



CICTERRÁNEA

- Revista de Divulgación en Ciencias de la Tierra -



Mármoles
Rocas con mucha historia

Del cometa a tu vaso
El largo camino del agua

La Tierra cambiante
Un viaje hacia el tiempo profundo

Hoy con gran orgullo y esfuerzo compartido presentamos esta revista que intenta ser un puente de comunicación entre la comunidad científica y su entorno social.

Para entender los motivos de esta iniciativa y su contexto queremos hacer una breve reseña.

Crecimos y nos formamos en una sociedad con grandes vaivenes. En nuestros primeros años como graduadas de la Universidad Nacional de Córdoba vivimos en un país con un sistema científico desmantelado. Hubo muchas frustraciones, colegas que tuvieron que abandonar sus carreras y otros que se fueron.

Luego, en años recientes, vivimos un contexto de políticas públicas que propiciaron la recuperación y valorización de la educación y del conocimiento científico y tecnológico. Estos aspectos ocuparon el centro de la escena como elementos vitales para el desarrollo de un país soberano.

En Ciencia y Técnica los avances fueron muchos y ampliamente reconocidos por la sociedad. En esa etapa se pusieron en marcha laboratorios y se crearon numerosos centros de investigación, pero fundamentalmente se desarrolló una política de formación de recursos humanos que contempló un amplio espectro de disciplinas de los diferentes campos del saber.

Fue así, que en esos años, el CICTERRA, un centro de investigación del CONICET y de la Universidad Nacional de Córdoba forjó sus bases y creció incorporando becarios, investigadores y profesionales de apoyo en diversas áreas de las Ciencias de la Tierra.

Esta revista es el fruto del conocimiento generado por quienes hacemos ciencia en el país. Hoy más que nunca, en tiempos de reducción de presupuesto y ajustes, con serias limitaciones para que jóvenes investigadores continúen su carrera científica, queremos compartir con la sociedad cómo se genera ese conocimiento y nuestra visión de porqué la ciencia, por su capacidad transformadora, es fundamental para el progreso económico y social. Como señaló Bernardo Houssay, premio Nobel en medicina (1947) y fundador del CONICET: *Los países ricos lo son porque dedican dinero al desarrollo científico-tecnológico, y los países pobres lo siguen siendo porque no lo hacen. La ciencia no es cara, cara es la ignorancia.* Por eso, queremos invitar a todos, y particularmente a la sociedad cordobesa (ya que el CICTERRA tiene tonada cordobesa), a conocer quiénes somos y qué hacemos desde este Centro.

Para hacer esta revista en el año 2016 iniciamos una aventura en equipo. Cada uno de los integrantes trabajó mucho, y lo hizo porque entendió que en el actual tejido social había una brecha que necesitaba un nuevo entramado, un entramado con arraigo. Y... aquí estamos, esperando contagiar el entusiasmo de nuestros colegas quienes con satisfacción comparten aquí los resultados de años de investigación, transitados con gran esfuerzo y pasión.

¿De qué se trata?

Nuestro planeta es un sistema dinámico sorprendente. Desentrañar su pasado, entender los procesos actuales y predecir qué podría suceder en el futuro son algunos de los grandes desafíos de las Ciencias de la Tierra. Numerosos fenómenos que ocurren en el planeta tienen una influencia directa en nuestra vida cotidiana. Hoy la sociedad es testigo de controvertidos debates acerca de los cuales las Ciencias de la Tierra tienen mucho que decir. Es nuestra intención ofrecer al lector elementos que contribuyan a reflexionar y forjar una opinión sobre estos temas. Además, comprender cómo funciona este complejo planeta es, simplemente, un placer que esperamos poder transmitir a través de estas páginas.

Con este primer número de Cicterránea abrimos las puertas de nuestro Centro a todos ustedes, y los invitamos a descubrir los diferentes campos de investigación que aquí se desarrollan. ¡Celebramos el comienzo de este proyecto!

Sandra Gordillo y Beatriz G. Waisfeld

Publicación semestral Año 1
Número 1 – Julio de 2017
ISSN En trámite

COMITÉ EDITORIAL

Editoras responsables

Dra. Beatriz G. Waisfeld y
Dra. Sandra Gordillo

Equipo editorial

Biól. Flavia J. Boidi
Lic. H. Santiago Druetta
Lic. Fernando J. Lavié
Dra. Cecilia E. Mlewski
Biól. Gisela Morán
Geól. Natalia Oviedo
Dra. Emilia Sferco
Lic. Raquel J. Villegas

Difusión

Dr. Diego F. Muñoz

Corrección de estilo

Lic. Mariela López Cordero

Diagramación, edición digital y diseño de tapa

Paula Benedetto

Imagen de tapa: Fotomontaje digital de la cantera de mármol blanco de la zona de Bosque Alegre y el Paseo de La Cañada, ícono cordobés que atraviesa la ciudad de suroeste a norte.

Esta revista de formato digital se publica de manera desinteresada con la finalidad de difundir la actividad e investigación del CICTERRA. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de los autores o editores. Lo expresado por ellos no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución.

Contacto: cicterranea@gmail.com

[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/
revista-cicterranea/](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/)

Seguinos en:  



C I C T E R R A

Director: Dr. Edgardo Baldo

Vicedirector: Dr. Emilio Vaccari

Contacto:

secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar

Av. Vélez Sarsfield 1699,

X5016GCB Córdoba, Argentina

Teléfono: +54 351 535-3800 ext. 30200

www.cicterra.conicet.unc.edu.ar

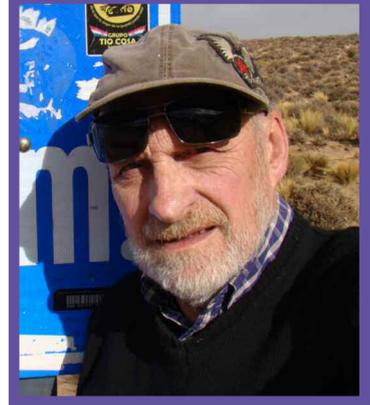
La Tierra cambiante

Un viaje hacia el tiempo profundo



(<http://dinopedia.wikia.com>).

La Tierra es un planeta en constante evolución. Su aspecto actual es el resultado de una larga historia que se remonta al momento de su origen, millones de años atrás. Las rocas y los fósiles permiten reconstruir los profundos cambios que ocurrieron en la geografía, en el clima y en los organismos a través de las eras geológicas.



Juan Luis Benedetto

Doctor en Paleontología
CONICET
Investigador Superior

Cuando comparamos el paisaje de cierto lugar que conocimos en la infancia (digamos la Costa Atlántica) con el que vemos hoy en día, seguramente no encontraremos diferencias notables, más allá del avance urbano que inexorablemente se produce año tras año. Sin embargo, cuando nos cuentan nuestros abuelos que antes hacía más frío o llovía más que ahora, empezamos a percibir que algo está cambiando. Esta es la dimensión humana del tiempo, medido con referencia a la duración de una vida, o a lo sumo de algunas generaciones. Pero otra muy distinta, por su magnitud, es la dimensión ‘geológica’ del tiempo que arranca desde el inicio de la historia de la humanidad y se remonta hasta los orígenes de nuestro planeta. A lo largo de este lapso enormemente grande hubo drásticos cambios en la geografía de la Tierra, en su clima, en la química de los mares y de la atmósfera y, por cierto, en su fauna y flora.

Para comprobarlo vamos a recorrer la historia del planeta en una máquina del tiempo imaginaria y nos detendremos en algunas “estaciones” para observar como era el paisaje en ese momento y luego continuar viaje hacia épocas cada vez más remotas (Figura 1).

Los cambios más recientes

Lo primero que avizoramos en el horizonte del tiempo

es un planeta mucho más frío que el actual, con extensos glaciares cubriendo cerca de un tercio de su superficie, especialmente gran parte de la Patagonia y las regiones altas de las montañas, incluyendo las Sierras de Córdoba. Nos hemos detenido 24.000 años antes del presente, cuando la Tierra está transitando por el último período glacial, conocido popularmente como ‘la edad de hielo’ (antes hubo otros aún más intensos). Estamos en el momento de enfriamiento más intenso, con una temperatura promedio cerca de 15°C por debajo de la actual. En aquel entonces, en el Hemisferio Norte habitaban los mamuts y en Europa el *Homo sapiens* moderno pintaba las cuevas donde se refugiaba durante los largos días invernales, como las de Altamira en España. Durante este prolongado lapso glacial alternaron pulsos más fríos con otros más cálidos llamados interglaciales.

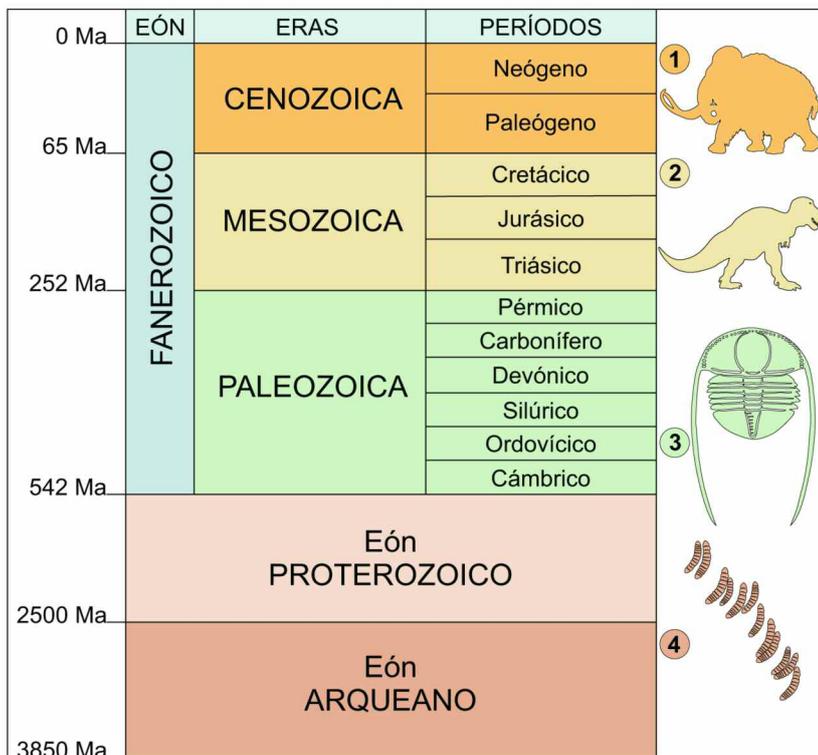


Figura 1. La escala de tiempo geológico y sus divisiones. Los números muestran las paradas de nuestro viaje. Los números a la izquierda de la tabla indican el tiempo en millones de años (Ma) antes del presente.

En la “pampa húmeda”, donde hoy en día hay praderas y pastan animales vemos un paisaje mucho más árido y hostil. Los fuertes vientos originados en las áreas heladas de la Patagonia transportan partículas en suspensión hacia las tierras más templadas donde con el correr del tiempo se formarán los fértiles suelos actuales. A menudo hay tormentas de arena que forman campos de dunas comparables por su tamaño a las del desierto del Sahara. Pero allí donde hay un poco de agua y vegetación podemos ver merodear gliptodontes con su gran caparazón y más allá, cerca de un pequeño bosque, algunos perezosos gigantes o megaterios. Los primeros humanos llegarán a estas latitudes dentro de unos pocos miles de años luego de un extenso periplo a través del Estrecho de Bering que conecta Europa con América del Norte.

Quizás lo más llamativo es que en ese tiempo el contorno de América del Sur era bastante distinto al actual: una buena parte de la plataforma continental, que es la porción que yace hoy en día bajo las aguas del Océano Atlántico, quedó descubierta. La costa se desplazó entre 100 y 200 km mar adentro dejando expuesta una superficie del orden de medio millón de kilómetros cuadrados, que es casi

la mitad de la plataforma continental actual (Figura 2).

Un dato curioso es que las dos Islas Malvinas estaban unidas formando una única gran isla separada de la costa patagónica por un angosto estrecho marino, y además asomaban otros numerosos islotes que actualmente están su-

Quizás lo más llamativo es que en ese tiempo el contorno de América del Sur era bastante distinto al actual: una buena parte de la plataforma continental, que es la porción que yace hoy en día bajo las aguas del Océano Atlántico, quedó descubierta.

mergidos. La explicación de este fenómeno es sencilla: en las épocas glaciales el agua que se evapora del océano precipita como nieve en los continentes y se acumula como hielo, fluyendo muy lentamente hacia la costa en los veranos. Como resultado, el nivel del mar desciende, la costa se retrae y el fondo marino queda al descubierto formando

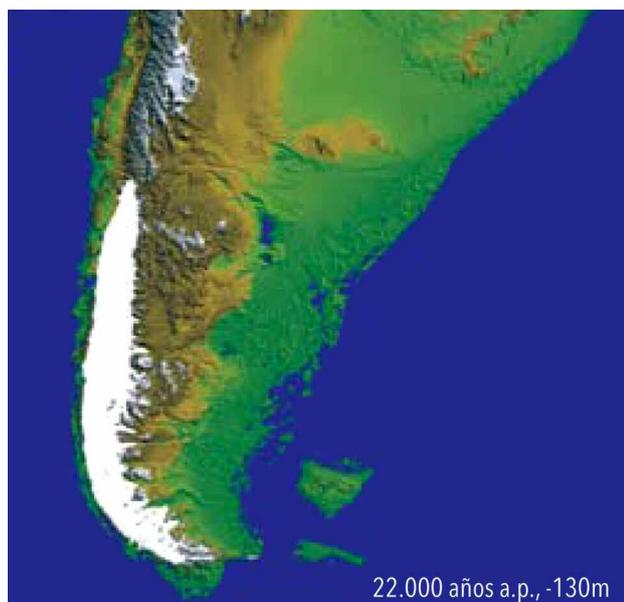


Figura 2. A la izquierda: Contorno de la parte austral de América del Sur hace alrededor de 22.000 años. A la derecha: Contorno actual. En verde, tierras bajas que incluyen parte de la plataforma marina actual; en marrón, tierras altas; en blanco, región cubierta de hielos continentales. Nótese que las Islas Malvinas están unidas y aparecen numerosas islas nuevas, incluyendo una más grande contigua a la actual Isla de los Estados, que en ese entonces estaba comunicada con el continente (Ponce y Rabassa, 2012).



Figura 3. A la derecha: Huellas de un dinosaurio saurópodo (herbívoro) en rocas del Período Cretácico cerca de Sucre, Bolivia (foto de Santiago Druetta). A la izquierda, reconstrucción de Argentinosaurs, una forma similar a la que dejó las pisadas. (Ilustración de Lucas Fiorelli).

una extensa planicie. Se calcula que durante el último máximo glacial el nivel del mar estuvo entre 120 y 140 metros por debajo del nivel actual, subiendo nuevamente con el deshielo posterior.

Es seguro que si en un futuro los polos continúan derritiéndose por el calentamiento que está experimentando el planeta el nivel del mar irá aumentando, aunque por suerte este proceso es bastante lento (unos pocos milímetros por año).

Cuando el Océano Atlántico no existía

En esta veloz carrera detengámonos nuevamente cuando el reloj de nuestra nave imaginaria indique 80 millones de años antes del presente (80 Ma). Técnicamente estamos en el Período Cretácico (Figura 1). Hemos retrocedido tanto que las glaciaciones han quedado lejos, casi pegadas al presente. Vale la pena volver a nuestra costa atlántica, porque nos vamos a llevar una enorme sorpresa: el mar no está, solo hay tierra firme hasta donde alcanzamos a ver, y más allá también.

Al Este de donde hoy está Mar del Plata está el territorio africano, más precisamente estamos cerca de Ciudad del Cabo en la República Sudafricana. ¿Y el Océano Atlántico? Ya en 1917, el meteorólogo alemán Alfred Wegener

había ensayado la hipótesis de que África y América del Sur estuvieron unidas formando junto a otras piezas (India, Antártida, Australia) un único gran continente denominado Gondwana que existió desde comienzos de la Era Paleozoica (Figura 4). Una de las pruebas más concluyentes que esgrimió ante los incrédulos colegas de su época fue la gran semejanza de las plantas y reptiles fósiles encontrados a ambos lados del Atlántico, la que sería muy difícil de explicar si hubiera habido un océano interpuesto.

Las evidencias científicas actuales a favor de la existencia de Gondwana son más que concluyentes. Hace 220 Ma, en el transcurso de la Era Mesozoica, este megacontinente

Ya en 1917, el meteorólogo alemán Alfred Wegener había ensayado la hipótesis de que África y América del Sur estuvieron unidas formando junto a otras piezas (India, Antártida, Australia) un único gran continente denominado Gondwana.

comenzó a quebrarse. Poco a poco se abrieron brazos de mar que fueron ensanchándose a medida que los continentes se alejaban entre sí a una velocidad de pocos centímetros por año ¿Demasiado lento? Hagan la prueba de multiplicar 5 cm por 100 millones, que es el tiempo que transcurrió

desde que el Atlántico Sur empezó a abrirse. ¡La separación será de alrededor de 5000 km!. La demostración de que a lo largo del tiempo geológico los continentes se desplazan y chocan entre sí y los océanos se abren (y también se cierran) fue uno de los mayores logros de las ciencias de la Tierra. La compleja dinámica de la Tierra fue sintetizada a principios de los años 60' en la teoría de la Tectónica de Placas. (Ver nota ¿Se mueven los continentes en este número) .

Pero volvamos a nuestra parada de los 80 Ma. Tampoco está la cordillera de los Andes, al menos como la conocemos hoy. En su lugar sólo vemos algunas islas volcánicas y el mar ha penetrado libremente dentro del continente inundando las planicies con escaso relieve. En el noroeste de Argentina y Bolivia manadas de grandes dinosaurios herbívoros se desplazan por la orilla de los lagos imprimiendo sus pisadas en los sedimentos (Figura 3).

Si nos aventuramos hasta la Patagonia tendremos la oportunidad de ver temibles dinosaurios carnívoros, como el célebre *Giganotosaurus*, y un sinnúmero de otros animales como ofidios, cocodrilos, reptiles voladores (pterosaurios) y extrañas aves primitivas, además de una flora dominada por grandes helechos y bosques de araucarias. Evidentemente el clima era más cálido que ahora, posiblemente por el efecto invernadero producido por los gases emanados de las erupciones volcánicas ligadas a la apertura del Atlántico. También hay evidencias de que los polos estaban casi libres de hielo pues se han encontrado helechos y dinosaurios cerca del Círculo Polar Ártico de aquel entonces.

Afortunadamente nos detuvimos algunos millones de años antes de que ocurra la supuesta catástrofe que llevó a los dinosaurios y otros organismos a su extinción. Como muchos saben, la teoría más aceptada es que un asteroide de alrededor de 10 km de diámetro impactó la Tierra hace 65 Ma dejando un enorme cráter cerca de la península de Yucatán, en México.

La Tierra quedó rodeada por una densa nube de polvo y partículas de material fundido que sumió el planeta en la penumbra. La flora, que es la base de la cadena alimentaria, fue la primera en sufrir las consecuencias al no poder realizar fotosíntesis, generando un efecto dominó que afectó a los herbívoros y luego a los carnívoros.

Sin embargo la causa de la extinción sigue en pleno debate. Los dinosaurios ya venían en franca declinación y muchos paleontólogos opinan que el impacto, en todo caso, sólo precipitó su extinción. Los pequeños mamíferos de dieta insectívora, que estaban dando sus primeros pasos sobre la Tierra a la sombra de los grandes reptiles, se beneficiaron con su desaparición y no cesaron de evolucionar hasta el presente. Queda flotando una inquietante pregunta: Si no se hubieran extinguido los dinosaurios ¿existiría el hombre?

En el reino del revés: cuando el Sur era el Norte

Ahora vamos a dar un gran salto hacia atrás en el tiempo: detendremos nuestra máquina a los 450 Ma, donde el reloj señala “Período Ordovícico”. Mirando alrededor nada nos resulta familiar. La mayor parte de nuestro territorio está cubierto por el mar y las tierras emergidas carecen casi por completo de vegetación y a simple vista no se ve animal alguno.

En el lugar de la actual cordillera andina emergen algunos volcanes humeantes. A poca distancia de la costa se observa un pequeño continente que está chocando con Sudamérica a la altura de Cuyo. Se trata de Cuyania, un

Sin embargo la causa de la extinción sigue en pleno debate. Los dinosaurios ya venían en franca declinación y muchos paleontólogos opinan que el impacto, en todo caso, sólo precipitó su extinción.

fragmento que se desprendió del continente norteamericano decenas de millones de años antes y que, tras cruzar el “Pacífico” de aquella época, terminó incorporándose a Gondwana.

Dado que corremos el riesgo de desorientarnos conviene buscar la brújula (todo buen viajero debe llevar una, especialmente si viaja en el tiempo), pero al mirar las agujas vemos algo asombroso: ¡El Norte apunta hacia la Patagonia

y el Sur está....al revés! Parece absurdo, pero no lo es: la explicación es que los continentes se han desplazado miles de kilómetros y no lo han hecho en línea recta sino siguiendo trayectorias bastante caprichosas.

El caso es que durante el Ordovícico el Norte de África estaba justo sobre el Polo Sur y, paradójicamente, la Antártida estaba apuntando hacia el trópico (Figura 4). Las pruebas son concluyentes: En las montañas de Argelia y Marruecos los geólogos han encontrado evidentes signos de que allí hubo extensos glaciares a finales del Período Ordovícico.

Pero antes de seguir viaje debemos sacarnos una duda: ¿Cómo eran los seres vivos hace 450 Ma? Para contestar esta pregunta tendremos que ponernos el equipo de buceo y sumergirnos en el mar. Lo que vemos es una gran diversidad de animales viviendo sobre el fondo, algunos de los cuales nos resultan más o menos familiares (esponjas, corales, equinodermos, caracoles) y otros no tanto. Pero lo más llamativo son unos raros animales de cuerpo achatado que se mueven rápidamente sobre el fango con su gran cantidad de patas, los trilobites, un grupo de artrópodos ya extinguidos. En la masa de agua no hay peces sino unos enormes calamares con el cuerpo enfundado en un esqueleto en forma de cono (Figura 5). No hemos visto todo, pero nos vamos con mucho para contar...

El tiempo profundo

A medida que nos alejamos del presente el conocimiento de la Tierra se torna cada vez más difuso por aquello de que el tiempo borra las huellas. Para los geólogos las rocas son como las páginas de un libro en el que está escrita

la historia del planeta. Pero las más antiguas se deformaron y fueron sometidas a altas temperaturas durante el surgimiento de las montañas dejando a los científicos con pocas pistas para reconstruir la escena.

Durante el Ordovícico el Norte de África estaba justo sobre el Polo Sur y, paradójicamente, la Antártida estaba apuntando hacia el trópico.

Nuestra última estación, la más lejana, es todo un desafío. Nos detenemos a los 3000 millones de años antes del presente, en pleno Arqueano, el tiempo más antiguo de la Tierra. Por lo que hemos podido investigar, va a ser bastante complicado dar un paseo: El oxígeno es escaso, menos del 10% del que hay en el presente, hay mucho dióxido de carbono y también metano, un poderoso gas invernadero. Para internarnos en esta atmósfera irrespirable debemos apelar a nuestros trajes especiales.

Afortunadamente la corteza del planeta ya se ha enfriado lo suficiente como para que existan terrenos sólidos donde pisar. Estos primeros continentes eran más pequeños que los actuales, se movían con mayor rapidez sobre

el material fundido y su posición no tenía nada que ver con la geografía actual.

Gondwana no existía y mucho menos América del Sur: Sus piezas, dispersas como un rompecabezas desordenado, se irán uniendo a lo largo del tiempo. Los vestigios de estos continentes primitivos han quedado preservados en los cratones, que son como el armazón de los continentes. En Argentina rocas de esta edad están en las sierras de Tandil, que son parte del llamado Cratón del Río de la Plata.

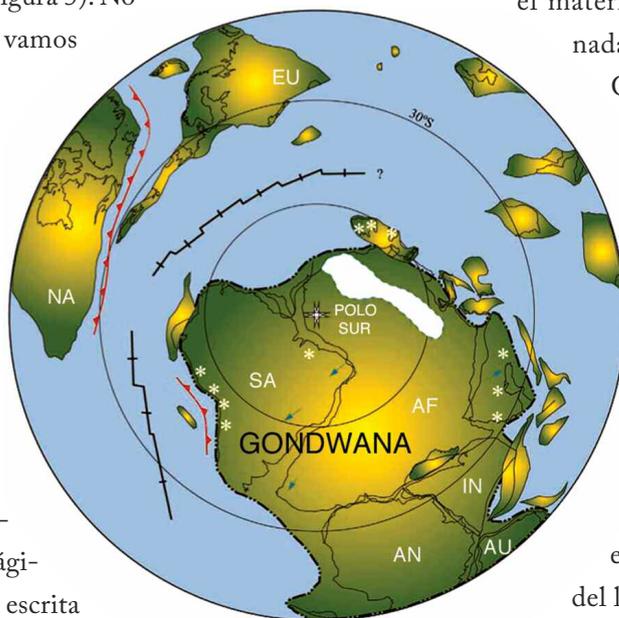


Figura 4. La geografía de la Tierra en Período Ordovícico (450 Ma). El gran continente de Gondwana se extiende desde el Polo Sur hasta más allá del Ecuador (el contorno del mapa). En blanco: casquete glacial. Asteriscos: zonas de glaciación. Las líneas negras indican zonas de separación de continentes (expansión del fondo oceánico); las rojas indican zonas de convergencia y colisión de placas. AF: África; AU: Australia; EU: Europa; IN: India; NA: América del Norte; SA: América del Sur (simplificado de Cocks y Torsvik, 2006).



Figura 5. Reconstrucción de una comunidad marina de la Precordillera argentina durante el Período Ordovícico. La reconstrucción pertenece a la Muestra Paleontológica "500 millones de años de viaje submarino. La vida en los mares primitivos" expuesta desde 2012 en la Academia Nacional de Ciencias (Diseño: Santiago Druetta).

Los continentes a fines del Arqueano tienen aspecto de tierra arrasada, no hay un solo vestigio de vida, sólo rocas desnudas y gases volcánicos (Foto de portada). Nuevamente debemos sumergirnos en las aguas oceánicas –por suerte bastante cálidas por el efecto invernadero– para buscar una respuesta. A simple vista no vemos nada, sólo percibimos cierta turbidez, pero si sacamos una muestra y la observamos al microscopio quedaremos asombrados por la cantidad de microorganismos que pululan en el agua. Son bacterias, muchas de ellas capaces de realizar fotosíntesis, como las llamadas cianobacterias. A pesar de que la radiación solar es casi un tercio menor que en el presente, la luz posibilita la fotosíntesis, una reacción química que consume CO_2 y desprende oxígeno que se va concentrando en la atmósfera. Esta fue la primera gran contaminación ambiental del planeta producida por seres vivos. Lo más notable es que la presencia de oxígeno libre en los mares y en la atmósfera abrió las puertas para que evolucionen organismos cada vez más complejos que, al igual que nosotros, lo consumen para obtener energía.

Buscando los orígenes

El sistema solar –Tierra incluida– se originó a partir de la condensación de una nebulosa incandescente de polvo y gases hace alrededor de 4500 millones de años. Pero la Tierra es joven si la comparamos con los 13000 millones de años de edad que tiene el universo (tomando como punto de partida el célebre Big-Bang).

A partir de su nacimiento nuestro planeta no ha cesado de enfriarse y cambiar de aspecto. Al principio estaba envuelto por un mar de lava, luego se formaron los primeros esbozos de continentes, se condensó el vapor de agua formando los océanos y en ellos evolucionó la vida. Los primeros seres eran muy simples, más tarde dominaron las bacterias que vimos en nuestra última parada, luego aparecieron las células con núcleo y después se diversificaron los seres multicelulares más complejos. Por último, algunos organismos abandonaron el agua para colonizar la tierra firme poblando los continentes con una enorme variedad de plantas y animales. Al final de nuestro vertiginoso viaje imaginario nos damos cuenta que la vida evolucionó en un marco geográfico y climático extremadamente cambiante y es muy posible que este haya sido el principal motor de la evolución.

RB

Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

- Gould, S.J. (1991). La vida maravillosa. Ed. Crítica, Barcelona, 447 p.
- Ponce, J.F. y Rabassa, J. (2012). La plataforma submarina y la costa atlántica argentina durante los últimos 22.000 años. *Ciencia Hoy* 22 (127): 51–56.
- Sánchez, T.M. (2012). La historia de la vida en pocas palabras. Ed. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba, 206 p.