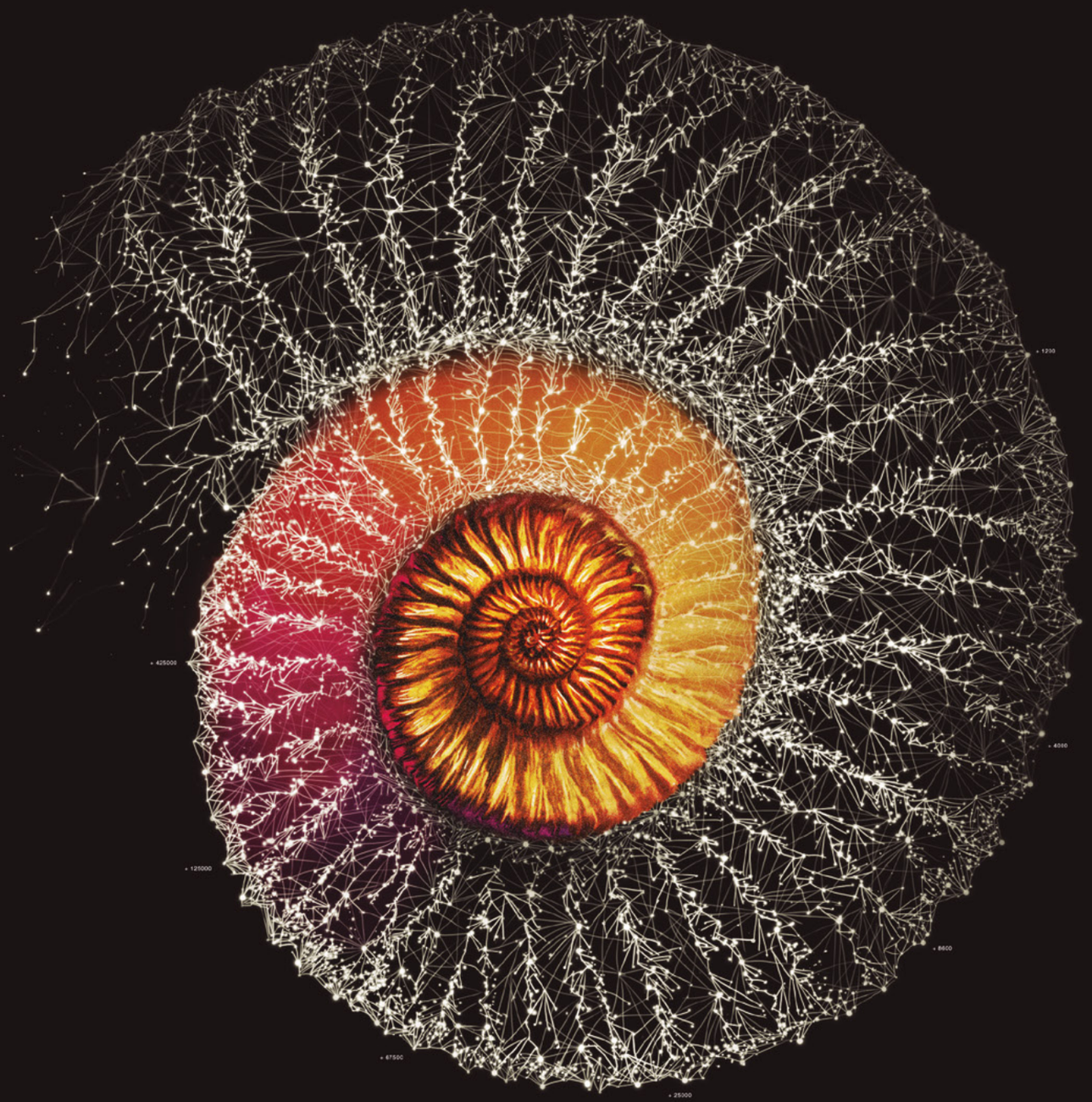


Hace tiempo

Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Hace tiempo

Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia

Smithsonian

INSTITUTO HUMBOLDT COLOMBIA

Hace tiempo

Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia

Hace tiempo.
Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia

ISBN obra impresa 978-958-5418-20-2
ISBN obra digital 978-958-5418-23-3

Primera edición, Diciembre de 2017.
Bogotá - Colombia. 1000 ejemplares

© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2017
© Puntoaparte Bookvertising. 2017

Impresión
Panamericana Formas e Impresos S.A.
(quien solo figura como impresor)

124p. :il., Col.; 23,5 x 32 cm
Incluye glosario e ilustraciones a color.

Los textos pueden ser citados total o parcialmente citando la fuente.

Citación de forma sugerida:
Jaramillo, C. y Oviedo, L.H. (Eds.). 2017. Hace tiempo. Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia. Instituto Alexander von Humboldt e Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Bogotá, D.C., Colombia. 124 p.

Citación de capítulo sugerida:
Martínez, C. 2017. Cretácico tardío. En: Jaramillo, C. y Oviedo, L.H. (Eds.). 2017. Hace tiempo. Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia. Instituto Alexander von Humboldt e Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Bogotá, D.C., Colombia. 124 p.

Hace tiempo. Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia / editado por Carlos Jaramillo y Luz Helena Oviedo; ilustraciones de Guillermo Torres Carreño. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2017.

124 p.: il., col.; 23,5 x 32 cm. Incluye glosario e ilustraciones a color.
ISBN obra impresa: 978-958- 5418-20- 2
ISBN obra digital: 978-958- 5418-23- 3

1. Paleontología -- Colombia 2. Fósiles y vida prehistórica -- Colombia 3. Paleozoología 4. Antropoceno I. Jaramillo, Carlos (Ed.) II. Oviedo, Luz Helena (Ed.) III. Torres-Carreño, Guillermo (Il.) IV. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt V. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.

CDD: 560.4509 Ed. 23
Número de contribución: 565
Registro en el catálogo Humboldt: 15004

CEP – Biblioteca Francisco Matís,
Instituto Alexander von Humboldt – Nohora Alvarado

Esta publicación incluye papeles producidos a base de pulpa de caña de azucar, libres de químicos blanqueadores y ácidos, provenientes de fuentes renovables y fabricados por proveedores certificados internacionalmente en el manejo sostenible de los bosques.

Las denominaciones empleadas y la representación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Así mismo, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas del Instituto. Todos los aportes u opiniones expresadas son de la entera responsabilidad de los autores correspondientes.

Hace tiempo

Un viaje paleontológico
ilustrado por Colombia

Inicia el viaje

En un viaje nuestro cuerpo se mueve de un lugar a otro, nuestra imaginación se despierta al conocer espacios nuevos y nuestra vida cambia con cada experiencia del recorrido. Hay viajes cortos, largos, en carro, en avión, al mar, a la montaña, y hay viajes que inician con un libro.

Editores

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian de
Investigaciones Tropicales

Luz Helena Oviedo
Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt

Dirección de arte

Mateo L. Zúñiga
.Puntoaparte bookvertising

Guillermo Torres Carreño
.Puntoaparte bookvertising

Aquí te proponemos hacer un viaje con las maletas repletas de atención y curiosidad por las imágenes y letras en cada página. Tus ojos, oídos e imaginación serán las alas que te llevarán a descubrir formas, paisajes y seres vivos que vivieron en Colombia alguna vez.

Ilustración

Guillermo Torres Carreño

**Diseño
y diagramación**

Mateo L. Zúñiga

Adaptación de textos y corrección de estilo

Juan Diego Mikán
.Puntoaparte bookvertising

Este libro es un tiquete para ir al pasado. Las historias en sus hojas te llevarán en un viaje a través de millones de años. Descubrirás animales gigantes, conexiones inesperadas y escenas de paisajes como si un turista hubiera viajado en el tiempo para tomar una foto. Exploradores y aventureros están invitados a este recorrido que esperamos sea inspirador y emocionante.

Cuando vuelvas del pasado antoja a los demás para que también recorran este camino. Así, muchos recorreremos la Colombia de Hace tiempo.

¡Buen viaje!

Revisores externos

Andrés Pardo
Universidad de Caldas

Jorge Carrillo
Universidad de Zurich

Iconografía

The Noun Project

Una ventana al pasado

> **Cristian Samper**
>
> Presidente y director ejecutivo
> Wildlife Conservation Society
> Nueva York

Cuando era niño, creciendo en Bogotá, mis padres me llevaban a Villa de Leyva, un pintoresco pueblo colonial en Boyacá, conocido por sus calles empedradas y casas blancas con puertas verdes. Recuerdo que había una casa que siempre me llamó la atención ya que tenía cientos de fósiles en la pared. Yo podía pasar horas estudiándolos, comparando tamaños y formas, tratando de imaginar el mundo en el que habían vivido aquellas extrañas criaturas. Sin embargo, solamente contaba con las láminas del álbum de Chocolatinas Jet como guía para tratar de descifrar estas criaturas y su historia natural. ¿Qué eran estos animales? ¿Cómo habían surgido y cómo vivían? ¿Por qué murieron? ¿Cómo eran esos mundos del pasado? Por mi mente cruzaban muchas preguntas y encontraba pocas respuestas.

Para fortuna de los jóvenes de hoy, ahora cuentan con este nuevo libro, *Hace tiempo, un viaje paleontológico ilustrado por Colombia*. A través de sus páginas y atractivas ilustraciones podemos viajar a esos mundos del pasado, de la mano experta de Carlos Jaramillo y sus colaboradores en este libro. Los capítulos nos permiten entender conceptos básicos de evolución, con ejemplos de fósiles que se han descubierto en Colombia.

Con el paso de los años regresé muchas veces a la bella Villa de Leyva, armado de nuevos conocimientos de mis estudios en biología. Aquellos fósiles que admiraba como niño se llaman amonitas, invertebrados marinos que dominaron los mares durante millones de años. Los fósiles eran las conchas o caparazones de estos invertebrados, que fueron mineralizados y preservados. La sola idea de que estos animales habían vivido en el mar hace más de 200 millones de años y que hoy los podamos encontrar a 2.000 metros de altura es algo que no deja de asombrarme. Gracias a los avances de la geología, hoy en día comprendemos que los Andes son el resultado de la colisión de placas tectónicas, que con el paso del tiempo levantaron estos sedimentos marinos y dieron origen a estas montañas, un proceso que todavía continúa.

Muchos otros fósiles fueron descubiertos posteriormente en la zona: algunas plantas, muchos animales marinos, e incluso el esqueleto completo de un pliosaurio en una vereda cercana, que fue descrito en 1992 con el nombre *Kronosaurus boyacensis*. “El fósil” se ha convertido en uno de los atractivos turísticos del pueblo, es visitado por miles de niños y adultos todos los años, y genera ingresos para las comunidades locales. Pero nos hacía falta una guía que nos explicara esta historia y nos revelara esta faceta oculta del pasado de Colombia.

Por fortuna, la exploración paleontológica sigue avanzando rápidamente en todos los continentes. Todos los días descubrimos y describimos nuevos fósiles y especies del pasado: no solo los grandes dinosaurios que capturan nuestra imaginación y dieron origen a películas como *Parque Jurásico*, sino también foraminíferos diminutos que dominaban los mares prehistóricos y nos permiten estudiar los cambios en el clima hace millones de años. Así, poco a poco vamos reconstruyendo la historia de la vida en este planeta. Es como un enorme rompecabezas, que vamos construyendo paso a paso a medida que encontramos nuevas piezas. El problema es que todavía nos hacen falta muchas piezas, falta mucho por conocer.

Uno de los criterios básicos de la ciencia es la importancia de saber formular preguntas e hipótesis que puedan ser indagadas con datos. No es suficiente descubrir y describir nuevas especies de fósiles, sino que es preciso usarlos para interpretar la historia de la vida en el planeta. De este modo podemos ver cómo evolucionan las especies en el tiempo, pero también podemos intentar reconstruir las comunidades del pasado, un campo que hoy en día conocemos como paleobiología.

Todavía nos falta mucho por descubrir, y cada fósil es otra pieza de ese enorme rompecabezas de la historia de la vida. Es importante entender el pasado para poder interpretar el presente e informar el futuro. Espero que este libro sirva para inspirar a los niños que visitan Villa de Leyva y muchos rincones de nuestro país, y que algunos de ellos sean parte de la siguiente generación de científicos y paleontólogos en Colombia.

Paleo Bio Diversidad

Brigitte L.G. Baptiste
Directora general
Instituto Humboldt

La única forma de entender las condiciones actuales de la biodiversidad y las razones por las cuales la evolución llevó a Colombia a ser un país privilegiado en términos de su riqueza viviente es mirar la historia geológica y climática en la cual las especies se desarrollaron. También es fundamental entender los factores que llevaron y llevan aún a la aparición y desaparición de los seres vivos en el planeta y entender cómo los animales humanos, los más recientes, incidimos en esos factores.

Para muchas personas aún puede resultar extraño pensar en la humanidad como una fuerza equivalente a la geológica o la climática, pero los debates recientes que identifican los cambios radicales que nuestras actividades han generado en la química atmosférica, y por ende marina, sumados a las modificaciones en los suelos y la morfología planetaria, lo ratifican. Antropoceno, le llaman a este momento particular de la historia planetaria, fundamentalmente caracterizado por una invasión de pequeños primates que han perforado la corteza terrestre para devorar como pulgones la productividad ecológica acumulada por millones de años, conectando el pasado con el futuro y amenazando su propia supervivencia.

Es fundamental comprender que las formaciones o tipos ecológicos del presente son iteraciones de comunidades biológicas del pasado seleccionadas constantemente por las presiones evolutivas, a veces con más especies, a veces con menos, pero ante todo integradas para funcionar como complejos tróficos, es decir, como sistemas vivientes autoorganizados. Por esos motivos vemos la huella de seres marinos en lo alto de las montañas, o de selvas en medio de los desiertos actuales. Y por ese mismo motivo, encontramos parientes de peces amazónicos en el río Magdalena y, más extraño, en la sabana de Bogotá. Peor aún: primos ciegos en cavernas de alta montaña. Los patrones biogeográficos y la distribución de los seres vivos en un territorio son el resultado combinado de todas esas fuerzas, que muestra la plasticidad genética con la que la biología persiste a través del tiempo.

Nada más placentero que ver la historia de la vida colombiana documentada e ilustrada como muchos hemos soñado desde que éramos cazadores de fósiles aficionados.

Paleo Colombia

Kirk Johnson
Director Museo Nacional
de Historia Natural
Instituto Smithsonian

La Colombia diversa de hoy día, también lo ha sido en el pasado distante. Carlos Jaramillo y su equipo de paleontólogos han descubierto fósiles y reconstruido estos mundos perdidos en muchos lugares del país. Sus diversos y sorprendentes descubrimientos cuentan la larga e interesante historia que está incrustada en la geología y en la paleontología de Colombia.

Durante cientos de millones de años, las poblaciones de plantas y animales terrestres y marinos han hecho de Colombia su hogar. Ocasionalmente morían y eran enterrados, y eventualmente se convertían en fósiles. Algunos fósiles, como capibaras y cocodrilos, tienen parientes vivos en Colombia hoy en día. Otros, como las serpientes gigantes, los tiburones y los perezosos del tamaño de un elefante, son increíblemente sorprendentes. Estos fósiles nos cuentan la historia de Colombia a lo largo de millones de años.

El estudio de los fósiles es solo un primer paso ya que luego los paleontólogos trabajan con artistas para poder reconstruir cómo lucían los paisajes en el tiempo. De esta manera, los fósiles se convierten en herramientas para viajar en el tiempo a los paisajes perdidos de esta Colombia Paleontológica.

Contenidos

Hace tiempo

Primera parte
Cómo

- Tiempo 12
- Evolución 14
- Fosilización 16
- Genética 20
- Clima 24
- Geografía 28
- Cambio climático 32

Segunda parte
Cuándo

- Precámbrico 36
- Devónico 40
- Cretácico temprano 42
- Cretácico tardío 46
- Paleoceno 50
- Mioceno medio tardío 54
- Plioceno 58
- Cuaternario 62

Tercera parte
Quiénes

- La gran serpiente 66
- El tiburón gigante 70
- El rey caimán 74
- Los cangrejos 76
- Las tortugas gigantes 80
- El polen 84
- Los micos 88
- Las hojas 92
- Los perezosos gigantes 96
- Los humanos 100

páginas 12 14 16 20 24 28 32 36 40 42 46 50 54 58 62 66 70 74 76 80 84 88 92 96 100 104 108 112 116

1ra parte

Cómo

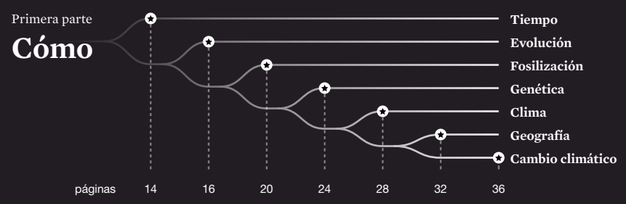
Todas las especies, incluida la nuestra, se originan y extinguen a lo largo del tiempo geológico, es decir, a lo largo de miles y millones de años.

Sin embargo, nuestra vida es tan corta que es difícil imaginar lo que esta escala de tiempo significa. Nuestro planeta se originó hace 4.500 millones de años, la vida surgió en el océano hace 3.800 millones de años, y solo hace 425 millones de años aparecieron las primeras plantas terrestres. En contraste, nuestra especie apareció hace apenas 300 mil años. Es decir que si comparamos la duración entera de nuestro planeta con un día, nosotros habríamos aparecido apenas en los últimos ¡6 segundos! Existen aproximadamente 9 millones de especies multicelulares en la actualidad, y nosotros somos una de ellas.

Gracias al registro fósil sabemos que una especie en promedio dura 3 millones de años y que desde hace 485 millones de años (Ordovícico) han existido unas 1.600 millones de especies, de las cuales el 99% ya están extintas. Nuestra especie es aún muy joven, así que todavía tenemos un largo camino por recorrer. Para entender la compleja historia y los cambios de las especies, los ecosistemas y el clima a lo largo del tiempo geológico necesitamos la paleontología, la ciencia que estudia e interpreta la historia de la vida sobre la Tierra usando fósiles.

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian
de Investigaciones Tropicales
Panamá

Estos primeros capítulos exploran aspectos básicos de la paleontología, como el tiempo geológico, la evolución y la genética. También se ilustra cómo ocurre el proceso de fosilización, cómo ha cambiado la configuración de las placas tectónicas que conforman Colombia y, finalmente, cómo ha sido el clima del país y cómo lo estimamos a lo largo del tiempo geológico.

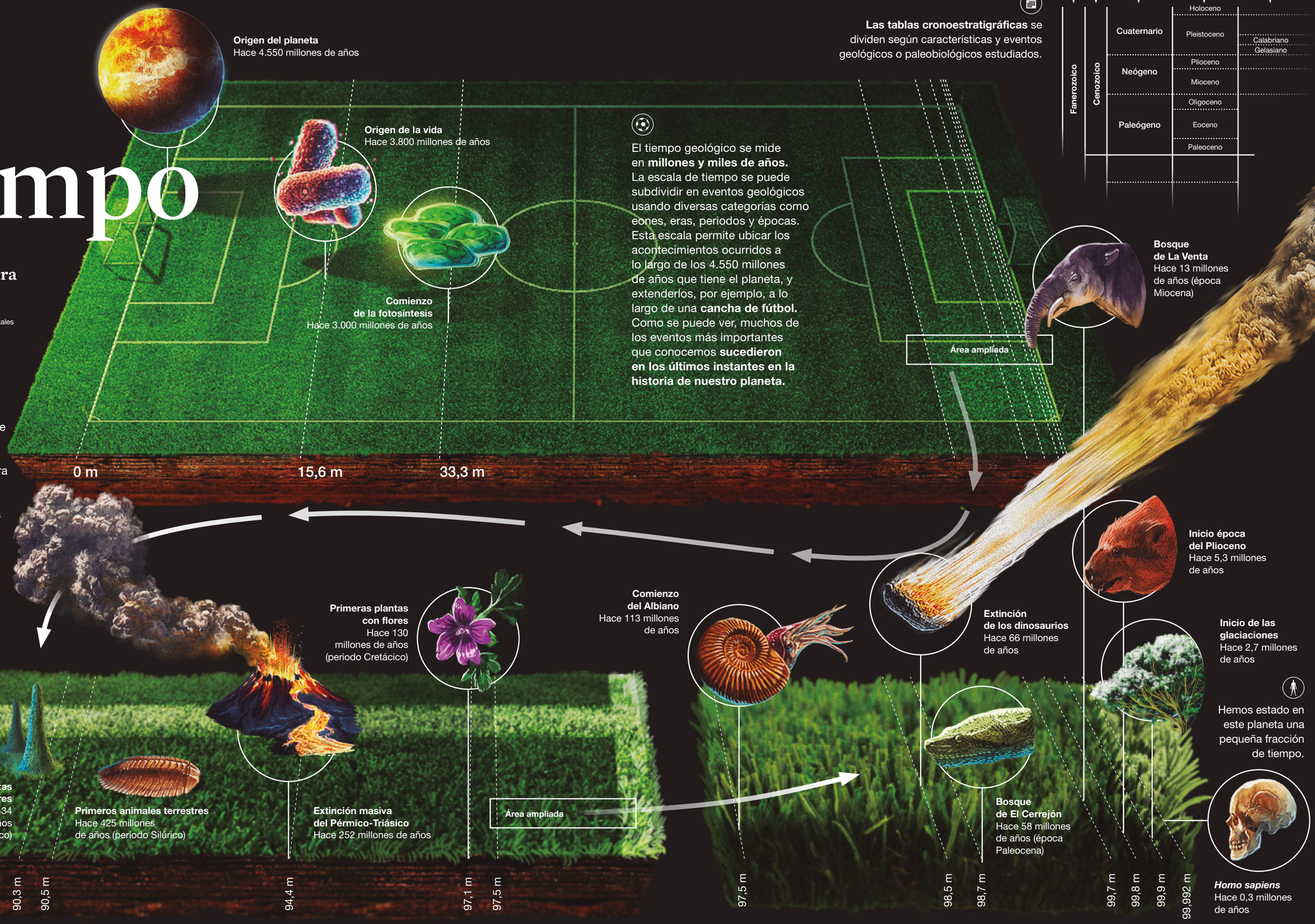


Tiempo

Cómo medir la historia de la Tierra

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales
Panamá

Para **medir el tiempo,** el ser humano ha acudido a diferentes medidas: un año se divide en meses; los meses, en días; y los días, en horas. Estas unidades son útiles para una escala de vida humana, pero pierden relevancia cuando hablamos de escalas de tiempo enormes como las de **la historia de la Tierra.**



Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Evolución

Cómo organizar la historia biológica

Marcelo Sánchez-Villagra
Universidad de Zúrich
Suiza

La evolución es tan real como el hecho de que nuestro planeta rota alrededor del Sol. **La forma y la función** de los organismos que conocemos hoy en día son el resultado de un **proceso de miles y millones años.**

Los seres vivos no son máquinas óptimas sino el producto de su historia evolutiva. **No mejoramos con el tiempo, simplemente cambiamos**.

Todas las especies vivientes tienen un **ancestro común,** cuyos descendientes se han ramificado en el tiempo generando un patrón semejante a un árbol.

No podemos recorrer la **evolución** como si estuviéramos en una escalera lineal que conduce de una forma primitiva a una compleja; para estudiar la evolución debemos imaginar que trepamos sobre un **árbol dinámico,** que crece y expande sus ramas a medida que las especies sufren modificaciones en sus estructuras.

El **proceso evolutivo** actúa sobre las diferentes formas y tamaños que presentan las criaturas en un tiempo determinado. Es como un continuo juego de la naturaleza con el material disponible.

Al explorar la **enorme diversidad de vida** con la que hemos contado en Colombia podremos comprender nuestra **historia biológica** y los mecanismos que la impulsaron y la impulsarán.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Los **perros domésticos actuales** son una muestra de cómo el árbol de la evolución puede crecer y diversificarse a partir de **la semilla de un ancestro.**

Existen **cuatro mecanismos principales** que hacen esto posible: selección natural ❶, deriva genética ❷, factores ambientales ❸ y límite biológico ❹.

La **extinción** es una **característica dominante** de la evolución. Muchas ramas del árbol evolutivo de todos los seres vivos están muertas.

Especies actuales

Especies extintas

Se estima que el **99%** de todas las especies que han existido **se han extinguido.**

Árbol filogenético. La filogenia puede ser representada mediante un **árbol evolutivo** que muestra la historia de la evolución y cómo un linaje de organismos ha cambiado en el tiempo.

Hyaenodont

Daphoneus

Cynodesmus

Tomarctus

Chrysocyon brachyurus

Lobo
Canis lupus

❶

Selección natural. Esta es el aporte central de Darwin a la teoría de la evolución. Resulta en las **adaptaciones** de poblaciones a su **medio ambiente.**

Perro de compañía
Canis lupus familiaris

Perro de trabajo
Canis lupus familiaris

Perro de compañía mestizo
Canis lupus familiaris

❷

Deriva genética. Puede ocurrir que una variante de un **gen se acumule de manera aleatoria,** especialmente en poblaciones pequeñas, donde el efecto sería mayor.

Perro de pastoreo
Canis lupus familiaris

Domesticación. Se da cuando el **ser humano interviene** en la variación genética de las especies potenciando o seleccionando características especiales.

Perro deportivo
Canis lupus familiaris

Un **error común** es creer que los humanos son descendientes directos de los chimpancés. En realidad, **solo compartimos un ancestro común.** Algunos descendientes de este ancestro evolucionaron en chimpancés; otros dieron origen al linaje de los homínidos.

Perro de caza
Canis lupus familiaris

Halcón
Falco

Pico adaptado para comer carne

Colibrí
Trochilidae

Pico adaptado para tomar néctar

Diversidad de formas en los picos de algunas aves.

Pico adaptado para comer frutas

Tucán
Ramphastos

Es por eso que en las **aves** siempre veremos **picos,** a pesar de que varíen de forma según la especie; no es posible que un ave desarrolle, por ejemplo, una trompa.

Filogenia. La forma de **entender** —y poner orden— a la **diversidad de la vida** es a través de las filogenias, es decir, documentando las **transiciones evolutivas de los organismos.**

Una herramienta clave para esto es la comparación anatómica, de datos moleculares y de información derivada de los registros fósiles. Así podemos darnos una idea de cómo las diferentes especies han sobrevivido y desaparecido y de sus transformaciones evolutivas. Aunque se ha asentado la idea de que la evolución consiste en la “supervivencia del más apto”, como si fuera una lucha entre organismos, la verdad es que este fenómeno complejo depende también de la cooperación y la simbiosis en los sistemas biológicos.

❸

Factores ambientales. Los **cambios ambientales** que experimenta el planeta influyen en la evolución de los organismos.

❹

Límite biológico. Las estructuras de los organismos no son simples soluciones a los retos que plantea el entorno, sino un resultado de los **materiales que heredan de un ancestro.**

Fosilización

Cómo descubrir las huellas del pasado

Felipe Lamus Ochoa
Universidad del Norte
Colombia

Una de las formas de adentrarnos en nuestro pasado es el **estudio de los fósiles.**

Estos son vestigios de vida que quedan solidificados dentro de rocas sedimentarias y que nos dan una idea de cómo era el medio ambiente en el que vivió o murió un organismo.

Siguiendo el proceso que se desencadena tras la muerte de un organismo, en este caso un *Thylacosmilus,* podremos comprender cómo se produce un fósil.

Los **rastros fósiles** suelen ser tan **frágiles** que es importante que conozcamos bien cómo se manipulan para poder seguirlos y remontarnos hacia la antigüedad.

Los fósiles son cualquier **vestigio de los organismos** que vivieron en el pasado y que se encuentran preservados en el registro geológico.

Los fósiles que conservan más detalles son los que quedan sobre sedimentos más finos. Por ejemplo, las pisadas sobre la arena tendrán menos detalles que las pisadas sobre el lodo.

Thylacosmilus

1 Sedimentación

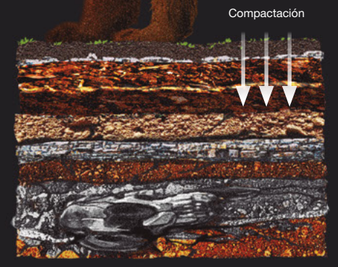
Los restos se cubren con sedimentos a medida que se inunda el área.

2 Enterramiento

Cuando la sedimentación continúa durante mucho tiempo, las capas con los restos quedan enterradas.

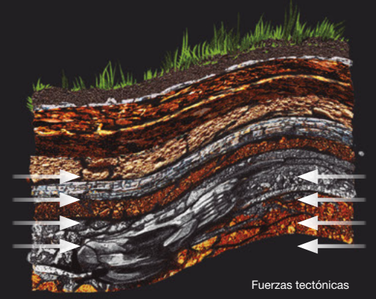
3 Litificación

Los cambios de presión y temperatura transforman los sedimentos en roca.



4 Levantamiento

Las fuerzas tectónicas repliegan hacia la superficie las rocas que contienen los restos.



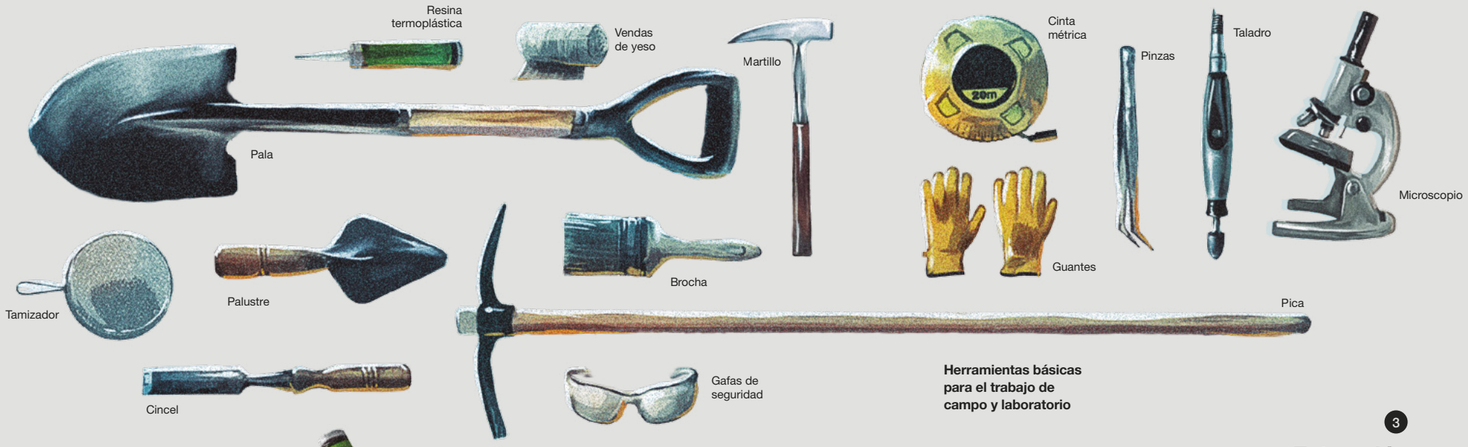
5 Erosión

Gracias a la erosión, los restos quedan expuestos en la superficie.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

El estudio de fósiles requiere **instrumentos de precisión** y un **delicado trabajo de laboratorio** que dará como resultado la **identificación** y la **clasificación** del fósil.

Recolección. Al liberar los fósiles de la presión a la que estaban sometidos en la roca **se pueden desarmar fácilmente.** Por ello se deben seguir estos pasos al retirarlos:



Herramientas básicas para el trabajo de campo y laboratorio

1 Excavación

Excavar alrededor de la roca donde se encuentra el fósil.

2 Preparación

Agregar a la roca una resina termoplástica que da dureza al material.

3 Extracción

Confeccionar una “chaqueta” de yeso con la roca que rodea al fósil. Una vez seco el yeso, marcar la muestra y desprenderla con cuidado.

4 Limpieza, análisis y catalogación

Permineralización

Los pequeños espacios internos de la estructura celular original son rellenados por sustancias químicas, como carbonatos, durante la transformación del sedimento en roca, pero las paredes de las células conservan su estructura.

Substitución

Se intercambian una a una las moléculas del organismo por sustancias disueltas en el agua subterránea, como la pirita y la calcita.

Moldes (externos e internos)

La estructura original del organismo es disuelta mientras el sedimento se convierte en roca, pero el organismo deja su forma externa o interna en la roca.

Carbonización

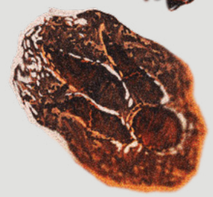
Se da en grandes acumulaciones de restos vegetales, donde las condiciones son tranquilas.

Resina fósil (ámbar y copal)

En las resinas de los árboles de la antigüedad pueden quedar atrapados restos de plantas, insectos, artrópodos, anfibios, reptiles y aves, los cuales se conservan con gran nivel de detalle.

Impresiones

Cualquier organismo que deje marcas de su forma y textura original sobre la roca.



Icnofósiles o trazas fósiles

Pisadas, caminos, madrigueras y galerías.

Coprolitos

Excrementos.

Tipos de fosilización. Existen diversos procesos que permiten la preservación de los restos de los organismos en las rocas.

Genética

Cómo hacer una lectura molecular del pasado

Henry Arenas-Castro
Instituto Humboldt
Colombia

Juan Pablo Narváez-Gómez
Universidad de São Paulo
Brasil

Mailyn A. González
Instituto Humboldt
Colombia

Las especies contemporáneas pueden revelarnos los secretos del pasado. La clave para descifrarlos está en el libro donde la evolución registra sus pasos: **el ADN.**

Archeopteryx
Dinosaurio emplumado emparentado con las aves actuales.

Saurisquio
Chindesaurus

Paujil
Crax alberti

Las páginas de este libro se van escribiendo **generación tras generación,** mutación tras mutación. Cuando aprendemos a leerlas a la luz de la información que nos da el registro fósil, podemos entender cómo se han **generado y formado los seres vivos** a través del tiempo. Incluso podemos llenar aquellas partes de la historia que no fueron registradas.

Las mutaciones ocurren al azar, sin importar el efecto que vayan a tener sobre las características de los organismos en el futuro.

Somos un accidente histórico: el resultado de innumerables eventos contingentes a lo largo de la historia del planeta.

Si pudiéramos volver al pasado, al momento cuando la vida se originó, y volviéramos a dejar pasar el tiempo, muy probablemente el resultado que veríamos después de millones de años de evolución sería diferente de lo que conocemos hoy. Reconstruir la **historia de las especies actuales** consiste en relatar solo uno de los múltiples desenlaces evolutivos posibles.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Jurásico
Hace 210 millones de años

Terópodo
Dracovenator

Ornintisquio
Agilisaurus

Saurisquio
Chindesaurus

Cretácico
Hace 140 millones de años

1

La evolución de las especies está **fuertemente determinada por eventos que no podemos predecir** como erupciones volcánicas, cambios ambientales repentinos o asteroides que colisionan con nuestro planeta.

Terciario
Hace 65 millones de años

2

Luego de uno de estos eventos contingentes, **algunas de las poblaciones pueden desaparecer,** mientras que **otras se diversifican** y van mutando, lo que les confiere rasgos diferentes.

3

Las mutaciones se acumulan proporcionalmente con el tiempo. Así, dos especies que comparten una historia evolutiva reciente tendrán secuencias de ADN más similares que dos especies que se hayan separado hace mucho más tiempo.

Presente

Búho
Pseudoscops clamator

Colibrí
Coeligena bonapartei

Lora
Pyrilia pyrilia

Tángara
Anisognathus somptuosus

Las secuencias genéticas permiten reconstruir las **relaciones de parentesco evolutivo,** las cuales se pueden visualizar como un árbol de la vida en donde las hojas representan a las especies y las ramas las conectan de acuerdo a su historia compartida. Este tipo de representación se llama hipótesis filogenética, y las ramas pueden describir relaciones que se prolongan millones de años en el pasado.

4

La comparación de las **secuencias genéticas** de las especies indica cuántas diferencias hay entre ellas, y la edad de los fósiles nos ayuda a saber aproximadamente cuándo empezaron a acumularse esas diferencias. Esta relación permite calcular cada cuánto tiempo se acumula una mutación en una especie.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Clima

Cómo interpretar los trazos de la temperatura

Andrés L. Cárdenas-Rozo
Universidad EAFIT
Colombia

Una **variable fundamental** para la vida en la Tierra es **el clima.** Por eso las estimaciones de la temperatura y de los cambios en las concentraciones de gases tipo invernadero que había en el pasado nos pueden dar luces sobre cómo era la vida millones de años atrás.

Altas concentraciones de CO_2

CO_2

1 Modo de temperatura tipo invernadero

Temperaturas altas

Temperaturas medias

Aunque existen otros **gases de tipo invernadero** (el vapor de agua, el metano y el ozono), el **dióxido de carbono** es el único cuya **concentración en la atmósfera** se puede determinar mediante el registro fósil y de rocas sedimentarias.

Bajas concentraciones de CO_2

CO_2

1000

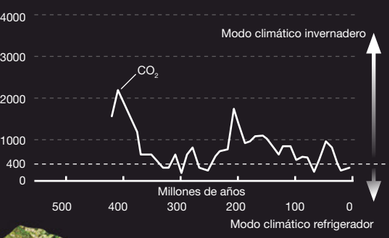
Aumento de la capa de hielo

Temperaturas bajas

2 Modo de temperatura tipo refrigerador

Al reconstruir una curva de la temperatura global de los últimos 542 millones de años, se observa que en el planeta se han dado dos modos de temperatura: **condiciones de tipo invernadero** 1 (altas temperaturas) y **condiciones de tipo refrigerador** 2 (bajas temperaturas).

Al reconstruir las fluctuaciones de los niveles de dióxido de carbono en una serie de tiempo, se ve que estas condiciones varían constantemente y que existe una relación directa con la temperatura: **a mayores niveles del gas, mayor calor, y a menores niveles, menos calor.**



4ºC

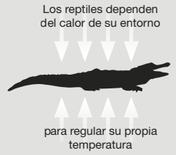
Se estima que, debido al actual intervalo de calentamiento, la **temperatura global aumentará aproximadamente 4 grados centígrados** como consecuencia del continuo incremento en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. Por lo tanto, es necesario que seamos más conscientes acerca del uso que les damos a los recursos naturales y a nuestra huella de carbono.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

A través de los fósiles y las rocas sedimentarias podemos hacer **medidas indirectas** que nos permiten interpretar cómo han variado las **condiciones climáticas** en un sitio específico a lo largo de miles a millones de años.

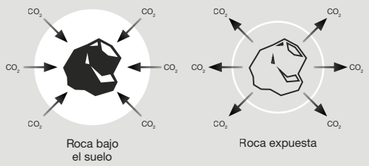
Asociación por fauna y flora. La temperatura es una restricción ecológica para los organismos. Por ejemplo, los reptiles no pueden vivir en zonas frías.

Así, si un fósil de un organismo tropical se encuentra hoy en una zona de bajas temperaturas, es un indicio de que en el pasado ese sitio tuvo temperaturas altas.



Al crecer, los anillos de una concha van captando y preservando materiales de su entorno.

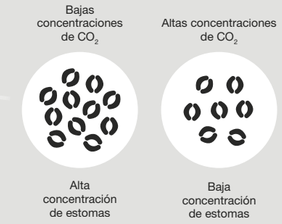
Fósiles. Existen organismos como los foraminíferos que viven en el mar y cuyas conchas están hechas de carbonato de calcio. Estas conchas captan el calcio, el carbono y el oxígeno del medio, por lo que la temperatura de los océanos queda registrada en ellas.



Rocas sedimentarias. Cuando las rocas están expuestas en la superficie, se desintegran en granos de sedimento (este proceso es llamado meteorización) que transportan diferentes minerales y son depositados en diversos fondos de acumulación (p.e., canales de un río, fondos de los lagos, fondos de los mares). Cuando los espesores de sedimento son muy grandes en estos sitios, la presión y la temperatura aumentan, generando rocas sedimentarias. Así mismo, cuando los seres vivos mueren, la materia orgánica también es enterrada en los sedimentos. En consecuencia, este tipo de rocas actúan como reservorios profundos de dióxido de carbono. Una vez estas rocas sedimentarias salen a la superficie debido a la tectónica de placas, la meteorización o la extracción de combustibles fósiles, pueden liberar nuevamente el dióxido de carbono retenido a la atmósfera.

Hojas. Las hojas de los bosques pueden dividirse en dos: las de **márgenes lisos** 1 y las de **márgenes dentados** 2.

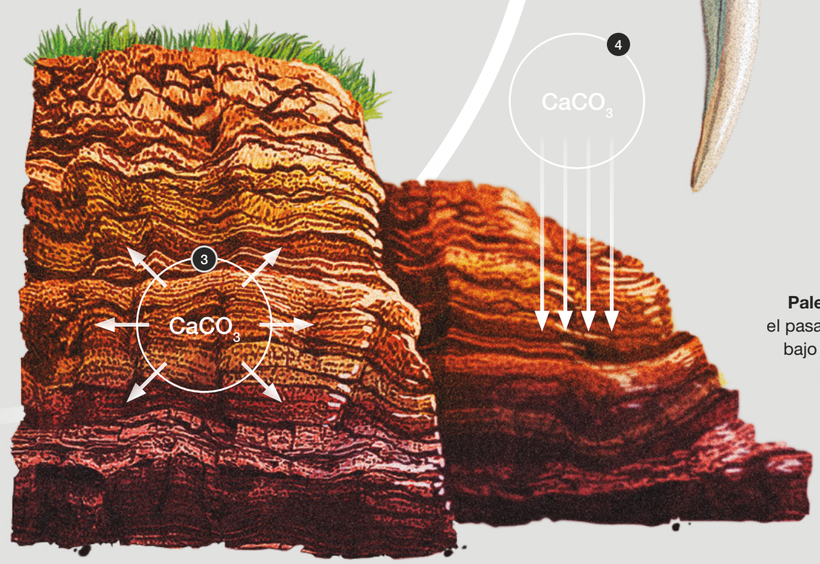
Hoy los bosques de zonas cálidas están dominados por plantas de hojas con márgenes lisos; y los bosques de zonas templadas y frías, por hojas con márgenes dentados.



Los estomas (poros microscópicos en las hojas) determinan el intercambio de oxigeno y dióxido de carbono en las plantas. Durante intervalos con exceso de dióxido de carbono en la atmósfera, la densidad de estos poros en las hojas es menor en comparación con intervalos de niveles bajos de esta molécula.

Al determinar estas características, es posible establecer tanto la temperatura que soportaba un bosque como sus niveles de dióxido de carbono millones de años atrás.

Esmalte en los dientes fósiles. Los dientes de los mamíferos retienen los elementos de carbono y oxígeno a los cuales están expuestos. Por lo tanto, con base en el esmalte de los dientes fósiles es posible determinar las condiciones del agua y las paleotemperaturas de los ambientes en los que vivían estos organismos.



Paleosuelos. Los horizontes de suelo en el pasado geológico pueden ser sepultados bajo grandes volúmenes de sedimentos y así quedar en el registro de las rocas sedimentarias. Estos permiten determinar qué tan altos fueron los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera mediante el estudio de las concentraciones de carbonato de calcio, cuyo origen puede ser orgánico 3 y atmosférico 4.

Geografía

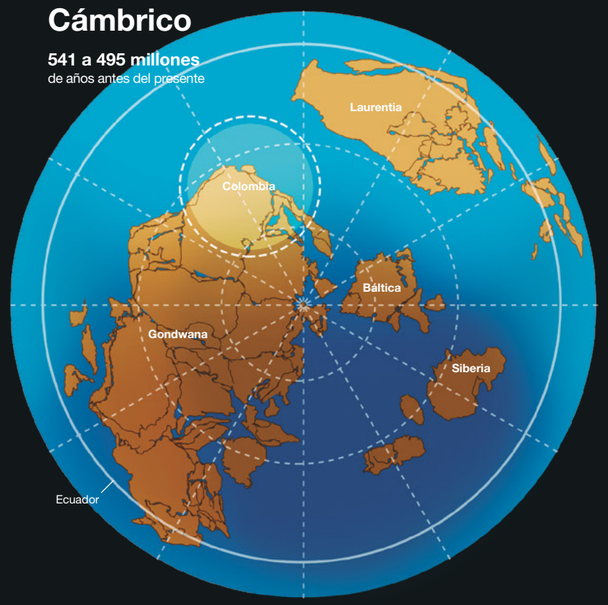
Cómo interpretar la geografía de Colombia en el tiempo geológico

Camilo Montes
Universidad del Norte
Colombia

Germán Bayona
Corporación Geológica ARES
Colombia

Cámbrico

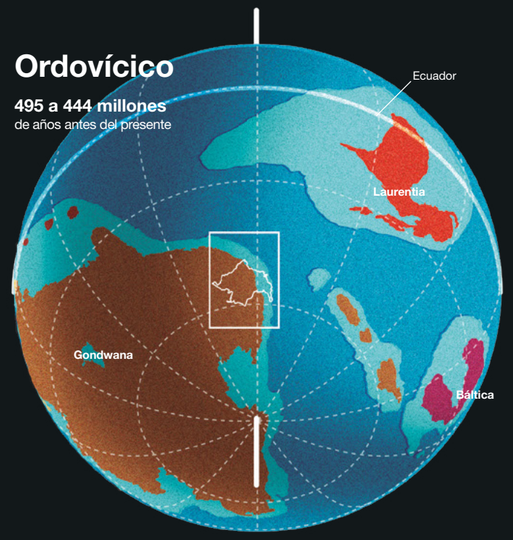
541 a 495 millones
de años antes del presente



Colombia no siempre ha estado en el mismo lugar en el que la reconocemos hoy en día en los mapas. A lo largo de muchos años las **masas continentales** se han desplazado sobre la superficie del planeta, transformándose en su forma y en su ubicación, como un **rompecabezas vivo.** Al reconstruir este lento proceso, la paleogeografía nos permite entender cómo han variado las condiciones de la vida en la Tierra hasta llegar a su estado actual.

Ordovícico

495 a 444 millones
de años antes del presente

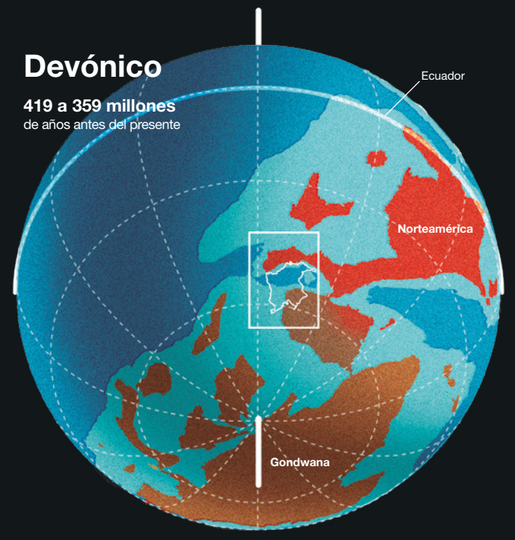


Suramérica hacía parte de un **enorme continente, denominado Gondwana,** conformado también por lo que hoy es África, Antártica, Australia y parte del sur de Asia.

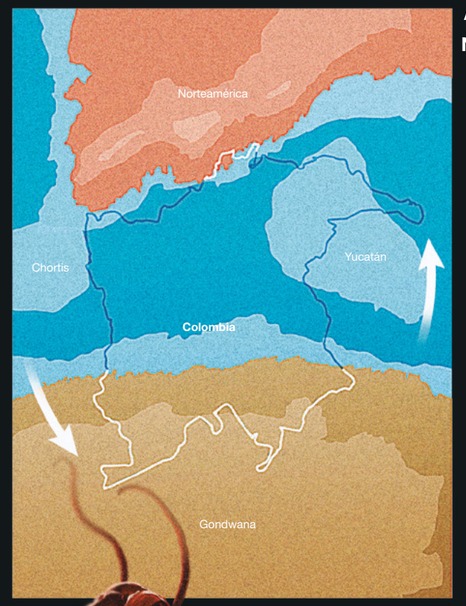
Anomalocaris, un animal cercano a los artrópodos, era uno de los principales predadores en los océanos del Cámbrico. Aún no había plantas sobre las áreas terrestres.

Devónico

419 a 359 millones
de años antes del presente



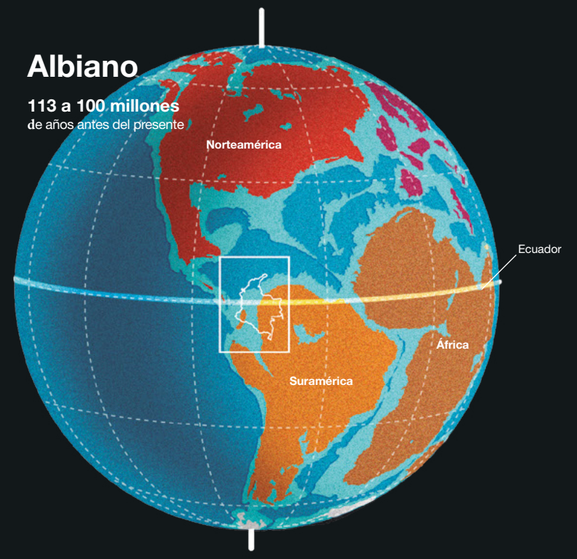
La colisión de Gondwana con otro continente gigante, formado por Norteamérica y Europa, dio lugar, a finales del Paleozoico, al **megacontinente Pangea.**



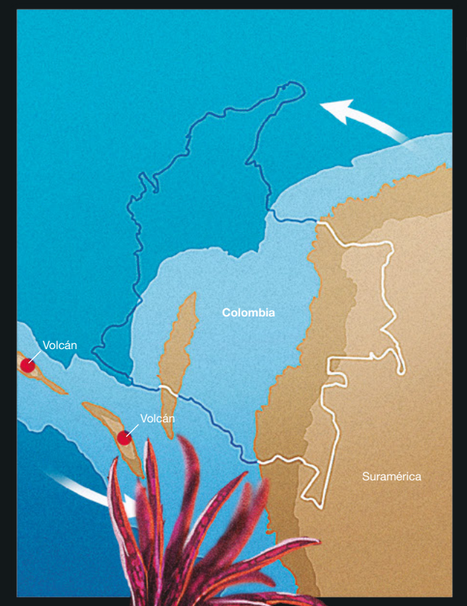
Los trilobites, un grupo extinto de artrópodos, dominaban los océanos del Paleozoico. El grupo era muy diverso, con más de 15.000 especies, y desapareció en una de las extinciones masivas más importantes en la historia del planeta, en el límite Paleozoico-Mesozoico (hace 252 millones de años).

Albiano

113 a 100 millones
de años antes del presente



La ruptura del megacontinente Pangea da nacimiento al océano Atlántico, el cual separa cuatro masas continentales: **Europa, África, Suramérica y Norteamérica.** Los mares alcanzan su máximo nivel y cubren la mayor cantidad de tierra.

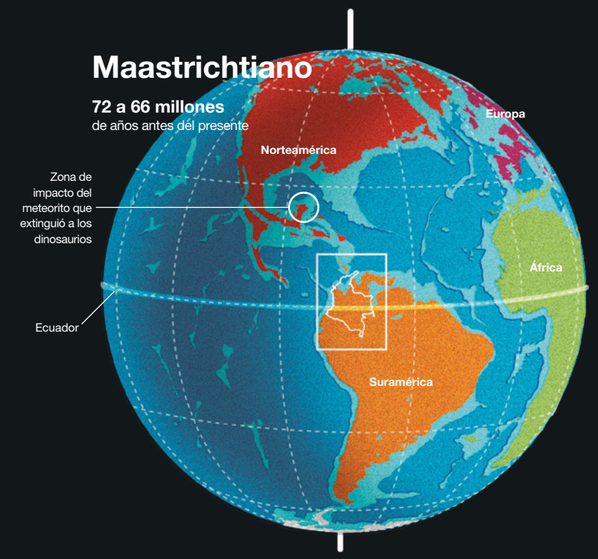


Las amonitas son de los fósiles más conocidos y abundantes en Colombia. Este es un grupo extinto de cefalópodos que dominaban los océanos del Albiano. El grupo se extinguió al final del Cretácico, durante la extinción del límite Mesozoico-Cenozoico (hace 66 millones de años).

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Maastrichtiano

72 a 66 millones
de años antes del presente

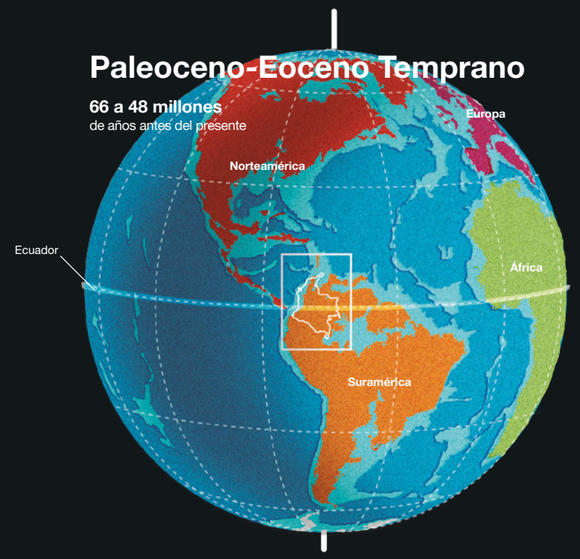


Se levantan los **Andes colombianos** con la colisión entre la placa continental Suramérica y la placa oceánica del Caribe. El mar que inundó partes extensas del norte de Suramérica se comienza a retirar.

El árbol de *Araucaria* (una gimnosperma, plantas con semillas pero sin flores) dominaba el dosel de la mayoría de los bosques colombianos.

Paleoceno-Eoceno Temprano

66 a 48 millones
de años antes del presente

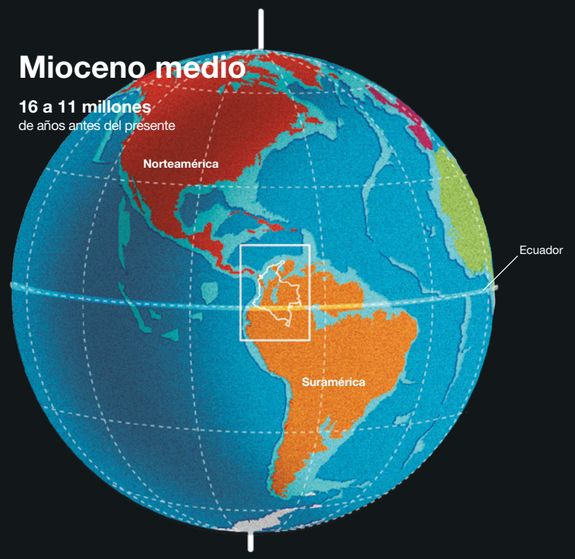


La colisión de las placas genera **dos cadenas montañosas** en el continente, y un **arco de islas con volcanes** sobre la placa oceánica del Caribe. Pantanos tropicales dominan al norte, mientras al sur extensos valles con ríos separan los dos sistemas montañosos.

La titanoboa, *Titanoboa cerrejonensis,* la serpiente más grande que ha existido, era una especie común en los ecosistemas colombianos.

Mioceno medio

16 a 11 millones
de años antes del presente

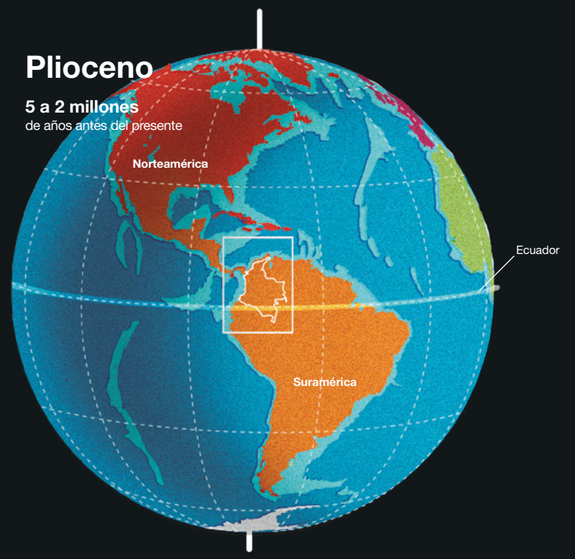


La colisión de las rocas que conforman hoy en día **Panamá** contra Suramérica separa el mar Caribe del océano Pacífico. La **cordillera Occidental** está en proceso de formación, y en el oriente del país hay incursiones de **aguas marinas** sobre el continente.

Stupendemys, una tortuga gigante de agua dulce de más de tres metros de largo, se distribuía ampliamente por el trópico suramericano.

Plioceno

5 a 2 millones
de años antes del presente



La configuración montañosa es parecida a la presente, pero los **cambios climáticos** y el **crecimiento de las montañas** hacen que los ríos cambien. Las **glaciaciones frecuentes** afectan las cimas de las montañas y secan los valles bajos.

Los perezosos gigantes eran comunes en una gran variedad de ecosistemas, desde las partes altas de los Andes a los bosques húmedos y sabanas.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Cambio climático

Cómo analizar las nuevas dinámicas del planeta

Natalia Hoyos
Universidad del Norte
Colombia

Juan Camilo Restrepo
Universidad del Norte
Colombia

Usualmente, cuando hablamos del clima tendemos a pensar solo en los procesos que se originan en la atmósfera, pero realmente es el resultado de la **interacción de los cinco factores** que conforman el **sistema climático:** la atmósfera, la vegetación, los casquetes polares, el océano y la superficie y posición de los continentes.

Aunque las oscilaciones entre periodos cálidos y fríos son naturales en el planeta, el aumento inusual de la temperatura promedio en los últimos 200 años nos obliga a enfocarnos en entender la composición y el comportamiento del componente atmosférico.

Interacciones internas del sistema climático

La atmósfera 1

Además del sistema climático, **otros factores** que influyen en el clima de la Tierra son las variaciones en **la actividad solar,** la forma de **la órbita terrestre** y las configuraciones de **los continentes.**

Concentración de CO_2

CO_2

2 El hielo

La superficie terrestre 3

Los mares y océanos 4

5 La vegetación

Sol

Radiación solar

La **atmósfera** está compuesta en su gran mayoría por dos gases: **nitrógeno** (78%) y **oxígeno** (21%). El 1% restante incluye varios gases, entre los que se encuentran el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4).

Estos tres gases absorben la radiación solar que reemite la superficie de la Tierra, en lo que conocemos como el efecto invernadero natural. Su incremento como producto de actividades humanas es un efecto invernadero acentuado o artificial.

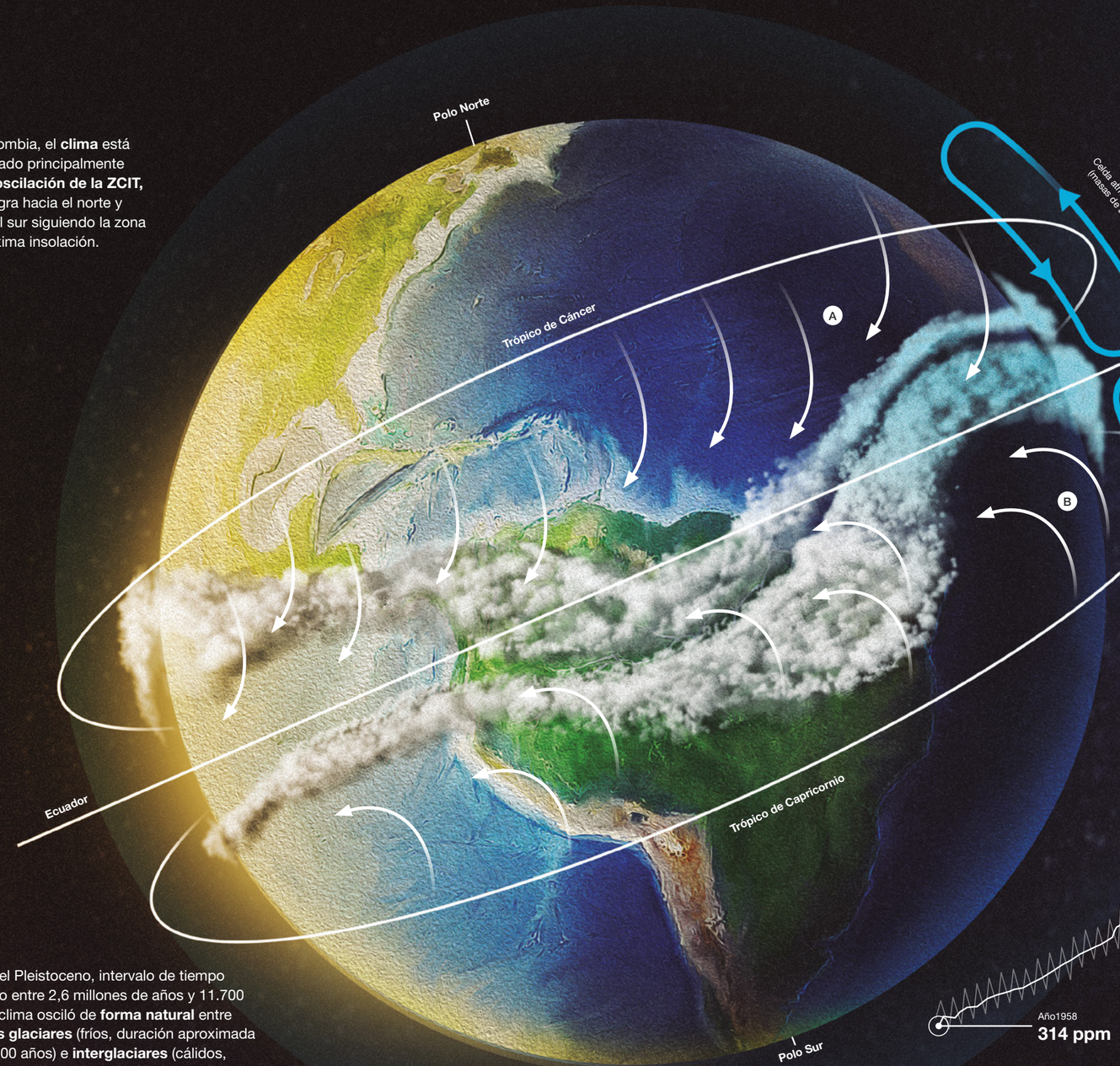
Sin el **efecto invernadero,** la temperatura promedio de la Tierra sería de -16 °C. Actualmente es de aproximadamente 15 °C.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Las **regiones tropicales** reciben una **mayor insolación** a lo largo del año, y el calentamiento de la superficie terrestre produce ascenso del aire, generando una zona de bajas presiones atmosféricas, donde convergen los vientos alisios del noreste (A) y del sureste (B) y que se denomina **Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).** Al ascender el aire, el vapor de agua se condensa y forma las bandas de nubes que producen la alta precipitación que caracteriza las zonas tropicales.

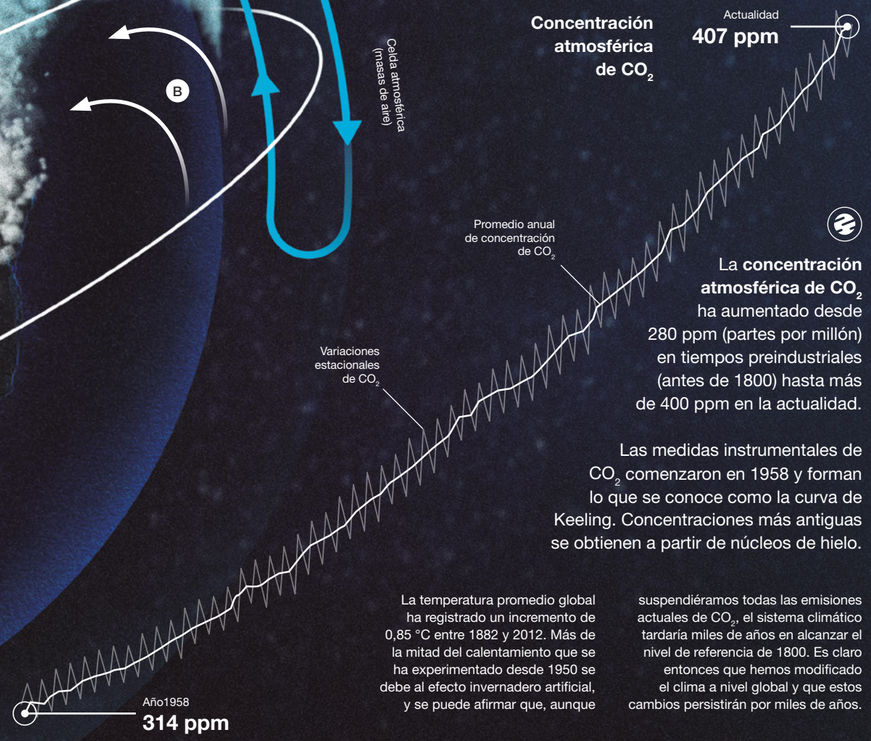
La **variabilidad climática** en Colombia está relacionada con procesos que actúan a **diferentes escalas de tiempo:** desde ciclos anuales, como el movimiento de la ZCIT, hasta aquellos que tienen lugar entre decenas y miles de años, como el cambio climático.

En Colombia, el **clima** está controlado principalmente por la **oscilación de la ZCIT,** que migra hacia el norte y hacia el sur siguiendo la zona de máxima insolación.



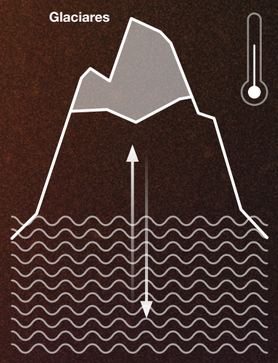
Uno de los fenómenos que inciden sobre la **variabilidad climática interanual** en Colombia es el **El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).** Durante su **fase cálida** (El Niño), los vientos alisios se debilitan afectando el desplazamiento normal de la ZCIT, por lo que en la mayor parte del país se presenta un **incremento en la temperatura media** del aire y un **descenso en la precipitación y caudal medio** de los ríos.

Durante la **fase fría** (La Niña), los vientos alisios se fortalecen, y la mayor parte del país experimenta **abundantes precipitaciones** y un **incremento en el caudal medio** de los ríos.

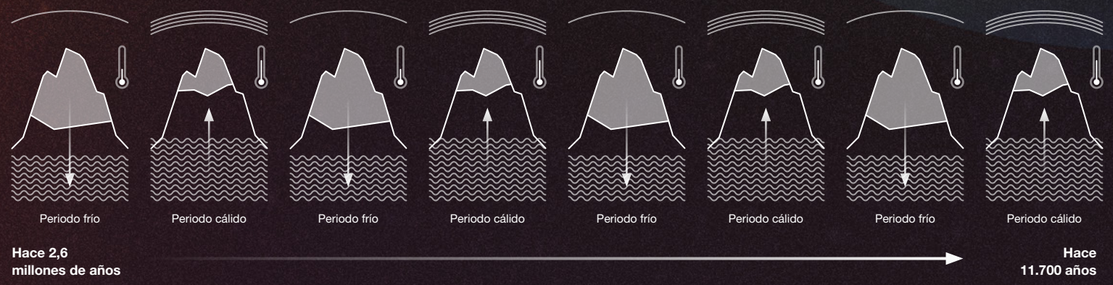


La **concentración atmosférica de CO_2** ha aumentado desde 280 ppm (partes por millón) en tiempos preindustriales (antes de 1800) hasta más de 400 ppm en la actualidad.

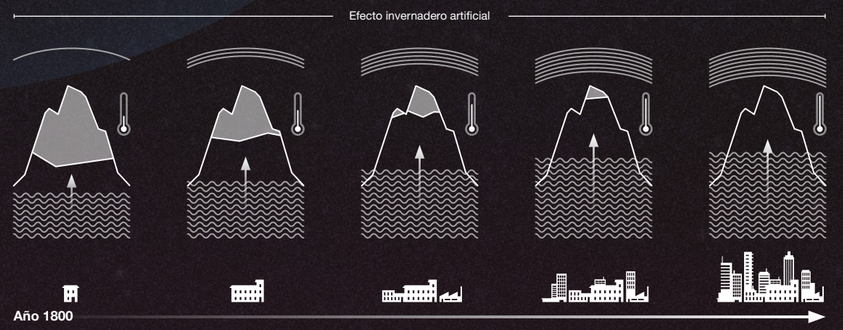
Las medidas instrumentales de CO_2 comenzaron en 1958 y forman lo que se conoce como la curva de Keeling. Concentraciones más antiguas se obtienen a partir de núcleos de hielo.



Durante el Pleistoceno, intervalo de tiempo geológico entre 2,6 millones de años y 11.700 años, el clima osciló de **forma natural** entre **periodos glaciares** (fríos, duración aproximada de 100.000 años) e **interglaciares** (cálidos, duración aproximada de 10.000 años).



La temperatura promedio global ha registrado un incremento de 0,85 °C entre 1882 y 2012. Más de la mitad del calentamiento que se ha experimentado desde 1950 se debe al efecto invernadero artificial, y se puede afirmar que, aunque suspendiéramos todas las emisiones actuales de CO_2, el sistema climático tardaría miles de años en alcanzar el nivel de referencia de 1800. Es claro entonces que hemos modificado el clima a nivel global y que estos cambios persistirán por miles de años.



Durante los últimos 200 años **la temperatura** de la Tierra **ha aumentado de forma acelerada,** debido al incremento de CO_2 y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera por **actividades humanas.** Este proceso se conoce como efecto **invernadero artificial.** Los niveles actuales de CO_2 no se han presentado en la atmósfera de forma natural desde hace 3 millones de años.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

2da parte

Cuándo

El paisaje y el clima se transforman incesantemente: algunas cadenas de montañas se siguen elevando, como los Andes, mientras que otras están desapareciendo, como los Apalaches en Estados Unidos; regiones que eran húmedas se convierten en desiertos, como La Guajira, y desiertos se convierten en bosques; zonas previamente inundadas por el mar ahora están emergidas, como Villa de Leyva, mientras que extensas zonas terrestres ahora están bajo el nivel del mar. Estas modificaciones del paisaje obedecen al desplazamiento y colisión permanente de las placas tectónicas. Dichos choques, que nosotros sentimos como temblores y terremotos aislados, hacen que el paisaje se renueve.

Estos movimientos, sumados al desplazamiento de nuestro planeta con respecto al Sol y la actividad misma de la biota, hacen que el clima a su vez esté en perpetuo cambio. La temperatura, la precipitación, los niveles del CO_2 y oxígeno, entre otros, varían continuamente, repercutiendo en la evolución de las especies y en la configuración del paisaje a lo largo del tiempo geológico.

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian
de Investigaciones Tropicales
Panamá

En los siguientes capítulos presentamos algunos de los momentos más importantes en la historia geológica de Colombia. Cada uno de ellos se encuentra representado por un paisaje típico, como si tomáramos una foto a través de un recorrido que evidencia las grandes transformaciones que han tenido los ecosistemas, el clima, la flora y la fauna de nuestro país.

Segunda parte
Cuándo

Precámbrico páginas 42
Devónico 46
Cretácico temprano 50
Cretácico tardío 54
Paleoceno 58
Mioceno medio tardío 62
Plioceno 66
Cuaternario 70

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Precámbrico

Cuando se formó la Tierra y apareció la vida

Hace ~4.550 a 541 millones de años (Ma)

Mauricio Ibáñez-Mejía
Universidad de Rochester
Estados Unidos

El período de tiempo geológico conocido como el Precámbrico contiene la mayor parte de la historia de nuestro planeta. Sin embargo, la Tierra temprana se caracterizó por ser árida y hostil, inhóspita para albergar vida como la conocemos.

Nuestro entendimiento científico nos indica que todos los elementos presentes en la Tierra, incluso aquellos que forman nuestros tejidos, fueron heredados de la explosión de enormes estrellas y supernovas ocurridas antes de la formación de nuestro propio Sol. Nosotros y todos los seres vivos en nuestro planeta somos, como se dice popularmente, polvo de estrellas. Sin embargo, **para que surgiera la vida como la conocemos actualmente, fue necesaria una larga transformación de la composición química de la atmósfera y los océanos terrestres.** Las siguientes páginas describen los períodos de tiempo geológico que transcurrieron y los eventos más importantes para la vida durante dicha transformación.

1

Eón Hadeano

~4.550 a 4.030 Ma

En este Eón la atmósfera terrestre era extremadamente pobre en oxígeno, y se piensa que constaba principalmente de gases altamente tóxicos y corrosivos como el metano y varios vapores ácidos. Durante este período, hace aproximadamente 4.520 millones de años, un gran impacto desprendió un fragmento del planeta que luego se convertiría en nuestra Luna.

Junto a la Tierra, existía un 'protoplaneta' tan grande como Marte y de composición similar a nuestro planeta.

Estos dos cuerpos colisionaron y se desprendió material de cada uno.

La gravedad de la Tierra capturó los fragmentos, formando un anillo de asteroides.

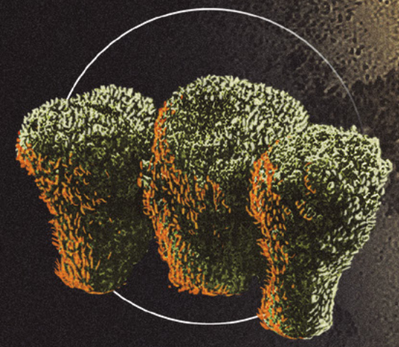
La aglomeración de estos fragmentos rocosos desprendidos formó la Luna, que en su origen estaba mucho más cerca de la Tierra.

2

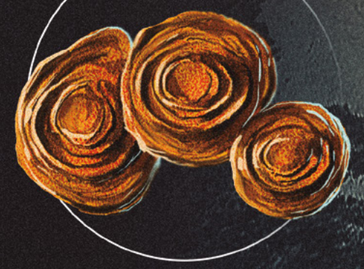
Eón Arqueano

4.030 a 2.500 Ma

Así como durante el Hadeano, la atmósfera carecía del oxígeno necesario para sostener vida compleja. A este Eón, sin embargo, corresponden los **registros fósiles de vida más antiguos** conocidos a la fecha, los cuales datan de al menos 3.700 Ma y se encuentran preservados en el noreste de Canadá y el oeste de Groenlandia. Estos fósiles constan de pequeños filamentos preservados en rocas formadas por fuentes de aguas termales y colonias de microbios, llamadas estromatolitos, que habitaban en mares poco profundos.



Estromatolito vivo, vista lateral



Estromatolito fósil, vista superior

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

3

Proterozoico
Periodo Criogeniano
~720 a 635 Ma

Los momentos finales del Precámbrico, previo a la aparición de organismos complejos en el planeta, fueron marcados por una gran inestabilidad ambiental. El período Criogeniano fue dominado por **grandes glaciaciones** durante las cuales la superficie de la Tierra estuvo completamente congelada y cubierta por una espesa capa de hielo. Se estima que durante este período las temperaturas promedio en superficie terrestre alcanzaron los -50°C.

Estas enormes glaciaciones **colapsaron la actividad biológica en los océanos** durante millones y hasta decenas de millones de años.

El primer **gran aumento en la concentración de oxígeno** sucedió alrededor de 2.400 millones de años atrás, en un momento conocido como el Gran Evento de Oxidación Atmosférica Terrestre.

Además de permitir la respiración a los organismos aeróbicos, esta oxidación disminuye la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, así disminuyendo la temperatura promedio de la superficie de la Tierra. Las primeras evidencias geológicas de este enfriamiento están relacionadas a la ocurrencia de rocas formadas por depósitos glaciares, llamadas *diamictitas*.

4

Proterozoico
Periodo Ediacariano
~635 a 541 Ma

Fue solo tras el fin de las grandes glaciaciones del Criogeniano que se dieron las condiciones necesarias para que evolucionaran los **primeros animales en el planeta.** Los animales más antiguos conocidos datan de hace ~570 millones de años, pero el hecho que pocas de estas especies se hayan encontrado en el registro fósil del Cámbrico sugiere que hace aproximadamente 541 millones de años pudo haber sucedido la primera extinción masiva de la vida sobre el planeta.

Algunas de las rocas sedimentarias expuestas en la Serranía de Chiribiquete, en los departamentos de Caquetá y Guaviare, datan del Proterozoico y Cámbrico, y son las rocas sedimentarias más antiguas conocidas en el país.

Las primeras evidencias geológicas y paleontológicas de la ocurrencia de grandes organismos multicelulares sugieren que **los verdaderos animales aparecieron en la Tierra hace al menos 571 millones de años,** aproximadamente 30 millones de años antes de la llamada “gran explosión del Cámbrico”.

Se piensa que, durante el Criogeniano, la distribución de masas continentales en nuestro planeta era muy distinta a como la conocemos hoy en día, y que todos los continentes se encontraban juntos formando un **único “supercontinente” llamado Rodinia.** Fue en las costas de este supercontinente que evolucionaron los organismos multicelulares complejos (o metazoos).

Devónico

Cuando los peces conquistaron los mares

Hace 419 a 359 millones de años

Javier Luque
Universidad de Alberta
Canadá

Andrés L. Cárdenas-Rozo
EAFIT
Colombia

Las formaciones Floresta y Cuche en Floresta, Boyacá, dan cuenta de una época en la que Colombia estuvo poblada por diversos invertebrados como trilobites, crustáceos, braquiópodos, y crinoideos que vivían en extensos arrecifes de corales.

En escena

1. Pez lobulado
2. Pez placodermo
3. Trilobite
4. Braquiópodo
5. Euryptérido

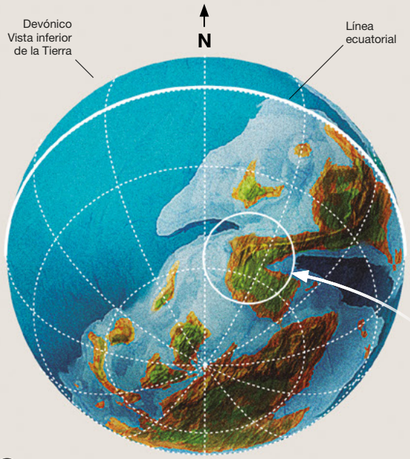
Este periodo es uno de los más interesantes del Paleozoico en cuanto a formas de vida, en especial la marina; de hecho, a este intervalo también se le conoce como **“la edad de los peces”** por el gran desarrollo que presentaron estos animales. Sin embargo, este lapso de gran diversidad quedaría marcado por uno de los cinco eventos de extinción masiva más dramáticos en la historia del planeta.

Se estima que el 70% de las especies de invertebrados perecieron en la extinción que tuvo lugar en este periodo, y varios grupos como trilobites y peces placodermos desaparecieron o quedaron reducidos a unos pocos grupos que desaparecerían al final del Paleozoico.

Los peces acorazados son emblemáticos del Devónico. Aunque se han descubierto fósiles de ellos en Colombia, las especies más representativas, como los placodermos de gran tamaño, solo se han encontrado fuera de Suramérica.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Durante comienzos del Devónico, las masas continentales de Suramérica, África, India, Antártica y Australia estaban agrupadas en un **megacontinente llamado Gondwana,** que por tectónica de placas habría colisionado con Euramérica **para formar el supercontinente Pangea.** Debido al tamaño de este continente, **la humedad en tierra firme era bastante baja** (como lo es actualmente en Australia).



Posición de Colombia durante parte del Devónico.

En el Devónico radiaron **peces cartilaginosos** como los elasmobranquios (tiburones y parientes) 1, **peces óseos y placodermos** (peces acorazados) 2, y **peces de aletas lobuladas** 3. Hacia el final de este periodo, los primeros vertebrados con cuatro extremidades (tetrápodos) ya habían evolucionado de los peces pulmonados, que vivían en ambientes de aguas someras en zonas transicionales entre el continente y el mar.

Los primeros bosques empezaron a formarse durante el Devónico gracias a la gran diversificación de plantas vasculares y no vasculares. Estos bosques, por medio de la fotosíntesis de sus plantas, incrementaron el oxígeno disponible en la atmósfera, **reduciendo los niveles de dióxido de carbono, enfriando así el planeta.**

Fósil
Archaeopteris

Los árboles del género *Archaeopteris* crecieron en promedio hasta 10 metros, con troncos que podían superar los 1,5 metros de diámetro.

1

Elasmobranquios
Antarctilamna

Los fósiles del pez *Dunkleosteus*, que podía llegar a medir 9 metros, se han encontrado en Estados Unidos, Canadá, Europa y Marruecos.

Cabeza fósil de placodermo
Dunkleosteus

2

Pez acorazado
Bothriolepis

Este tipo de peces, que podían estar a la cabeza de la red alimenticia, carecían de dientes. En su lugar contaban con protuberancias filosas formadas por sus placas óseas.

Humano moderno
Homo sapiens

3

Pez lobulado
Holoptychiidae

Ubicación aproximada de Floresta y Cuche en Floresta, Boyacá, lugar donde han sido encontrados los restos fósiles del Devónico.

Durante el Devónico gran parte de Colombia se encontraba sumergida en un mar somero y en una latitud más temperada al sur.

Se cree que el rápido paso de un planeta cálido a uno frío, los cambios en el nivel del mar, la anoxia de los mares y el magmatismo, entre otros, fueron eventos relacionados con la **extinción del Devónico.**

Colpodexylon era una planta que vivia en Colombia y que podia tener hasta 30 centímetros de longitud, constituida principalmente por un tallo trepador cubierto de micrófilos lineares.

Fósil
Colpodexylon

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Cretácico temprano

Cuando reinaban los dinosaurios y grandes reptiles marinos

Hace 125 a 100 millones de años

Javier Luque
Universidad de Alberta
Canadá

Si nos pusiéramos un traje de buceo y nos sumergiéramos en el mar de Colombia de hace 125–100 millones de años atrás, encontraríamos una **diversidad de grandes reptiles marinos, peces, tortugas, crustáceos, y moluscos** muy diferentes a los que tenemos hoy en día. Al mismo tiempo, en tierra firme veríamos dinosaurios, insectos, plantas y bosques distintos a los actuales. El Cretácico fue un periodo de rápidos cambios geológicos, geográficos, y biológicos a nivel mundial y durante el cual se formaron varias de las **rocas que generarían los hidrocarburos** más importantes del país.

Durante el Cretácico ocurrieron varios eventos de **empobrecimiento de oxígeno en los mares.** Como veremos, esto sería clave para la formación de los hidrocarburos que extraemos en la actualidad.

Durante el Cretácico temprano, el planeta pasó de tener climas templados a experimentar **incrementos en la temperatura a nivel mundial,** lo que resultó en un efecto invernadero.

En escena

1. *Muiscasaurus* (ictiosaurio)
2. Terópodo
3. *Padillasaurus* (saurópodo)
4. *Kronosaurus* (pliosaurio)
5. Gnetales (gimnospermas)
6. Cola de caballo (equisetos)
7. *Desmatochelys* (tortuga marina)

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

El petróleo colombiano (como el de muchos otros países) no proviene ni de los dinosaurios ni de los árboles, como se suele creer.

Se generó en gran parte a partir de rocas depositadas en las cuencas marinas del Cretácico, gracias a la masiva acumulación de restos de diminutos organismos marinos como bacterias (A), algas (B), fitoplancton (C) y zooplancton (D).

1 Al morir, los restos de microorganismos marinos se acumulan masivamente en los fondos marinos.

2 Bajo condiciones ideales, la materia orgánica no es consumida, degradada o retrabajada, sino que es cubierta por más sedimentos.

3 Tras varios millones de años de enterramiento, las altas presiones y temperaturas "cocinan" la materia orgánica, lo que da origen a hidrocarburos como el petróleo.

Océano

Sedimentos

Rocas

Rocas sedimentarias porosas

Gas atrapado

100 millones de años antes del presente

50 millones de años antes del presente

Presente

Los organismos se convierten en petróleo y gas natural

2 cm

Cabello humano

Los eventos de anoxia (ausencia de oxígeno) que afectaron los fondos marinos a escalas regionales y globales favorecieron la preservación de **millones de toneladas de materia orgánica** que, bajo condiciones de enterramiento, presión, y temperatura óptimas, darían origen a varias de las **rocas fosilíferas y generadoras de hidrocarburos** más importantes en Colombia hoy en día.

Varias de las **rocas y montañas** que encontramos en departamentos como Santander, Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Putumayo, entre otros, vienen de **sedimentos depositados** en un mar estrecho y somero que atravesaba el país durante gran parte del Cretácico.

La Tierra durante el Cretácico temprano

Mar epicontinental somero

Contrario a lo que normalmente se cree, el petróleo no se encuentra en bolsas o burbujas gigantes, sino entre los **pequeños poros de las rocas** que los almacenan, como si fueran una esponja.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Cretácico tardío

Cuando se diversificaron las flores

Hace 100 a 66 millones de años

Camila Martínez
Universidad de Cornell
Estados Unidos

Nuestro altiplano cundiboyacense tenía un panorama completamente distinto hace 67 millones de años. En lugar de un territorio elevado y moderadamente frío, encontraríamos ambientes dominados por pantanos, con una gran diversidad de plantas, en donde la temperatura y precipitación serían mucho más altas. De hecho, en ese momento nos encontraríamos al nivel del mar. Estamos hablando del Cretácico tardío, el momento en el que las **primeras plantas con flor en la Tierra se diversificaron** y al final del cual ocurrió una extinción masiva en mares y continentes que cambiaría drásticamente la vida.

Las condiciones de pantano o ciénaga generan un ambiente perfecto para que la **biomasa vegetal** del ecosistema tenga una descomposición muy lenta, la cual es propicia para **formación de fósiles.**

En el Cretácico tardío el hemisferio sur sufría cambios drásticos: **Suramérica, África e India eran ya entidades separadas,** mientras que la Antártica y Australia continuaban conectadas, la circulación oceánica se modificó y hubo una reducción en la temperatura y el CO_2 atmosférico.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Estimar el clima. El tamaño de las hojas de una planta tiene una fuerte correlación con la precipitación: **entre mayor sea la lluvia, más grandes serán las hojas.** Asimismo, el margen de las hojas (si son dentadas o no) también puede asociarse a la temperatura del entorno. Por lo tanto, observar estos atributos en numerosas hojas fósiles permite estimar **la precipitación y la temperatura** en el pasado.

Cuantificar las venas más finas de las hojas, que a menudo se preservan bien en los fósiles, puede brindar información acerca de la **estratificación de un bosque.**

Por ejemplo, los bosques tropicales húmedos de tierras bajas actuales se caracterizan por tener múltiples estratos de hojas: desde las que están en el tope de los árboles o en la capa de dosel, hasta las más bajas, en la capa llamada sotobosque. Cuanto más cerca se encuentre una hoja a la capa más superior, más densas serán sus venas como consecuencia de la cantidad de luz que reciben y de la fotosíntesis que pueden realizar.

El **análisis de las venas de las hojas** de la Formación Guaduas sugiere que, durante el Maastrichtiano, los bosques tropicales aún no tenían la **estratificación** que los caracteriza actualmente.

La vegetación de la Formación Guaduas estaba dominada por **hojas de gran tamaño con márgenes lisos** (sin dientes), los cuales sugieren que la temperatura oscilaba entre 22 °C y la precipitación promedio era de 2.400 mm anuales.

Cono femenino de Araucariaceae

Inflorescencia de palma Arecaceae

Flor de Rhamnaceae

Cono femenino de Zamiaceae

Inflorescencia de Piperaceae

Detalle del envés de la hoja de un helecho

Helecho

Piperaceae (familia de la pimienta)

Zamiaceae

Arecaceae

Rhamnaceae

Araucariaceae

Humano moderno
Homo sapiens

En Colombia la flora del Cretácico tardío se ha estudiado a partir de fósiles colectados en minas de carbón de la **Formación Guaduas.**

Fósil de helecho

Fósil de Rhamnaceae

Fósil de fruto de Rhamnaceae

Fruto de Rhamnaceae

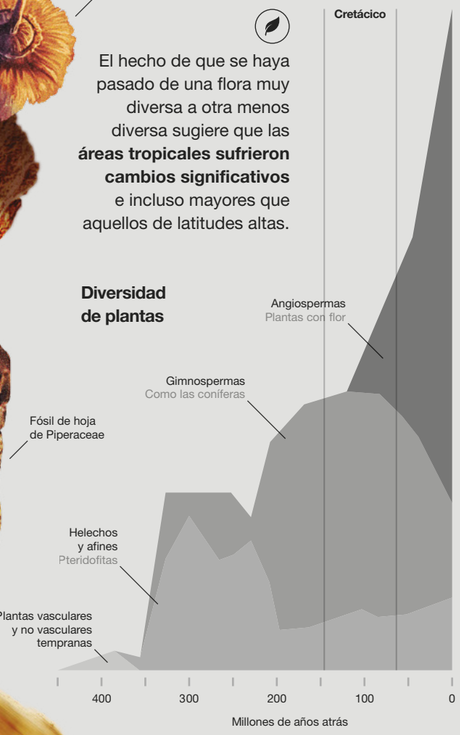
Fósil de hoja de Piperaceae

Fósil de palma

La hipótesis más aceptada acerca de la causa de la **extinción masiva** que concluyó el Cretácico y la era Mesozoica sugiere la **colisión de un meteorito** contra la península de Yucatán en México.

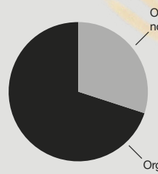
El hecho de que se haya pasado de una flora muy diversa a otra menos diversa sugiere que las **áreas tropicales sufrieron cambios significativos** e incluso mayores que aquellos de latitudes altas.

Diversidad de plantas



En Colombia se ha encontrado evidencia de las consecuencias del impacto en los depósitos sedimentarios del departamento del Cesar.

Se estima que, junto con los dinosaurios, cerca del **70% de los organismos** de animales y plantas **se extinguieron** al final del Cretácico.



Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Paleoceno

Cuando se formó el bosque neotropical

Hace 66 a 56 millones de años

Fabiany Herrera
Jardín Botánico de Chicago
Estados Unidos

Se han propuesto muchas hipótesis para explicar **la gran biodiversidad de los bosques tropicales.** Una de ellas establece que en los trópicos la extinción es mínima y las especies se van acumulando por millones de años. Otra sugiere que esta biodiversidad es un fenómeno nuevo producto de las glaciaciones recientes y el levantamiento de los Andes.

Los **bosques neotropicales centroamericanos y suramericanos** son los más diversos del planeta en la actualidad, con más de 90.000 especies de plantas, entre ellas muchas angiospermas o plantas con flor. Aunque la forma en que estos ecosistemas surgieron todavía es un misterio, los registros fósiles hallados en La Guajira y en la sabana de Bogotá nos permiten rastrear su origen hasta el Paleoceno, cinco millones de años después de la gran catástrofe que extinguió a los dinosaurios. Este periodo es clave para entender la fascinante historia evolutiva de los bosques de lluvia de esta parte de nuestro planeta.

Palmas, legumbres, anturios y otras especies de las familias del chocolate, heliconias y aguacates, junto con la titanoboa y dirosáuridos, dominaron los primeros millones de años de existencia de estos **bosques de pantanosas aguas.**

Los fósiles encontrados en el Cerrejón proporcionan evidencia del **bosque tropical más antiguo** que se conoce hasta el momento en cualquier lugar del mundo. Este tenía una temperatura 1,5 °C más alta que la de los bosques húmedos tropicales actuales y un nivel de CO_2 atmosférico más alto.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

El carbón y miles de plantas fósiles halladas en la mina del Cerrejón en La Guajira indican que un **denso bosque húmedo tropical** creció a lo largo de extensos **ríos y pantanos** en esta región durante el Paleoceno. Sin embargo, los extremos cambios climáticos en esta parte de Colombia causaron que esta sea ahora una de las regiones más áridas del país.

El Cerrejón

Hace 60 millones de años

28 a 31 °C

Temperatura media estimada

3,2 m/año
(2,2 a 4,6 m/año)

Precipitación estimada

Durante el Paleoceno Suramérica se encontraba aislada del resto del continente y las montañas de los Andes aún no se habían formado. **La baja topografía** y las condiciones geológicas permitieron que extensas regiones de Colombia fueran ocupadas por **ríos y pantanos.** Plantas y animales que habitaron cerca de estos ambientes fueron fosilizados en lo que hoy conocemos como las formaciones Cerrejón y Bogotá.

Una característica prominente del bosque lluvioso neotropical es que está compuesto por varios **estratos de vegetación,** con un dosel dominado por grandes árboles y enredaderas y unas capas bajas conformadas por helechos, arbustos y otras plantas adaptadas a ambientes acuáticos. Por eso el estudio de las plantas fósiles del Paleoceno es importante para reconstruir el origen y evolución de los antiguos bosques húmedos tropicales que habitaron Colombia.

Nypa

Heliconia

Helecho de pantano *Acrostichum*

Montrichardia

Salvinia

Anthurium

La Guajira

Hoy

27,4 °C

Temperatura media estimada

0,5 m/año

Precipitación estimada

Fósil de tortuga gigante

Fósil de *Titanoboa*

Fósil de *Montrichardia*

Mioceno medio tardío

Cuando sucedió la gran diversidad

Hace 13,5 a 11,8 millones de años

Catalina Suárez
Museo de La Plata
Conicet
Argentina

Jorge W. Moreno-Bernal
Universidad del Norte
Colombia

Kevin Jiménez-Lara
Museo de La Plata
Conicet
Argentina

Al visitar el “desierto” de La Tatacoa, en el departamento del Huila, no se nos ocurriría que esa zona **fue el hogar de una de las faunas más diversas que haya existido en Suramérica.** Pero esto fue justo lo que ocurrió a finales de la época conocida como Mioceno medio, cuando en lugar de un paisaje árido se extendía un bosque lleno de vida.

La Fauna de La Venta, como se les conoce a los restos fósiles de aquella época encontrados en el área de La Venta (en el Desierto de La Tatacoa) y otras localidades cercanas a lo largo del Valle Superior del Río Magdalena (departamentos del Huila y Tolima), **es una referencia obligada para el estudio de muchos linajes de animales vertebrados suramericanos.**

Entre los sitios fosilíferos de Suramérica tropical, La Venta es uno de los que tiene el **mayor número de especies conocidas** que haya existido en Suramérica durante el Neógeno.

En escena

1. *Galbula*
2. *Scirrotherium hondaensis*
3. *Mourasuchus atopus*
4. *Potamosiren magdalenensis*
5. *Gryposuchus colombianus*
6. *Arepaima gigas*
7. Potamotrigonidae
8. *Neoreomys*
9. *Theosodon* sp.
10. Boidae
11. *Pericotoxodon platignathus*
12. *Anachlysictis gracilis*
13. *Granastrapotherium snoki*
14. *Neotamandua borealis*
15. *Stirtonia tatacoensis*

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

La Fauna de La Venta está representada por crustáceos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos que, junto con las plantas, **conformaban una red alimenticia** compuesta por varias categorías.

El estudio de las adaptaciones de los animales extintos a partir de los fósiles les permite a los investigadores reconstruir cómo se relacionaban en el pasado y explicar cómo coexistieron un gran número de especies en una misma región.

1

En el tope de la red alimenticia se encontraban los grandes reptiles superdepredadores que habitaban los ríos y selvas.

2

También existían otros depredadores, como los mamíferos carnívoros y omnívoros, las serpientes, las aves acuáticas, las tortugas acuáticas y grandes peces de río.

3

Los mamíferos herbívoros (pastadores, ramoneadores y frugívoros), los peces omnívoros y los invertebrados detritívoros eran las principales presas de los depredadores de La Venta.

4

Las plantas acuáticas y terrestres constituían la base de este complejo intercambio de energía entre especies, tanto en forma de frutos, semillas, ramas y hojas, como en forma de restos vegetales (detritos).

Purussaurus neivensis

Gryposuchus colombianus

Sebecus huilensis

Podocnemis medemi

Dukecynus magnus

Lycopsis longirostrus

Phractocephalus sp.

Colossoma macropomum

Acanthicus

Cebupithecia sarmientoi

Olenopsis sp.

Huilatherium pluriplicatum

Leporinus

Silviocarcinus piriformis

Prolicaphrium sanalfonensis

Boreostemma acostae

Miocochilius anomopodus

Pastos

Hojas y ramas

Frutos y semillas

Vegetación acuática

Detritos

La Fauna de La Venta presenta uno de los conjuntos de mamíferos fósiles más importantes de Suramérica, el cual incluye **grupos endémicos que no tienen representantes actuales.**

El conjunto de peces de La Venta es muy similar al que vive hoy en las tierras bajas del Orinoco y Amazonas, lo cual muestra que en el área corrían grandes ríos.

En La Venta se han encontrado fósiles de más de 10 especies de murciélagos y de 11 especies diferentes de monos, más que en ninguna otra localidad fosilífera de Suramérica. Respecto a aves y anfibios, se han encontrado pocos fósiles, probablemente debido a sus frágiles esqueletos de difícil preservación.

La presencia del pez pulmonado *Lepidosiren,* **que puede sobrevivir dentro y fuera del agua,** nos indica que había periodos de inundaciones, ya que podía habitar cuerpos de agua temporales.

Los restos de madera fósil de La Venta representan familias de árboles que hoy viven solamente en tierras bajas, con ambientes de poca sequía y temperaturas entre 23 y 30 °C.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Plioceno

Cuando se dio el gran intercambio

Hace 5,3 a 2,6 millones de años

Juan D. Carrillo
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales
Universidad de Zurich

Federico Moreno
Universidad de Rochester
Estados Unidos

Mientras la cordillera de los Andes se levantaba y en La Guajira las lluvias y las plantas eran más frecuentes que ahora, nuestro continente sufría un cambio trascendental que repercutiría en el resto del planeta y la vida: **la formación del istmo de Panamá.** Gracias a este nuevo corredor se conectaron dos mundos distintos, dos faunas que empezaron a moverse libremente entre Norteamérica y Suramérica: el Gran Intercambio Biótico Americano.

El registro fósil de **La Guajira** es el **mejor conocido** para el Plioceno en Colombia.

En él se incluyen varios tipos de vertebrados acuáticos y semiacuáticos que sugieren que en la península corrían grandes ríos durante esa época. Asimismo, la presencia de varios mamíferos herbívoros de gran tamaño, como perezosos gigantes, sugiere que la cobertura vegetal era mayor.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Hace tiempo

Titanis
Género de ave de origen suramericano hallada en Norteamérica

Durante el Plioceno, tras emerger el istmo de Panamá, ocurrieron **cambios en las corrientes de circulación marina** y se estableció la capa de hielo que rodea el océano Ártico.

Las lluvias en la parte norte de Suramérica ocurren anualmente en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el **cinturón lluvioso que rodea la Tierra.**

Es posible que la capa de hielo que se estableció en el norte a finales del Plioceno haya desplazado las lluvias hacia el sur, dejando algunos parajes, como La Guajira, fuera de la influencia de las lluvias.

Grandes oleadas de migración durante el Gran Intercambio Biótico Americano

El abundante registro fósil de perezosos lleva a pensar que en el Plioceno **tuvieron una diversidad mucho mayor.** En Colombia existían al menos cinco especies diferentes de estos animales.

Gonfoterios
Grupo emparentado con los elefantes hallado en Suramérica, cuyos ancestros provenían de Norteamérica.

El hallazgo de mamíferos fósiles en La Guajira como coatís y animales emparentados con las llamas, provenientes de Norteamérica, demuestra el **intercambio de especies entre los continentes.**

Cuaternario

Cuando se configuró el clima actual

Hace 2,6 millones de años

Jaime Escobar
Universidad del Norte
Colombia

Notiomastodon platensis

Es un **periodo único** en la historia porque ciertas características operan en conjunto, haciendo que **nuestro planeta** esté sujeto a **variaciones drásticas del clima,** de periodos glaciares a interglaciares.

1. Un alto gradiente de temperatura latitudinal.

2. Un alto gradiente de temperatura longitudinal.

3. Hielo permanente en Ártico y Antártico.

4. CO_2 fluctuante y menos de 300 ppm.

Durante este corto periodo de tiempo, solo los últimos 2,6 millones de años de los 4.600 millones de años que tiene el planeta, **los continentes no han cambiado mucho** su posición y por lo tanto no han tenido una influencia mayor en el clima.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Periodo interglaciar

Son **periodos calientes** en donde tenemos niveles más altos en los océanos por el derretimiento de los casquetes glaciares y concentraciones más altas de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Periodo glaciar

Son **periodos fríos** donde las concentraciones de gases de efecto invernadero como el metano y el dióxido de carbono se reducen en la atmósfera. El nivel del mar desciende en más de 100 metros por debajo del nivel actual, y capas de hielo cubren gran parte de Norteamérica, Europa y Asia.

5.000 m s.n.m.

4.000 m s.n.m.

3.000 m s.n.m.

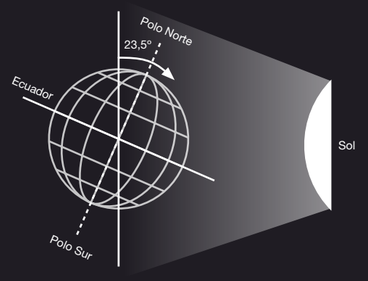
2.000 m s.n.m.

1.000 m s.n.m.

Los periodos glaciares e interglaciares se han repetido **23 veces durante los últimos 2,6 millones de años.** Estos ciclos, aunque varían un poco, se han caracterizado por tener una ciclicidad de 100.000 años de periodo glaciar (fríos) seguidos por 10.000 años de periodo interglaciar (calientes).

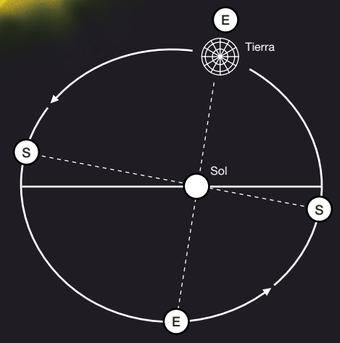
En las cadenas montañosas de Colombia los periodos glaciares e interglaciares modificaron los **límites de altura de la nieve y los ecosistemas.** Durante los periodos glaciares la nieve descendió hasta los ~3.500-3.600 m s.n.m. (nivel actual > ~4.500 m s.n.m.); el ecosistema de páramo, hasta los ~2.000 m s.n.m. (nivel actual > ~3.500 m s.n.m.); el bosque andino, hasta los 1.200 m s.n.m. (nivel actual > ~2.000 m s.n.m.); y el bosque subandino, hasta los ~500 m s.n.m. (nivel actual > ~1.000 m s.n.m.).

Tres movimientos orbitales fundamentales determinan la **cantidad de energía que recibe el planeta desde el Sol** a través del tiempo a diferentes latitudes y explican, en parte, la ciclicidad climática de periodos fríos (glaciares) y calientes (interglaciares) durante el Cuaternario.



1 Oblicuidad de la Tierra o ángulo de inclinación sobre su propio eje

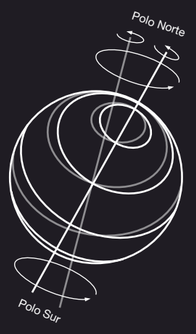
El ángulo de inclinación del planeta en el presente es de 23,5 grados, pero este varía entre 22,2 y 24,5 grados. Estos ciclos de inclinación ocurren en periodos de 41.000 años e influyen en la fuerza de las estaciones, en el crecimiento y derretimiento de las capas glaciares de ambos hemisferios en altas latitudes y en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera.



2 Órbita del planeta alrededor del Sol o excentricidad

Esta forma ha variado en el tiempo de formas muy circulares a más elípticas. Estas variaciones de forma en la elíptica del planeta ocurren en periodos de 100.000 y 400.000 años e influyen en la cantidad de energía que recibe el planeta en su ciclo anual de rotación alrededor del Sol.

S Solsticio E Equinoccio



3 Precesión axial o bamboleo

Es causado por la fuerza de gravedad ejercida por el Sol y la Luna en el planeta. Este movimiento de bamboleo es similar al que se ve en un trompo que de forma simultánea da vueltas sobre su propio eje pero además se mueve de una posición vertical a una posición de mayor inclinación para luego regresar a una posición vertical. Estos ciclos de bamboleo ocurren en periodos de 23.000 y 19.000 años y tienen una mayor influencia sobre la energía recibida en el planeta por el Sol en zonas tropicales y subtropicales.

3ra parte

Quiénes

La evolución de las especies tiene un gran componente histórico al que llamamos contingencia, un proceso aleatorio pero muy diferente al azar común. Mientras que nos resulta imposible explicar por qué alguien se ganó la lotería, la contingencia nos permite entender por qué ocurrió un evento si lo miramos hacia atrás. Esto se puede apreciar más fácilmente en un árbol genealógico: un hijo puede explicar su existencia porque sus papás se conocieron, y ellos a su vez existen porque sus respectivos padres se conocieron. En eso consiste la contingencia: la serie de innumerables accidentes históricos que cambian el rumbo de la evolución a cada instante y que nos permiten entender completamente a una especie.

Imagínense que estuvieran entrevistando a un cantante famoso; lo primero que le preguntarían es dónde nació, quiénes fueron sus padres, dónde creció, etc. Los datos históricos nos ayudan a entender al artista, y lo mismo ocurre con las especies: sin conocer un contexto histórico, de dónde vienen, cómo evolucionaron, en qué tipo de ambiente se originaron, es imposible entenderlas en su contexto actual.

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian
de Investigaciones Tropicales
Panamá

En los siguientes capítulos se podrán apreciar algunas de las especies o grupos de especies que han existido en Colombia. Para cada una de ellas se indican la época y el hábitat en el cual vivían, qué comían y con quién se relacionaban. Estas son apenas unas pocas de las muchas especies fósiles descritas en Colombia y de las miles que seguramente aún falta por descubrir.

Tercera parte
Quiénes

La gran serpiente
El tiburón gigante
El rey caimán
Los cangrejos
Las tortugas gigantes
El polen
Los micos
Las hojas
Los perezosos gigantes
Los humanos

páginas 76 80 84 88 92 96 100 104 108 112

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

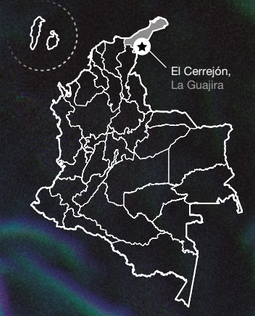
La gran serpiente

Quien habitó los ríos y pantanos Hace 60 millones de años

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales
Panamá

Entre los fósiles hallados en El Cerrejón se encuentra una especie de culebra que seguramente ocupó la **cima de la red alimenticia** de monstruos que tuvo lugar allí hace 60 millones de años: **la titanoboa.**

Podemos imaginar a este monumental pariente de las anacondas y las boas actuales en la selva tropical del antiguo El Cerrejón, surcando sus cuerpos de agua al acecho de peces, tortugas y cocodrilos.



El nombre científico de la titanoboa, *Titanoboa cerrejonensis*, se formó con la combinación de "Titanic" (aludiendo a su tamaño), "Boa" (la familia de la culebra) y "Cerrejón" (la mina donde se encontraron sus fósiles).

Se calcula que la titanoboa podría pesar

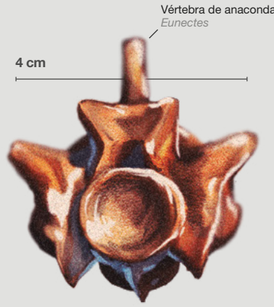
1.100 kg

La titanoboa era una constrictora, es decir que mataba a su presa al enrollarse alrededor de su cuerpo. La serpiente apretaba cada vez que la presa exhalaba, hasta que esta moría por asfixia o fallo cardíaco.

Aunque no se ha podido determinar por cuánto tiempo existió la titanoboa, se cree que su extinción pudo deberse a **cambios drásticos en la extensión de los ambientes que ella ocupaba.**

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Los fósiles de la titanoboa se han encontrado en rocas que fueron formadas en antiguos ríos y lagos similares a los hábitats de las anacondas actuales. Estas rocas, junto con la forma y el peso de sus vértebras, sugieren que **esta serpiente vivía casi exclusivamente en el agua,** donde podía moverse fácilmente y cazar.



28 a 31 °C

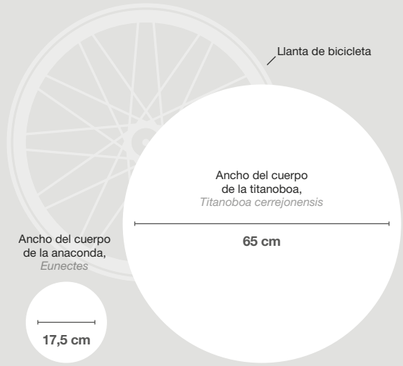
Temperatura media en la selva tropical de El Cerrejón

26 a 27,5 °C

Temperatura media en la selva tropical actual

Los científicos no pueden determinar si un fósil individual era de una **serpiente macho o hembra.** Usualmente, las serpientes hembras del presente son más largas que los machos.

Por lo tanto, si los fósiles más grandes encontrados son de machos, es posible que aún se puedan encontrar otros de mayor tamaño todavía.



Basados en comparaciones con las serpientes vivientes más grandes, los investigadores estiman que la titanoboa medía **15 metros de largo y alrededor de 65 centímetros de ancho.**

Incluso puede ser que su ancho se duplicara después de comer.

El tiburón gigante

Quien dominó los mares del planeta

Hace 23 a 2,6 millones de años

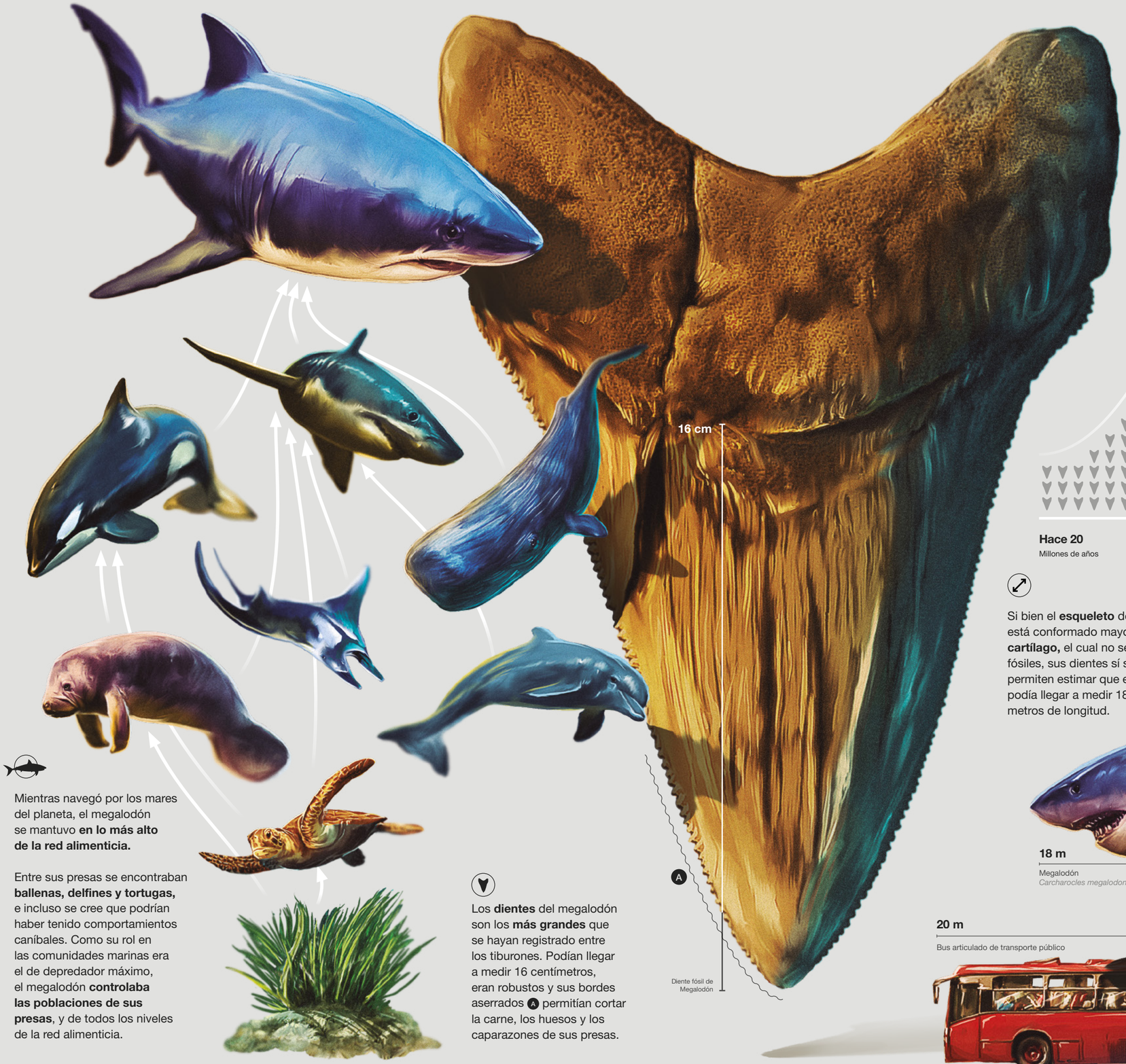
Catalina Pimiento
Museo de Historia Natural de Berlín
Alemania

El megalodón es **el tiburón más grande de la historia** de la Tierra. Este predador voraz habitó todos los mares del mundo **durante 20 millones de años,** cuando los océanos eran más cálidos. Aunque es difícil creer que una especie así pudiera haberse extinguido, sus fósiles revelan que desapareció hace 2,6 millones de años.

Fósiles hallados alrededor del planeta

Fósil

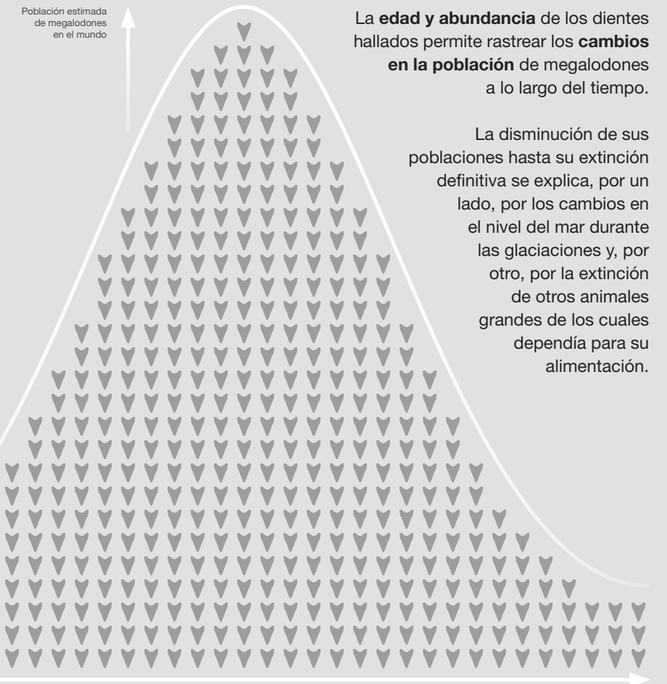
Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian



Mientras navegó por los mares del planeta, el megalodón se mantuvo **en lo más alto de la red alimenticia.**

Entre sus presas se encontraban **ballenas, delfines y tortugas,** e incluso se cree que podrían haber tenido comportamientos caníbales. Como su rol en las comunidades marinas era el de depredador máximo, el megalodón **controlaba las poblaciones de sus presas**, y de todos los niveles de la red alimenticia.

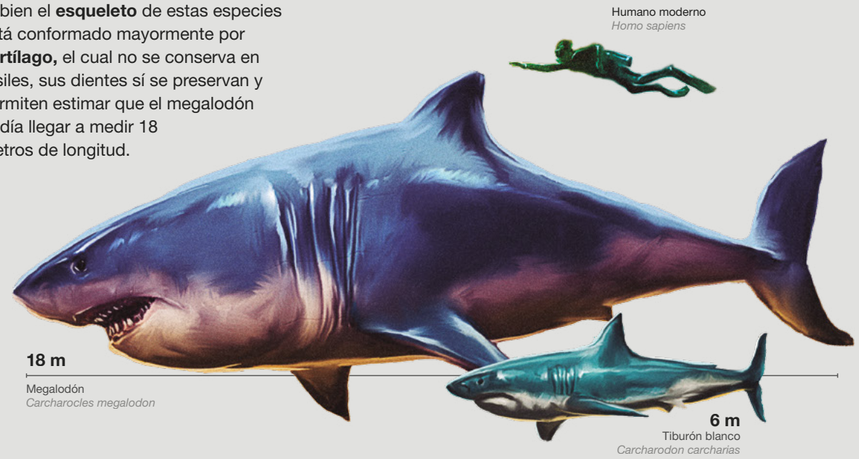
Los **dientes** del megalodón son los **más grandes** que se hayan registrado entre los tiburones. Podían llegar a medir 16 centímetros, eran robustos y sus bordes aserrados (A) permitían cortar la carne, los huesos y los caparazones de sus presas.



La **edad y abundancia** de los dientes hallados permite rastrear los **cambios en la población** de megalodones a lo largo del tiempo.

La disminución de sus poblaciones hasta su extinción definitiva se explica, por un lado, por los cambios en el nivel del mar durante las glaciaciones y, por otro, por la extinción de otros animales grandes de los cuales dependía para su alimentación.

Si bien el **esqueleto** de estas especies está conformado mayormente por **cartílago,** el cual no se conserva en fósiles, sus dientes sí se preservan y permiten estimar que el megalodón podía llegar a medir 18 metros de longitud.



Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

El rey caimán

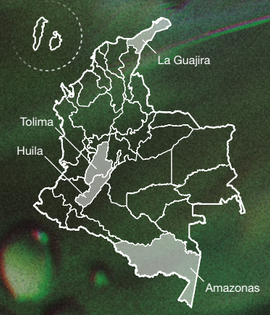
Quien dominó los humedales Hace 15 a 7 millones de años

Jorge W. Moreno-Bernal
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá
Universidad del Norte, Colombia

Entre **15 y 7 millones de años atrás,** sobre la Amazonia se extendían varios **megahumedales** en los que prosperaba un caimán gigante: **el purusauro.**

Una posible explicación del enorme tamaño del purusauro son las **temperaturas relativamente altas** en su tiempo. Otra razón puede ser que el ambiente en el que vivió le proporcionaba **suficiente comida y espacio** para desarrollarse.

Este pariente cercano de las babillas y los caimanes negros se encontraba en el **tope de la red alimenticia.** Podía sobrepasar los 10 metros de largo y llegar a pesar hasta cinco toneladas: casi como un bus. En Colombia sus fósiles se han encontrado en los departamentos de Tolima, Huila, Amazonas y La Guajira.



Se conocen tres especies de purusauro.

1. **La más grande** *(Purussaurus brasiliensis)* fue encontrada en la Amazonia de Brasil.

2. **La más antigua** *(Purussaurus neivensis)* se encontró en los departamentos del Huila y el Tolima y en la Amazonía de Perú.

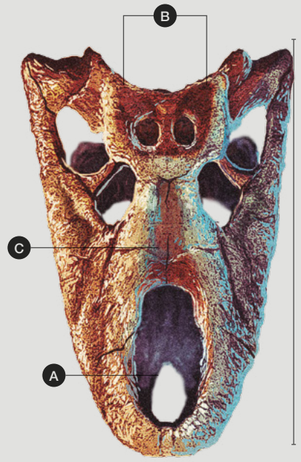
3. El *Purussaurus mirandai,* del norte de Venezuela, que fue nombrado en honor al **héroe de la independencia** Francisco de Miranda.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

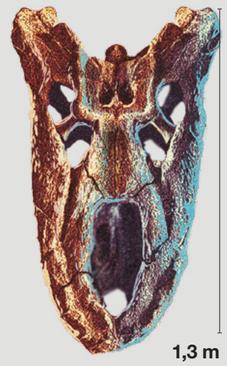
La **pesada cabeza** del purusauro medía más de un metro de largo. Su estructura engrosada y resistente le permitía soportar la **enorme presión** que sus **mandíbulas** generaban al morder con fuerza.

En el **cráneo,** la abertura nasal A era inusualmente grande y alargada comparada con la de los cocodrilos modernos. Detrás de las cuencas de los ojos tenía dos protuberancias alargadas B cuya función se desconoce.

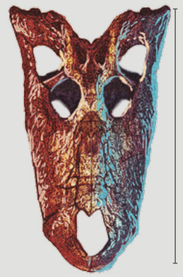
Algunos rasgos que comparte con sus parientes cercanos, el caimán negro y la babilla, son su **hocico corto y ancho** y la **cresta** enfrente de los ojos C que recuerda al puente de un par de gafas.



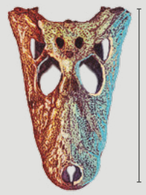
1,5 m
Purusauro (Brasil)
Purussaurus brasiliensis



1,3 m
Purusauro (Venezuela)
Purussaurus mirandai

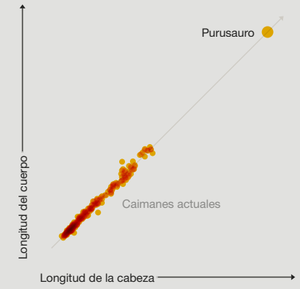


1 m
Purusauro (Colombia)
Purussaurus neivensis



70 cm
Caimán negro del Amazonas
Melanosuchus niger

Los **fósiles** del purusauro son **enormes.** El tamaño completo del caimán gigante puede calcularse utilizando medidas del cráneo y del cuerpo de los parientes vivientes.



Los cálculos hechos a partir de la longitud del cráneo indican que los purusauros más grandes deben haber alcanzado hasta **10 metros de longitud.**

14 m
Bus de transporte público

Humano moderno
Homo sapiens

10 m
Purusauro
Purussaurus brasiliensis

4,7 m
Caimán negro del Amazonas
Melanosuchus niger

Los **dientes anteriores** del purusauro E eran cónicos y afilados para sujetar a sus presas, mientras que los **dientes posteriores** F eran romos y globosos para triturar presas con huesos y caparazones muy duros.

D **Osteodermos**
Huesos alojados en la piel

Cuando vivía el purusauro, las **tierras bajas de Suramérica** tropical no estaban separadas por la **cordillera Oriental** y otras cadenas de montañas. El actual valle del río Magdalena estaba unido a la región de los llanos y de la Amazonia, y los ríos fluían hacia el oriente. En la cuenca amazónica, en lugar de un gran río existían numerosos pantanos y humedales. Esto creaba un ambiente ideal para el purusauro y otros cocodrilos. Sin embargo, tan pronto se elevaron las cordilleras, las cuencas del Amazonas, el Orinoco y el Magdalena se separaron y desaparecieron los humedales y, con ellos, estos formidables animales.

Los cangrejos

Quienes dominaron los fondos marinos

Hace 140 a 65 millones de años

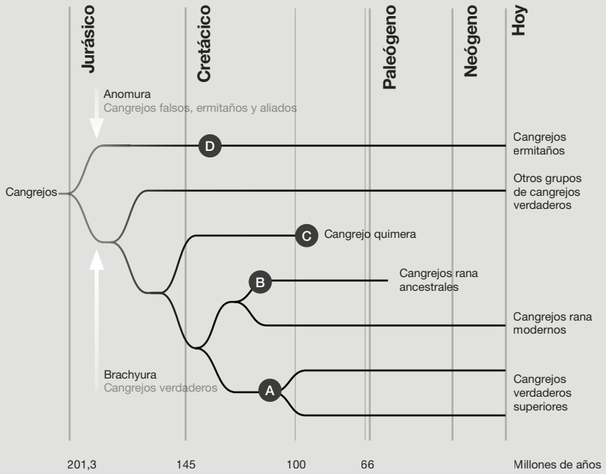
Javier Luque
Universidad de Alberta
Canadá

Los cangrejos son uno de los **grupos de crustáceos más diversos, abundantes** y **económicamente importantes** a nivel mundial. Gracias a su abundancia, diversidad morfológica y partes duras, y a que mudan sus caparazones varias veces durante su vida, los cangrejos son un **grupo ideal** para estudiar evolución a través del tiempo geológico.

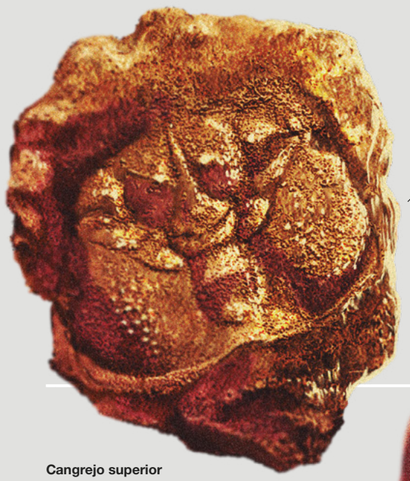
Hasta ahora, los **cangrejos más antiguos** se conocen del Jurásico temprano, hace más de 190 millones de años, y corresponden a **formas ancestrales con caracteres primitivos.** Sin embargo, es durante el Cretácico (hace 145 a 66 millones de años) que la mayoría de grupos principales **radiaron y diversificaron,** dando origen a varios de los linajes hoy conocidos.

A la fecha, se han descubierto **cerca de 25 especies de cangrejos fósiles** en el Cretácico de Colombia, principalmente en rocas de la cordillera Oriental, incluyendo varias nuevas especies y algunos de los registros más antiguos de sus grupos en el mundo.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian



Existen más de **10.000 especies** de cangrejos actuales y **3.000 especies fósiles** conocidas hasta el momento.



Fósil de *Telamonocarcinis antiquus*
El cangrejo verdadero más antiguo del mundo.

Cangrejo superior

Telamonocarcinus antiquus

Es el cangrejo superior más antiguo del mundo, y pariente lejano del ancestro de los cangrejos modernos. Vivió en los mares de Colombia en el Cretácico temprano hace 110 millones de años.

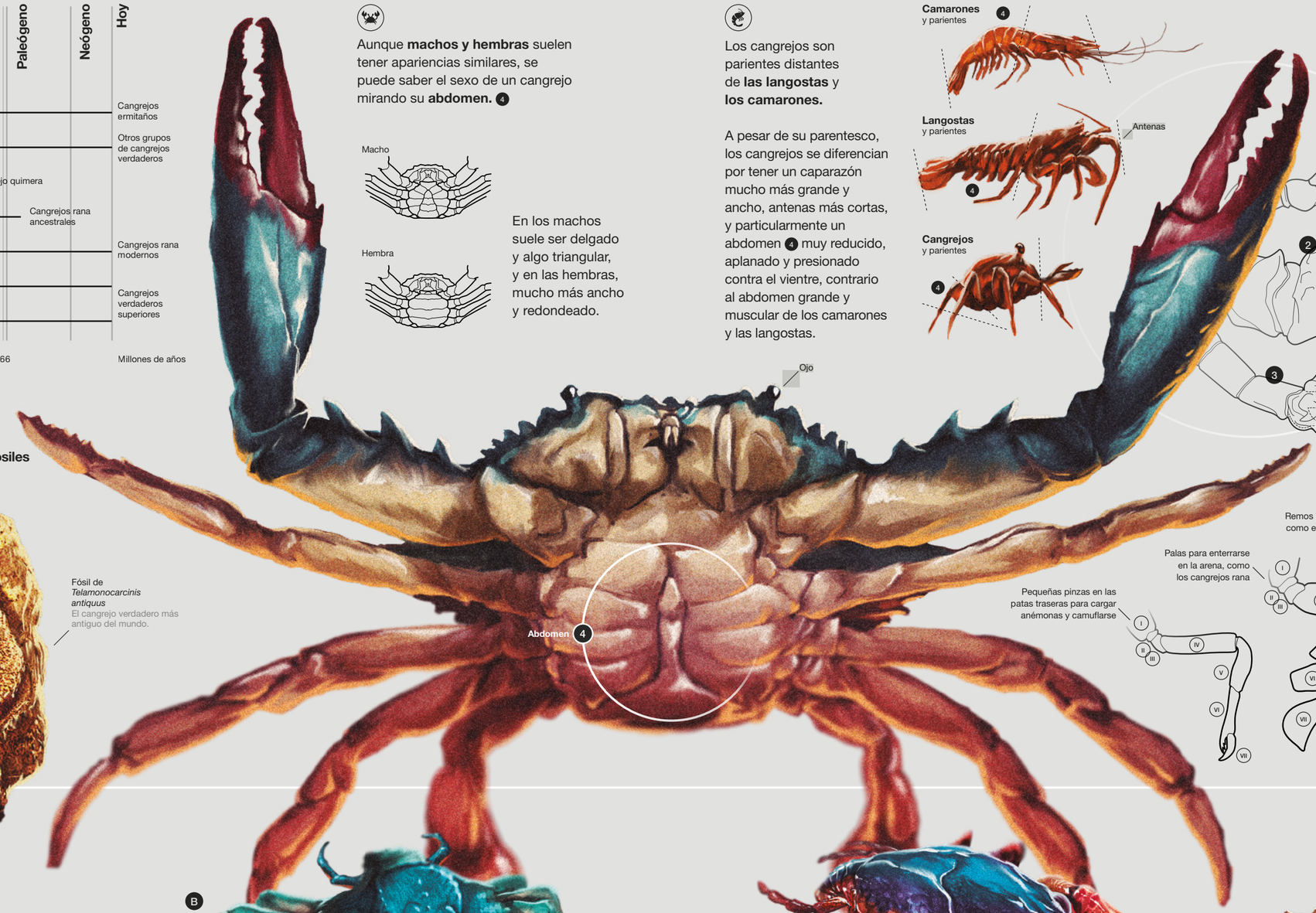
A

Aunque **machos y hembras** suelen tener apariencias similares, se puede saber el sexo de un cangrejo mirando su **abdomen.** 4

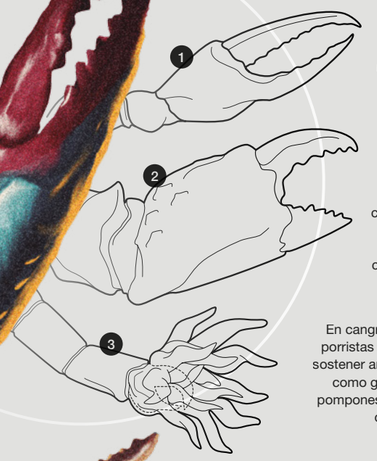
En los machos suele ser delgado y algo triangular, y en las hembras, mucho más ancho y redondeado.

Los cangrejos son parientes distantes de **las langostas** y **los camarones.**

A pesar de su parentesco, los cangrejos se diferencian por tener un caparazón mucho más grande y ancho, antenas más cortas, y particularmente un abdomen 4 muy reducido, aplanado y presionado contra el vientre, contrario al abdomen grande y muscular de los camarones y las langostas.



Las **pinzas** de los cangrejos suelen tener variadas **formas, tamaños y funciones.**



En cangrejos violinistas, los machos las utilizan **para cortejar** a las hembras.

En cangrejos de roca y cangrejos caja, la pinza mayor es utilizada **para triturar** animales con conchas duras.

En cangrejos boxeadores o porristas son utilizadas para sostener anémonas que usan como guantes de boxeo o pompones **para defenderse** de sus predadores.

Las **patas** también tienen morfologías variadas en función de los ambientes. Sin embargo, todas están articuladas por las mismas partes o artejos.

- I Coxa
- II Basis
- III Ísquio
- IV Meros
- V Carpo
- VI Propódio
- VII Dáctilo

B

Cangrejo de Bell

Bellcarcinus aptiensis

Emparentado distantemente con los cangrejos rana, el cangrejo de Bell es el más antiguo de su familia, y hasta ahora solo conocido del Cretácico temprano de Colombia hace 110 a 100 millones de años.

C

Cangrejo quimera

Este pequeño crustáceo, del tamaño de una uña, vivió en los mares de Boyacá durante la parte más temprana del Cretácico tardío.

Representa a uno de los grupos de cangrejos más extraños hasta ahora descubiertos, caracterizados por sus ojos enormes y por ser los primeros en evolucionar adaptaciones para nadar activamente.

Cangrejo ermitaño

Paguristes sp.

Los fósiles de cangrejos ermitaños son escasos debido a su cuerpo blando. Descubierto en rocas marinas del Cretácico temprano de Colombia de hace 130 millones de años, este es el primer ermitaño fósil encontrado en el país, y uno de los cangrejos más antiguos de Suramérica.

D

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Las tortugas gigantes

Quienes resisten al paso del tiempo

Hace 60 millones de años

Edwin Cadena
Universidad Yachay Tech
Ecuador

En los fósiles de **tortugas gigantes de Colombia** encontramos una clara evidencia de cómo los cambios en el clima e incluso la acción de otras especies pueden influir en la **evolución de los organismos.** Esta es una de las razones por las que paleontólogos de todo el mundo se han sentido fascinados por uno de los reptiles más queridos y sin embargo más amenazados en la actualidad de nuestra rica biodiversidad.

Hay al menos **tres posibles causas** que dieron origen al gigantismo de las tortugas:

1. **Más espacio** para el desarrollo tras la extinción de los dinosaurios a finales del Cretácico.
2. El **efecto ecológico** entre predador (cocodrilos-serpientes) y presa (las tortugas).
3. El **aumento** en la temperatura ambiental.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Chelonoidis sp.
Tan grande como las tortugas de las islas Galápagos. Sus fósiles datan del Mioceno y se han hallado en La Venta (A) y en Castilletes (B).

Carbonemys cofrinii
Esta es la tortuga más grande que existió justo después de la extinción de los dinosaurios. Sus fósiles se han encontrado en el Cerrejón (C) y corresponden al Paleoceno.

El tamaño del cráneo era similar al de un balón de fútbol

Actuales

Las tortugas de agua dulce actuales, como la *Emys orbicularis,* son cinco veces más pequeñas que *Carbonemys cofrinii.*

Leyvachelys cipadi
Única en Suramérica, con hermanas en Estados Unidos, África y Europa. Vivió en el Cretácico temprano y su mandíbula indica que se alimentaba de moluscos y artrópodos.

1 *Chelonoidis* sp.

2 *Carbonemys cofrinii*

3 *Leyvachelys cipadi* (120 millones de años)

Tortugas terrestres y semiacuáticas

Las tortugas terrestres-semiacuáticas desarrollaron extremidades en forma de **brazos y piernas.**

Tortugas marinas

Las tortugas marinas desarrollaron extremidades en forma de **aletas.**

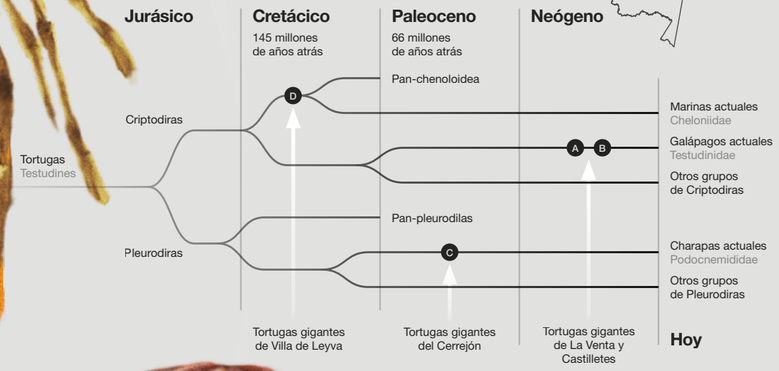
4 *Demastochelys padillai*

Actuales

Las tortugas marinas actuales, como la *Caretta caretta,* son tres veces más pequeñas que *Desmatochelys padillai.*

Demastochelys padillai
La tortuga marina más antigua del mundo y la más grande del Cretácico en Colombia. Es del mismo linaje de *Archelon ischyros,* la tortuga más grande que ha habitado la Tierra.

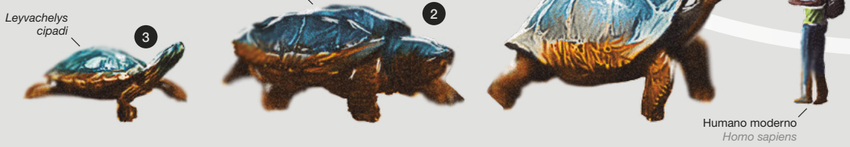
Filogenia de las tortugas y sitios de hallazgo

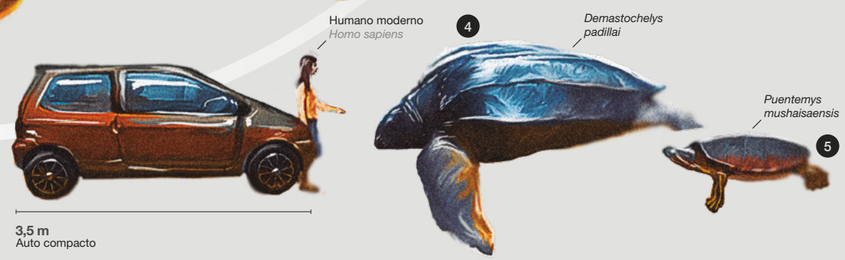


5 *Puentemys mushaisaensis*

Puentemys mushaisaensis
Su caparazón circular parece haber sido una adaptación evolutiva para evitar ser engullidas por las grandes serpientes. Pudieron haberse alimentado de pequeños cocodrilos.

Tamaño. El **gigantismo** fue una característica de muchos grupos de tortugas **durante casi 50 millones de años,** y su tamaño se ha reducido en el último millón de años hasta hoy en día.





La **reducción de tamaño** de las tortugas puede deberse a la acción de los humanos, así como a efectos climáticos y eventos geológicos que cambiaron la geografía del país tales como el levantamiento de los Andes en los últimos 65 millones de años.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

El polen

Quienes fecundan el planeta

Desde hace más de 60 millones de años

Ingrid Romero
Universidad de Illinois, Urbana-Champaign
Estados Unidos

El polen y las esporas no solo son cruciales en el proceso de reproducción de las plantas; también tienen **valiosos usos** en muchas ramas de la ciencia, desde la medicina hasta la paleontología.

En Colombia, el polen y las esporas son el **grupo fósil más abundante** no solo en las rocas, sino también en artefactos arqueológicos.

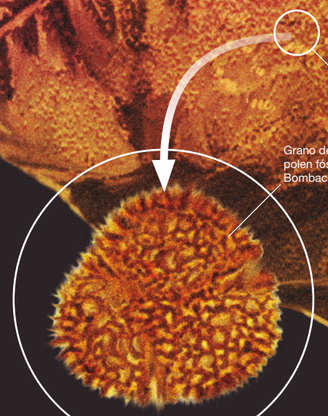
Hallar estas claves del pasado en los fósiles es lo que nos permite darnos una idea de **cómo se formaron nuestros paisajes actuales,** tales como los páramos y las sabanas, y en definitiva entender **el desarrollo y la evolución de las poblaciones humanas.**

Si comprendemos bien las características básicas de estos elementos, tendremos a la mano una herramienta más para **reconstruir nuestro pasado.**

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

El **estudio** del polen y las esporas se llama **palinología.**

Fósil de helecho



Anatomía del grano de polen

Exina (pared externa)

Intina (pared interna)

Núcleo generativo

Núcleo vegetativo

Protoplasma

La **exina** es la parte del grano de polen que se preserva en el registro **fósil.**

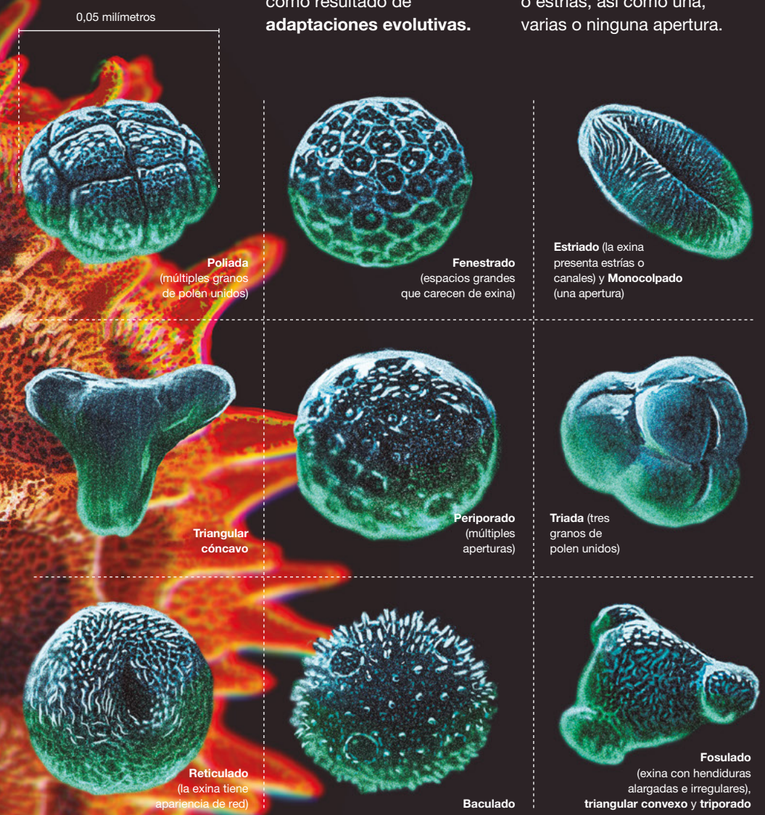
El **estudio del polen** ha resuelto muchas preguntas sobre la **vegetación de Colombia.** Por ejemplo, gracias a él se sabe que la zona de los Llanos Orientales estuvo cubierta durante el Mioceno temprano y medio por dos inundaciones marinas que alcanzaron el Amazonas. También se han podido establecer las repercusiones que tuvo el levantamiento de los Andes en las diferentes comunidades de plantas durante los periodos glaciares e interglaciares.

El **polen** se encuentra en las **plantas con semillas,** mientras que las **esporas** se hallan en otras plantas como **helechos, briófitas y licopodios.** Estos gametos son muy pequeños, y su estructura general está compuesta por una pared externa (exina), una pared interna (intina) y el protoplasma.

Dependiendo del **medio de dispersión** y de la **época o estación del año,** las plantas pueden **producir mayor o menor cantidad** de polen y esporas.

Así como las plantas, el polen y las esporas presentan una **gran variedad de formas, tamaños y arquitecturas** como resultado de **adaptaciones evolutivas.**

Por eso, estos pueden ser ovalados, redondos y/o triangulares, mientras que en su pared externa se pueden observar espinas, verrugas o estrías, así como una, varias o ninguna apertura.



Dispersión. El polen y las esporas pueden **dispersarse a través del viento, el agua o los animales** (especialmente abejas, colibríes o murciélagos). Algunos de estos granos de polen y esporas caen al suelo o en cuerpos de agua como lagos, formando así parte del registro fósil.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Los micos

Quienes colonizaron las copas de los árboles

Hace 15 millones de años

Aldo F. Rincón
Universidad del Norte
Colombia

Mientras estuvo desconectada de los otros continentes, **Suramérica** fue el escenario de una serie de **evoluciones únicas** y uno de sus ejemplos más notables son los **platirrinos o monos del nuevo mundo.**

En escena

1. Mono araña, *Ateles paniscus*
2. Mono aullador, *Alouatta seniculus*
3. Monos nocturnos, *Aotus* sp.
4. Mono tití cabeciblanco, *Saguinus oedipus*

Los platirrinos incluyen los únicos primates con garras y los únicos primates nocturnos en Suramérica.

Hoy en día, las **zonas con climas tropicales** de África, Asia, Suramérica y las islas cercanas son los hogares de la mayoría de los primates no humanos.

Distribución geográfica de registros fósiles de primates encontrados en Suramérica

Estos mamíferos oportunistas han habitado esta parte del mundo durante los **últimos 38 millones de años,** y la historia de su diversificación es una clara muestra de cómo los juegos de la evolución pueden dar **múltiples resultados a partir de un único ancestro.**

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

A pesar de ser algo compleja, la evolución de los platirrinos es fascinante. Se ha establecido, por ejemplo, que sus **ancestros** muy probablemente llegaron a Suramérica desde África en **balsas formadas por detritos vegetales** durante tormentas tropicales.

Varios de los restos fósiles de platirrinos encontrados en La Venta son muy similares a los **micos actuales.**

Parentesco entre los primates actuales

Los fósiles encontrados en La Venta (Colombia) confirman que los platirrinos se **diversificaron rápidamente** durante el Mioceno más temprano hasta alcanzar 22 especies incluidas en 8 géneros.

La mayoría de los fósiles de platirrinos tienen molares con coronas redondeadas F, lo que sugiere que se alimentaban de material vegetal, frutos suaves y/o semillas.

Sin embargo, las adaptaciones en la dieta y en la búsqueda de alimento observadas en platirrinos actuales pueden haber evolucionado junto a sus opciones alimenticias.

Cráneo de un mono tití cabeciblanco, *Saguinus oedipus*

Los platirrinos tienen una visión estereoscópica A, una barra ósea que separa la órbita de la fosa temporal B y sus mandíbulas están fusionadas C. Comparados con los lémures, su hocico es más corto D, y sus incisivos E son más cortos y aplanados.

Cráneo de humano moderno
Homo sapiens

Cráneo de un estrepsirrino, lémur
Lemuroidea

Comparados con los prosimios (lémures), el hocico de los platirrinos es más reducido y su capacidad cerebral mayor.

Esqueleto de un mono tití cabeciblanco, *Saguinus oedipus*

Su **clavícula** G es similar a la de los humanos y tienen **cinco dedos** H. El mono araña es una excepción, tiene solo cuatro dedos en la mano y un apéndice vestigial en vez del pulgar.

Los **huesos** de los brazos I y de las piernas J de los platirrinos están bien desarrollados y sin fusión.

Los platirrinos tienen **pulgares pseudo-oponibles.** A diferencia de los humanos, ellos no pueden realizar actividades demasiado complicadas: pueden agarrar objetos, pero no pueden tejer, hilar, etc.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

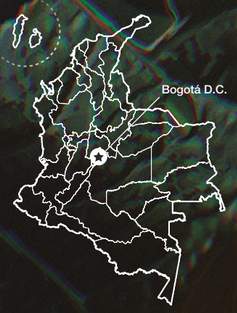
Las hojas

Quienes nos muestran las dinámicas de los bosques

Desde hace más de 60 millones de años

Mónica R. Carvalho
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales
Panamá

¿Cómo podemos hacernos una idea de cómo se veía Bogotá en el Paleoceno? Una forma de conocer el pasado es a través del **registro de hojas fósiles.** Estas no solo proveen evidencia de las especies de plantas que habitaban en un lugar, sino también de algunas de las **interacciones ecológicas** que existían en el pasado. Por ejemplo, las cicatrices creadas por los insectos herbívoros en las hojas son un registro de interacciones bióticas. Siguiendo estos rastros podemos deducir que en donde hoy transitan TransMilenios había, hace 60 millones de años, un gran bosque neotropical.



Un árbol produce **cientos de miles de hojas** a lo largo de su vida. En un bosque, muchas de estas caen al suelo y son consumidas por hongos y bacterias. Sin embargo, una buena cantidad de ellas tienen el potencial de ser transportadas y rápidamente enterradas por procesos sedimentarios y eventos súbitos como inundaciones, **convirtiéndose así en fósiles.** Estas hojas reflejan las plantas que habitaban en el bosque, así como muchas de las condiciones ecológicas e interacciones bióticas con las que vivían.

Estudiando los **fósiles de las hojas** es posible entender cuándo se originaron los diferentes grupos de plantas que componen los bosques y cómo **estos ecosistemas cambiaron en el tiempo geológico.**

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Familia Malvaceae

Pseudobombax croizatii

Heliocarpus americanus

Ayenia magna

Melochia parvifolia

Algodón
Gossypium hirsutum

Flor de Jamaica
Hibiscus sabdarrifa

Ceiba
Ceiba pentandra

Las **compresiones de hojas** son el tipo de fósil más común y el **estudio de los patrones de sus venas** es lo que permite distinguir entre los diferentes grupos o familias de plantas. Con base en la estructura altamente compleja y organizada de estas venas se pueden hacer las reconstrucciones filogenéticas para evaluar el emparentaje entre fósiles y grupos de plantas actuales.

La familia Malvaceae hoy incluye alrededor de **4.500 especies de hierbas, árboles y arbustos**, y a ella pertenecen especies de alto valor comercial y cultural como el **cacao, el algodón, la flor de Jamaica y la ceiba.** La especie fósil *Malvaciphyllum macondicus* (58-60 millones de años) es la más antigua conocida de este grupo y fue nombrada en honor al pueblo descrito por Gabriel García Márquez en *Cien años de soledad*. La forma de sus hojas indica que esta planta se encontraba a las orillas de cuerpos de agua, en el margen de los bosques.

En un bosque, las hojas, las frutas, las semillas, las resinas y los troncos de las plantas pueden **fosilizarse** al quedar comprimidos entre **capas de sedimentos** o cuando los tejidos de sus diferentes órganos se **rellenan con minerales** que preservan su estructura en tres dimensiones.

Fosilización de las hojas

Algunas especies producen hojas continuamente, mientras que otras las generan en pulsos que concuerdan con las estaciones secas y lluviosas.

Malvaciphyllum macondicus

1 Caída

2 Degradación por hongos y bacterias o enterramiento por cuerpos de agua.

3 **Formación de yacimientos fósiles**

Al **comer las hojas,** los insectos producen diferentes **tipos de daños** que quedan preservados en los fósiles.

Algunos de estos daños son los mordiscos (A), las marcas de abrasión (B), la esqueletización (C), las marcas de insectos punzantes (D), las minas (E) y las agallas o “tumores” (F).

Cacao
Theobroma cacao

Las **marcas de insectos** siguen patrones y reflejan su aparato mandibular.

Por ejemplo, una oruga puede cortar el borde en semicírculos regulares que dependen del tamaño de sus mandíbulas.

El número de diferentes tipos de daño es proporcional a la diversidad de especies de insectos herbívoros.

Es común que a lo largo de la evolución **organismos distantes** desarrollen **características morfológicas similares** sin ningún parentesco. Poder diferenciar entre este fenómeno, llamado **homoplasia,** y las características compartidas entre especies cercanas es esencial en la identificación de las plantas fósiles.

La saliva de insectos induce a que la hoja genere una cicatriz alrededor del daño. Esta cicatriz solo se crea mientras la hoja se encuentra atada a la planta.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Los perezosos gigantes

Quienes fueron parte de los mamíferos terrestres más grandes de Suramérica

Desde hace 50 millones de años

Kevin Jiménez-Lara
Universidad Nacional de La Plata
Argentina

Hoy podemos observar entre las ramas de los árboles a unos tiernos animales de lentos movimientos que disfrutan sus hojas: **los perezosos.** Normalmente no los imaginaríamos avanzando por grandes sabanas o viviendo a grandes alturas en las montañas, pero esto es precisamente lo que la paleontología nos sugiere que hacían hace varios millones y miles de años.

Gracias a los fósiles de este grupo de mamíferos, ahora sabemos que hasta hace tan solo 12.000 años **existían unos ejemplares de enorme tamaño,** los cuales llegaron a convivir incluso con humanos modernos.

Los perezosos extintos más grandes podían haber alcanzado **pesos de hasta 6.000 kg.**

Hoy se sabe que **la lentitud y los pocos movimientos** que caracterizan a los dos tipos de perezosos vivientes (*Bradypus* y *Choloepus*, los perezosos de tres y dos dedos, respectivamente) son en parte explicados por la estrategia de vida que aplican, es decir, **el ahorro estricto de la escasa energía que obtienen de las hojas de los árboles.** Sin embargo, es probable que los perezosos terrestres extintos tuviesen en muchos casos mayor actividad y agilidad física que *Bradypus* y *Choloepus*.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

En Colombia existen registros de dos importantes etapas en la evolución de los perezosos: **el Mioceno medio y el Pleistoceno.** Para la primera se conocen alrededor de diez especies diferentes; la más grande con el tamaño de una vaca. Dentro de la segunda etapa se registra uno de los perezosos terrestres más grandes de todos los tiempos, el *Eremotherium*, con un peso de más de **4 toneladas y una altura que podía superar los 5 metros en posición erguida.**

1

Perezoso de tres dedos

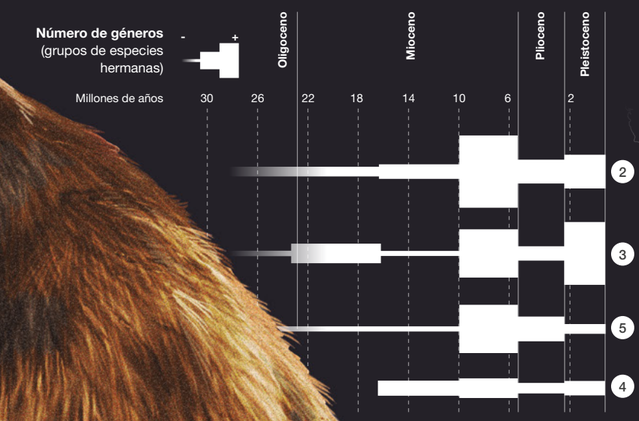
3 a 7 kg

Habita bosques tropicales desde Honduras hasta el norte de Argentina.

Parentesco entre los perezosos actuales y las principales familias extintas

* Incluyendo el perezoso de dos dedos viviente, *Choloepus.*

Extinta



Se cree que la **distribución de los perezosos terrestres** partió desde Suramérica, su área ancestral más probable, hacia Centroamérica y Norteamérica, favorecida por la formación de corredores ecológicos.

Las cacerías de los humanos y los rápidos cambios climáticos de la última glaciación fueron los factores que probablemente más influyeron en la **extinción de casi el 90% de los géneros de perezosos** que existían hace 10.000 años.

2

Milodontes

Hasta 3.000 kg

Habitaban desde bosques tropicales hasta sabanas, además de ambientes costeros cálidos.

3

Megaloniquidos

Hasta 600 kg

Habitaban desde bosques tropicales hasta sabanas, algunos incluso a grandes altitudes en los Andes.

4

Notroterios

Hasta 500 kg

Habitaban desde bosques tropicales hasta desiertos, algunos incluso en aguas marinas poco profundas.

5

Megaterios

Hasta 6.000 kg

Habitaban bosques tropicales, sabanas, y grandes altitudes en los Andes.

El *Thalassocnus* es un ejemplo de la **gran diversificación** de los perezosos.

Las formas de su esqueleto y su relación con fósiles de origen marino llevan a suponer que durante el Mioceno tardío y el Plioceno temprano **existieron perezosos que se alimentaban en el mar.**

Los principales grupos de perezosos se pueden reconocer fácilmente mediante las características del cráneo:

2 *Lestodon.* Hocico ancho y robusto con dientes parecidos a molares lobulados y con superficies planas.

3 *Megalonyx.* Dientes incisivos bien desarrollados. Hay un espacio entre estos y los molares.

4 *Nothrotheriops.* Cráneo alargado y estrecho. Dientes cuadrangulares.

5 *Megatherium.* Cráneo masivo con hocico alargado. Dientes molares forman una M en vista lateral.

Una asociación biótica fascinante que involucra a los perezosos actuales es la que mantienen con algas microscópicas en su pelaje. Hay algas cercanamente emparentadas entre sí que se especializan en colonizar un tipo de perezoso en particular, y dependiendo de esto, ellas crecen de una manera u otra en los pelajes de estos mamíferos.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Los humanos

Quienes abrieron el camino

Hace 300 mil años

Juan Guillermo Martín
Universidad del Norte
Colombia

Siguiendo el largo proceso evolutivo por el que ha pasado el planeta, y en especial nuestro continente, no podemos dejar de lado uno de sus hitos más representativos: **nuestra aparición como especie.** La reconstrucción y los estudios a partir de los restos fósiles nos dan una idea de cómo hemos llegado a convertirnos en una especie tan creativa, inquieta y altamente adaptable, capaz de conquistar cualquier territorio.

En África se ha hallado el mayor número de evidencias de nuestra trayectoria evolutiva. El continente americano fue **el último territorio colonizado por el ser humano moderno.**

La **paleoantropología** estudia la evolución humana haciendo uso de restos fósiles.

La **arqueología,** por su parte, estudia las sociedades del pasado buscando y analizando las evidencias que deja la actividad humana.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Proceso evolutivo del ser humano

Australopithecus afarensis

Australopithecus africanus

Australopithecus abilis

Australopithecus garhi

Homo ergaster

Homo hedelbergensis

Homo erectus

Homo neanderthalensis

Humano
Homo sapiens

La ciencia aún tiene múltiples preguntas, pero parece claro que la conjunción de varias circunstancias nos llevó hacia la especie que somos: el **bipedismo,** el crecimiento de nuestra **capacidad craneal,** el desarrollo de un **lenguaje complejo** y el fortalecimiento de nuestras **habilidades sociales.**

Cráneo de humano moderno
Homo sapiens

El proceso evolutivo llevó al desarrollo de una **capacidad craneal** que alcanza los 1.600 cm³, reduciendo considerablemente los arcos supraorbitales (A), más evidentes y marcados en nuestros ancestros. La frente es más alta (B), y el mentón (C) y la cara tienden a ser más aplanados, con una dentadura más pequeña, adaptada a una dieta muy variada.

B

A

C

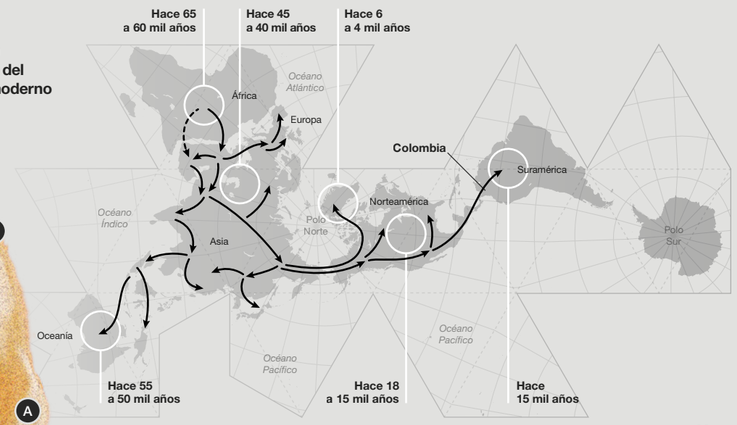
Dentro del **largo camino que ha tomado nuestra evolución,** de **casi cuatro millones de años,** nos encontramos con ancestros como el *Ardipithecus ramidus*, el primero de nuestros antepasados en caminar en dos patas, pasando por el *Homo habilis*, quien demostró su capacidad para la elaboración de herramientas.

Cráneo de *Australopithecus afarensis*

Cráneo de *Homo ergaster*

Cráneo de *Homo erectus*

Expansión migratoria del humano moderno



La alfarería es un invento que marca un avance fundamental en el desarrollo humano. En arqueología, las culturas son definidas y divididas por la presencia de los diferentes tipos cerámicos, asociados además a movilidad y producción de alimento. La alfarería más antigua utiliza fibra vegetal mezclada en la arcilla. Eso la hace, luego del quemado, un material ligero y poroso.

Nuestros antepasados llegaron a América gracias al puente que se creó temporalmente, **hace unos 18.000 años,** entre este continente y Asia. Estos primeros pobladores americanos lograron moverse hacia el sur del continente bordeando la costa pacífica, mientras que en el interior de Colombia se distribuyeron desde la región del Darién hacia el norte, y luego utilizaron los ríos Cauca y Magdalena como vías de acceso.

Algunos de los vestigios más antiguos en América se han encontrado en **San Jacinto,** al norte del país.

La extinción de la megafauna en el planeta llevó al ser humano a **modificar su dieta,** cazando animales de menor tamaño, pescando y manipulando una mayor diversidad de plantas.

Instituto Humboldt / Instituto Smithsonian

Autores

Aldo F. Rincón
Universidad del Norte
Colombia
alrincon@uninorte.edu.co

Andrés L. Cárdenas-Rozo
Universidad EAFIT
Colombia
acarde17@eafit.edu.co

Camila Martínez
Universidad de Cornell
Estados Unidos
camilamartineza@gmail.com

Camilo Montes
Universidad del Norte
Colombia
montes.camilo@gmail.com

Carla Baquero Castro
Museo Mapuka
Coordinadora de Educación
ccbaquero@uninorte.edu.cov

Carlos Jaramillo
Instituto Smithsonian de
Investigaciones Tropicales
Panamá
jaramilloc@si.edu

Catalina Pimiento
Museo de Historia
Natural de Berlín
Alemania
pimientoc@si.edu

Catalina Suárez
Museo de La Plata
Conicet
Argentina
catasuarezg@gmail.com

Edwin Cadena
Universidad Yachay Tech
Ecuador
ecadena@yachaytech.edu.ec

Fabiany Herrera
Jardín Botánico de Chicago
Estados Unidos
fherrera@chicagobotanic.org

Federico Moreno
Universidad de Rochester
Estados Unidos
federicomrn@gmail.com

Felipe Lamus Ochoa
Universidad del Norte
Colombia
felipelamus@uninorte.edu.co

Germán Bayona
Corporación Geológica ARES
Colombia
gbayona@cgares.org

Henry Arenas-Castro
Instituto Humboldt
Colombia
henry.arenasc@gmail.com

Ingrid Romero
Universidad de Illinois,
Urbana-Champaign
Estados Unidos
incaromero@gmail.com

Jaime Escobar
Universidad del Norte
Colombia
jhescobar@uninorte.edu.co

Javier Luque
Universidad de Alberta
Canadá
luque@ualberta.ca

Jorge W. Moreno-Bernal
Instituto Smithsonian de
Investigaciones Tropicales,
Panamá

Universidad del Norte
Colombia
jwmoreno@uninorte.edu.co

Juan Camilo Restrepo
Universidad del Norte
Colombia
restrepocj@uninorte.edu.co

Juan D. Carrillo
Instituto Smithsonian de
Investigaciones Tropicales
Universidad de Zurich
juan.carrillo@pim.uzh.ch

Juan Guillermo Martín
Universidad del Norte
Colombia
jgmartin@uninorte.edu.co

Juan Pablo
Narváez-Gómez
Universidad de São Paulo
Brasil
jupanago@gmail.com

Kevin Jiménez-Lara
Museo de La Plata
Conicet
Argentina
kjimenez2009@gmail.com

Mailyn A. González
Instituto Humboldt
Colombia
magonzalez@humboldt.org.co

Marcelo Sánchez-Villagra
Universidad de Zúrich
Suiza
m.sanchez@pim.uzh.ch

Mauricio Ibáñez Mejía
Universidad de Rochester
Estados Unidos
ibanezm@rochester.edu

Mónica R. Carvalho
Instituto Smithsonian de
Investigaciones Tropicales
Panamá
moccada@gmail.com

Natalia Hoyos
Universidad del Norte
Colombia
nbotero@uninorte.edu.co

Palabras explicadas

A

ADN. Abreviación de ácido desoxirribonucleico, molécula que contiene la información genética.

Anoxia. Falta casi total de oxígeno.

C

Contingente. Que puede suceder o no suceder.

D

Detritos. Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas.

Drenaje. Salida y corriente de las aguas muertas o de la excesiva humedad de los terrenos.

E

Estratificación arbórea. Los diferentes niveles de las plantas de un bosque: rastrera, herbácea, arbustiva, subarbórea y arbórea.

F

Filogenia. Origen y desarrollo evolutivo de las especies y, en general, de las estirpes de seres vivos. También se refiere al estudio de las relaciones de parentesco entre los distintos grupos de seres vivos.

Frugívoro. Animal que se alimenta de frutos.

G

Gases tipo invernadero. Gases que tienen la capacidad de absorber la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra e irradiarla de vuelta.

Genética. Relativo al estudio de la herencia.

M

Mutación. Alteración en la secuencia del ADN de un organismo, que se transmite por herencia.

P

ppm. Partes por millón. Unidad de medida en la que se mide la concentración de una sustancia.

R

Ramoneadores. Animales que se alimentan de hojas o plantas.

S

Sedimentos, sedimentación. Sedimento es cualquier partícula de materia que puede ser transportada por un fluido y que eventualmente se deposita como una capa. La sedimentación es el proceso de acumular sedimento.

Serie de tiempo. Una secuencia de números organizados a lo largo del tiempo.

Supernova. Explosión de una estrella en la que se libera gran cantidad de energía.

T

Tectónica. Relativo a la estructura de la corteza terrestre.

Z

Zona de Convergencia Intertropical. Cinturón de viento que se forma cerca al Ecuador de la Tierra por el encuentro de los vientos que vienen de los hemisferios Norte y Sur.

Para saber más

Los autores de cada capítulo recomiendan estas lecturas para conocer más de cada tema.

1

Tiempo

Gould, S. J., 1987, Time's arrow, time's cycle: myth and metaphor in the discovery of geological time, Harvard University.
Este libro habla sobre cómo ha cambiado el concepto del tiempo geológico durante los últimos 200 años en la medida en que se ha acumulado el conocimiento científico.

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., y Ogg, G. M., 2012, The Geological Time Scale 2012 Amsterdam, Elsevier.
Este libro contiene la escala de tiempo geológico más reciente. Esta es usada en todo el mundo. Tiempo y espacio geológico.

Lewis, G. P., 2000, The Dating Game: One Man's Search for the Age of the Earth, Oxford University Press.
Narra la historia de Arthur Holmes, uno de los geólogos más importantes del siglo XX, y quien jugó un papel crucial en el establecimiento de la tabla geológica moderna.

2

Evolución

Arthur, W., 2011, Evolution: A Developmental Approach, Wiley-Blackwell, Oxford.
Un libro sofisticado y único sobre evolución debido a su importante perspectiva desde la biología del desarrollo. Contiene detalles tanto de biología molecular y embriología como de morfología y anatomía de plantas y animales.

Gould, S.J., (2002 [2004]), La estructura de la teoría de la evolución. Colección Metatemas, 82, Tusquets, Barcelona.
Traducción del inglés de la visión conceptual e histórica de la teoría de la evolución de uno de los grandes comunicadores sobre el tema de las últimas décadas.

Prothero, D. R., 2017, Evolution, Columbia University Press.
Una introducción muy completa a la evolución, con muchos temas y ejemplos tomados de la paleontología.

Sánchez-Villagra, M. R., ed., 2012, Venezuela Paleontológica, Printworkart Press.
Aquí se habla en general de la evolución y la paleontología en un capítulo explicativo, seguido de numerosos resúmenes sobre la fauna y flora fósil del país vecino. Disponible gratis en: www.msanchezlab.net/venezuelapaleo/index.php

Zimmer, C., y Emlen, D. J., 2016, Evolution. Making Sense of Life.
Un texto muy bien ilustrado y al día que sirve de introducción a los conceptos fundamentales sobre evolución.

3

Fosilización

Benton, M. J., y Harper, D. A. T., 2009, Introduction to paleobiology and the fossil record, Willey-Blackwell.
Bases sobre paleobiologia con énfasis en vertebrados.

Clarkson, E. N. K., 2011, Invertebrate palaeontology and evolution. 5.a ed.
Para entender los procesos de formación de fósiles.

Tarbuck, E. J., y Lutgens, F. K., 2013, Ciencias de la Tierra, Prentice Hall.
Es un libro de texto sobre geología física, con figuras muy ilustrativas y claras.

Walke, C., Ward, D., 2002, Smithsonian Handbooks Fossils. 2.a ed.
Manual de fósiles como guía para identificación general.

4

Genética

Gould, S.J., 2006, La vida maravillosa. Grupo Planeta, Barcelona.
Este libro divulgativo explora el efecto de eventos contingentes sobre las trayectorias evolutivas a través de un viaje en el tiempo hasta el origen mismo de las principales formas animales. Su autor plantea que la vida es la historia del azar y la contingencia: de aquello que bien pudo no ser.

Lenormand, T., Roze, D., y Rousset, F., 2009, Stochasticity in evolution: Trends in Ecology and Evolution, v. 24, p. 157-165.
Este artículo describe fuentes de estocasticidad que pueden afectar las trayectorias evolutivas. Estos eventos pueden ocurrir a nivel molecular, en las historias de vida de los individuos y a escala ambiental.

Understanding Evolution. 2017. University of California Museum of Paleontology. http://evolution.berkeley.edu/.
Este sitio web ofrece información detallada y práctica sobre los patrones y mecanismos de la evolución. Es un recurso de gran utilidad para familiarizarse con los conceptos claves de la biología evolutiva.

5

Clima

Frakes, L. A., Francis, J. E., y Syktus, J. I., 1992, Climate modes of the Phanerozoic, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 288 p.
Este libro describe cómo ha cambiado el clima durante los últimos 542 millones de años. Compila datos de diferentes secciones geológicas a lo largo del planeta para poder determinar el porqué de estos cambios.

Royer, D., 2014, Trends in atmospheric carbon dioxide (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/), Atmospheric CO_2 and O_2 during the Phanerozoic: Tools, Patterns, and Impacts. Geochemistry Treatise (Second Edition), p. 251-267.
En este capítulo el autor describe la importancia del CO_2 como gas de efecto invernadero a lo largo de los últimos 542 millones de años y cómo se han podido calcular los niveles de este en la atmósfera durante ese intervalo de tiempo.

Ruddiman, W. F., 2013, Earth's Climate: Past and future, W.H. Freeman.
En este libro se describe qué es el clima, factores que lo influencian, medidas del clima en el presente y el pasado y eventos geológicos que desencadenaron grandes cambios en este.

6

Geografía

Etayo-Serna, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Ballesteros, I., Forero, H., y Ramírez, C., 1983, Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, Bogotá, Ingeominas, Publ. Geol. Esp., 235 p.
Este libro establece los fundamentos de la geología del norte de los Andes como terrenos acrecionados al margen suramericano.

Etayo-Serna, F., Renzoni, G., y Barrero, D., 1976, Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia, en Nacional, U., ed., 1. Congreso Colomb. Geol. Mem: Bogotá, p. 217-253.
Establecen los fundamentos de la paleogeografía del norte de Suramérica basados en interpretaciones paleoambientales.

Glenn, R., 2017, Using Google Earth to Explore Plate Tectonics. https://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/index.html.
En esta página web los estudiantes pueden visualizar las placas tectónicas oceánicas y continentales usando Google Earth, y seguir unos tutoriales de cómo funciona la tectónica de placa.

Scotese, C.R., 2002, http://www.scotese.com, (PALEOMAP sitio web).
Desde 1980, Christopher Scotese ha desarrollado una plataforma para visualizar la historia de nuestro planeta desde hace más de 1.100 millones de años, e inclusive los estudiantes pueden visualizar cómo será el planeta en millones de años en el futuro.

Villamil, T., 1999, Campanian-Miocene tectonostratigraphy, depocenter evolution and basin development of Colombia and western Venezuela: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 153, p. 239-275.
Establecen los fundamentos de la paleogeografía del norte de Suramérica basados en interpretaciones paleoambientales.

7

Cambio climático

Dai, A., Qian, T., Trenberth, K., Milliman, J., 2009. Changes in continental freshwater discharge from 1948 to 2004. Journal of Climate. 22, 2773-2792.
Este artículo describe y analiza los cambios que se han presentado en la cantidad de agua que circula en los diferentes continentes durante los últimos 50 años.

Huntington T. 2006. Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis. Journal of Hydrology. 319, 83-95.
Este artículo hace una síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, presentando evidencia recolectada en diferentes lugares del mundo.

Mauna, L., 2017, https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/wp-content/plugins/sio-bluemoon/graphs/mlo_full_record.png.
Este enlace provee el registro completo y actualizado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera para el observatorio de Mauna Loa en Hawaii. Esta gráfica es conocida como la curva de Keeling en honor a Charles D. Keeling, científico norteamericano que inició el proceso sistemático de medición de CO_2 en la atmósfera.

Poveda, G., 2004, La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, v. 28, p. 201-222.
Este artículo explica por qué varía el clima en Colombia, desde la escala diurna hasta la escala de varias décadas.

Ruddiman, W. F., 2013, Earth's Climate: Past and future, W.H. Freeman.
Este libro explica conceptos básicos sobre el clima terrestre, así como las causas naturales y antrópicas de variabilidad climática.

8

Precámbrico

Connelly, J. N., Bollard, J., y Bizzarro, M., 2017, Pb-Pb chronometry and the early Solar System, p. 345-363.
Este artículo proporciona una discusión detallada de los métodos de datación radiométrica modernos que son utilizados para obtener edades de formación de nuestro Sistema Solar, meteoritos y de nuestro propio planeta Tierra.

Hoffman, P. F., Kaufman, A. J., Halverson, G. P., y Schrag, D. P., 1998, A Neoproterozoic Snowball Earth: Earth., v. 281, p. 1342-1346.
Este artículo planteó por primera vez la hipótesis de la "Tierra bola de nieve", discutiendo las evidencias existentes para concluir que durante ciertos periodos del Neoproterozoico la superficie terrestre estaba completamente congelada, previo a la aparición de los animales.

Narbonne, G. M., 2005, The Ediacaran Biota: Neoproterozoic Origin of Animals and Their Ecosystems: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v. 33, p. 421-444.
Este artículo presenta una revisión de la llamada "Fauna del Ediacariano". Los primeros animales y macroorganismos multicelulares complejos que evolucionaron en la Tierra previo a la "Gran explosión del Cámbrico".

Nutman, A. P., Bennett, V. C., Friend, C. R. L., Van Kranendonk, M. J., y Chivas, A. R., 2016, Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures.: Nature, v. 537, p. 7621.
Este artículo describe las estructuras microbianas (estromatolitos) fósiles más antiguos que se conocen en nuestro planeta y que constituyen una de las evidencias más sólidas de la existencia de vida macroscópica en la Tierra durante el Arqueano más temprano.

Planavsky, N. J., Reinhard, C. T., Wang, X., Thomson, D., McGoldrick, P., Rainbird, R. H., Johnson, T., Fischer, W., y Lyons, T., 2014, Low Mid-Proterozoic atmospheric oxygen levels and the delayed rise of animals: Science, v. 346, p. 635-638.
Este artículo discute algunas de las evidencias geoquímicas que ayudan a los científicos a entender el momento en que la atmósfera terrestre comenzó a ser rica en oxígeno y relaciona dichos cambios en la química atmosférica y oceánica con la aparición de los animales.

9

Devónico

Berry, C. M., Morel, E., Mojica, J., y Villarroel, C., 2015, Devonian plants from Colombia, with discussion of their geological and paleogeographical context: Geological Magazine v. 137, p. 257–268.
En este artículo se presentan algunas de las primeras plantas conocidas para el norte se Suramérica.

Bond, D. P. G., y Wignall, P. B., 2008, The role of sea-level change and marine anoxia in the Frasnian–Famennian (Late Devonian) mass extinction: Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 263, no. 3–4, p. 107-118
En este artículo se discute el papel de la anoxia en la extinción de finales del Devónico.

Janvier, P., y Villarroel, C., 2000, Devonian vertebrates from Colombia. Palaeontology, v. 43, no. 4, p. 729–763.
Este artículo reporta varios peces fósiles del Devónico de Colombia.

Morzadec, P., Mergl, M., Villarroel, C., Janvier, P., y Racheboeuf, P. R., 2015, Trilobites y inarticulate brachiopods from the Devonian Floresta Formation of Colombia: a review: Bulletin of Geosciences, v. 90, no. 2, p. 331–358.
Este artículo reporta varios trilobites y braquiópodos del Devónico de Boyacá, Colombia.

Sallan, L. C., y Coates, M. I., 2010, End-Devonian extinction and a bottleneck in the early evolution of modern jawed vertebrates: Proceedings of the National Academy of Sciences v. 107, no. 22, p. 10131-10135.
Este artículo explora los efectos de los eventos de extinción masiva y la radiación de varios grupos de vertebrados.

10

Cretácico temprano

Carballido, J. L., Pol, D., Parra Ruge, M. L., Padilla, S., Páramo-Fonseca, M. E., y Etayo-Serna, F., 2015, A new Early Cretaceous brachiosaurid from Villa de Leyva, Colombia: Journal of Vertebrate Palaeontology v. 35, no. 5.
En este artículo se reporta la primera especie de dinosaurio descrita para Colombia.

Föllmi, K. B., 2012, Early Cretaceous life, climate and anoxia: Cretaceous Research v. 35, p. 230–257.

Este artículo discute varios eventos geológicos y biológicos que tuvieron lugar durante el Cretácico temprano a nivel mundial.

Hay, W. W., 2008, Evolving ideas about the Cretaceous climate and ocean circulation: Cretaceous Research, v. 29, no. 5–6, p. 725–743.
Este artículo discute algunas ideas acerca del clima y circulación oceánica durante el Cretácico.

Ohkouchil, N., Kuroda, J., y Taira, A., 2015, The origin of Cretaceous black shales: a change in the surface ocean ecosystem and its triggers: Proceedings of the Japan Academy. Series B, v. 91, no. 7, p. 273–291.
Este artículo revisa el origen de rocas negras generadoras de hidrocarburos durante el Cretácico.

Scotese, C.R., 2002, http://www.scotese.com, (PALEOMAP sitio web).
En esta página encontrarán ilustraciones y videos de las placas tectónicas y sus cambios durante los últimos 650 millones de años.

11

Cretácico tardío

Correa, E., Jaramillo, C., Manchester, S., y Gutiérrez, M., 2010, A fruit and leaves of Rhamnaceous affinities from the late Cretaceous (Maastrichtian) of Colombia: American Journal of Botany, v. 97, no. 1, p. 10.3732/ajb.0900093.
Este artículo documenta el primer y más antiguo registro de la familia Rhamnaceae en el trópico a partir de la descripción de hojas y frutos fósiles. Este hallazgo es importante porque provee evidencia para entender el origen de la familia, su biogeografía, y procesos tempranos de diversificación de las angiospermas. También permite complementar la reconstrucción del ecosistema Maastrichtiano de la Formación Guaduas de Colombia.

Crifo, C., Currano, E. D., Baresh, A., y Jaramillo, C., 2014, Variations in angiosperm leaf vein density have implications for interpreting life form in the fossil record: Geology, v. 42, p. 919-922.
Las venas más finas de las hojas a menudo se preservan bien en los fósiles y, al ser cuantificadas, pueden dar información acerca de la estratificación de un bosque. Los bosques tropicales húmedos de tierras bajas en la actualidad se caracterizan por tener múltiples estratos de hojas, desde las que están en el tope de los árboles, llamada la capa de dosel, hasta las más bajas, llamadas sotobosque. Cuanto más cerca una hoja se encuentre a la capa más superior, más densas son sus venas, como consecuencia de la cantidad de luz que reciben y la fotosíntesis que pueden realizar. El análisis de las venas realizado en este artículo de las hojas de la Formación Guaduas sugiere que durante el Maastrichtiano los bosques tropicales aún no tenían la estratificación que los caracteriza actualmente.

De la Parra, F., 2009, Palynological changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in Colombia, South America [Ms: University of Florida], 65 p.
El registro palinológico es una fuente de información fundamental para reconstruir los ecosistemas pasados. En esta tesis de maestría, Felipe de la Parra estudia los cambios palinológicos que se dieron en Colombia como consecuencia del impacto del meteorito que causó la más reciente extinción masiva hace ~65 millones de años. A partir del estudio de numerosas muestras palinológicas del departamento del Cesar (Colombia), se ha estimado que entre el 48% y el 70% de las especies de plantas se extinguieron, pasando de una muy diversa flora en el Cretácico a otra mucho menos diversa después del impacto, lo que sugiere que las áreas tropicales sufrieron cambios significativos e incluso mayores que aquellos de latitudes altas a causa del impacto del meteorito.

Jaramillo, C., 2012, Historia geológica del bosque húmedo neotropical: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, v. 36, p. 59-80.
Este artículo resume la historia del bosque húmedo neotropical en la escala de tiempo geológico, empezando hace 140 millones de años hasta la actualidad. El registro paleobotánico de diferentes floras fósiles de Colombia estudiadas en los últimos años se incluye en un contexto global y temporal para reconstruir los grandes cambios que han ocurrido, desde cuando eran dominados por helechos y cicadales, luego por gimnospermas y más recientemente por angiospermas. Los cambios climáticos documentados a nivel global son también tenidos en cuenta para analizar los cambios observados en la diversidad de los bosques neotropicales a través del tiempo.

Martínez, C., Carvalho, M. R., Madriñán, S., y Jaramillo, C., 2015, A Late Cretaceous Piper (Piperaceae) from Colombia and diversification patterns for the genus: American Journal of Botany, v. 102, p. 273-289.
La pimienta *(Piper nigrum)* es el condimento más comercializado del mundo. Aunque esta especie es nativa de la India, su género *Piper* está ampliamente distribuido en los trópicos y cuenta con una asombrosa diversidad de más de 2.000 especies. En la flora de la Formación Guaduas se tiene el primer registro de esta familia en el mundo, el fósil *Piper margaritae* (~67 millones de años). Gracias a este registro es posible datar eventos de especiación, utilizando árboles filogenéticos construidos a partir del ADN de las especies actuales. Estas dataciones nos permiten tener una idea de cuándo y bajo qué circunstancias este megadiverso grupo evolucionó. Los resultados de estos análisis conjuntos del registro fósil y caracteres moleculares sugieren que el levantamiento de la cordillera de los Andes en el norte de Suramérica tuvo un papel fundamental en el surgimiento de cientos de nuevas especies durante los últimos 15 millones de años.

Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Claeys, P., Cockell, C. S., Collins, G. S., Deutsch, A., Goldin, T. J., Goto, K., Grajales-Nishimura, J. M., Grieve, R. A. F., Gulick, S. P. S., Johnson, K. R., Kiessling, W., Koeberl, C., Kring, D. A., MacLeod, K. G., Matsui, T., Melosh, J., Montanari, A., Morgan, J. V., Neal, C. R., Nichols, D. J., Norris, R. D., Pierazzo, E., Ravizza, G., Rebolledo-Vieyra, M., Reimold, W. U., Robin, E., Salge, T., Speijer, R. P., Sweet, A. R., Urrutia-Fucugauchi, J., Vajda, V., Whalen, M. T., y Willumsen, P. S., 2010, The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary: Science, v. 327, no. 5970, p. 1214-1218.
Este artículo documenta una de las hipótesis más aceptadas acerca de la causa de la extinción masiva que ocurrió hace 65,5 millones de años y que acabó no solo con los dinosaurios, sino con cerca del 70% de los organismos de animales y plantas que vivían en ese entonces. La hipótesis se basa en la colisión de un meteorito de apenas 10 km de diámetro contra la península de Yucatán en México, que dejó un cráter que alcanza los 200 km de diámetro. Modelos basados en el impacto del meteorito sugieren que las consecuencias del impacto fueron severas, incluyendo fuertes terremotos, tsunamis e incendios a nivel local, así como oscuridad y fuertes cambios climáticos a nivel global.

12

Paleoceno

Carvalho, M., Herrera, F., Jaramillo, C., Wing, S., y Callejas, R., 2011 Paleocene Malvaceae from northern South America and their biogeographical implications: American Journal of Botany, v. 98, p. 1337-1355.
Describe hojas fósiles de *Malvaciphyllum macondicus,* una especie de la familia de las malváceas, las cuales incluyen el algodón, la flor de jamaica, el cacao y las ceibas. Esta especie, nombrada en honor a la novela Cien años de soledad de Gabriel García Márquez, es el registro más antiguo que se conoce de la subfamilia del algodón.

Herrera, F., Jaramillo, C., Dilcher, D., Wing, S. L., y Gomez, C., 2008, Fossil Araceae from a Paleocene neotropical rainforest in Colombia: American Journal of Botany, v. 95, p. 1569-1583.
Tres nuevas especies de hojas fósiles de la familia Araceae fueron descritas de rocas del Paleoceno del Cerrejón, de ~60 millones de años de antigüedad. Dos de las especies fueran descritas en el nuevo género *Petrocardium,* el cual significa "petro" por roca y "cardium" por corazón, ya que las hojas tienen forma de corazón. Las hojas de Petrocardium muestran una gran similitud con hojas vivas de *Anthurium.* La tercera especie fue descrita como *Montrichardia aquatica* (el primer y más antiguo registro de este género de aráceas que aún crece en los bosques neotropicales).

Herrera, F., Manchester, S. R., Carvalho, M. R., Jaramillo, C., y Wing, S. L., 2014, Paleocene wind-dispersed fruits and seeds from Colombia and their implications for early Neotropical rainforests: Acta Palaeobotanica, v. 54, p. 197–229.
Los bosques tropicales de Centroamérica y Suramérica tienen una alta diversidad de frutos y semillas alados (dispersados por el viento). Sin embargo, se desconoce cuándo la gran diversidad de frutos alados evolucionó en esta región. En este artículo se describen seis nuevas especies fósiles de frutos y semillas aladas del Paleoceno de Colombia, de ~60 millones de años de antigüedad. Uno de ellos se relaciona a la familia del cacao (Malvaceae) y otro a la familia del olmo (Ulmaceae).

Herrera, F., Manchester, S. R., Hoot, S. B., Wefferling, K., Carvalho, M., y Jaramillo, C., 2011 Phytogeographic Implications of fossil endocarps of Menispermaceae from the Paleocene of Colombia: American Journal of Botany, v. 98, p. 1-14.
Tres nuevas especies de frutos de la familia Menispermaceae (curare) fueron descritas de rocas de la Formación Cerrejón en Colombia, de ~60 millones de años de antigüedad. La familia de las menispermáceas es un importante componente de los bosques húmedos tropicales hoy en día ya que por lo general crecen como plantas trepaderas o enredaderas. Los frutos fósiles identificados muestran dos especies extintas y una especie del género *Stephania*. Esta última de gran interés ya que *Stephania* solo crece hoy en día en África y Asia. Los nuevos frutos fósiles muestran que hace 60 millones de años las plantas trepadoras fueron un importante componente de los primeros bosques neotropicales.

Wing, S. L., Herrera, F., Jaramillo, C., Gomez, C., Wilf, P., y Labandeira, C. C., 2009, Late Paleocene fossils from the Cerrejón Formation, Colombia, are the earliest record of Neotropical Rainforest: Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 106, p. 18627-18632.
El origen de los bosques húmedos tropicales y su alta diversidad de plantas con flores en Suramérica es uno de los grandes misterios en la evolución de las plantas. Más de 5.000 nuevos fósiles de plantas, incluyendo hojas, flores, polen, frutos y semillas, colectados en la mina de carbón del Cerrejón, muestran que los primeros bosques húmedos tropicales florecieron en el norte de Suramérica hace aproximadamente 60 millones de años atrás (Paleoceno). Algunos de los fósiles pertenecen a las familias de las palmas (Arecaceae), Anthurium (Araceae), cacao (Malvaceae), aguacate (Lauraceae), anón (Annonaceae) entre muchas otras plantas tropicales. La diversidad de plantas, sin embargo, fue baja durante el Paleoceno. Es probable que la baja diversidad de plantas se deba al meteorito que extinguió los dinosaurios y muchas plantas 65 millones de años atrás.

13

Mioceno medio tardío

Anderson, V. J., Horton, B. K., Saylor, J. E., Mora, A., Tesón, E., Breecker, D. O., Ketcha, y m, R. A., 2016, Andean topographic growth and basement uplift in southern Colombia: Implications for the evolution of the Magdalena, Orinoco, and Amazon river systems: Geosphere, v. 12, no. 4, p. 1–22.
Esta publicación presenta información sobre el levantamiento de la cordillera de los Andes en una zona que incluye al área de La Venta, la evolución del río Magdalena e información sobre las precipitaciones durante la depositación del Grupo Honda (las rocas que contienen los fósiles del Mioceno medio de La Venta). Esto nos permite hacernos una idea sobre la topografía, el paisaje y el clima del área durante aquella la época en que vivían los animales de la Fauna de La Venta, ahora extintos.

Croft, D., y Simeonovski, V., 2016, Horned Armadillos and Rafting Monkeys, Indiana University Press, Bloomington, Indiana, p. 134–147.
Este libro habla en general y de forma sencilla sobre las localidades fosilíferas más importantes de América del Sur. Las páginas indicadas corresponden al capítulo de La Venta, aunque el libro en su totalidad muestra información importante acerca de la paleontología sudamericana.

Kay, R. F., Madden, R. H., L., C. R., y Flynn, J. J., 1997, Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta, Colombia: Smithsonian Institution Press, Washington, Estados Unidos, p. 608.
Este es el texto más completo que se haya escrito sobre la Fauna de La Venta. Allí se presentan descripciones e información importante sobre todos los grupos fósiles que componen esta asociación, así como información muy completa sobre la geología del área. Adicionalmente, incluye inferencias ambientales y climáticas que pueden hacerse a partir de toda esta información.

Kay, R. F., y Madden, R. H., 1997, Mammals and rainfall: paleoecology of the middle Miocene at La Venta (Colombia, South America): Journal of Human Evolution, v. 32, no. 2-3, p. 161–199.
En esta publicación se hace un análisis sobre la paleoecología de los mamíferos fósiles de La Venta (aspectos como diversidad, hábitos alimenticios, masa corporal y locomoción) y su relación con las condiciones climáticas y características del ambiente que habitaban.

Olaya Amaya, A., Sánchez Ramírez, M., y Acebedo, J. C., 2001, La Tatacoa: ecosistema estratégico de Colombia Dirección General de Investigación. Universidad Surcolombiana, Neiva (Colombia), v. 551.
Este texto habla sobre la importancia y características del ecosistema del desierto de La Tatacoa, tanto en el presente como en el pasado.

14

Plioceno

Coates, A., 2003, Paseo Pantera: Una historia de la naturaleza y cultura de Centro América, Smithsonian 368 p.
Este libro cuenta la historia de la formación del Itsmo de Panamá.

Croft, D., 2016, Horn Armadillos and Rafting Monkeys, p. 320.
Este libro cuenta la fascinante historia de los animales en Suramérica.

Moreno, F., Hendy, A. J. W., Quiroz, L., Hoyos, N., Jones, D. S., V., Z., Zapata, S., Ballen, G. A., Cadena, E., Cárdenas, A. L., Carrillo-Briceño, J. D., Carrillo, J. D., Delgado-Sierra, D., Escobar, J., Martínez, J. I., C., M., Montes, C., Moreno, J., Pérez, N., Sánchez, R., Suárez, C., Vallejo-Pareja, C., y Jaramillo, C., 2015, Revised stratigraphy of Neogene strata in the Cocinetas Basin, La Guajira, Colombia.: Swiss Journal of Palaeontology, v. 134, p. 5-43.
Este trabajo describe la geología y los fósiles de La Guajira.

http://ed.ted.com/lessons/what-happens-when-continents-collide-juan-d-carrillo
Para aprender más sobre el Gran Intercambio Biótico Americano, un evento que modificó para siempre la fauna en Colombia y en Suramérica. Visita este video y material interactivo creado por TED.

15

Cuaternario

Cronin, T. M., 2010, Paleoclimates: Understanding Climate Change Past and Present, p. 433.

Raymond, S. B., 2013, Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary, Academic Press. oxford, p. 667.

Ruddiman, W. F., 2013, Earth's Climate: Past and future, W.H. Freeman.
Los tres libros cubren los temas de (1) clima moderno, causas naturales (movimiento de placas tectónicas, gases de efecto invernadero, vulcanismo, movimientos astronómicos, corrientes marinas, etc.) y humanas de cambio climático a diferentes escalas de tiempo; (2) los diferentes registros naturales (núcleos de sedimentos marinos, de hielo, y de lagos, fósiles, rocas, anillos de árboles) para la reconstrucción del clima; (3) los diferentes indicadores que se pueden utilizar para la reconstrucción del clima como la litología, los microfósiles, la geoquímica, entre otros.

16

La gran serpiente

Head, J., Bloch, J., Hasting, A., Bourque, J., Cadena, E., Herrera, F., Polly, P. D., y Jaramillo, C., 2009a, Giant boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures: Nature, v. 457, p. 715-718.
Este artículo describe la *Titanoboa cerrejonensis* con todos los detalles morfológicos y cómo fue estimado el tamaño. Además, incluye un nuevo método para estimar paleotemperatura usando el tamaño de las serpientes.

Head, J., Bloch, J., Hasting, A., Bourque, J., Cadena, E., Herrera, F., Polly, P. D., y Jaramillo, C., 2009b, Reply: Giant boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures: Nature, v. 460, p. E4-E5.
Este artículo modifica ligeramente el método de paleotemperatura propuesto en Head et al. (2009).

17

El tiburón gigante

Pimiento, C., y Balk, M. A., 2015, Body-size trends of the extinct giant shark *Carcharocles megalodon*: a deep-time perspective on marine apex predators: Paleobiology, v. 41, p. 479-490.
Para más información sobre su tamaño máximo.

Pimiento, C., y Clements, C. F., 2014, When Did Carcharocles megalodon Become Extinct? A New Analysis of the Fossil Record: PLoS ONE, v. 9, p. e111086.
Para obtener información detallada sobre su fecha de extinción.

Pimiento, C., Ehret, D. J., MacFadden, B. J., y Hubbell, G., 2010, Ancient Nursery Area for the Extinct Giant Shark Megalodon from the Miocene of Panama: PLoS ONE, v. 5, p. e10552.
Más información sobre su tamaño máximo.

Pimiento, C., y Clements, C. F., 2014, When Did *Carcharocles megalodon* Become Extinct? A New Analysis of the Fossil Record: PLoS ONE, v. 9, p. e111086.
Para obtener información detallada sobre su fecha de extinción.

Pimiento, C., Ehret, D. J., MacFadden, B. J., y Hubbell, G., 2010, Ancient Nursery Area for the Extinct Giant Shark Megalodon from the Miocene of Panama: PLoS ONE, v. 5, p. e10552.
Para entender dónde vivían los bebés megalodones.

Pimiento, C., Griffin, J. N., Clements, C. F., Silvestro, D., Varela, S., Uhen, M., y Jaramillo, C., 2017, The Pliocene marine megafauna extinction and its impact on functional diversity: Nature Ecology & Evolution, v. DOI 10.1038/s41559-017-0223-6.
Para más información sobre la extinción de sus presas.

Pimiento, C., MacFadden, B., Clements, C., Velez-Juarbe, J., Jaramillo, C., y Silliman, B., 2016, Geographical distribution patterns of *Carcharocles megalodon* over time reveal clues about extinction mechanisms: Journal of Biogeography, v. doi:10.1111/jbi.12754.
Para entender mejor su distribución y mecanismos de extinción.

18

El rey caimán

Aguilera, R., y Bocquentin-Villanueva, J., 2006, A new giant *Purussaurus* (Crocodyliformes, Alligatoridae) from The Upper Miocene Urumaco Formation, Venezuela: Journal of Systematic Palaeontology v. 27, p. A120.
En este artículo por primera vez se describe la especie *Purussaurus mirandai* y se discuten las diferencias entre las especies de purusauro.

Langston, 1965, Fossil Crocodilians from Colombia and the Cenozoic History of the Crocodylia in South America.: University of California Publications in Geological Sciences, v. 52, p. 1-152.
Aquí se describen los fósiles de cocodrilos encontrados en Colombia en la década de 1940, incluyendo algunos cráneos del *Purussaurus neivensis*.

Moreno-Bernal, J. W., 2007, Size and Palaeoecology of Giant Miocene South American Crocodiles (Archosauria: Crocodylia). Journal of Vertebrate Paleontology, v. 27.
Proporciona estimaciones de tamaño para los crocodilianos gigantes *Purussaurus* y *Gryposuchus*.

Moreno-Bernal, J., W., 2012, Acerca del caimán gigante, http://purussaurus.blogspot.com.co/2012/02/acerca-del-caiman-gigante-al-cual-este.html.
Útil para conocer la historia de los hallazgos y la clasificación del purusauro.

Scheyer, T. M., 2012, Diversidad y gigantismo en los cocodrilos fósiles., en Sánchez-Villagra, M., ed., Venezuela Paleontológica: evolución de la biodiversidad en el pasado geológico., p. 245-258.
Contiene información en español sobre el purusauro y otros cocodrilos fósiles del norte de Suramérica.

19

Los cangrejos

Karasawa, H., Schweitzer, C. E., Feldmann, R. M., y Luque, J., 2014, Phylogeny and Classification of the Raninoida (Decapoda: Brachyura): Journal of Crustacean Biology, v. 34, p. 216-272.
Este artículo examina el registro fósil de los cangrejos rana y parientes, incluyendo un nuevo género y especie endémico para Colombia.

Luque, J., 2014, A new genus and species of raninoidian crab (Decapoda, Brachyura) from the Lower Cretaceous of Colombia, South America: Scripta Geologica, v. 147, p. 27-34.
En este artículo se reporta un nuevo género y especie endémico para Colombia.

Luque, J., Feldmann, R. M., Schweitzer, C. E., Jaramillo, C., y Cameron, C. B., 2012, The Oldest Frog Crabs (Decapoda: Brachyura: Raninoida) From The Aptian Of Northen South America: Journal of the Crustacean Biology, v. 32, no. 3, p. 405-420.
En este artículo se reporta el cangrejo rana más antiguo del mundo.

Luque, J., Schweitzer, C. E., Santana, W., Portell, R. W., Vega, F. J., y Klompmaker, A. A., 2017, Checklist of fossil decapod crustaceans from tropical America, Part I: Anomura and Brachyura: Nauplius, v. 25, p. e2017025.
Este artículo lista todos los fósiles de cangrejos conocidos en los trópicos de las Américas, en especial Colombia.

20

Las tortugas gigantes

Cadena, E., Ksepka, D. T., Jaramillo, C., y Bloch, J. I., 2012b, New pelomedusoid turtles (Testudines, Panpleurodira) from the late Palaeocene Cerrejón Formation of Colombia and implications for phylogeny and body size evolution: Journal of Systematic Paleontology, v. 10, p. 313-331.
Artículo sobre una de las tortugas fósiles más grandes del Cerrejón y de toda Colombia.

Cadena, E., y Parham, J. F., 2015, "Oldest known marine turtle? A new protostegid from the Lower Cretaceous of Colombia": PaleoBios 32 v. 1, p. 1–42.
Artículo sobre la tortuga marina más antigua del mundo, encontrada en Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.

21

El polen

Hooghiemstra, H., Wijninga, V. M., y Cleef, A. M., 2006, The Paleobotanical Record of Colombia: Implications for Biogeography and Biodiversity: Annals of the Missouri Botanical Garden, v. 93, no. 2, p. 297-325.
Este estudio nos da una idea general de cómo el levantamiento de los Andes jugó un papel crucial en el establecimiento de los diferentes grupos de vegetación en Colombia, especialmente durante los periodos glaciares e interglaciares.

Jansonius, J., y McGregor, D. C., 2002, Principles and applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.: Palynology, v. 1, p. 227-291.
Esta referencia es útil para aprender sobre las generalidades del polen y entender más sobre las aplicaciones de la palinología.

Jaramillo, C., Romero, I., D'Apolito, C., Bayona, G., Duarte, E., Louwye, S., Escobar, J., Luque, J., Carrillo-Briceno, J., Zapata, V., Mora, A., Schouten, S., Zavada, M., Harrington, G., Ortiz, J., y Wesselingh, F., 2017, Miocene Flooding Events of Western Amazonia: Science Advances, v. 3, p. e1601693.
Este estudio muestra cómo la cuenca de los llanos presentó dos inundaciones marinas en el Mioceno.

Punt, W., Hoen, P. P., S., B., Nilsson, S., y Le Thomas, A., 2007, Review of Paleobotany and Palynology Vol 143, Glossary of pollen and spores terminology, 1-81 p.
Esta referencia es excelente para aprender sobre la morfología del polen y las esporas.

Traverse, A., 2007, Spores/Pollen Basic Biology, Paleopalynology Second ed., p. 77-86.
Esta referencia es excelente para entender cómo la palinología es aplicada en geología, en la industria del petróleo y en el estudio de ambientes pasados.

22

Los micos

Bloch, J., Woodruff, I. E. D., Wood, A. R., Rincón, A. F., Harrington, A. R., Morgan, G. S., Montes, C., Jaramillo, C., Jud, N. A., Jones, D. S., and MacFadden, B. J., 2016, First North American Fossil Monkey and early Miocene Tropical Interchange: Nature, v. 533, p. 243-246.
Este artículo documenta el único registro de platirrinos (Plathyrrinae) en Norteamérica a partir de la descripción de dientes aislados recuperados en secuencias del Mioceno (aproximadamente hace 21 millones de años) en áreas del canal de Panamá. Adicionalmente, este hallazgo es importante porque provee evidencia física para proponer procesos de diversificación de los platirrinos en áreas tropicales del continente americano durante el Mioceno más temprano antes del cierre completo del istmo de Panamá hace aproximadamente 3-4 millones de años.

Bond, M., Tejedor, M. F., Campbell Jr., K. E., Chornogubsky, L., Novo, N., and Goin, F., 2015, Eocene Primates from South America and the African origins of the New World Monkeys: Nature, v. 520, p. 538-541.
Este artículo discute nuevas evidencias fósiles acerca del origen de los monos platirrinos en Suramérica y sus semejanzas con animales similares al ser humano colectados en rocas depositadas durante el Eoceno en África. Confirma que la llegada de algunos grupos de mamíferos a Suramérica ocurrió por lo menos durante el Eoceno más tardío (aproximadamente hace 36 millones de años) y no durante el Oligoceno tardío (~26 millones de años), como se había propuesto anteriormente.

Fleagle, J. G., 2013, Primate Adaptation and Evolution, 3rd Edition, 1-441 p.
Este libro sintetiza las diferentes opiniones acerca las relaciones de los primates extintos y modernos encontrados alrededor del mundo. Revela algunas estimaciones del tamaño corporal, el tipo de dieta y locomoción, además de otros aspectos de la biología y ecología de estos mamíferos. Finalmente, discute las relaciones entre los monos suramericanos (platirrinos) y otros grupos de primates encontrados en el mundo debatiendo diferentes líneas de evidencia tanto paleontológicas como aquellas basadas en los primates actuales.

23

Las hojas

Carvalho, M., Herrera, F., Jaramillo, C., Wing, S., y Callejas, R., 2011 Paleocene Malvaceae from northern South America and their biogeographical implications: American Journal of Botany, v. 98, p. 1337-1355.
Describe hojas fósiles de la especie *Malvaciphyllum macondicus*, una especie de la familia de las malváceas, las cuales incluyen el algodón, la flor de jamaica, el cacao y las ceibas. Esta especie, nombrada en honor a la novela Cien años de soledad de Gabriel García Márquez, es el registro más antiguo que se conoce de la subfamilia del algodón.

Carvalho, M. R., Wilf, P., Barrios, H., Windsor, D. M., Currano, E., Labandeira, C., y Jaramillo, C., 2014, Insect Leaf-Chewing Damage Tracks Herbivore Richness in Modern and Ancient Forests: PLoS ONE, v. 9, p. e94950.
En este artículo se demuestra cómo el número de especies de insectos herbívoros que se alimentan de una planta se ve reflejado en el número de distintos tipos de mordiscos que dejan en las hojas.

Dawson, J., 2016, How do plants become fossils? en Forest Vines to Snow Tussocks: The story of New Zealand Plants. http://nzetc.victoria.ac.nz/tm/scholarly/tei-DawFore-t1-body-d12-d2.html.

Ellis, B. F., Daly, D. C., Hickey, L. J., Mitchell, J. D., Johnson, K. R., Wilf, P., y Wing, S. L., 2009, Manual of Leaf Architecture, Ithaca, NY, Cornell University Press, 216 p.
Esta guía muestra la complejidad y gran diversidad de tipos de hojas que existen en angiospermas (plantas con flores), y propone una forma para describir y clasificar la arquitectura de las hojas.

Labandeira, C. C., Wilf, P., Johnson, K. R., y Marsh, F., 2007 Guide to insect (and other) damage types on compressed plant fossils. Version 3.0, http://paleobiology.si.edu/insects/index.html.
Esta es una guía para la clasificación y la identificación de los daños causados por insectos herbívoros en hojas fósiles. Permite cuantificar las comunidades de insectos herbívoros que comían las hojas en los bosques del pasado.

24

Los perezosos gigantes

Amson, E., Carrillo, J. D., y Jaramillo, C., 2016, Neogene sloth assemblages (Mammalia, Pilosa) of the Cocinetas Basin (La Guajira, Colombia): implications for the Great American Biotic Interchange: Palaeontology, v. doi: 10.1111/pala.12244, p. 1-20.
Este artículo muestra los resultados de la descripción de los recientes fósiles de perezosos provenientes de la Alta Guajira, en la costa Caribe colombiana. Además, se analiza allí la diversidad de estos perezosos en el contexto de otras faunas fósiles suramericanas y la relación de los taxones reportados con los perezosos terrestres que colonizaron Norteamérica desde el Mioceno tardío.

McDonald, H. G., 1997, Xenarthrans: Pilosans, en Kay, R. F., Madden, R. H., Cifelli, R. L., y Flynn, J. J., eds., Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene fauna of La Venta, Colombia, Smithsonian Institution Press, p. 233-245.
Este capítulo de libro es uno de los documentos más comprehensivos acerca de la asombrosa (aunque aún escasamente conocida) diversidad y variedad de morfologías entre los perezosos de la fauna de La Venta, Mioceno medio del valle superior del río Magdalena.

McDonald, H. G., y De Iuliis, G., 2008, Fossil history of sloths, The Biology of the Xenarthra., University Press of La Florida, Gainesville, p. 39-55.
Con este capítulo de libro puedes acceder a una revisión concisa y completa acerca de la historia evolutiva de los principales linajes de perezosos, con énfasis particular en las formas extintas: perezosos gigantes.

Pujos, F., G., D. I., y Cartelle, C., 2017, A Paleogeographic Overview of Tropical Fossil Sloths: Towards an Understanding of the Origin of Extant Suspensory Sloths? : Journal of Mammalian Evolution, v. 24, p. 19-38.
Este artículo ofrece un panorama detallado del estado de conocimiento actual sobre el origen, biogeografía y evolución de perezosos con ocurrencia fósil en América intertropical, discutiendo particularmente la escasez de registro de especies fósiles emparentadas cercanamente con los perezosos arborícolas vivientes.

Vizcaíno S.F., Bargo, M.S. y Fariña R.A., 2008, Form, function and paleobiology in xenarthrans., in: Vizcaíno, S. F., and Loughry, W. J., eds., The Biology of the Xenarthra, University Press of La Florida, Gainesville, p. 86-99.
En este capítulo de libro, algunos de los investigadores más prestigiosos en reconstrucciones de muchas características en vida de los perezosos y sus parientes (armadillos y osos hormigueros) nos explican algunos avances en estimaciones de tamaño corporal, inferencias sobre dietas y modos de alimentación, tipos de locomoción, entre otros aspectos de la biología y ecología de estos mamíferos.

25

Los humanos

Introduction to human evolution. 2017. Instituto Smithsonian, noviembre 2017, http://humanorigins.si.edu/education/introduction-human-evolution.
Cuenta con los datos más recientes sobre el proceso evolutivo del ser humano, así como actividades educativas que refuerzan, de manera interactiva, los distintos conceptos que esta temática maneja.

America Before Columbus, 2015, National Geographic, 2015, noviembre 2017. https://archive.org/details/ AmericaBeforeColumbusNationalGeographicDocumentary_201512.
A través de este documental es posible comprender el impacto cultural y biológico de la conquista europea de América.

Oyuela-Caycedo, A., y Bonzani, B., 2014, San Jacinto 1. Ecología histórica, orígenes de la cerámica e inicios de la vida sedentaria en el Caribe colombiano., Editorial Universidad del Norte, Barranquilla.
Este texto aborda uno de los inventos que modificó radicalmente el desarrollo de los pueblos prehispánicos americanos: la invención de la alfarería. Se trata de un evento que se dio en América 6.000 años atrás, y cuyas evidencias arqueológicas se encuentran en San Jacinto, Bolívar, en el Caribe colombiano.

Politis, G., Prates, L. Y., y Pérez, S. I., 2009, El poblamiento de América. Arqueología y bioantropología de los primeros americanos, Eudeba, Buenos Aires, 200 p.

Science Magazine (2017). Human Evolution. American Association for the Advancement of Science. Disponible en: http://www.sciencemag.org/topic/human-evolution.
Cuenta con una sección dedicada a evolución humana, en donde es posible consultar los avances de investigación más recientes sobre este tema.

Para continuar el viaje

Proponemos estas preguntas de indagación como guías para continuar la conversación alrededor de los temas del libro y despertar otras curiosidades.

Primera parte

Cómo

1 Tiempo

¿Cómo crees que se ve reflejado el tiempo en un organismo o lugar?

Si miras tu ciudad, tu barrio, tu casa, ¿cómo está representado el tiempo en estos lugares?

2 Evolución

La evolución en los seres humanos es un proceso real que no significa mejora sino adaptación. Menciona cómo crees que evolucionaremos en un futuro por las nuevas tecnologías del mundo digital.

Describe cómo te adaptas a diferentes ecosistemas y contextos como la casa, el colegio, cuando viajas, cuando estás solo y cuando estás en compañía.

3 Fosilización

¿Por qué el estudio de los fósiles nos permite acercarnos al pasado?

¿Qué diferencias crees que habrá entre los fósiles del pasado y los que quedarán en el futuro?

4 Genética

¿Cómo nos permiten los fósiles comprender los cambios y las mutaciones de los organismos del pasado?

¿Qué nos revelan las especies de hoy sobre las especies del pasado?

5 Clima

¿Por qué el clima es una variable fundamental para tu vida en la Tierra?

¿Cómo puedes contribuir en tu vida diaria a que la huella de carbono que dejas en la Tierra no afecte negativamente tu entorno?

6 Geografía

¿Por qué las masas continentales han estado en constante cambio a lo largo de los años?

¿Cómo crees que serán los próximos desplazamientos de las masas continentales teniendo en cuenta las implicaciones del cambio climático que está sufriendo el planeta?

7 Cambio climático

Pregúntale a tu abuelo cómo era el clima cuando era niño y compáralo con el que tenemos en la actualidad.

El cambio climático es una realidad. ¿Cómo afectan los cambios de temperatura a los seres humanos y a otros organismos?

Segunda parte

Cuándo

8 Precámbrico

¿Por qué se afirma que todos los elementos presentes en la Tierra, incluso aquellos que forman nuestros tejidos, están hechos de polvo de estrellas?

¿Qué condiciones ambientales se necesitaron hace 571 millones de años para el surgimiento de los animales? Piensa qué condiciones ambientales están en riesgo actualmente para que continuemos existiendo en el futuro.

9 Devónico

Imagina que, hace 419 a 359 millones de años, Boyacá estaba sumergida en un mar extenso donde, según los rastros de fósiles, habitaban diversas especies de peces. Describe cómo ha cambiado este contexto ambiental a lo largo de los años.

¿Cuáles son los peces endémicos que se encuentran en este territorio de Colombia? ¿En qué ecosistemas acuáticos específicos de esta región los puedes encontrar?

En Estados Unidos, Canadá, Europa y Marruecos se han encontrado fósiles que prueban la existencia de peces enormes de 9 metros de longitud que probablemente, estando en la cabeza de la red alimenticia, carecían de dientes. ¿De qué crees que se alimentaban?

10 Cretácico temprano

El petróleo colombiano (como el de muchos otros países) no proviene de los dinosaurios ni de los árboles, como se ha llegado a creer. ¿Cómo crees que se formó?

¿Crees que en el futuro habrá petróleo?

11 Cretácico tardío

Aspectos externos pueden generar extinciones masivas como la que ocurrió en el Cretácico y la era Mesozoica con la colisión del meteorito en la península de Yucatán (México). ¿Qué factores creados por el hombre consideras que pueden generar otra extinción masiva a largo plazo y cómo crees que esto influirá en las hojas del futuro?

Por las plantas que quedarán fosilizadas en tu ciudad, ¿qué podrán conocer los investigadores del futuro sobre el clima del territorio que hoy habitas?

12 Paleoceno

El surgimiento de los bosques de lluvia continúa siendo un misterio. ¿Cómo crees que se formaron?

En lo que hoy conocemos como las formaciones del Cerrejón y Bogotá, plantas y animales que habitaron cerca de estos ambientes fueron fosilizados. En un futuro, ¿cómo te imaginas que serán los fósiles de plantas y animales de una ciudad?

13 Mioceno medio tardío

Es difícil imaginar que algunos ambientes áridos actuales fueron ecosistemas diversos de fauna y flora. Tal es el caso del desierto de la Tatacoa en el Huila. ¿Cómo crees que fue su transformación hasta alcanzar sus condiciones ambientales actuales?

¿Por qué el estudio de organismos fosilizados permite comprender y reconstruir el pasado de un territorio determinado?

14 Plioceno

La formación del istmo de Panamá hizo posible que se conectaran dos mundos distintos, dos faunas que empezaron a moverse libremente entre Norteamérica y Suramérica. Si piensas en la actualidad en este territorio, ¿qué otras conexiones y movimientos son posibles en esta región del continente?

¿Qué nos permite conocer de un ambiente en particular los animales que allí habitan?

15 Cuaternario

Explica ¿Por qué el Cuaternario es un periodo único en la historia?

En Colombia es evidente cómo los periodos glaciares e interglaciares modificaron los límites de altura de las nieves y los ecosistemas. Identifica dónde están ubicados los ecosistemas de páramo, el bosque andino y el bosque subandino y cómo fue su modificación.

Segunda parte

Quiénes

16 La gran serpiente

Hace 60 millones de años se encontraron fósiles de la titanoboa en El Cerrejón de La Guajira. Era una serpiente enorme de 15 m de largo, 65 cm de ancho y un peso aproximado de 1.100 kg. ¿Por qué en la actualidad no existen animales tan monumentales como los que existieron en el pasado?

Si piensas en un futuro y los cambios ambientales que se darán, ¿cómo crees que será el devenir de animales de gran tamaño como los elefantes, los rinocerontes o las ballenas?

¿Cuáles son los animales de gran tamaño que conoces de la fauna local colombiana?

17 El tiburón gigante

Para encontrar al megalodón hay que remontarse 20 millones de años atrás, cuando los océanos eran más cálidos y abundaban las presas grandes. ¿Cuáles fueron los principales cambios que ocurrieron en ese entonces para que el señor de los océanos hubiera desaparecido por completo?

¿Cómo influyeron las glaciaciones en su extinción?

Si piensas en los ecosistemas acuáticos de Colombia, ¿qué animales están en peligro de extinción y cómo puedes contribuir para que esto no ocurra?

18 El rey caimán

¿Qué condiciones ambientales hacían de la cuenca amazónica un entorno ideal para los cocodrilos del pasado?

¿Cómo piensas que seguirán evolucionando los caimanes en las condiciones actuales de los ecosistemas acuáticos colombianos?

19 Los cangrejos

¿Por qué los insectos son los crustáceos de la tierra?

¿Por qué crees que los crustáceos han logrado sobrevivir a tan diversos cambios en la atmósfera y en el agua?

¿Qué hace de los crustáceos animales ideales para el estudio fósil?

20 Las tortugas gigantes

¿Qué entiendes por efecto ecológico?

¿Cómo crees que los cambios en el clima y la evolución de otros organismos afectan a los animales?

21 El polen

¿Por qué comprender las características del polen nos permite reconstruir la configuración de los paisajes y los ecosistemas del pasado?

¿Por qué crees que es tan grave que especies que polinizan como las abejas (o los murciélagos) se extingan como está ocurriendo actualmente y cómo puedes contribuir para que esto no ocurra?

22 Los micos

La evolución de los platirrinos es fascinante. Se ha establecido, por ejemplo, que sus ancestros llegaron a Suramérica desde África en balsas formadas por material vegetal en descomposición durante tormentas tropicales. ¿Cómo te imaginas que esto ocurrió?

¿Cómo explicas que aun cuando los humanos compartimos un mismo ancestro con los platirrinos, ellos hayan evolucionado hasta alcanzar 22 especies en América del Sur y nosotros hayamos evolucionado hasta lo que somos?

23 Las hojas

Las hojas caen libremente de los árboles, y al hacerlo son consumidas por bacterias y hongos. Sin embargo, durante los eventos catastróficos como las inundaciones quedan enterradas y después de millones de años se convierten en fósiles. Al encontrarlas, ¿qué evidencias contienen de su entorno y medio ambiente?

¿Qué nos revelan las marcas de los insectos que quedan como patrones en las hojas fosilizadas?

24 Los perezosos gigantes

¿Por qué crees que se estima que el ancestro de todos los perezosos, los armadillos y los osos hormigueros tenía el bajo metabolismo que explica su baja actividad física?

En nuestro país existen registros de dos importantes etapas en la evolución de los perezosos: el Mioceno medio y el Pleistoceno. ¿Cómo eran los perezosos de ese entonces en comparación con los perezosos de la actualidad?

25 Los humanos

La evolución humana ha sido un proceso largo de casi cuatro millones de años. ¿Cómo crees que seguiremos evolucionando frente a los cambios ambientales actuales y futuros del planeta?

En la historia de nuestra evolución aparece el *Homo habilis,* quien demostró su capacidad para la elaboración de herramientas, dando paso así a posteriores inventos, como la cerámica, cuyos vestigios más antiguos en el continente se encuentran en Colombia. ¿Sabes dónde se encontraron y de cuánto tiempo datan?

¿Cómo crees que el invento de la alfarería impactó la vida de los seres humanos que vivieron en nuestro territorio hace 7.000 años?

Elaboración de preguntas

Carla Baquero Castro
Coordinadora de Educación
Museo Mapuka
Universidad del Norte

Este libro ha sido posible gracias a la financiación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), la Universidad del Norte, Carbones del Cerrejón LLC, la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (ACGGP), la Corporación Geológica Ares y la Sociedad Europea para la Biología Evolutiva (ESEB).

Agradecemos a la Oficina de Comunicaciones del Instituto Humboldt, donde están las puertas abiertas para las estrategias novedosas de divulgación científica; en especial a Diana Carolina Rengifo, Felipe Villegas y Felipe Araque por sus aportes y apoyo continuo. A Ana María Rueda, Editora del Instituto, por sus recomendaciones las cuales fueron fundamentales durante este proceso. Al equipo de .Puntoaparte Bookvertising, Mateo L. Zúñiga, Juan Mikán, Guillermo Torres Carreño, y Andrés Barragán, por las ideas, conversaciones, entusiasmo y paciencia.

Los 25 autores de este libro son colombianos, incluido Marcelo Sánchez-Villagra, quien es ya casi un colombiano por adopción. La gran mayoría de ellos son jóvenes y representan la nueva generación de paleontólogos colombianos dado que la investigación paleontológica de Colombia está apenas naciendo y quedan miles de rocas y fósiles por explorar.

Carlos Jaramillo agradece la financiación de estos estudios durante los últimos 15 años, a las siguientes instituciones y personas: el Instituto Smithsonian, el Dr. David Cofrin, la Fundación Anders, el Fondo 1923, Gregory D. y Jennifer Walston Johnson, el Instituto Colombiano del Petróleo-Ecopetrol S.A., la Universidad de la Florida, la Universidad de Missouri, el Fondo para la Investigación de la Ciencia y la Tecnología del Banco de la República, la USA National Science Foundation, Carbones del Cerrejón LLC, Isagén, Mark Tupper, National Geographic Society, el Smithsonian Women's Committee, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, Ingeominas, Colciencias, la Universidad de Zúrich, el Swiss National Fund y la Corporación Geológica Ares.

También agradecemos el apoyo de los hermanos Padilla y del Centro de Investigaciones Paleontológicas. A Milton Rueda y Paleoflora, y a Carlos Rosero por la coordinación logística de la mayoría de nuestros trabajos de campo. Dedicamos un especial agradecimiento además a las comunidades de la Victoria, Huila, Warpana, Patajau, Aulechit, Nazareth, Wososopo, Sillamana, Paraguachón, La Flor de la Guajira e Ipapura por acogernos y brindarnos su conocimiento. Gracias a Fernando Etayo, Tomás Villamil, Francisca Oboh-Ikuenobe, David Dilcher y Scott Wing por sus enseñanzas, y particularmente a M. I. Barreto por su guianza y aporte de ideas que han sido esenciales para que toda nuestra investigación sea posible.

No podemos dejar de mencionar a Andrés Pardo (profesor de la Universidad de Caldas y director del Instituto de Investigaciones en Estratigrafía, IIES) y a Jorge Carrillo (Universidad de Zúrich) por la revisión del contenido científico.

Finalmente, damos las gracias a Cristian Samper (director de Wildlife Conservation Society, WCS), Kirk Johnson (director del Museo de Historia Natural Instituto Smithsonian) y Brigitte Baptiste (directora del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt) por el prefacio.

.Puntoaparte bookvertising

Hace tiempo

En un viaje nuestro cuerpo se mueve de un lugar a otro, nuestra imaginación se despierta al conocer espacios nuevos y nuestra vida cambia con cada experiencia del recorrido. Hay viajes cortos, largos, en carro, en avión, al mar, a la montaña, y hay viajes que inician con un libro.

Aquí te proponemos hacer un viaje con las maletas repletas de atención y curiosidad por las imágenes y letras en cada página. Tus ojos, oídos e imaginación serán las alas que te llevarán a descubrir formas, paisajes y seres vivos que vivieron en Colombia alguna vez.

Este libro es un tiquete para ir al pasado. Las historias en sus hojas te llevarán en un viaje a través de millones de años. Descubrirás animales gigantes, conexiones inesperadas y escenas de paisajes como si un turista hubiera viajado en el tiempo para tomar una foto. Exploradores y aventureros están invitados a este recorrido que esperamos sea inspirador y emocionante.

Cuando vuelvas del pasado antoja a los demás para que también recorran este camino. Así, muchos recorreremos la Colombia de Hace tiempo.

ISBN: 978-958-5418-20-2

Smithsonian

INSTITUTO HUMBOLDT COLOMBIA