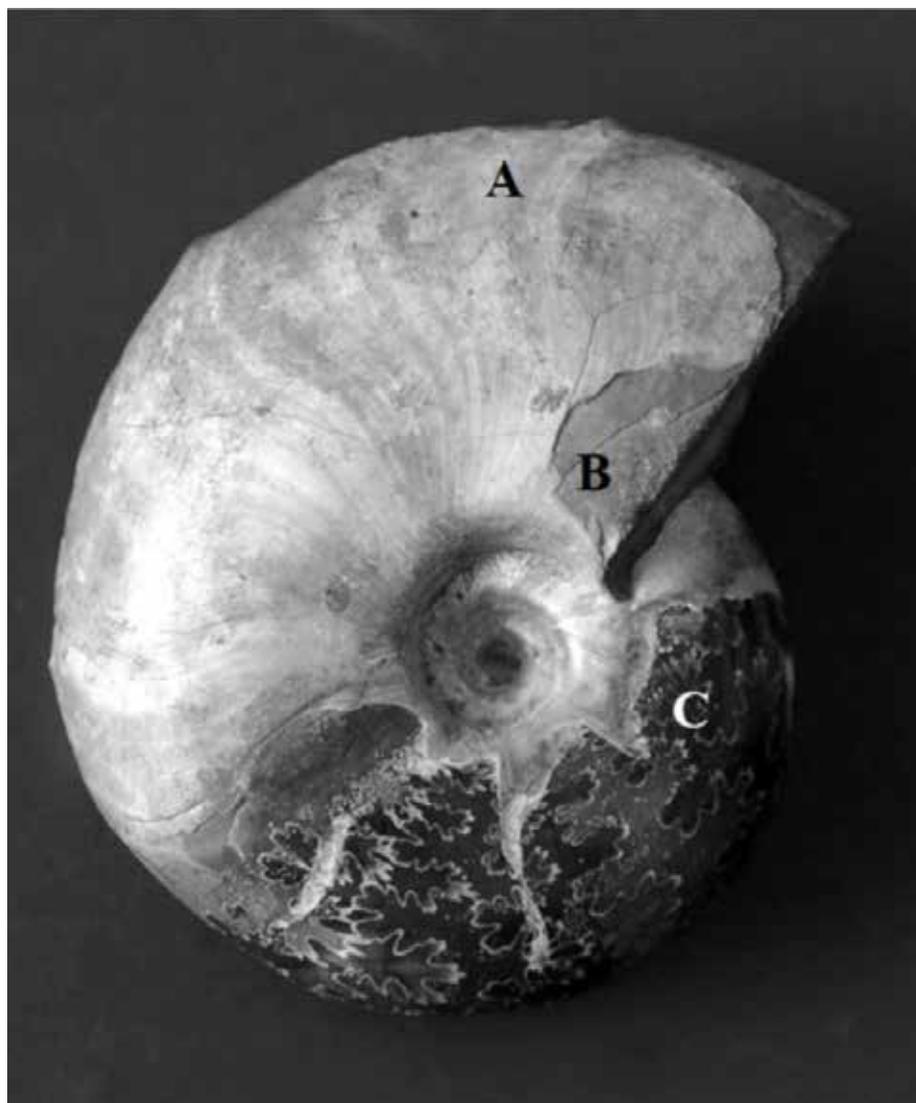
# Moldes y reemplazamiento por otros minerales (mineralización)

Son muy abundantes y diversos, en el registro fósil, sobre todo de invertebrados, se forman de diferentes maneras y procesos dando lugar a una gran variedad de evidencias.



Modificado de Simpson, 1985.

Con base en el diagrama de la página anterior se tienen los siguientes ejemplos:



En este fósil de un amonite pueden apreciarse A la concha original, B el molde interno de ella y C el "relleno" del espacio que ocupaba el cuerpo blando del animal.

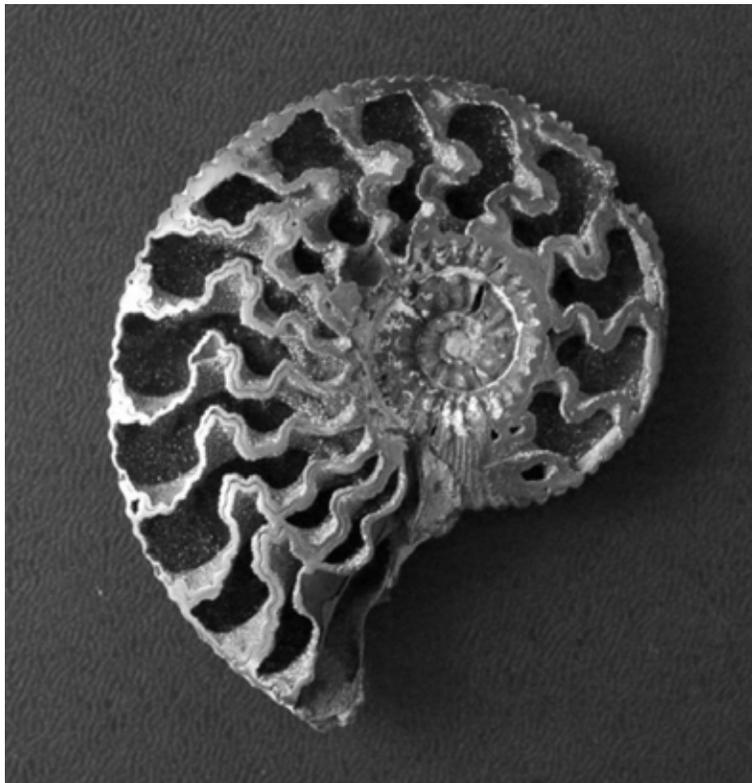
La recristalización, es el proceso por el cual un mineral de distinta composición química sustituye al componente original de tejidos duros o blandos. Estos pueden ser reemplazados por calcita, sílice, pirita, dolomita, hematita o limolita.



Por calcita



Por sílice



Por pirita

## Fósiles traza

Conocidos también como icnofósiles son los restos indirectos de la actividad de animales como, por ejemplo, las huellas, excrementos fosilizados, nidos de insectos o madrigueras. Estos fósiles son estudiados por una división de la disciplina paleontológica conocida como paleoicnología.

### Rastros y pisadas

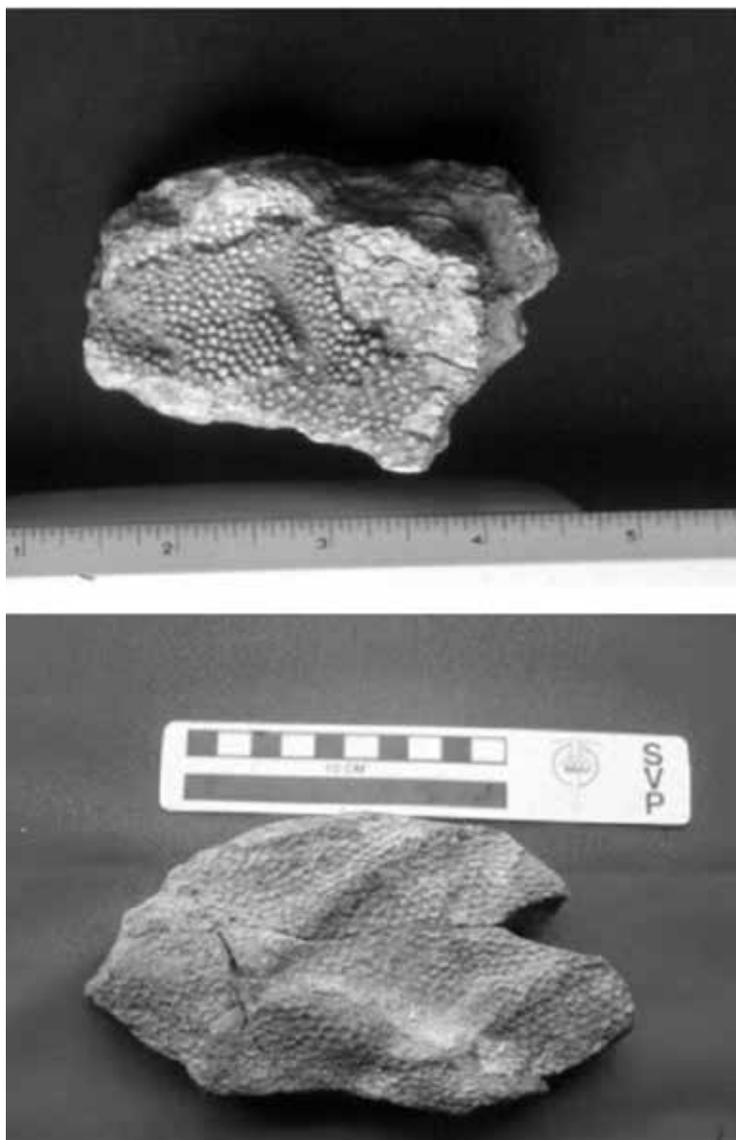
Las huellas de los animales, también llamadas icnitas pueden encontrarse aisladas o formando pistas y rastros producidos por invertebrados o vertebrados.



Rastros de diferentes dinosaurios en la localidad "Paso del Águila" en el ejido Porvenir de Jalpa, Periodo Cretácico tardío, Municipio de General Cepeda, Coahuila.

## Impresiones de piel o improntas que incluyen hojas de plantas.

Cuando un animal, por ejemplo, un dinosaurio, deja marcada su piel en un sedimento muy fino, eso produce un positivo y cuando se cubre por otra capa superior, el registro es un negativo de ella.



En las impresiones, como en estos ejemplares, se pueden encontrar ambos lados de la piel, el positivo arriba y el negativo abajo.

**Galerías y madrigueras.** Son túneles, agujeros y horadaciones que hacen los animales con distintos propósitos que van desde alimentarse de los productos del suelo, hasta vivir y protegerse en ellos. El tamaño y la forma varían dependiendo de las dimensiones del animal que la produjo.

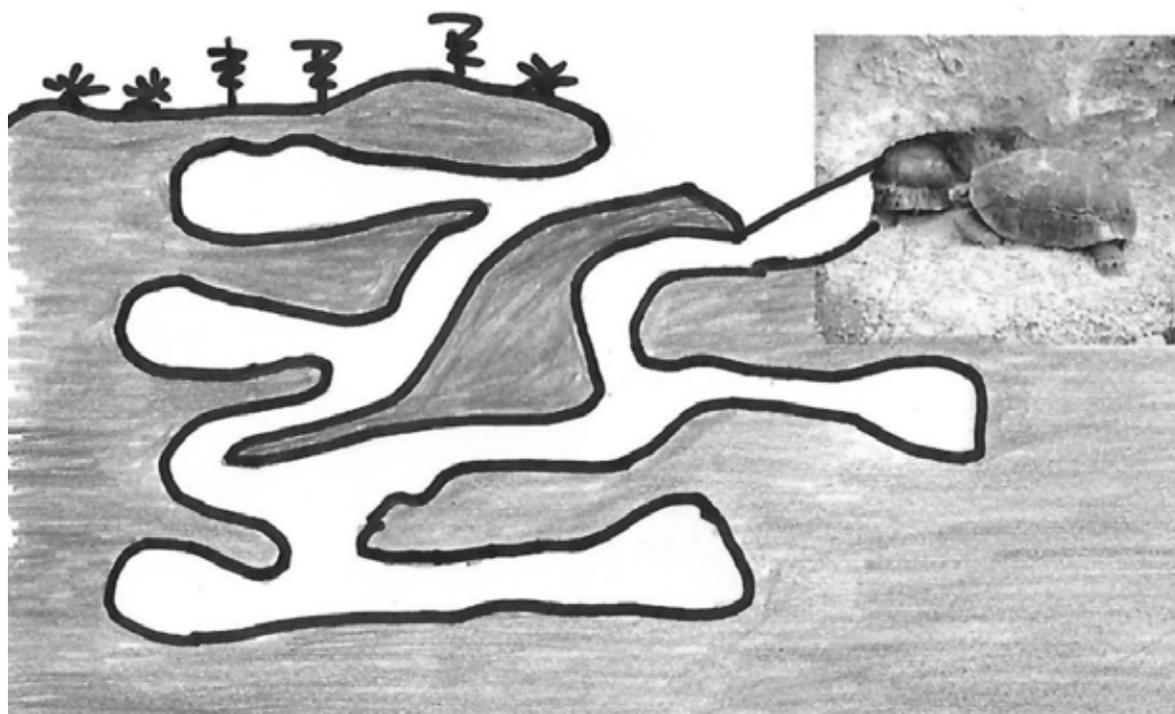
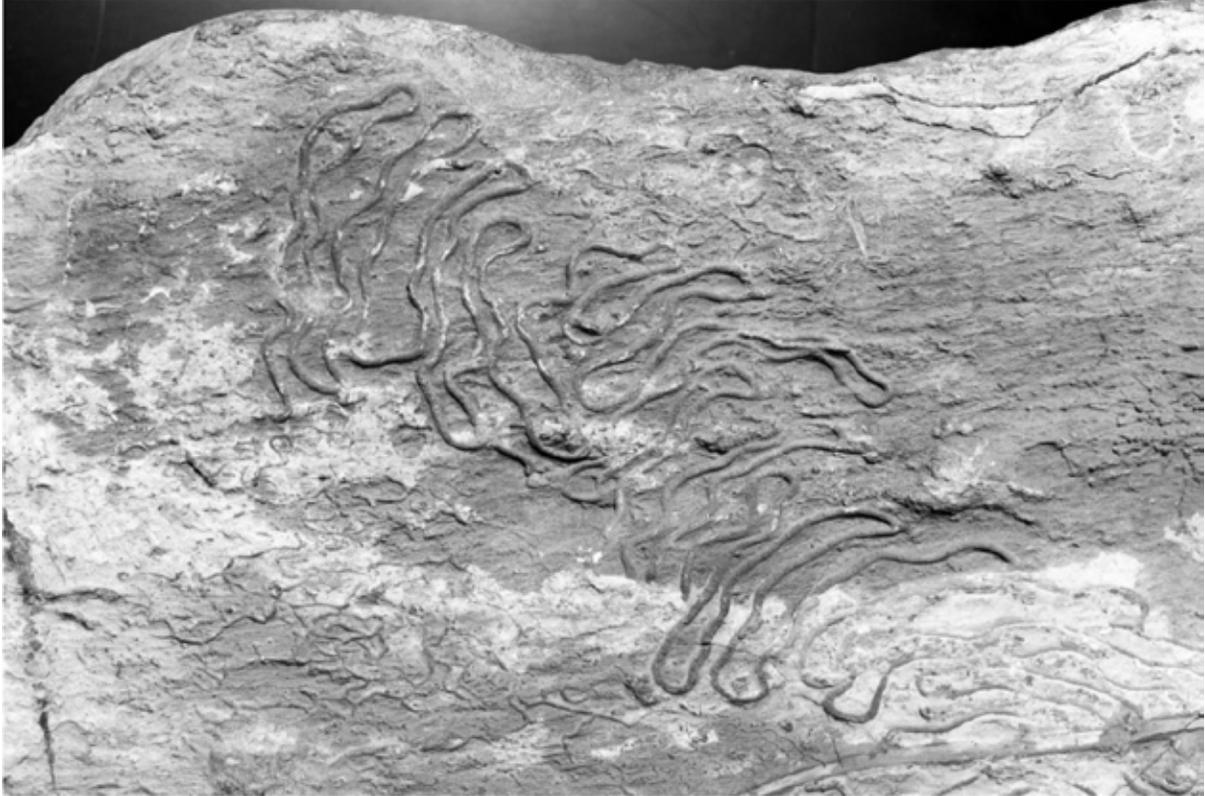


Diagrama de una madriguera hecha por la tortuga del desierto *Gopherus*, según un estudio de la [www.testudines.org](http://www.testudines.org)



Galería hecha por un gusano nemátodo que se alimentó del sedimento húmedo, antes de que seicara.

**Coprolitos.** Son los excrementos de los animales fosilizados útiles para saber de qué se alimentaban. Para reconocer un coprolito, es necesario estudiar sus patrones estructurales (tales como la presencia de marcas anulares o espirales), su contenido (por ejemplo, la presencia de trozos de alimento sin digerir) y la posible asociación con otros fósiles.



Se han descubiertos coprolitos en todo el mundo, con un rango de edades que abarca desde el Cámbrico hasta tiempos recientes. Algunos, son utilizados incluso como fósiles guía. Este ejemplar se recolecto en el sureste de Coahuila.

**Gastrolitos.** Conocidas también como "piedras de molleja", son rocas que ingerían los dinosaurios para macerar el alimento y hacerlo más fácil de digerir, en una acción parecida a la que hacen actualmente algunas aves.

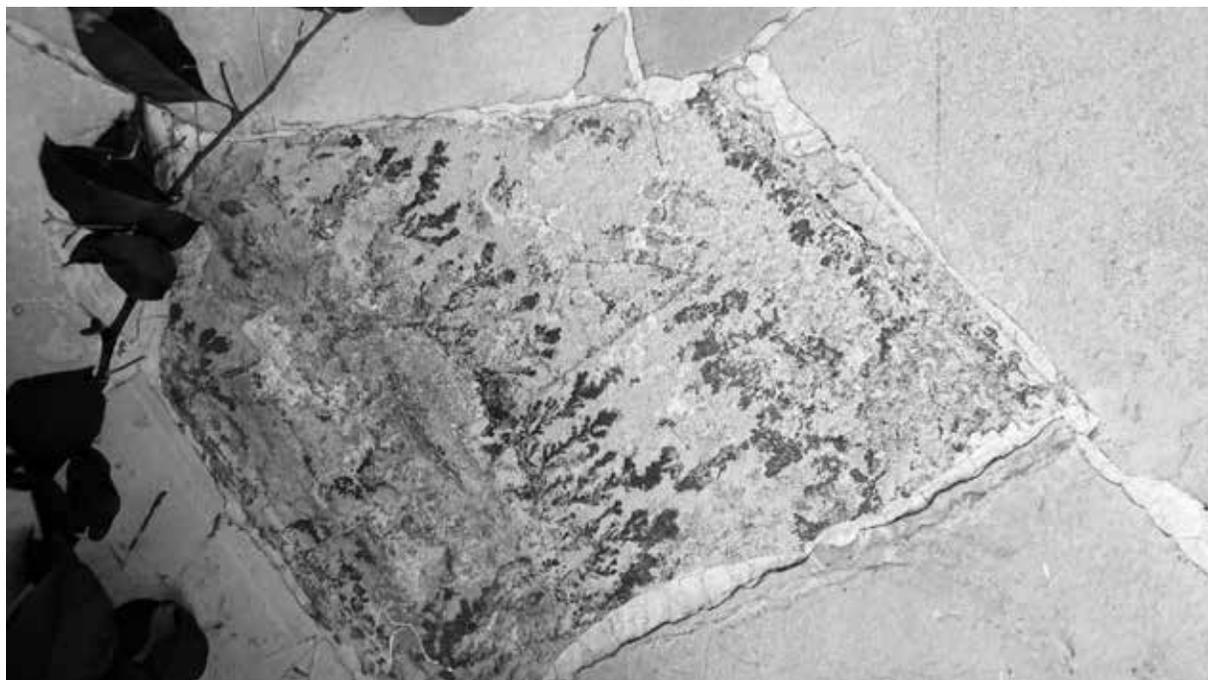


En la actualidad, son utilizados por ejemplo por las aves herbívoras, los cocodrilos, las focas y los leones marinos. El tamaño depende del animal que los utiliza y de sus necesidades concretas.

Es posible distinguir los gastrolitos de otros tipos de rocas ya que están "redondeadas" en su superficie externa, pero no en las depresiones que presentan estas.

## Pseudofósiles

**Dendritas.** Son figuras de aspecto arborescente que se forman en las rocas o en sus fisuras consecuencia de la disolución y posterior precipitación de algunos minerales.



Por su forma suelen confundirse con fósiles de plantas.

**Concreciones y nódulos.** Son acumulaciones formadas por la precipitación o segregación de minerales y/o de sedimento alrededor de un núcleo o sobre una superficie, por lo que adquieren una gran variedad de formas sobresaliendo las esféricas que son frecuentemente confundidos con huevos fósiles.



Los nódulos y concreciones presentan una gran variedad de formas, dominando las subsféricas y elipsoidales, también hay alargadas, discoidales o marcadamente irregulares.

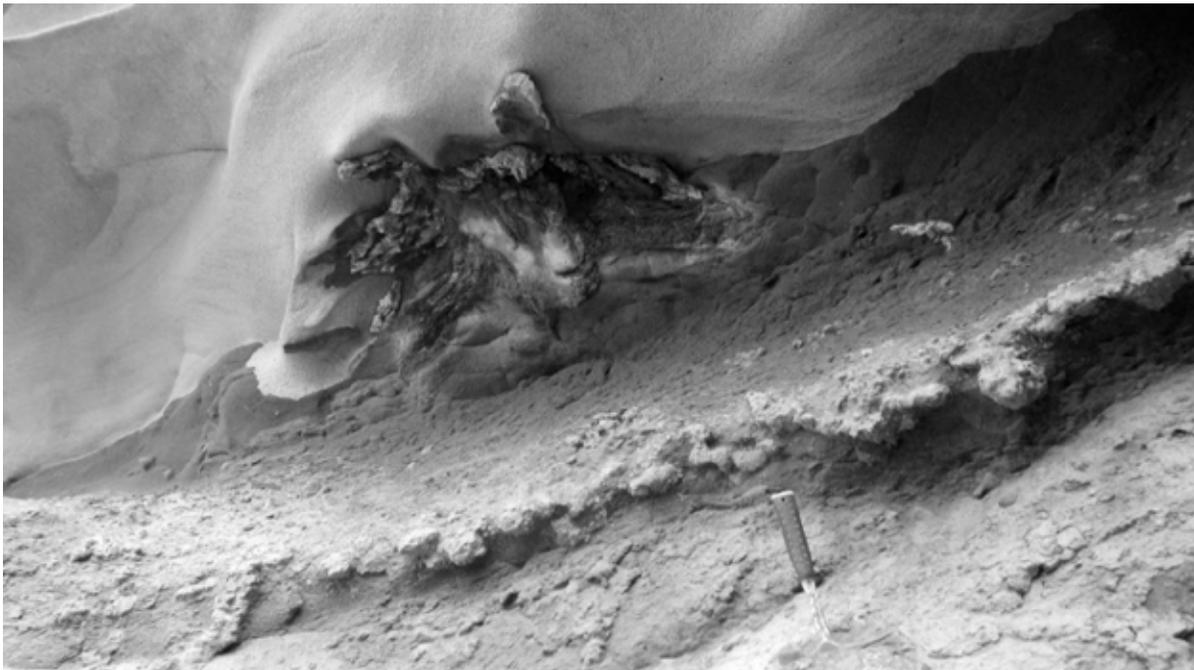
Los organismos al morir pueden actuar como un núcleo y hay muchos ejemplos de concreciones y nódulos que en su interior tienen fósiles.



Trilobites en el interior de un nódulo del Período Devónico, Perú.

## Disoluciones, intemperismo y falsificaciones en las rocas.

Por nuestra naturaleza todos deseamos encontrar un fósil extraordinario, importante, único o un eslabón perdido y se puede provocar errores al interpretar el descubrimiento y por eso se debe tener mucho cuidado con este tipo de "evidencias".



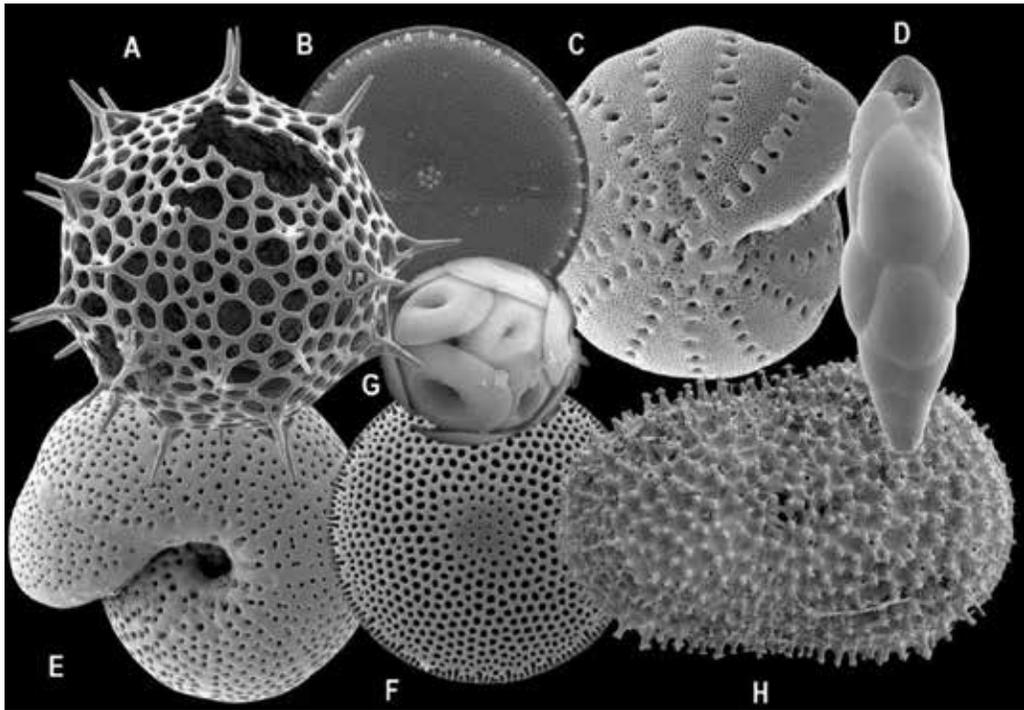
¿Qué es lo que crees ver, o qué es lo que quieres ver?

¿El cráneo de un borrego cimarrón en un excelente estado de conservación? No, en realidad es un troco fosilizado descubierto en Baja California.

## Las diferentes ramas de la Paleontología

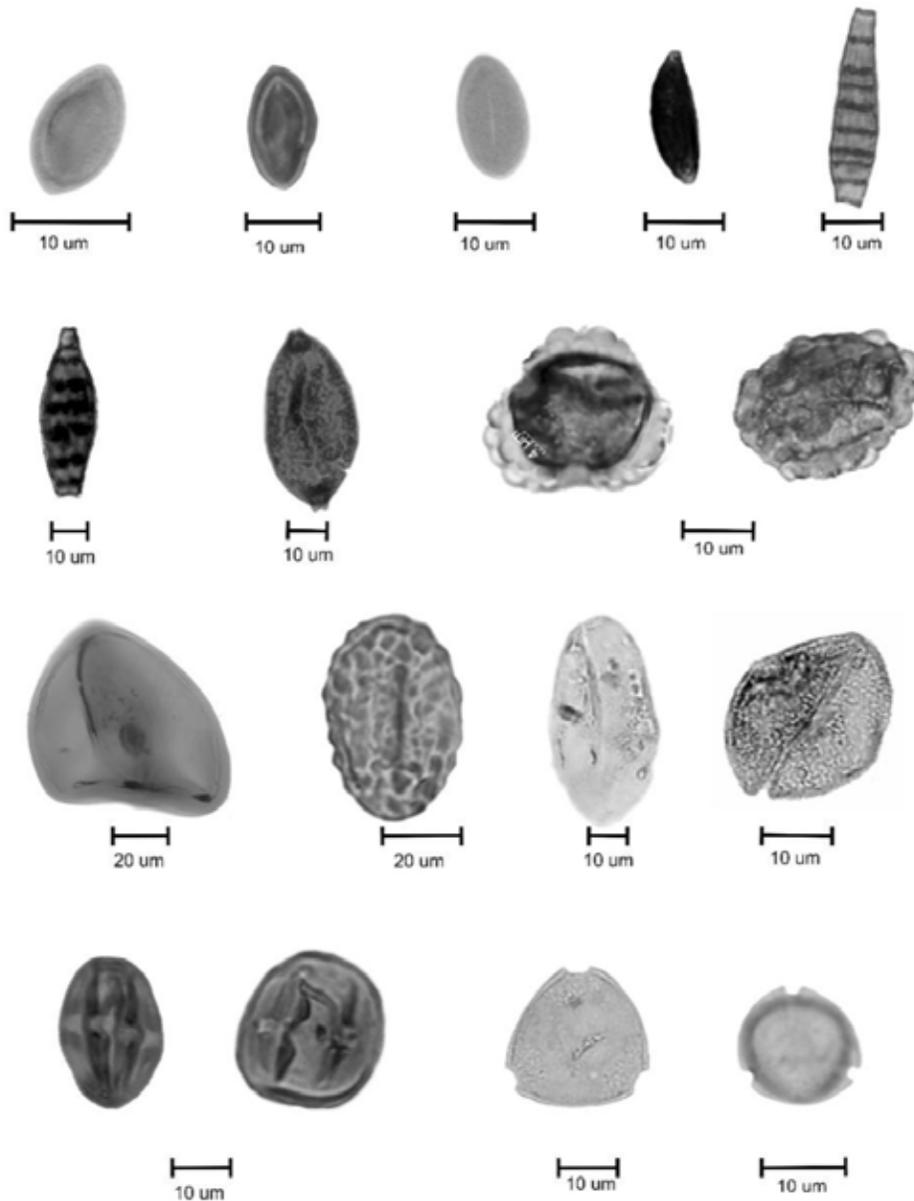
La paleontología forma parte de las ciencias naturales y comparte muchos métodos con la biología y la geología por eso se considera una disciplina. Sus principales objetos de estudio son la reconstrucción de los seres vivos ya extintos, el origen y la evolución de estos, las relaciones entre ellos y su entorno, sus migraciones, los procesos de extinción y la fosilización de sus restos.

**Micropaleontología.** Debido a su tamaño diminuto, son los ejemplares, que necesitan estudiarse bajo el microscopio.



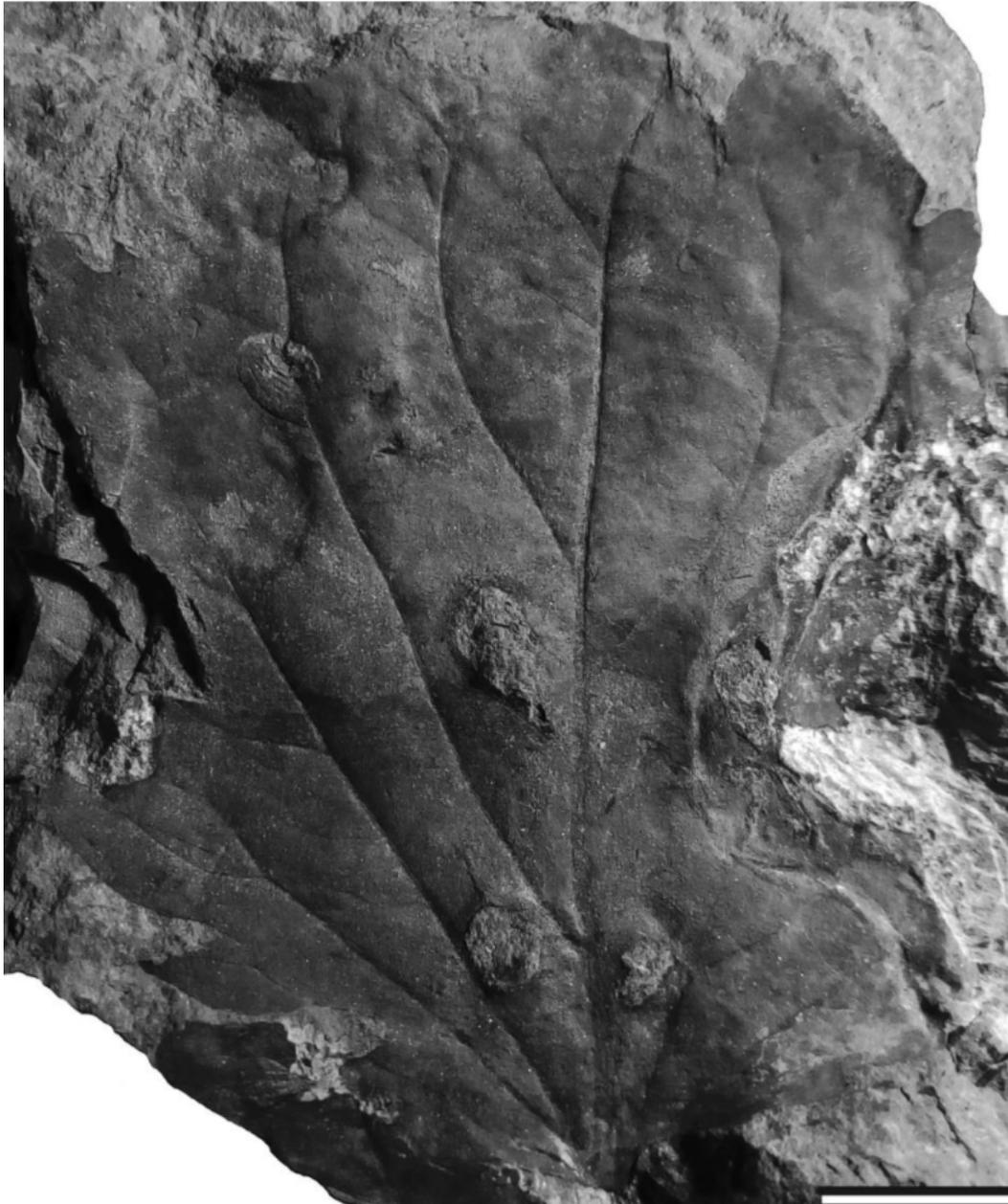
A. Radiolario, B. Diatomea, C., D. y F. Foraminíferos, G. Cocolitofóridos, H. Ostrácodo.

Palinología. Es el estudio del polen y esporas fósiles



Granos de polen. Fotografía cedida por Carlos Castañeda Posadas.

**Paleobotánica.** Es el estudio de las plantas antiguas y su taxonomía



Hoja de una planta fósil, Familia Violaceae, Formación, Olmos, Cretácico de Coahuila.  
Fotografía de Naylet K. Centeno González.

**Paleozoología** suele conocerse simplemente como paleontología y se dedica al estudio de los animales extintos tanto invertebrados (sin columna vertebral) como vertebrados (con columna vertebral).



La copia del dinosaurio probablemente, más conocido en el mundo, el *Diplodocus carnegii*, como se exhibe en el Museo de Historia Natural de la ciudad de México, restaurado en el 2018. En la imagen el Biólogo Ricardo Servín Pichardo, uno de los responsables de ese proyecto y Natalia Guzmán.

Paleogeografía estudia la geografía y la topografía del pasado

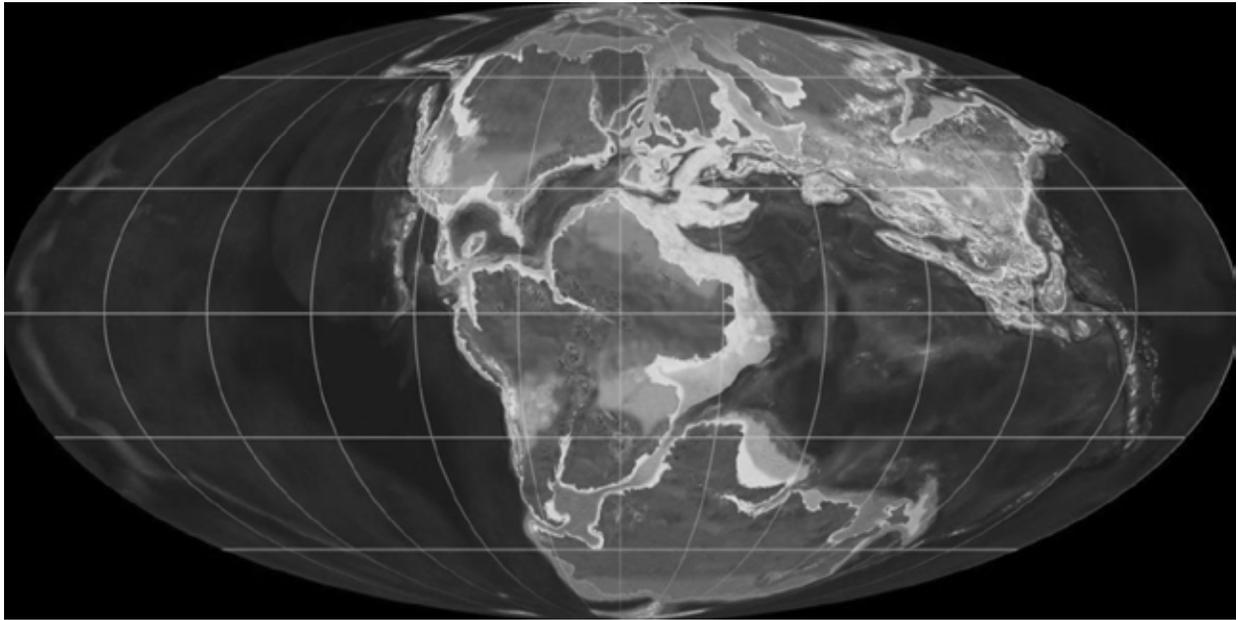
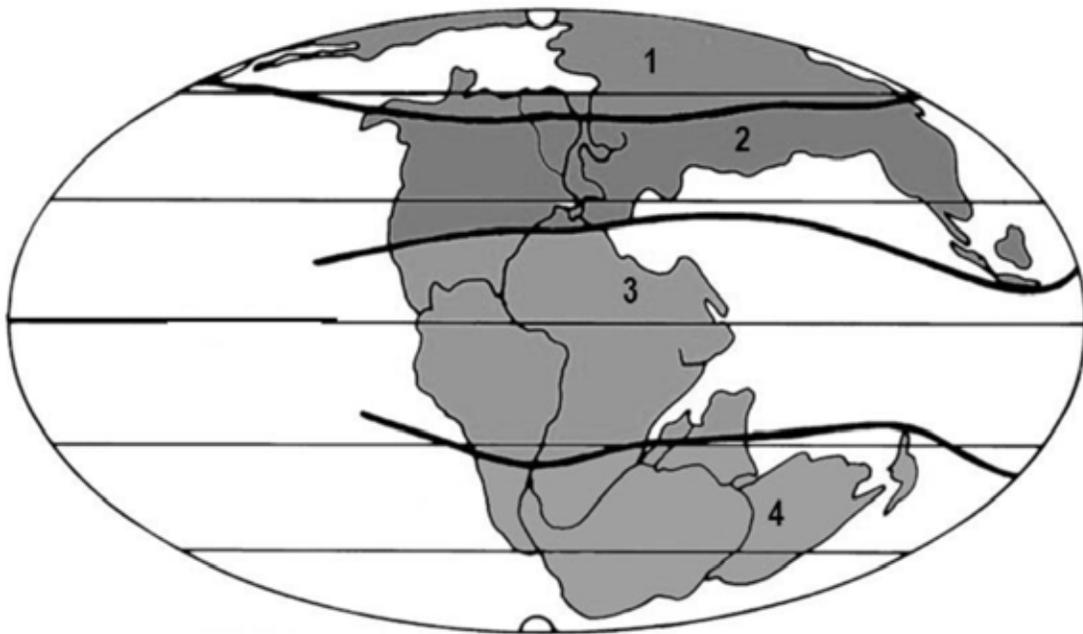


Imagen de internet

La distribución de los continentes y mares era muy distinta a la actual durante el Periodo Jurásico temprano hace unos 190 millones de años aproximadamente.

**Paleo climatología.** Estudia el clima del pasado en la Tierra. Se constituye en una ciencia auxiliar muy importante para la paleontología, la historia, la geología, e incluso la geografía.



El clima a principios del Período Jurásico hace aproximadamente 190 millones de años, basado en el registro fósil de plantas y utilizando los principios de paleontología.

1. Bosque Templado-húmedo.
2. Bosque Tropical semiárido con monzones (Ginkgoales., Cicadas, Caytoniales., Cheirolepidiaceas, Cipreses).
3. Desierto Paleotropical con sequías estacionales (Cheirolepidiaceas, Cicadas, Bennettitales)
4. Bosque Templado (Cheirolepidiaceas, Cicadas, Coníferas (Podocarpus), Araucarias).

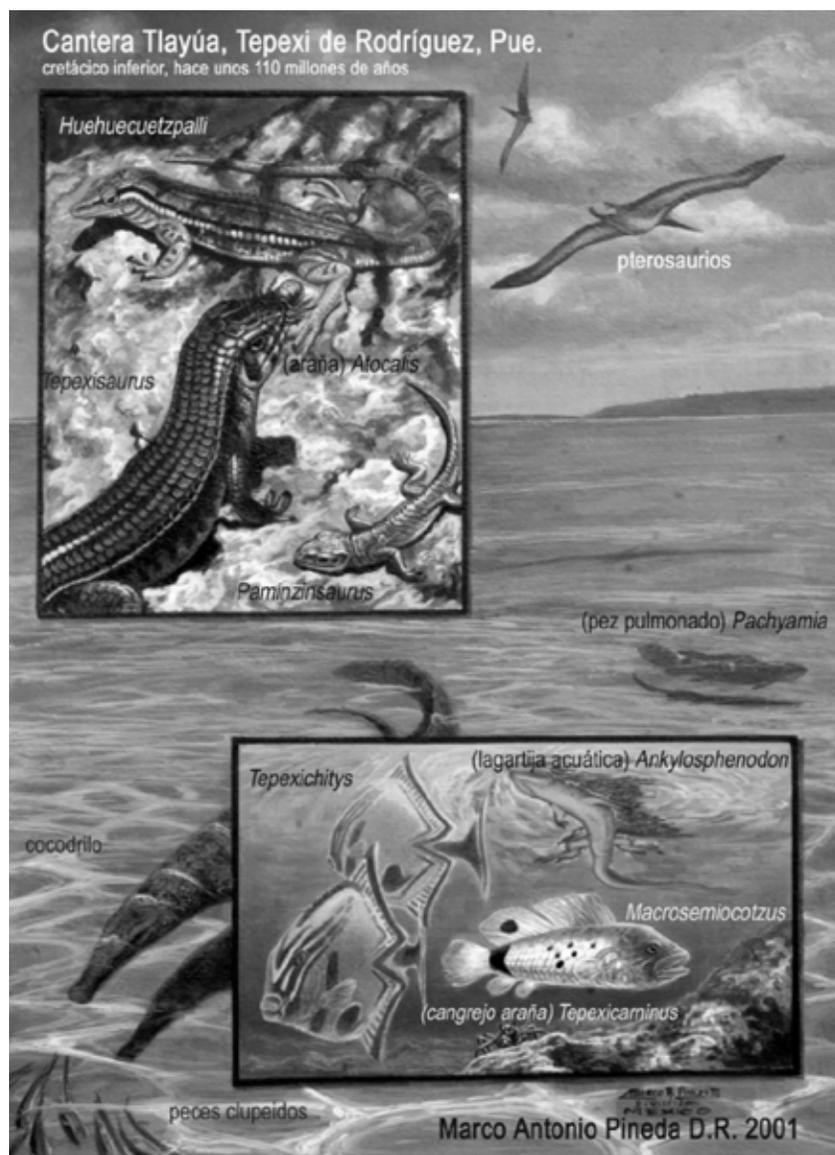
Clima global Templado de 26 a 30° C.

Aumento del nivel del mar.

Hielo en altitudes altas.

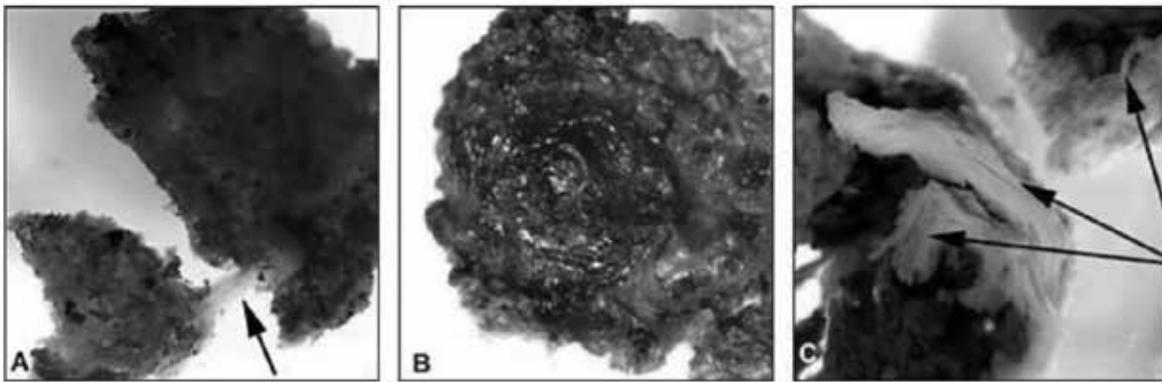
Zonas áridas estacionales dominantes

**Paleoecología**, es aquella disciplina que se encarga de llevar a cabo el estudio y análisis de los fósiles encontrados para, a partir de los mismos, poder determinar los ecosistemas que existían en aquel momento, es decir, los diferentes ambientes durante las distintas etapas geológicas.



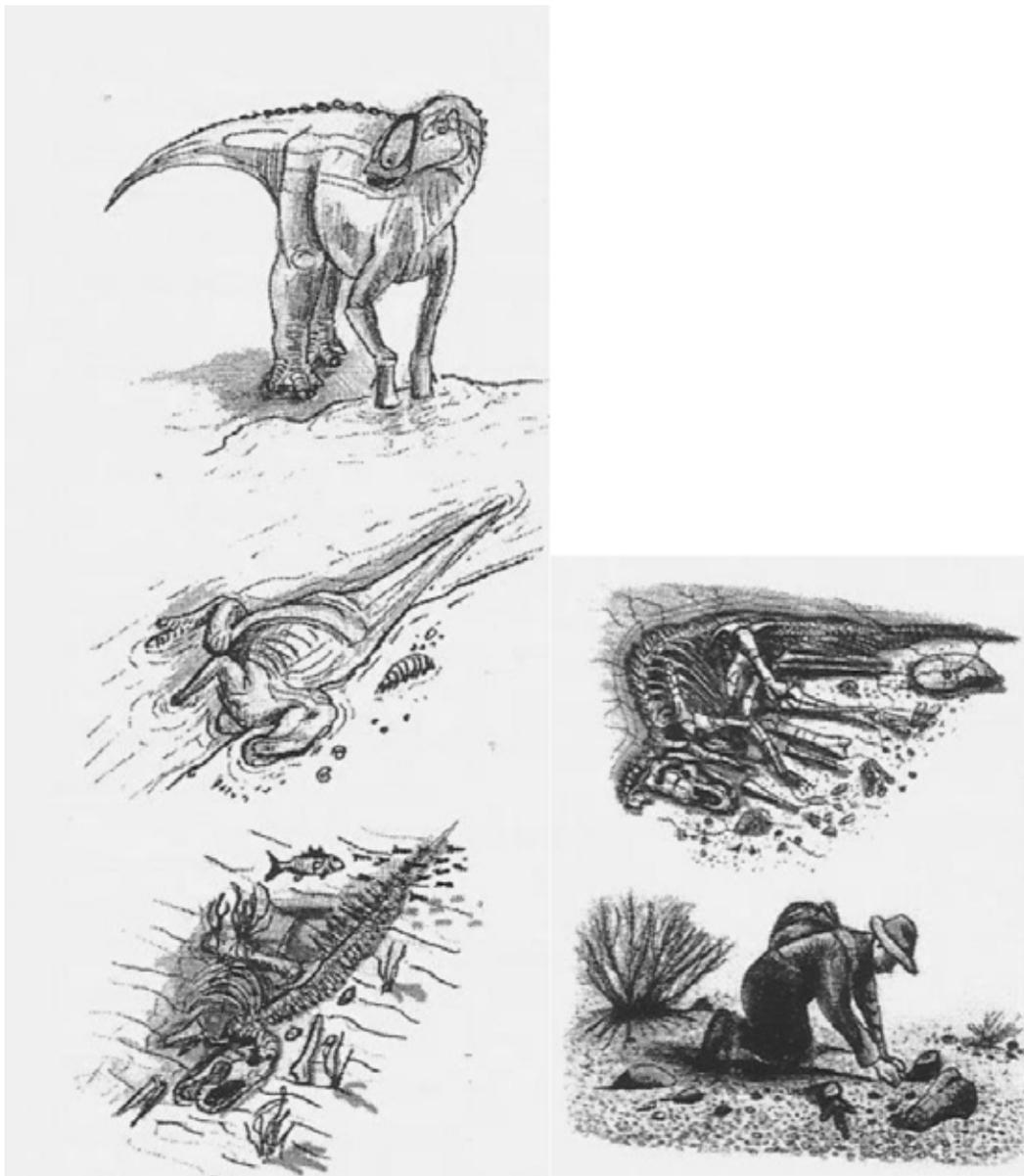
Reconstrucción del ambiente de la cantera Tlayúa en Tepexi de Rodríguez, Puebla, Cretácico inferior. Dibujo de Marco A. Pineda Maldonado.

**Paleontología química.** Es el estudio de los llamados fósiles químicos que son moléculas orgánicas o químicas, abundantes en muchos sedimentos y rocas sedimentarias. Se conocen también como marcadores biológicos y en muestras geológicas son muy abundantes. En la última década, investigadores, han dado a conocer la probable presencia de melanina fosilizada, un pigmento que da el color a la piel y las plumas de los pájaros. El mundo antiguo era tan colorido como el actual.



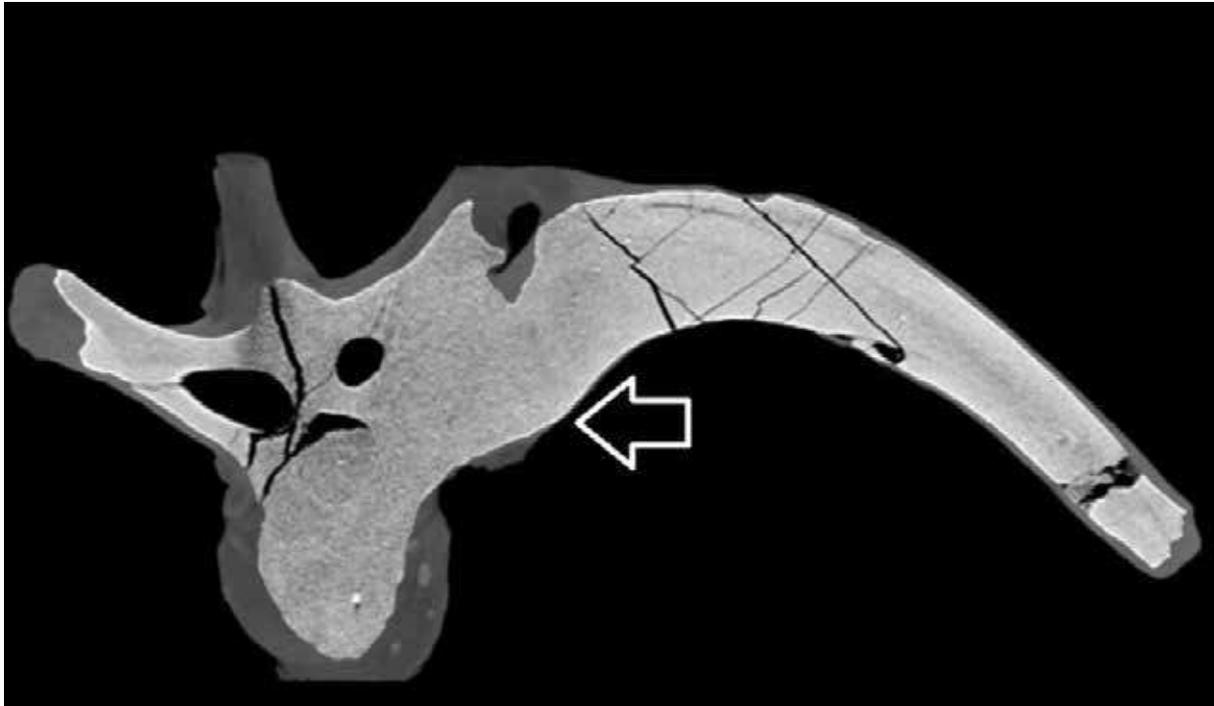
En 2005, Mary Schweitzer, paleontóloga molecular en la Universidad Estatal de Carolina del Norte realizó un extraordinario descubrimiento, confirmado por una serie de estudios a lo largo de los siguientes años. Schweitzer descubrió tejido blando en un fémur de un *T. rex* adolescente que vivió hace 68 millones de años; mediante el uso de una solución suave de ácido disolvió lentamente el hueso y obtuvo una masa de tejido blando intacto

**Tafonomía.** Investiga y analiza los procesos de formación de los fósiles, como la diagénesis, que versa sobre los sedimentos que cubren a un organismo cuando muere, su descomposición y, los procesos subsecuentes para que se transforme en un fósil.



Dibujos de Ángel A. Ramírez Velasco.

**Paleopatología.** Es el estudio de las enfermedades o condiciones en la falla de adaptación de un organismo a los cambios, resultando en alteraciones bioquímicas, funcionales o estructurales encontradas en los restos fósiles.



Tomografía de una vértebra y costilla del dinosaurio ornitópodo *Huehucanauhtlus* en vista caudal en donde se observa, señalado por la flecha, una osteoproliferación de hueso esponjoso y una anquilosis (falta de movilidad) secundaria.

A manera de conclusión podemos escribir que la Paleontología es uno de los mejores medios para motivar a los niños a leer y aprender, por las muchas preguntas e interrogantes que nos hacemos al descubrir u observar un fósil.



La maestra Barbara Oyervides, una entusiasta divulgadora de la paleontología dando una plática en una escuela elemental de Saltillo, Coahuila.

## Bibliografía.

Matthews, H.W. Ill., 1962. Fossils. Barnes & Noble Books. 337 p.

Simpson, G.G., 1985. Fósiles e Historia de la vida. Editorial labor. 240 p.

Spencer, G.L., 2003. Dinosaurios. Quinta edición. Editorial Omega. 280 p.

Wellnhofer, P., 1991. Enciclopedia ilustrada de los Pterosaurios. Editorial Susaeta. 192 p.



## Glosario

### A

**Ambiente sedimentario.** Es el lugar y condiciones particulares bajo las cuales se forma una roca sedimentaria, por ejemplo, los lacustres, palustres.

**Amonite.** Es un grupo de animales invertebrados moluscos, cefalópodos extintos que están estrechamente emparentados con los pulpos, calamares y el actual Nautilus. Poseían concha en forma de espiral.

**Angiosperma.** Es una planta vascular con flores, en ellas las semillas están cubiertas por un ovario.

**Autigénico.** Es un mineral que se forma en el mismo sitio de depósito, El carbonato de hierro es un ejemplo.

### B

**Bentónico.** Son los animales o plantas que viven en contacto con el fondo del mar, aunque también pueden separarse de él y flotar.

**Biocenosis.** Conjunto o asociación de seres vivos que comparten un ambiente propio o particular.

**Biofacie.** Tipo de facie definida por sus características biológicas (fósiles).

**Bivalvo.** Son moluscos exclusivamente acuáticos es decir son marinos o de agua dulce. El nombre de bivalvos hace referencia a su principal característica: poseen dos valvas unidas entre sí y articuladas mediante una charnela. Sus formas son muy variadas.

**Braquiópodos.** Los braquiópodos son animales marinos del cuerpo no segmentado y alojado en una concha provista de dos valvas (una braquial y la otra peduncular), similar a los moluscos bivalvos.

Se clasifican en dos grupos, los articulados y los inarticulados, los primeros presentan charnela mediante la cual permiten la movilidad de las valvas a manera de bisagra, en cambio los inarticulados carecen de esta articulación.

**Briozoarios.** Los briozoos llamados también ectoproctos o animales musgos, son un filo de pequeños animales coloniales, que presentan un lofóforo (corona de tentáculos ciliados que sirven para captar alimento, en los que el ano se abre fuera de dicha corona tentacular).

**C**

**Carbonato de calcio.** Es un compuesto químico, de fórmula  $\text{CaCO}_3$ , sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, por ejemplo, la caliza y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos (p.ej. moluscos, corales) o de las cáscaras de huevo.

**Clado.** Es la ramificación o su conjunto de organismos que tienen un tronco común en su filogenia.

**Clasificación biológica.** Es la agrupación de los organismos en categorías o taxones.

**Conodontos.** Son animales marinos vertebrados que vivieron y evolucionaron durante el Paleozoico hasta el final del Triásico. Fueron de los primeros vertebrados en producir un esqueleto mineralizado en fosfato de calcio denso. Se conocen muy bien los elementos de su aparato bucal.

**Coprolito.** Excremento fosilizado.

**Corales.** Son animales invertebrados marinos pertenecientes a la clase de Antozoos (Anthozoa) dentro del filo Cnidaria, el cual presenta formas polipoides mayoritariamente bentónicos. Existen también corales solitarios y coloniales de profundidad, los cuales se distribuyen en diversidad de profundidades marinas y por consiguiente no son tan exigentes con los parámetros del agua, luz y temperatura.

**Criopreservación.** Conservación de materia o restos orgánicos por congelamiento.

**Crustáceos.** Es una clase de animales artrópodos de respiración branquial, que cuentan con dos pares de antenas y un número variable de apéndices y que están cubiertos por un caparazón generalmente de quitina y algunos calcificados.

## D

**Divergencia.** División evolutiva de un clado en dos.

## E

**Estratigrafía.** Es el estudio formal de las rocas que se acomodan en capas o estratos horizontales.

**Estrato.** Capa más o menos homogénea en el contenido de partículas sedimentarias que la componen.

**Especie.** Grupo de poblaciones con un antecesor evolutivo común cuyos individuos pueden reproducirse unos con otros y causar descendientes viables. En la forma de clasificación Linneana es la escala más baja y la importante.

**Espora.** Son células reproductoras que producen ciertos hongos, plantas como los musgos y los helechos y algunas bacterias, desarrollándose después de un estado de hibernación.

## F

**Facies.** Son conjuntos de rocas sedimentarias o metamórficas con características determinadas, ya sean paleontológicas (fósiles) o litológicas (composición mineral, estructuras sedimentarias, geometría, etc.) que ayudan a reconocer los ambientes sedimentarios o metamórficos, respectivamente, en los que se formó la roca.

Algunas asociaciones de facies permiten caracterizar con bastante precisión el medio sedimentario en el que se formaron.

**Filogenia.** Es la historia de cómo evolucionó un grupo de organismos.

**Foraminíferos.** Son organismos unicelulares. Estos protistas rizópodos emiten de su protoplasma unos pseudópodos retráctiles a modo de apéndices, que el organismo usa para su locomoción, captura de presas. Poseen una concha de carbonato cálcico que está constituida por cámaras interconectadas por poros llamados forámenes que, es la característica que les da su nombre. Son muy abundantes en el registro fósil.

**Fósil.** Es cualquier evidencia de vida antigua preservada de manera natural.

## G

**Gasterópodo.** Es la clase de los moluscos más numerosa de los que existen formas terrestres, de agua dulce y marinas, con más de 35.000 especies vivientes y 15.000 fósiles. Tienen el cuerpo asimétrico, protegido casi siempre por una concha dorsal que presenta una torsión espiral característica que hace que la masa visceral se arrolle sobre sí misma a  $180^\circ$ .

**Género.** Es un grupo de especies con un antecesor evolutivo común. En la clasificación linneana es la categoría situada por encima de la especie.

## H

**Hueso compacto.** En la mayoría de los huesos de los vertebrados es la capa exterior densa macroscópicamente y que no se observa a simple vista.

**Homología.** Dos órganos son homólogos cuando proceden de un "órgano ancestral" común, son los elementos claves para establecer una clasificación evolutiva.

## I

**ICNOFÓSIL.** También llamadas icnitas (del griego ikhnos: huella, marca) son las estructuras preservadas en rocas sedimentarias que registran actividad biológica.

## M

**Mineralización.** Es un proceso biológico que permite la conversión de la materia orgánica a un estado inorgánico a través de la precipitación de minerales. Esto puede ocurrir con la ayuda de microorganismos o por reacciones químicas.

**Molusco.** Es uno de los grupos más grandes del reino animal, compuesto por invertebrados de cuerpo blando, la mayoría de ellos son marinos, pero también hay ejemplares terrestres.

## O

**Ostras.** Son moluscos bivalvos marinos del orden Ostreidea conocidos popularmente como ostras. Poseen dos valvas casi circulares y desiguales y, son muy abundantes en el registro paleontológico.

## P

**Paleoambiente.** Es la reconstrucción de un ambiente que existió en algún momento del pasado geológico. Dicha reconstrucción se basa en distintos elementos, tales como la paleo flora, la paleo fauna, el paleo clima y el ambiente sedimentario que existía en ese entonces.

**Pangea.** Fue el supercontinente formado por la unión de algunos continentes actuales que se cree que existió durante las eras Paleozoica y Mesozoica.

**Polen.** Es el nombre colectivo de los granos, microscópicos, que producen las plantas con semilla (espermatófitos), cada uno de los cuales contiene un microgametófito (gametófito masculino).

## Q

**Quitina.** Es un carbohidrato que constituye el revestimiento exterior del cuerpo de los artrópodos, así como ciertos órganos de los hongos.

## R

**Rastro.** Serie de pisadas o icnitas dejadas por el mismo animal.

**Roca ígnea.** Las rocas ígneas son rocas que se crean a partir del enfriamiento y la solidificación del magma. Esta sustancia, formada por rocas fundidas y otros elementos, se encuentra en el interior del planeta.

**Roca sedimentaria.** Son rocas que se forman por el desgaste o disolución de rocas preexistentes. Cubren más del 75 % de la superficie terrestre

**Rudistas.** Son un orden extinto de moluscos bivalvos heterodontos. Tenían dos valvas asimétricas y normalmente una de ellas estaba fijada al sustrato.

## S

**Sésiles.** En zoología para referirse a un organismo acuático que crece adherido o sujeto al sustrato, del cual no se separa ni se desplaza. Muchos organismos bentónicos entran en esta categoría.

**Sustrato.** Es la superficie en la que una planta o un animal vive y puede incluir materiales bióticos o abióticos.

**T**

**Taxón.** Es un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción, y un "tipo", de forma que el taxón de una especie es un ejemplar concreto.

**Y**

**Yacimiento.** Es el lugar donde se encuentran naturalmente las rocas, minerales, gases o fósiles (yacimiento geológico), o el sitio donde se encuentran restos arqueológicos (yacimiento arqueológico).

**Z**

**Zancada.** Es la distancia que hay entre un pie y el mismo pie de un animal al caminar. Su importancia es fundamental ya que la velocidad al correr es equivalente al largo del paso y la frecuencia de éste.



Rancho temático Don Chuy en Potrero del Llano Municipio de Aldama Chihuahua en donde se muestran fósiles recolectados del Periodo Cretácico.

## Agradecimientos

El autor agradece a los paleoartistas Marco A. Pineda Maldonado, José Luis Martínez (Chepe), Jonathan S. Cabrera y Emiliano García Martínez, el uso de sus extraordinarios dibujos para ilustrar algunos conceptos y en especial al M. en C. Ángel A. Ramírez Velasco por la revisión del texto, comentarios, sugerencias y las imágenes de su autoría.



¿qué es La Paleontología?

Se terminó de imprimir en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México, 2019, en los talleres de Groppe ediciones.