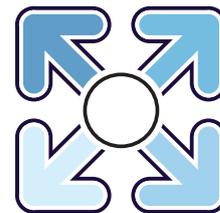


Los que aquí vivieron

Paleontología argentina

MIRADAS



DE LA ARGENTINA
Descubriendo el patrimonio
natural y cultural del país



**María Florencia
Pisano y
Karen Halpern**

Con la coordinación de
Tristán Simanauskas



Ministerio de
Educación
Presidencia de la Nación

PLAN LECTURA



PROGRAMA EDUCATIVO NACIONAL
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA LECTURA

F H N

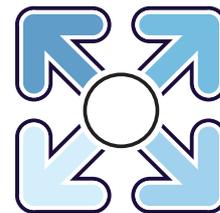
FUNDACIÓN
DE HISTORIA NATURAL
FÉLIX DE AZARA

Los que aquí vivieron

Paleontología argentina

2009

MIRADAS



DE LA ARGENTINA
Descubriendo el patrimonio
natural y cultural del país

**María Florencia
Pisano y
Karen Halpern**

Con la coordinación de
Tristán Simanauskas



Ministerio de
Educación

Presidencia de la Nación

PLAN LECTURA



PROGRAMA EDUCATIVO NACIONAL
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA LECTURA

F H N

FUNDACIÓN
DE HISTORIA NATURAL
FÉLIX DE AZARA

Serie:

“Miradas de la Argentina”.
Descubriendo el patrimonio natural y cultural del país.

Título:

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina.

Contenidos de este título:

María Florencia Pisano y Karen Halpern
Biólogas y paleontólogas

Coordinación: Tristán Simanauskas

Diseño gráfico y diagramación:

Mariano Masariche

Palabras claves: Paleontología, fósiles, evolución, tiempo geológico, sistemática, tafonomía.

Halpern, Karen

Los que aquí vivieron: paleontología Argentina / Karen Halpern y Maria Florencia Pisano; coordinado por Tristán Simanauskas. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara: Ministerio de Educación de la Nación, 2009.

150 p.; 30x21 cm. - (Miradas Argentinas, descubriendo el patrimonio natural y cultural del país / Adrián Giacchino)

ISBN 978-987-25346-0-8

1. Patrimonio Cultural. I. Pisano, Maria Florencia II. Simanauskas, Tristán, coord. III. Título
CDD 363.69

Fecha de catalogación: 07/09/2009



 Universidad Maimónides

Fundación de Historia Natural Félix de Azara
Departamento de Ciencias Naturales y Antropología
CEBBAD - Instituto Superior de Investigaciones
Universidad Maimónides
Valentín Virasoro 732 (C1405BDB),
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.
Teléfono: 011-4905-1100 (int. 1228).
E-mail: secretaria@fundacionazara.org.ar
Página web: www.fundacionazara.org.ar

Serie desarrollada en el marco de un convenio entre el Ministerio de Educación de la Nación y la Fundación de Historia Natural Félix de Azara.

2009



Agradecimientos

A nuestras familias, y en especial, a nuestros padres: Olga y Alejandro Halpern, y Ana y Félix Pisano por brindarnos su apoyo incondicionalmente desde el primer día.

A nuestros compañeros, amigos y ahora colegas, por hacer más amenas las horas de cursadas, por lo recuerdos, los mates y los viajes compartidos.

A nuestros profesores, por habernos enseñado lo bueno y malo de esta carrera, y sin embargo, aquí estamos.



- 6 Una pequeña introducción.**
- 9 Capítulo 1.** En piedra te convertirás.
- 21 Capítulo 2.** Cada cosa en su lugar.
- 29 Capítulo 3.** La evolución de una revolución.
- 39 Capítulo 4.** El comienzo de una fantástica historia.
- 51 Capítulo 5.** La escala del tiempo: una gran Mamushka. Paleozoico Inferior.
- 67 Capítulo 6.** Paleozoico Medio: curioseando en tierras desconocidas.
- 81 Capítulo 7.** Paleozoico Superior, como hermanos siameses.
- 95 Capítulo 8.** Tierra media. 1ra Parte: El período Triásico.
- 109 Capítulo 9.** 2da Parte: El período Jurásico.
- 119 Capítulo 10.** 3ra. Parte: El período Cretácico.
- 137 Capítulo 11.** Tiempos modernos.
- 155 Capítulo 12.** Gran Intercambio Biótico Americano.
- 161 Glosario.
Bibliografía.
Sitios de Internet recomendados.**





Los motivos de estas miradas

Los cuadernos “Miradas de la Argentina” producidos por el Ministerio de Educación de la Nación y la Fundación de Historia Natural Félix de Azara son un complemento de las lecturas que docentes y estudiantes necesitan en la actualidad, ya que las temáticas que se han seleccionado, están directamente vinculadas con los programas curriculares de enseñanza de los distintos niveles, cubriendo varios aspectos de interés general para la sociedad.

Los tópicos que aborda la serie, con un profundo sentido federal, abarcan temas muy variados y trascendentes sobre cultura general como son la geología, paleontología, ciencias naturales, museos y sitios históricos, conservación de la biodiversidad, patrimonio intangible e historia del arte argentino. Presentados en títulos tan sugerentes como: **La historia de la Tierra contada desde el sur del mundo.** Geología argentina; **Los que aquí vivieron.** Paleontología argentina; **La naturaleza de la patria.** Valor y cuidado de la biodiversidad argentina; **Desde adentro.** Las comunidades originarias de la Argentina; **Casas de cosas.** Museos, monumentos y sitios históricos de la Argentina; **De pinceles y acuarelas.** Patrimonio artístico argentino; y **Aunque no la veamos, la cultura está.** Patrimonio intangible de la Argentina.

Este panorama temático permite descubrir curiosidades y valores perdidos de nuestra historia como país, conocer y reconocer nuestros recursos naturales y culturales, al mismo tiempo que –seguramente– generara un nuevo sentido de pertenencia sobre la Argentina, para todos los que accedan a esta información.

Los cuadernos están realizados por diversos especialistas con amplia trayectoria en las materias que abordan. Todos, además, han transitado el camino de la docencia, con las ventajas que esto implica en el tratamiento del lenguaje, la selección de contenidos y la intencionalidad de una divulgación que mantenga el rigor científico e histórico, pero sin descuidar la amenidad, dando una “mirada” personal a cada tema.

El trabajo se complementa con una bibliografía selecta que permitirá profundizar conceptos y un conjunto de páginas web y organismos que trabajan sobre el asunto, lo mismo que un glosario de términos técnicos.

En el caso de **Los que aquí vivieron**, se presenta –a cargo de las biólogas y paleontólogas Karen Halpern y María Florencia Pisano, con la coordinación general de Tristán Simanuskas– una síntesis sobre la historia de la vida en nuestro planeta, principalmente a partir de lo que nos cuentan la geología y las evidencias fósiles de nuestro suelo.

Lic. Carlos Fernández Balboa



A modo de introducción

La **paleontología** es la ciencia que estudia los organismos antiguos, en su mayoría extinguidos, y que han sido preservados en las rocas como **fósiles**.

Esta disciplina tiene como objetivo reconstruir a los organismos del pasado, su aspecto y comportamiento; de que manera se relacionaban con el medio que habitaron, en otras palabras, su modo de vida.

La paleontología pretende también comprender las relaciones de parentesco entre los distintos organismos y su evolución, su aparición en el tiempo o biocronoestratigrafía, así como los cambios globales que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra. Se apoya en tres pilares fundamentales de los cuales se nutre y sobre los que descansa: la sistemática, la paleoecología y la estratigrafía, y ningún trabajo paleontológico podía desconocerlos o no tenerlos en cuenta.

La **sistemática**, se ocupa del estudio de la clasificación de las especies y de su ordenación en el tiempo dando cuenta de la historia evolutiva. La **paleoecología** es el estudio de los fósiles y de las rocas que los contienen para poder reconstruir los ambientes en los cuales vivían los seres del pasado y finalmente, la **estratigrafía** permite reconocer la procedencia de los fósiles y su antigüedad, otorgando un contexto ambiental y temporal, sin el cual los fósiles se encontrarían desubicados y desnudos.



La paleontología como disciplina ocupa una posición intermedia y muchos científicos consideran que actúa de enlace entre la biología y geología, utilizando métodos de investigación de ambas ciencias y también propios.

Podemos resumir los problemas que trata la paleontología en tres grupos diferentes: los procesos que los organismos atraviesan para convertirse en fósiles o **tafonomía**; el significado biológico de los fósiles, la **paleobiología** y finalmente el lugar que ocupan los fósiles en el tiempo geológico o **bioestratigrafía**.

¿Qué motiva a una persona a ser paleontólogo? Probablemente, ésta pregunta tenga tantas respuestas como paleontólogos haya en nuestro país.

Nuestros motivos pueden resumirse en una frase famosa de Charles Lyell: “*el pasado es la llave del presente*”.

En ocasiones, el estudio del pasado puede darnos muchas pistas de lo que ocurre en el presente, pero el hecho de conocer como surgió y evolucionó la vida es realmente fascinante, intrigante y maravilloso al mismo tiempo. Esas tres sensaciones, nos motivan a trabajar arduamente, para poder conocer un poco más acerca del pasado de la vida en la Tierra. Nuestro máximo logro sería dejar un granito de arena para que, en un futuro cercano, todos podamos entender de qué se trata realmente la evolución. Y dar a conocer al mundo, el lugar importante que ocupa la paleontología en nuestro país, una disciplina con raíces profundas y frutos aún mejores.





Capítulo 1.

En piedra te convertirás



En la mitología griega, Medusa, la criatura con serpientes en lugar de cabello, tenía la capacidad de transformar a aquellos que la vieran a los ojos en piedra. También el Rey Midas, era capaz de transformar todo lo que tocara en oro...

Pero la naturaleza no se queda atrás, como una diosa o reina más, también se empeña en transformar en piedra a unos pocos elegidos. ¿Creen que es un camino fácil? Prepárense para conocer los procesos que un organismo debe superar para convertirse en fósil.

Las chances de ser piedra

La vida de un organismo esta compuesta por innumerables procesos que realiza cada día para sobrevivir. En primer lugar construye y mantiene en constante reparación su propio cuerpo que lo caracteriza como ser vivo. Pero este proceso de construcción y conservación de su cuerpo, demanda conductas que dejan "marcas" tanto en otros organismos como en el ambiente. Se cubre con caparazones rígidos o con suaves plumas, desarrolla dientes, músculos y huesos, deja marcas en los organismos de los que se alimenta o restos semidigeridos de sus alimentos por allí esparcidos y por supuesto también huellas en el sedimento de su paso o su crecimiento. Es decir que un organismo va produciendo muchas pruebas de su existencia y de sus hábitos durante el transcurso de su vida, incluido su último gran acto, la muerte.

Al dar un paseo por la playa, las huellas que vamos dejando en la arena se desvanecen rápidamente por la acción de las olas, y el cuerpo en descomposición de un pez que nos detenemos a observar será solo huesos en unos días y "nada" en unos años.

Todos los elementos que pertenecen a la biosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la litosfera, del planeta en su totalidad, forman parte de ciclos en donde la materia se usa y se recicla constantemente. Lo usual es que las huellas o trazas, sean borradas y que la materia orgánica que conforma el cuerpo sea reciclada. En otras palabras, los ciclos borran toda evidencia.

¿Cómo puede la naturaleza entonces conservar mis huellas y los restos del pez, para que sean hallados dentro de miles de años? ¿Cómo se produce la mirada de Medusa o el toque del Rey Midas de la naturaleza? Es que toda regla tiene una excepción y un fósil es la excepción a la regla de la dinámica planetaria. Si el cuerpo o marcas de su actividad se encuentran en el lugar y momento adecuados, existen muchas chances que las mismas se conserven en el tiempo al transformarse en piedra, al hacerse fósil.





Trabajos de extracción de restos fósiles en el yacimiento paleontológico de La Buitrera, provincia de Río Negro.

La palabra fósil significa “lo que se extrae de las rocas” o “lo que se obtiene excavando”. Probablemente al mencionar **fósil** pensemos automáticamente, en los bosques petrificados, o en los restos de algún gran dinosaurio descubierto recientemente, la idea colectiva de un resto petrificado son quizás los fósiles más conocidos. Si bien esta idea es correcta, cuando los paleontólogos nos referimos a fósiles, incluimos muchas cosas más.

Científicamente un fósil se define como cualquier resto de plantas o animales, molde o evidencias de su vida dejados en los sedimentos, y que presenten una antigüedad de más de 10.000 años. Y el **registro fósil** incluye a todos los hallazgos documentados de fósiles, así como los que aún serán descubiertos y descritos, contenidos en las rocas sedimentarias.



Los fósiles son la fuente más valiosa de información sobre la vida pasada y su evolución y forman parte del patrimonio científico y cultural de la humanidad, por este motivo es obligación de todos protegerlos y también es sumamente grato conocerlos.

En la Argentina contamos con una gran cantidad de yacimientos y especímenes que enriquecen nuestro patrimonio y dan cuenta de la historia más remota de nuestro territorio.

Las distintas clases de fósiles

Los organismos no son todos iguales y los fósiles que pueden encontrarse tampoco.

Los gusanos o las aguas vivas, están formados exclusivamente de partes blandas, por lo cual su hallazgo es raro y excepcional, como también lo es, las impresiones de la piel e incluso los moldes de los intestinos u órganos internos. Por el contrario encontrar petrificaciones de las partes duras es un evento más común.

Cuando un organismo es enterrado en el sedimento, sus partes duras pueden disolverse por el agua subterránea por ejemplo. Sin embargo, si el sedimento que lo rodeaba se rellena con minerales que lo endurecen puede formarse un molde. Si este refleja fielmente la forma y



ICNOFÓSILES. Huellas de un megaterio (perezoso gigante extinto), descubiertas en la costa de la provincia de Buenos Aires.



las marcas superficiales del organismo se lo conoce como molde externo, por el contrario si rellenan espacios huecos centrales se creará un molde interno el cual es, una réplica bastante fiel de las estructuras internas de los organismos.

Muchas veces, los organismos desaparecen pero los restos de su actividad orgánica no. Se habla entonces de **icnofósiles** para nombrar al conjunto de pistas o trazas fósiles que incluyen cuevas, pisadas, rastros, perforaciones y cualquier otro rastro que haya sido producido por un ser vivo.

Los paleontólogos trabajan con todas estas evidencias, los restos de los organismos, sus moldes y las marcas de su actividad.

La posta de la mortem

La tafonomía es una rama de la paleontología que estudia específicamente la historia de los organismos después de la muerte o procesos *post-mortem*, además del origen, formación e incorporación de fósiles en el registro geológico. La palabra, proviene del griego *taphos* (tumba) y *nomos* (ley), es decir que estudia los procesos de fosilización y las leyes que gobiernan el pasaje de los restos orgánicos de la biósfera a la litósfera. En otras palabras, la tafonomía abarca todos los procesos que afectan a los organismos desde el momento de su muerte hasta que son incorporados al registro fósil en forma de "rocas".

Mientras que la paleoecología, incluye el estudio de todos los procesos que sufrió un organismo desde su nacimiento hasta su muerte. Pero la definición, de hecho, es más abarcativa: la paleoecología es el estudio de las relaciones que tuvieron lugar, en el pasado geológico, entre los organismos vivos en ese entonces y su medio ambiente. Luego de la muerte entraríamos si, al campo de la tafonomía.

La Sherlock Holmes de la paleontología

La tafonomía es Sherlock Holmes, un detective inteligente y metódico que intenta reconstruir la historia ocurrida desde la muerte de los organismos hasta que son encontrados. Las subdisciplinas que forman parte de la tafonomía son la bioestratinomía y la fósil-diagénesis. Veamos un poco de qué se trata todo esto.

En primer lugar hay que conocer aquellos factores ambientales que afectan a los organismos, en el período que va desde su muerte hasta





El camino que recorre un organismo desde que muere hasta que es encontrado en el campo, es muy largo y está marcado por una compleja serie de procesos de alteración, reestructuración y degradación del material biogénico original.

el enterramiento final del cuerpo o parte de él. De esto, entre otras cuestiones, se ocupa la **biostratinomía**.

Esta rama de la ciencia podemos definirla como los procesos que tuvieron lugar mientras los restos estuvieron al descubierto. Nos puede dar información acerca de las causas de la muerte del organismo, el agente y el tipo de transporte que sufrió hasta su enterramiento y el tipo de sedimentación del medio. Los factores que intervienen durante esta etapa pueden ser mecánicos, como las corrientes de agua o la abrasión por viento. En algunos casos, las partes mineralizadas pueden disolverse dependiendo, por ejemplo, de la acidez del agua y en ese caso serían factores químicos; o por último pueden ser de tipo biológicos como la bioerosión que puede destruir o debilitar las partes duras.

En la segunda etapa, hay que tener en cuenta, los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren desde el enterramiento hasta su descubrimiento. Podemos englobar este conjunto, en lo que denominamos la **fósil-diagénesis**, la transformación de los restos por procesos físicos y químicos dentro del sedimento que lo contiene. Nos da una información muy valiosa ya que todos los fenómenos que han afectado al fósil habrán afectado también a la roca que los contiene y viceversa.

Los procesos **diagenéticos** producen alteraciones en la estructura y en la composición del esqueleto, que pueden llegar a destruirlo (disolución, recristalización, reemplazo por elementos distintos de los originales, formación de moldes o pérdida de la forma original por compactación de los sedimentos).

El camino que recorre un organismo desde que muere hasta que es encontrado en el campo, es muy largo y está marcado por una compleja serie de procesos de alteración, reestructuración y degradación del material biogénico original, en su adaptación a las condiciones del ambiente sedimentario, que puede dar como resultados la pérdida total, o parcial o su perfecta conservación en forma de fósiles.

El pasaje a la inmortalidad

La fosilización es el conjunto de procesos que hacen que un organismo, alguna de sus partes o los rastros de su actividad, pasen a formar parte del registro fósil. Su escala de duración se mide en millones de años, es decir que es un proceso que se da muy lentamente. Abarca desde la muerte del organismo hasta el hallazgo de sus restos en un yacimiento paleontológico.

Comienza tras la muerte del organismo y tiene mayores probabilidades de terminar con éxito si el enterramiento de los restos se lleva



a cabo lo antes posible. Un enterramiento rápido y en ausencia de oxígeno son las condiciones más importantes para que puedan producirse fósiles de especímenes completos.

Por lo tanto podemos decir, sin miedo a equivocarnos, que los lugares óptimos para preservar son los menos favorables para vivir. Por ejemplo, si un organismo muere en un bosque, automáticamente atraerá a carroñeros, o naturalmente los organismos descomponedores empezarán a actuar sobre él, pero si es transportado por un río, a un lugar sin oxígeno donde la vida está ausente o si es sepultado rápidamente por una avalancha de sedimento, su potencial de preservación aumenta. La premisa principal para obtener restos fósiles es que haya aislamiento de su ambiente natural.

Generalmente, el primer paso en el proceso de fosilización es la desaparición de las partes blandas. Los huesos, dientes, conchillas y exoesqueletos quitinosos (como los que presentan los artrópodos) tienen mayores posibilidades de fosilizar. El proceso completo que producirá el fósil depende tanto del organismo como del sedimento. Algunos autores, frecuentemente distinguen entre conservación y fosilización propiamente dicha. En la conservación puede rescatarse la composición original de la materia orgánica, es poco frecuente pero espectacular en sus resultados. Se puede producir mediante momificación, congelamiento, conservación en brea, o en ámbar.

Vamos a reunir todos los procesos que actúan desde la muerte de un organismo hasta que es preparado para ser exhibido en un museo, decidimos dividir nuestro relato en 5 actos que muestran las distintas etapas de este proceso.

Acto 1: Lo inevitable

Cuando un organismo muere o produce algún tipo de pieza como producto de su actividad vital (hojas que caen, un huevo), se produce una serie de transformaciones: sus restos se descomponen rápidamente por la actividad de bacterias que destruyen la materia orgánica, de animales carroñeros, o la acción de agentes meteóricos como el viento, la lluvia, o las olas del mar.

En la mayoría de los casos, el esqueleto acabaría por reducirse a pocos fragmentos o astillas, bajo el continuo ataque combinado de los carroñeros y los desintegradores.-

Acto 2: El enterramiento

Los lugares más apropiados para la fosilización son océanos y lagos, donde los depósitos sedimentarios, como areniscas y piedras calizas,



Generalmente, el primer paso en el proceso de fosilización es la desaparición de las partes blandas. Los huesos, dientes, conchillas y exoesqueletos quitinosos (como los que presentan los artrópodos) tienen mayores posibilidades de fosilizar.



se acumulan gradualmente. Sin embargo, los restos fósiles no son exclusivos de los ambientes marinos y lacustres y se han encontrados en casi todos los ambientes.

Como mencionamos, todo cuerpo que cae en aguas anóxicas del fondo queda protegido de los carroñeros. Los esqueletos se conservan completos y con sus articulaciones, es decir, con los huesos conectados entre sí. Los animales más pequeños que caen en estos lodos suelen preservarse casi a la perfección, incluso con indicios de la piel y los órganos internos.

Por el contrario, si el esqueleto acaba en un depósito de sedimentos, como el lecho de un río, la desembocadura de un delta, un banco de arena o un campo de dunas, es posible que sea enterrado, debajo de la arena o del barro. En ciertas condiciones, los sedimentos se depositaran con la suficiente rapidez como para sepultar el esqueleto a varios metros de profundidad al cabo de pocos años.

En nuestro país, en la provincia de Neuquén fueron encontradas las nidadas de dinosaurios saurópodos, en la localidad de Auca Mahuida (provincia de Neuquén), de unos 80 millones de años (Cretácico). Los nidos habrían quedado cubiertos por agua y barro, dándose las condiciones para su preservación.

Acto 3: La cementación

Salvo raras excepciones, el proceso de fosilización comienza a partir de la desaparición de las partes blandas, los espacios que antes ocupaban son rellenados por el sedimento circundante. En ese momento empiezan a producirse una serie de transformaciones químicas que poco a poco van sustituyendo los compuestos orgánicos originales por minerales, que al ser más resistentes aumentan las probabilidades de preservación.

A medida que se acumulan los sedimentos, su peso produce fuertes presiones en las capas que se encuentran por debajo, que provocan la salida del agua contenida en los poros y la cementación de los granos disueltos de arena o de barro.

La cementación es la última etapa que sufren los sedimentos sueltos antes de convertirse en rocas sedimentarias. El **cemento** es un conjunto de minerales hidratados, disueltos en los poros que precipita formando una sustancia de relleno, cerrando los espacios y uniendo los granos. El agua rica en minerales también afecta a los organismos sepultados, y los espacios porosos que hay en su interior tienden a llenarse de minerales (como la calcita, el carbonato cálcico, o el óxido de hierro). Así se da el proceso de **petrificación**, transformación en



Salvo raras excepciones, el proceso de fosilización comienza a partir de la desaparición de las partes blandas, los espacios que antes ocupaban son rellenados por el sedimento circundante.



piedra, y ésta es la razón por la que los huesos fósiles son mucho más pesados que los otros.

Esta transformación depende de la composición química del fósil en cuestión (hueso, concha o tronco) y la del sedimento que lo contiene, si esta combinación es favorable, la sustitución se realizará molécula a molécula, durante un largo, muy largo período de tiempo, hasta que el organismo esté completamente mineralizado, es decir, convertido en piedra (esta expresión puede ser reemplazada por la palabra técnica litificado).

Obviamente las partes duras que conforman los esqueletos (conchillas o hueso), que contienen una gran cantidad de materia mineral se conservan con más facilidad, mientras que el tejido blando tiene menos oportunidades de conservarse, en condiciones normales.

Si las aguas de los poros eran ligeramente ácidas, algunos de los componentes de los huesos o partes duras (como los dientes) podrían disolverse. También, pueden ocurrir alteraciones importantes en las proximidades del depósito. En la corteza terrestre son frecuentes los plegamientos, los terremotos y las erupciones volcánicas que afectan las rocas haciendo que se compriman o se calienten lo suficiente como para distorsionar o destruir los fósiles.

El proceso de fosilización es un proceso selectivo, de manera que la probabilidad de que un organismo, o alguna parte de él, resistan el paso del tiempo y se convierta en un fósil va a depender de su composición química y de las características físicas y químicas del medio al que estuvo expuesto.

¿Qué tipo de petrificaciones se pueden producir?

La **carbonatación** es el proceso de fosilización más frecuente, dada la abundancia de calcita tanto en las rocas sedimentarias como en las conchas y caparazones de muchos invertebrados.

La **carbonificación**, es el mecanismo de fosilización de organismos o partes de organismos ricos en carbono, tales como las plantas y los exoesqueletos de los artrópodos. Explicaremos con mayor detalle este proceso, debido a que es quizás menos conocido y es el modo de preservación más abundante para conservar restos vegetales, como las hojas. Se produce cuando un sedimento fino encierra los restos de un organismo. A medida que pasa el tiempo, la presión empuja hacia fuera los componentes líquidos y gaseosos, dejando solamente una fina lámina de carbón, que mantiene con gran detalle la estructura del resto preservado.



El proceso de fosilización es selectivo, la probabilidad de que un organismo, o alguna parte de él, resistan el paso del tiempo y se convierta en un fósil va a depender de su composición química y de las características físicas y químicas del medio al que estuvo expuesto.



Cuando el carbono es sustituido durante la fosilización por sílice, tiene lugar el proceso conocido como **silicificación**. Suele dar origen a fósiles muy bellos, puesto que su extracción utilizando determinados ácidos no daña el espécimen.

La **piritización** se produce cuando el organismo se descompone en condiciones anaeróbicas, produciéndose ácido sulfhídrico que reacciona con las sales de hierro presentes en el agua, dando como resultado marcasita o piritita que son las que sustituyen a la materia orgánica. La piritita da como resultado fósiles brillantes, estables y bien conservados, mientras que la marcasita se oxida de nuevo al entrar en contacto con el oxígeno.

Por último, la **fosfatación** es el mecanismo más frecuente de fosilización para los huesos y dientes de vertebrados. Se produce al añadirse al fosfato cálcico que poseen estas partes de los seres vivos un aporte adicional de carbonato cálcico proveniente del sedimento.



Acto 4: A un paso del cielo

Siguiendo con las etapas de este pasaje a la vida inmortal, todavía es necesario sortear algunos obstáculos más. Las rocas sedimentarias que contienen los fósiles deben ser elevadas hasta la superficie de la Tierra.

En otras palabras, lo que en algún momento fue una zona negativa en donde los sedimentos se acumularon, tiene que quedar accesibles en la superficie para que el viento, la lluvia y el agua arranquen los granos de roca hasta desenterrar y exponer alguna parte de los fósiles.

Desde luego, es probable que los fósiles que la erosión deja al descubierto se desintegren antes de que un científico tenga oportunidad de encontrarlos, de modo que incluso en esta etapa se produce una pérdida importante de especímenes e información.

Si por causa de la erosión, o por la acción del hombre la roca que lo contiene queda expuesta en la superficie, estará sometida a los mismos procesos erosivos a los que se ve sometido el relieve, y se destruirá en un tiempo más o menos corto.

Acto 5: Alcanzando la fama

Cuando los restos quedan expuestos, son recolectados por los científicos. En muchos casos los mismos vecinos de una ciudad avisan a las autoridades de estos hallazgos, siendo de gran ayuda para protegerlos.

El paleontólogo y los técnicos prepararán un viaje de campo para poder extraerlo y además realizarán una búsqueda exhaustiva en las

Para que un fósil quede expuesto, lo que en algún momento fue una zona negativa en donde los sedimentos se acumularon, tiene que quedar accesible en la superficie para que el viento, la lluvia y el agua arranquen los granos de roca hasta desenterrar alguna parte del fósil.



zonas cercanas para intentar recuperar más restos que todavía permanezcan ocultos.

Luego serán transportados al museo, en donde son preparados (se los limpia, y reparan ciertas partes que pudieran estar dañadas o debilitadas), y luego estarán listos para ser estudiados y en algunos casos exhibidos en las vitrinas de los museos, para poder ser conocidos por todos.

Después de todos los contratiempos por lo cuales tubo que pasar nuestro prototipo de fósil, desde su muerte hasta ser descubierto, queda claro que la fosilización es un hecho raro y excepcional en todos los casos. La materia se recicla (desde siempre), y los fósiles son una excepción a ese proceso. Por lo cual, cualquier resto que puede ser preservado y encontrado constituye por si misma un fuente de información que no debe ser despreciada en ningún caso. Incluso su ausencia es de vital importancia para el estudio de la Paleontología.

El valor de los fósiles

Desde que se formó la corteza terrestre hasta la actualidad, la tierra ha ido cambiando. Las masas continentales se encuentran ahora en áreas muy distintas de las que tenían hace 50, 130, 200 o 500 millones de años. La configuración de mares y continentes sigue cambiando en la actualidad y lo hará en el futuro.

Estos cambios están asociados a una serie de factores entre los que destaca la expansión del fondo oceánico que hace mover las placas en las que se divide la corteza terrestre; echo que se conoce como tectónica de placas.

Los fósiles son herramientas importantes para interpretar el pasado geológico. Conocer la naturaleza de las formas vivas que existieron en un momento concreto ayuda a comprender las condiciones ambientales del pasado. Además son indicadores cronológicos importantes y desempeñan un papel clave en la correlación de las rocas de edades similares que proceden de diferentes lugares. Los restos de muchos organismos constituyen acumulaciones orgánicas que dan origen a rocas, de gran importancia económica como carbón, diatomita, bancos calcáreos, creta o el petróleo.

Las especies de animales y plantas tienen y han tenido una distribución espacial que refleja la disposición de las placas a lo largo del tiempo. Las relaciones espaciales (la distribución de los grupos en las distintas regiones del globo) y temporales (el orden en que han aparecido y desaparecido en el registro geológico) principalmente, son las herramientas con las que cuenta la bioestratigrafía.



La bioestratigrafía permite apreciar la utilidad de los fósiles en la interpretación de los eventos geológicos que ocurrieron a lo largo de la vida terrestre. Es una parte de la estratigrafía que se centra principalmente en los restos o evidencias de la vida pasada conservados en los estratos que forman las rocas sedimentarias y de la organización de éstos en unidades definidas y reconocidas por su contenido fósil.

Esta disciplina utiliza a los fósiles como una herramienta poderosa para poder definir las edades relativas de los estratos y de este modo poder correlacionarlos con otros cuerpos de rocas que se encuentran en distintas regiones de un mismo país e incluso establece relaciones con otros continentes.

William Smith, era ingeniero y constructor de canales, pero por sobre todo era un gran observador. Mientras realizaba su trabajo notó que cada conjunto de rocas (formación litológica) contenía fósiles diferentes de los encontrados en los estratos superiores o inferiores.

Los fósiles no se encuentran en las rocas de manera fortuita, sino en una secuencia bien definida, es decir que los fósiles se encuentran presentes en las rocas con un orden definido y que pueden ser perfectamente identificables y por lo tanto las rocas formadas durante un intervalo particular de tiempo, pueden ser reconocidas por su **contenido fósil**. Este concepto es el principal principio de la bioestratigrafía y se conoce como: el **Principio de la Sucesión Faunística**, el cual establece que cada intervalo de tiempo de la historia de la Tierra se caracteriza por organismos que son diferentes e irrepetibles. Por lo tanto, cada estrato, va a estar caracterizado por una asociación de restos fósiles, y estratos con idénticas asociaciones fósiles podrán ser asignados a la misma edad.



Capítulo 2.

Cada cosa en su lugar



Desde sus orígenes, el ser humano ha tenido la necesidad de clasificar todo lo que conoce.

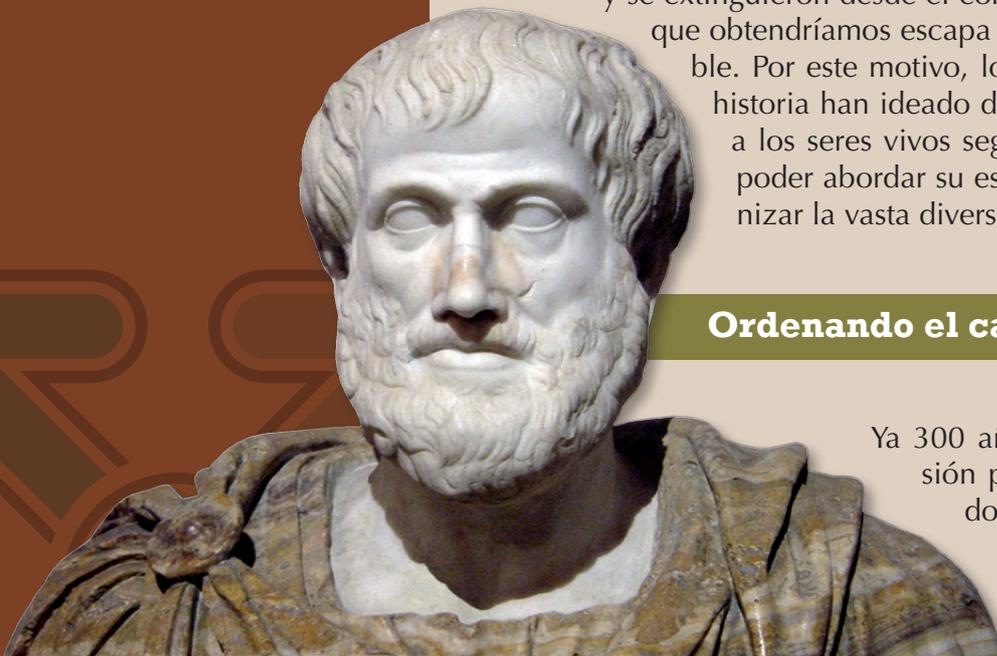
Los objetos de mi casa los clasifico en tres grandes grupos o conjuntos, muebles, electrodomésticos y ropa. El conjunto de los muebles incluye todos aquellos artefactos que utilizo para acomodar otros objetos, para comodidad personal o adorno de mi casa.

En mi cocina en particular, identifico dos de estas clases, las que utilizo para apoyar y guardar cosas y los que utilizo para sentarme. En este último caso, también podría diferenciar aquellos que tienen respaldo y que llamo sillas, de las que no lo tienen y que denomino banquetas. Estos conceptos son comprendidos por todos porque las palabras: mesa, silla y banqueta son una convención que existe entre todos los que hablamos el idioma castellano. La utilización de términos o palabras para saber de qué estamos hablando, es nuestro modo de comunicarnos y de dar cuenta del mundo que nos rodea. No sólo es una herramienta, es una característica innata del ser humano. “Los seres vivos” también forman un conjunto, el cual no escapa a nuestra necesidad de ponerle nombres, diferenciarlos y clasificarlos.

Desde que la vida surgió hace 3.500 millones de años, los seres vivos se han ido diferenciando generación tras generación, en un proceso de diversificación y evolución continua. En nuestros días se estima que están descritas alrededor de 1,5 millones de especies vivientes, y si consideramos además, el número de especies que aparecieron y se extinguieron desde el comienzo de la vida, el número que obtendríamos escapa de cualquier unidad manejable. Por este motivo, los científicos a lo largo de la historia han ideado diversos sistemas para agrupar a los seres vivos según sus características y para poder abordar su estudio se han propuesto organizar la vasta diversidad de organismos.



El filósofo griego Aristóteles fue uno de los primeros en catalogar el mundo que lo rodeaba.



Ordenando el caos

Ya 300 años antes de Cristo, la obsesión por el orden invadía el mundo. Aristóteles, un famoso filósofo griego, fue uno de los primeros en catalogar el mundo que lo rodeaba. En la edad antigua, incorporó los conceptos de “vivo” y

“no vivo”, y consideraba que lo “vivo” surgía de lo “no vivo”. Por ejemplo, él observaba que luego de las lluvias los peces y los anfibios eran abundantes, por lo tanto deducía que estos debían surgir del



agua. De este modo, es fácil imaginarnos que en la clase de lo “vivo” se incluían las plantas y los animales y dentro de la clase de lo “no vivo” estaban los minerales, las piedras preciosas y hasta las rocas volcánicas. Y ¿dónde se imaginan que estaban los fósiles? En realidad podríamos decir que estaban a mitad de camino: a las piedras con formas de animales o plantas, se las interpretaba como que no eran más que rocas que habían intentado frustradamente dar origen a un ser vivo.

En el siglo XVIII, el botánico suizo, Carl von Linneo clasificó todos los organismos conocidos en dos grandes grupos: los reinos Plantae y Animalia. Robert Whitaker, en 1969, propuso cinco reinos que permiten incluir a todos los organismos. Los reinos Plantae y Animalia, el reino Fungi, de los hongos, y Protistas, en los cuales se encuentran organismos microscópicos con células eucariotas, como las algas y los protozoos. El último reino, Monera, incluye a los procariontes, es decir, las bacterias y algas verdeazules o cianobacterias, que no poseen un núcleo ni orgánulos definidos. Con el transcurso del tiempo, se han propuesto otros esquemas con más reinos, sin embargo, la mayor parte de los biólogos emplean el sistema de Whitaker de los cinco reinos.



El botánico suizo Carl von Linneo clasificó todos los organismos conocidos en dos grandes grupos: los reinos Plantae y Animalia.

Para entenderse hay que hablar el mismo idioma...

Un investigador que ha trabajado durante años para interpretar los ladridos de los perros, ha llegado a una reveladora conclusión. Entusiasmado con sus resultados decide dar a conocer su noticia al mundo, el artículo que ha escrito se llama: “Comprender el ladrido de los perros”. A pesar de ser un artículo sumamente interesante, y que haría más fácil la convivencia con nuestra mascota, estamos seguros de que su trabajo no tendrá la difusión internacional que él quiere, ¿Se imaginan porque?

Todos los que hablamos la lengua castellana tenemos en claro que es un perro, como pasa con las palabras sillas y banquetas también en este caso tenemos un código entre todos para saber a que estoy haciendo referencia. Pero que pasaría si un investigador francés, alemán o ruso tuviera acceso al texto. Seguramente no pasaría nada, porque



ninguna de las palabras del texto representa nada para ellos, por lo cual el artículo terminaría en la pila de revistas viejas.

¿Cómo podemos ayudar a resolver este problema? Podemos hacerlo de una manera muy simple: el título del texto podría ser: *Canis familiaris*, código para comprenderlos. La comunidad científica de todo el mundo sabe que hay solo un grupo que recibe ese nombre. De este modo todos sabemos de qué estamos hablando y no hay posibilidades de interpretaciones equivocadas, y todos los interesados o los que trabajan en este caso con nuestra querida mascota, harán traducir el texto a su propio idioma.

Más allá de lo complicado que puedan resultar algunos nombres, la utilidad que tiene en la comunidad científica es indudable. La nomenclatura (la traducción literal de esta palabra es “llamar por su nombre”) sirve para que los científicos tengan un lenguaje común, y puedan entender de que estamos hablando, aunque todos hablemos distintos idiomas.

Las cosas por su nombre

El sistema de nomenclatura más utilizado, con algunas modificaciones, es el sistema “Linneano” creado por el botánico sueco Carl von Linné (1707-1778) en el siglo XVIII. Dentro de este sistema para nombrar a las especies se utiliza un nombre compuesto por dos palabras (algo así como un nombre y apellido, que son únicos y exclusivos para cada una de ellas). La primera palabra corresponde al género, que comienza con la letra inicial en mayúscula, y la segunda palabra, que se escribe en minúscula, corresponde a la especie. Ese nombre debe estar en idioma latín, que es una lengua muerta, para que las palabras no cambien y se mantengan a lo largo del tiempo.

Los biólogos y paleontólogos pueden incluir detrás del nombre completo de la especie el nombre de la persona que la describió por primera vez (quién la bautizó) y el año en que esto sucedió.

Por ejemplo, el perro doméstico, la mascota preferida por la gran mayoría de las personas pertenece a la especie llamada *Canis familiaris*. A pesar de las diferencias de aspecto entre las razas, un chihuahua y un mastín, siguen siendo parte de una misma especie. Para no evitar conflictos con la otra mitad, podemos decir que *Felis catus* es el nombre científico del gato doméstico.



La reina del orden

Para el estudio de la clasificación de los seres vivos surgió una disciplina científica llamada “taxonomía” (de la raíz griega *taxís*, que significa ordenación). La taxonomía tiene por objeto agrupar a los seres vivos que presenten semejanzas entre sí y que muestren diferencias con otros seres; estas unidades se clasifican principalmente en siete categorías jerárquicas que de más grande a más pequeña son: Reino, Filo (Tipo), Clase, Orden, Familia, Género y Especie. La siguiente frase, es utilizada por los estudiantes de biología en su primer año de la carrera para recordar la semejante escala de categorías: El rey es un tipo de mucha clase, que ordena para su familia géneros de buena especie.

Este no es más que otro sistema de conjuntos, como mencionábamos anteriormente, en donde se hace evidente la idea de una gran mamushka. Los perros con los lobos y chacales, pertenecen al género *Canis*, y junto con los zorros (del género *Vulpes*) forma la familia de los Cánidos (Canidae). Los Cánidos, junto con los Úrsidos (osos), Félidos (gatos y leones) y otras familias de comedores de carne son agrupados en el Orden de los Carnívoros, que junto con otros Órdenes forman la Clase de los Mamíferos (tienen pelo y producen leche), que a su vez se sitúan dentro de los Vertebrados que pertenece al Reino de los Animales.

Estos conjuntos o categorías, también podrían ser representados con la estructura de un árbol, cuyas ramas se dividen en otras y estas, a su vez, en otras menores; a cada una de las ramas ya sean grandes o pequeñas, desde donde nacen hasta su final, incluyendo todas sus ramificaciones se les denomina “taxón”. El tronco del árbol es el Reino, las ramas principales y más gruesas del tronco son los distintos Filo (División o Tipo), las ramas más finas que salen de estas ramas gruesas son las Clases, las clases se dividen nuevamente, y estas ramas más pequeñas son los Órdenes, y así hasta llegar a las Especies que serían las hojas de ese árbol.

La unidad fundamental de toda la clasificación biológica es la especie. Conceptos de especies ha habido muchos a lo largo de la historia de la clasificación. Una especie biológica es una unidad que representa un grupo de seres vivientes en la que todos sus miembros son capaces de aparearse entre sí y producir crías viables y fértiles. Por ejemplo, todos sabemos instintivamente que gatos y perros son especies diferentes, nunca vimos que tuvieran descendencia entre sí. En algunos casos, los “límites” entre las especies es muy claro, por ejemplo, en los insectos. En los machos, el aparato reproductor posee forma de llave y en la hembra, tiene forma de una cerradura, literalmente. Un tipo de llave sólo cabe en una cerradura, por eso solamente los individuos que pertenezcan a una especie pueden aparearse. De esa manera podemos distinguir claramente las especies de insectos por cual tipo de llave o cerradura posean.



Una especie biológica es una unidad que representa un grupo de seres vivientes en la que todos sus miembros son capaces de aparearse entre sí y producir crías viables y fértiles.



Sin embargo, en algunos casos los límites entre ellas no son tan netos, los caballos y los burros si pueden cruzarse y tener descendencia, la mula. Pero las mulas no son fértiles, reforzando la idea que aunque cercanos, caballos y burros son especies diferentes. En las plantas, la situación es bastante más compleja, ya que pueden hibridarse entre especies de familias diferentes y aún así tener descendencia fértil.

Claves para leer el árbol de la vida

En *El Origen de las Especies*, Darwin, introdujo el concepto que todos los seres vivos formamos una comunidad de descendencia. Con la misma visión, si quisiéramos rastrear nuestros orígenes y contar la historia de nuestros antepasados ¿de qué modo lo haríamos? Seguramente utilizaríamos un método muy clásico, usado desde el siglo XIX, que es el de diseñar un árbol familiar o genealógico. En el cual nuestros bisabuelos ocuparían el tronco principal y las ramas gruesas las formarían nuestros abuelos y tíos abuelos, nuestros padres y tíos, las de menor jerarquía, y por último nosotros y nuestros hijos, seríamos las hojas y los brotes, respectivamente.

Con el mismo fundamento, los biólogos construyen árboles filogenéticos a partir de características que reflejen los grados de parentesco entre organismos, diferenciando grupos antecesores y descendientes, de la misma forma que ordenamos a nuestros parientes, en ramas más gruesas o delgadas, y más cercanas o lejanas.

Lo más importante, que Darwin dejó retratado con la única imagen que puso en su libro, un árbol de parentesco, es que todos los organismos estamos emparentados por un ancestro en común, y es por eso, que todas las ramas del árbol parten de un mismo tronco.

Y nos fuimos por las ramas

Lo primero que hay que entender sobre los árboles filogenéticos o también llamados cladogramas, es que no solo reflejan la historia evolutiva de un grupo de organismos, sino que también revelan el orden natural y la clasificación de los mismos. Ambas disciplinas, la de “nombrar” especies y la de “ordenarlos” según las relaciones de parentesco, van de la mano y a veces es muy difícil separarlas. Incluso, el recurso gráfico que utilizan, para expresar sus resultados, es el mismo.

De hecho, en las clasificaciones, dos géneros como *Canis* y *Vulpes* están emparentados, si bien, hoy forman dos especies diferentes, comparten muchas características comunes, y son reunidos en una misma familia. Por eso, trascendió la propuesta de Linneo, a lo largo de la his-



En *El Origen de las Especies*, Darwin, introdujo el concepto que todos los seres vivos formamos una comunidad de descendencia, emparentados por un ancestro en común, y es por eso, que todas las ramas del árbol parten de un mismo tronco.



toria, la cual se sigue usando y ha sido adaptada a las necesidades de la época, porque no sólo representa un código para nombrar a una especie, sino que también nos indican las relaciones de parentesco que unen y conectan las distintas ramas del árbol genealógico de la vida.

Muchas veces, los árboles filogenéticos que se construyen en paleontología, incluyen una escala temporal que sirve para establecer la longitud y el grosor de las ramas que forman parte del mismo en función del tiempo; esa longitud representa, lo que conocemos como biocrón de los taxones y el grosor, indica su acmé. El biocrón es el lapso de tiempo en que un organismo o grupo taxonómico vivió mientras que, el acmé es el momento en que ese grupo alcanzó su máxima diversidad.

Recapitulando...

Comenzamos el capítulo dando información sobre el número de especies *estimado*; esto quiere decir que a pesar de todos nuestros esfuerzos, no ha sido posible calcularlo de modo preciso. Ya que, aún hoy en día, se siguen encontrando nuevas especies en los impenetrables bosques o selvas, o en las profundidades de los mares. De la misma forma que ocurre entre las especies actuales, los paleontólogos nos encontramos muy frecuentemente con nuevas especies desconocidas.

Volviendo a la analogía, mientras las especies actuales simplemente agregan hojas a este árbol de la vida, las fósiles brindan nueva información acerca de las relaciones de parentesco, es decir, de las conexiones entre las ramas. Este proceso activo genera que las clasificaciones cambien prácticamente a diario, convirtiendo a la sistemática en una ciencia muy dinámica, que se renueva constantemente. Si nos ponemos en estrictos, nunca podríamos terminar de redactar este libro, en el cual se intentaría abarcar toda la diversidad existente. Con todo, seguramente, para cuando reciban estas líneas ya habrán aparecido nuevas clasificaciones y nuevas especies que no hemos mencionado.





Capítulo 3.

La evolución de una revolución



El clásico del domingo

Para los biólogos es muy importante recordar la lucha que existió, constantemente, entre dos posturas que se enfrentaron en el siglo XVIII y que llegó hasta el siglo XIX. El tema que los enfrentaba era, por un lado, el origen de las especies, y por el otro, si éstas cambiaban a lo largo del tiempo o no.

Del Génesis al Diluvio

En los siglos XVII y XVIII, los naturalistas tenían un concepto de la especie, distinto al que tenemos en la actualidad. Las ideas de ese momento se conocen como fijistas o creacionistas. En otras palabras, los científicos de esa época, pensaban que las especies habían sido diseñadas por un ser supremo y que éstas se habían mantenido sin cambios desde el momento de su formación.

Su principal difusor fue un hombre muy reconocido en el círculo científico, Georges Cuvier, y su fiel seguidor, Alcides D'Orbigny. Cuvier fue el fundador de la paleontología de vertebrados como disciplina científica y fue el creador de la anatomía comparada, que es fuente de información muy valiosa para establecer las relaciones de parentesco entre los organismos. Se lo conoce como el padre del catastrofismo, un paradigma que a pesar de los esfuerzos realizados por la comunidad científica, y la adquisición de los nuevos conocimientos en métodos de datación relativa y absoluta, estas ideas quedaron arraigadas en la sociedad hasta el siglo XX.

Para Cuvier, la extinción de las especies se producía por catástrofes naturales, que cíclicamente afectaban el planeta Tierra y consideraba a los restos fósiles como evidencia de estos eventos, como el Diluvio Universal, que habría ocurrido 6,000 años antes del presente. Las sucesivas etapas de extinción y aparición de nuevas especies que colonizaban los espacios vacíos era designados por un ser supremo, El Creador.



Los catastrofistas utilizaban, por ejemplo, los perfiles estratigráficos del Cenozoico (típicos por capas alternantes de fauna marina) para explicar el orden de eventos relatados en La Biblia por medio

Georges Cuvier,
fundador de
la anatomía
comparada y de
la paleontología
de vertebrados
como disciplina
científica.



las fechas extraídas de éste texto, por eso, también se les conoce como creacionistas.

Algo más que 7 días

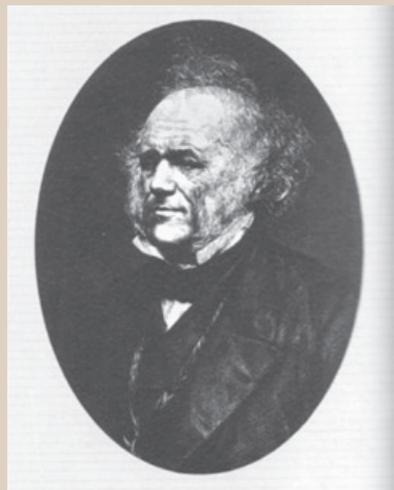
En el año 1809, tiempo en que se gestaba en las calles de Buenos Aires la revolución de Mayo, y nuestros compatriotas tiraban aceite o agua hirviendo, depende la versión que hayan leído en sus libros de historia, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet caballero de Lamarck, o más conocido como Lamarck, presentó su libro *Filosofía Zoológica*, y fue el primer naturalista en concebir la idea que los organismos en la naturaleza cambiaban debido a la influencia del ambiente y que además todos esos cambios son heredables de padres a hijos. Aunque las ideas de Lamarck fueron pasadas por alto, por sus contemporáneos, su propuesta fue el eje de la revolución que proponían los evolucionistas como Darwin o Haeckel.



Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet caballero de Lamarck fue el primer naturalista en concebir la idea que los organismos en la naturaleza cambiaban debido a la influencia del ambiente.

La postura gradualista, surgió en contraposición a las ideas catastrofistas, su principal defensor fue el naturalista Charles Lyell, quien publicó el libro *Los Principios de la Geología*. En este texto propone que la superficie terrestre había adquirido su aspecto por acción de la erosión y la meteorización de las rocas; dichos procesos son lentos y constantes y tardan millones de años en modelar el relieve.

Fue en el año 1830, cuando una publicación *Los Principios de la Geología*, llegó a un joven inglés de 22 años llamado Charles Darwin. Este joven se convirtió en un defensor asiduo de la concepción **gradualista** o uniformitarista de Lyell. Ese mismo año, Juan Manuel de Rosas, cumplía el primer aniversario de su gobernación, en la provincia de Buenos Aires, un personaje que más tarde, habría tenido incidencia en la historia de la biología.



Charles Lyell fue un defensor de las ideas gradualistas, proponía que el aspecto de la superficie de la Tierra era el resultado de procesos que habían actuado a lo largo de millones de años.

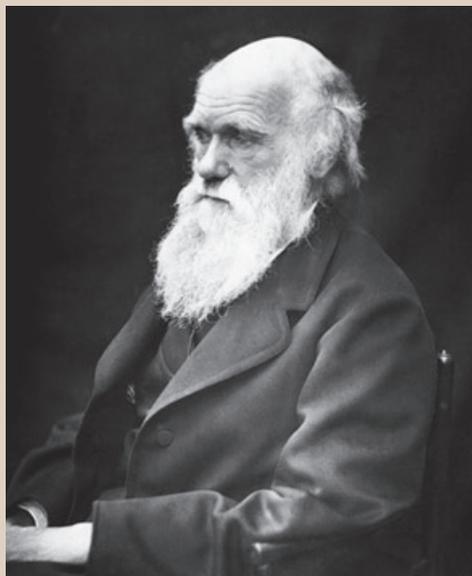


El aporte fundamental de la propuesta gradualista a la evolución es, simplemente, la consideración de una historia del planeta tan larga que no lo podríamos imaginar, tiempo suficiente para que las especies se transformen unas en otras, puedan colonizar distintos hábitats y cumplir diferentes roles ecológicos. Para Darwin, fue la base de su teoría de la evolución. Sin ella, no hubiera sido posible.

La vuelta que cambió al mundo

En 1831, Robert Fitz Roy fue asignado como comandante del navío HMS *Beagle*, para partir el 27 de diciembre del mismo año. Le ofrecieron a Charles Darwin, una invitación que no podría dejar de lado: unirse a la tripulación para ser naturalista del navío que recorriera el mundo por los próximos 5 años.

En la mayor parte del recorrido, el *Beagle* haría la prospección de las costas sudamericanas, dándole a Darwin la oportunidad de explorar libremente el continente y las islas, incluyendo las Galápagos. A medida que avanzaba la expedición, Darwin escribía un cuaderno tras otro con observaciones cuidadosas sobre los animales, las plantas y sobre los aspectos geológicos de esas regiones inhóspitas; también, coleccionaba miles de ejemplares de diferentes especies que eran enviados a Inglaterra para estudios posteriores.



No fue ni más ni menos que J. M. de Rosas, quién en 1832, otorgó los permisos pertinentes a Darwin y la tripulación del *Beagle*, para que pudieran desembarcar en cualquier parte del territorio argentino, incluyendo las islas Malvinas. Al llegar a Bahía Blanca, Darwin se dirigió a Buenos Aires; en el camino, recorrió la costa e hizo observaciones en Tandil y en Sierra de la Ventana, confirmando y ampliando los conocimientos de D'Orbigny, reconoció la similitud de las rocas de Tandil con las observadas en Uruguay y destacó las características

estructurales de las mismas. Reconoció las secuencias terciarias presentes a lo largo de las costas patagónicas así como los afloramientos devónicos de las islas Malvinas. Sus descripciones incluyen Tierra del Fuego, donde estudió la litología y estructura de los depósitos, dando cuenta de la presencia de estratos arcillosos cretácicos.



Charles Darwin,
autor de “El Origen
de las Especies”.



Junto con la tripulación recorrió la costa chilena pero, al detenerse, Darwin decidió cruzar la cordillera a la altura del Valle de Uco y así llegó a la ciudad de Mendoza, donde permaneció sólo por un día. El regreso a Chile lo hizo por el camino de Villavicencio, paso obligado al país vecino por aquellas épocas. Fue el primer naturalista en realizar el trazado de la geología del lugar, donde descubrió un yacimiento de árboles petrificados: el **bosque petrificado del Triásico de Paramillos**. Éste viaje provocó en Darwin un cambio de concepción sobre el tiempo geológico y la evolución.

Este joven, zarpó con 22 años cuando aún era un estudiante universitario que, planeaba seguir una carrera como clérigo. Para cuando regresó, con 27 años, se había convertido en un naturalista bien conocido en Londres y en toda Europa, por las increíbles colecciones que había enviado durante el transcurso del viaje. Cuando volvió a Inglaterra, había tanto material para catalogar, que no fue hasta 15 años después que Darwin comenzara a releer los diarios de viaje que había redactado con tanto detalle. Estos serían la fuente del texto que daría un giro a la concepción del mundo: *El Origen de las Especies*. La primera edición fue publicada el 24 de noviembre de 1859 y se agotaron ese día los 1.250 ejemplares disponibles; se tradujo a una infinidad de idiomas y continúa editándose debido a la gran demanda.

Años más tarde, Darwin, reconoció que el viaje del *Beagle* fue, por lejos, el evento más importante de su vida: no sólo por haber conocido lugares excepcionales, sino por haber sido su musa inspiradora, tanto en su trabajo como el determinante en su carrera como científico, por el resto de su vida.

La teoría de Darwin

Este es un año muy importante para los biólogos, en el 2009 se celebran 200 años del nacimiento de Charles Darwin, y 150 de la presentación en conjunto de las ideas de Wallace y Darwin, sobre la evolución. Muchas veces hablamos de evolución y a lo largo de estos 2 siglos, Darwin ha cargado con muchas ideas que se le atribuyen, pero que nunca manifestó.



La teoría de Darwin puede resumirse de la siguiente manera:

Las poblaciones de organismos de una especie, aumentan el número de individuos como producto de la reproducción. El ambiente es limitado



El Origen de las Especies fue publicado el 24 de noviembre de 1859 y se agotaron ese día los 1.250 ejemplares disponibles; se tradujo a una infinidad de idiomas y continúa editándose debido a la gran demanda.



Estatuilla de época alegórica a las ideas de Darwin.



y por lo tanto el aumento de la población conlleva a la lucha entre los individuos de la misma especie y con otras especies por los recursos. Entre los individuos de una misma especie, existen variaciones, presentan distintas características tanto en su anatomía, fisiología como en su comportamiento. La competencia provocaría que los individuos con características “mejores”, sobrevivirían y dejarían más descendencia. Los individuos con características “peores”, dejarían menos descendencia o no sobrevivirían. A este proceso Darwin lo denominó **selección natural**.

Los individuos seleccionados, transmiten sus características a sus descendientes. Después de miles de generaciones, en forma sostenida y gradual, este proceso daría lugar a diversas adaptaciones y con el tiempo suficiente a nuevas especies. El mayor problema que enfrentaba Darwin, es que no podía revelar como surgían esas novedades. La ciencia de mediados del siglo XIX no podía explicar como se generaba la diversidad ni como la misma se transmite a la descendencia. Él pensaba que las características de los padres se mezclaban en la descendencia, y suponía que esto era un obstáculo ya que las características “útiles” podían diluirse a lo largo de las generaciones.

Un bebé en camino: la genética



El darwinismo tuvo inicialmente mayor éxito comercial, con buena acogida por parte de la crítica especializada ya que, irónicamente, *El Origen de la Especies* lo único que no podía explicar era el mecanismo por el cual se originaban esas especies.

Casi simultáneamente, en 1856, un monje de Europa Central, Gregor Johann Mendel estaba dando con la solución a ese vacío conceptual al mezclar meticulosamente guisantes. Sus trabajos, que se desarrollaron a partir de experimentos de cruzamientos con guisantes, efectuados en el jardín del monasterio, le permitieron descubrir las 3 leyes de la herencia o leyes de Mendel, gracias a las cuales, es posible describir los mecanismos de la herencia y que sentaron las bases de la genética moderna.



El monje Gregor Johann Mendel sentó las bases de la genética moderna.



Sus escritos pasaron por desapercibidos, a pesar de haber sido presentados y publicados en 1865, por unos 30 años, muy probablemente por ser presentados en el Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brno (actual territorio de República Checa), una revista de poco alcance, y por estar redactados en idioma esloveno, cuando la lengua científica del momento era el francés.

En la primera década se produce el inicio de los trabajos genéticos y citológicos, impulsado por 3 botánicos europeos el holandés Hugo de Vries, el alemán Carl Correns, y el austríaco Erich von Tschermak; en forma independiente, los 3 se percatan de la existencia de los escritos de Mendel, por lo cual, se convirtió en el padre de la genética.

De Vries redescubrió las leyes de Mendel y a principios del siglo XX introdujo el concepto de **mutación**. La mutación, no es más que, cambios genéticos que ocurren casualmente, por azar, en ciertos individuos. La mutación daba origen a las “novedades” y resultó ser el mecanismo que faltaba a la teoría de la evolución de Darwin.

El complemento ideal

Darwin y Mendel establecieron juntos y sin saberlo los cimientos de todas las ciencias de la vida del siglo XX. El primero percibió que todos los seres vivos están emparentados y que en última instancia tienen por ascendencia un origen común; Mendel aportó el mecanismo que permitía explicar cómo podía suceder eso. Tras Darwin y Mendel el mundo parecía preparado para comenzar a comprender cómo hemos llegado hasta aquí.

Genetistas y evolucionistas otorgan una nueva base explicativa a la teoría de Darwin. A este nuevo grupo de evolucionistas se los denominó **neodarwinistas**. En 1959, a cien años de la publicación del libro *El Origen de las Especies*, un elenco de destacados neodarwinistas propusieron las bases de una nueva teoría conocida como **Teoría Sintética de la Evolución**.

La teoría neodarwinista propone que las mutaciones genéticas son las que originan las novedades y son el origen de la variedad. Cada individuo de una especie es el resultado de una combinación genética propia.

La selección natural al eliminar o preservar a determinados individuos, esta conservando o eliminando determinadas combinaciones genéticas. La selección natural actuando gradual y continuamente va cambiando lentamente la composición genética de las poblaciones de una especie dando lugar a formas mejor adaptadas y, con el correr del tiempo, a nuevas especies.



Darwin y Mendel establecieron juntos y sin saberlo los cimientos de todas las ciencias de la vida del siglo XX. El primero percibió que todos los seres vivos están emparentados y que en última instancia tienen por ascendencia un origen común. El segundo aportó el mecanismo que permitía explicar cómo sucedía esto.



La independencia de los genes, descubierta por Mendel, asegura que estas novedades no se “mezclen” en la descendencia y no se pierdan a lo largo de las generaciones.

Lucha por la supervivencia

Con el devenir de los años, los biólogos y paleontólogos encontraron diferentes formas de explicar la variabilidad en las especies. Nuevas interpretaciones del registro fósil intentaron descifrar lo que aún sigue en discusión ¿Cómo es la evolución a lo largo de la historia de la vida?, ¿Existen patrones que se repitan en el tiempo? Estas y más preguntas, siguen sin tener respuestas. Aquí presentamos apenas una punta del iceberg, de las distintas posturas de los últimos 30 años y los choques que provocaron entre los estudiosos.

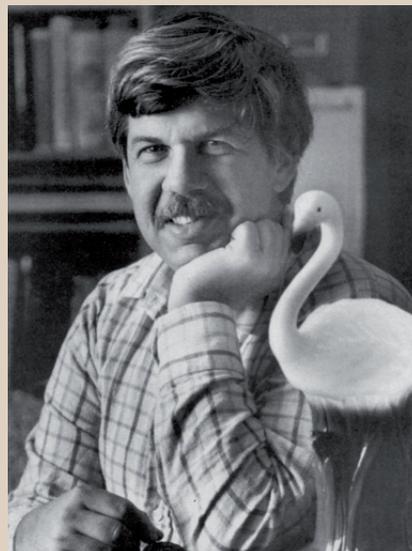
El neutralismo de Kimura

A partir de la década del '60, nuevos descubrimientos y enfoques golpearon duramente los postulados del neodarwinismo.

Motoo Kimura, un científico japonés, demostró que la mayoría de las mutaciones genéticas son “invisibles”, no producen efectos ni buenos ni malos en la estructura y función de los seres vivos.

Si la mayoría de las mutaciones, que son el origen de la variabilidad, son neutras ¿qué selecciona entonces la selección natural?

Los saltos del registro fósil



Hacia 1972, los paleontólogos norteamericanos Niles Eldredge y Stephen Gould, sobre la base del estudio de los fósiles y animales actuales, concluyeron que la evolución no es gradual como postulaban los neodarwinistas. La evolución actúa a “saltos” en periodos cortos de grandes cambios donde surgen las especies, separadas por largos periodos estables sin cambios en las especies.

Estos autores explican que las formas intermedias o eslabones perdidos,

Stephen Jay Gould,
quien con Niles
Eldredge, concluyó
que la evolución no
es gradual sino que
actúa a “saltos”.



tan poco comunes en el registro fósil, sencillamente no se encuentran por que no existieron.

Que los grandes saltos en la evolución son productos de grandes cambios y no de la selección natural resultaba convincente, sin embargo ¿cómo se generan los grandes cambios? Según esta concepción, la selección natural no tendría la más mínima importancia en el proceso de especiación.

Una última respuesta

Hoy, a 150 años de la publicación de *“El Origen”*, la teoría de la evolución sigue evolucionando. La Evo-Devo, cuyo nombre deriva de los conceptos Evolución y Desarrollo (*Evolution and Development* en inglés), se afianza día a día como un posible cambio paradigmático en la teoría de la evolución.

Durante las décadas de los ochenta y los noventa, el estudio de los genomas de distintos organismos incluido el ser humano, permitió comprender la genética del desarrollo; en otras palabras, que genes controlan el desarrollo desde que somos una única célula hasta el estado adulto.

El descubrimiento más importante fue que pocos genes presentes en todos los organismos son los que regulan este desarrollo y que mínimas variaciones o mutaciones en estos genes pueden generar, a partir de un mismo antecesor, una diversidad de nuevos organismos.

Para la Evo-Devo, la evolución se redefine como el cambio en los procesos de desarrollo. Esta teoría no desestima la selección natural propuesta por Darwin, sino que le asigna un nuevo rol. Utilizando un viejo televisor como analogía, los “cambios de canal”, surgirían como respuesta a cambios en los genes que regulan el desarrollo; la selección natural, la “sintonía fina”, actuaría produciendo el ajuste al ambiente de estas novedades.





Capítulo 4.
**El comienzo de
una fantástica
historia**



El origen de la vida

Debemos comenzar este capítulo con muchas preguntas, que sin lugar a duda todos nos hemos hecho, ¿De dónde proviene la vida? ¿Cómo y cuando surgió? ¿Cómo eran los primeros organismos? y ¿Qué evidencia tenemos de ellos?

Durante mucho tiempo el inicio de la vida en la Tierra fue un verdadero misterio. La mayor parte de las investigaciones que se han desarrollado referentes al origen de la vida no fueron basadas en los fósiles, aunque en el trabajo de laboratorio para recrear las reacciones químicas que podrían haber ocurrido en la Tierra hace 4.500 millones de años.

Las primeras explicaciones fueron dadas por las religiones que invocaban fuerzas sobrenaturales, muy difundidas hasta el siglo XIX. Se daba por sentado, la **generación espontánea** de los seres vivos, es decir que, la vida aparecían **espontáneamente** de la materia orgánica en descomposición.

El fundador de esta teoría fue Aristóteles, el filósofo sostenía que si dejamos que un trozo de carne se pudra, por ejemplo, pronto estará cubierto de gusanos y moscas, del mismo modo, se creía que las ranas y salamandras procedían del lodo, mientras que las pulgas aparecían de la arena, y así sucesivamente.

Estas convicciones erróneas sobrevivieron durante siglos hasta que hacia mediados del siglo XVII, el biólogo italiano Francesco Redi, demostró que las larvas de mosca se originaban en la carne tan sólo si las moscas vivas habían puesto previamente sus huevos allí: por consiguiente, sostenía que ninguna forma de vida había podido nacer de la materia inanimada.

Redi preparó algunos recipientes de vidrio que contenían carne del mismo origen; entonces cubrió la mitad de estos recipientes con gasa, de modo que pudieran transpirar y dejó los restantes contenedores destapados.

Después de algunos días observó que la carne contenida en los recipientes cubiertos, aún cuando estaba en estado de descomposición no contenía ninguna larva, al contrario de lo que sucedía con la carne de los recipientes descubiertos, en los cuales las moscas adultas habían podido poner sus huevos.

Este experimento habría podido demostrar definitivamente que la vida sólo podía originarse a partir de otra forma de vida preexistente y funcionó muy bien para los organismos que se podían ver a simple vista. Sin embargo en el caso de los animales muy muy pequeños, como los



Las primeras explicaciones sobre el origen de la vida fueron dadas por las religiones que invocaban fuerzas sobrenaturales.



microorganismos la teoría de la generación espontánea siguió siendo utilizada dos siglos más, gracias al apoyo de los medios religiosos partidarios de las ideas de Aristóteles.

Otros autores proponían, como alternativa, un origen de la vida extraterrestre: basados en especulaciones, planteaban la posibilidad de que alguna forma de vida superior había preseleccionado y sembrado microorganismos con el objetivo de experimentar en nuestro planeta. Más tarde, esta doctrina adoptó el nombre de **panspermia**.

De las primeras premisas... una hipótesis

La primera hipótesis comprobable sobre el origen de la vida fue presentada por el bioquímico ruso Alexander Oparin y por el inglés John B. S. Haldane, quienes trabajaban en forma independiente. Oparin presentó sus ideas y las publicó en 1924, pero su obra fue traducida al inglés en 1938. Haldane, desconociendo el trabajo de Oparin, publicó ideas similares en 1929. En 1963, Haldane reconoció cortésmente la prioridad de Oparin en la formulación de la teoría. Hoy día, nos referimos a ella con el nombre de **Teoría del Origen de la Vida** (Oparin-Haldane).

La hipótesis de Oparin-Haldane se basaba en las condiciones físico-químicas que rigieron en la Tierra primitiva y que permitieron el desarrollo de la vida. De acuerdo con esta teoría, en la Tierra primitiva existieron ciertas condiciones **climáticas** y **geoquímicas** que causaron reacciones químicas entre las sustancias inorgánicas que abundaban en los mares primitivos.

Según sus interpretaciones, el sol era más brillante y cálido por lo que la incidencia de sus rayos solares mantenía temperaturas elevadas la superficie terrestre. La atmósfera, de naturaleza reductora, generaba frecuentes tormentas eléctricas. Además esta atmósfera primitiva carecía de oxígeno libre, pero había sustancias como el hidrógeno, metano y amoníaco, los cuales reaccionaron entre sí debido a la energía de la radiación solar, la actividad eléctrica de la atmósfera y a la de los volcanes, dando origen a los primeros eslabones de las moléculas biológicas. Los mares tenían temperaturas estables, y aunque someros eran lo suficientemente profundos como para filtrar los rayos UV, dañinos para la vida.

Oparin postuló que las moléculas orgánicas habían podido evolucionar reuniéndose para formar sistemas que fueran haciéndose cada vez más complejos. A partir de los compuestos inorgánicos disueltos en los océanos, con las condiciones atmosféricas reinantes, con mucho mucho tiempo, esas moléculas fueron agrupándose en otras mayores y cada vez en formas más complejas.



Algunas de éstas formas se transformaron en “protobiontes”, al momento de adquirir membranas que lo aislaban y protegían. Estas membranas podían seleccionar y diferenciar las sustancias que le resultaban beneficiosas –dejándolas pasar a su interior– y desechar las que resultaban inútiles o perjudiciales.

Las funciones metabólicas, la reproducción y el crecimiento habrían aparecido después de que el protobionte: 1- adquiriera la capacidad de absorber e incorporar las moléculas a su estructura, 2- consiguiera elaborar una fuente de energía propia, para sostener su propio metabolismo, 3- y por último pudiera dividir y separar porciones de sí mismo con características similares. A éstas condiciones, Oparin les llamó “*el caldo primordial del origen de la vida*”.

De la hipótesis a la Teoría... ¡etapa de comprobación!

En 1953, un estudiante de doctorado de la Universidad de Chicago, Stanley Miller propuso realizar un experimento para contrastar la hipótesis de Oparin-Haldane.

En el experimento, intentaba recrear las condiciones de la Tierra en sus comienzos. Llenó un recipiente de cristal con una mezcla de gases metano, hidrógeno y amoníaco (los componentes de los que se suponía, estaba conformada la atmósfera primitiva), y en un frasco inferior colocó una pequeña cantidad de agua que simulaba al primer océano, además había una corriente eléctrica que imitaba los efectos de los rayos y las tormentas eléctricas originales, provocando chispas en esa atmósfera. Miller esperaba generar nuevas sustancias químicas que caerían como lluvia en el pequeño océano.

Para sorpresa de todos, los resultados obtenidos por Miller arrojaban luz sobre el origen de la vida. Después de dejar funcionando toda una noche el experimento, encontró un líquido amarillo en el frasco inferior (que simulaba el océano), un caldo rico en moléculas orgánicas: varios aminoácidos (componentes fundamentales de las proteínas), un hidrato de carbono y otras moléculas simples. El experimento, constató que a partir de moléculas inorgánicas podía lograrse la síntesis de moléculas orgánicas indispensables para el desarrollo de vida. Miller constató que sólo con agua, una atmósfera y rayos, fácilmente podían obtenerse los componentes principales que forman parte de todos los seres vivos. Desde entonces se reconoció que la hipótesis del *caldo primitivo*, como se había hecho famoso al resultado del experimento de Miller, correspondía a la categoría de teoría.

Siguiendo con esta metodología, aunque variando el tipo y las canti-



dades de las sustancias que reaccionan, se ha logrado en laboratorio la síntesis de moléculas cada vez más complejas, incluyendo ácidos nucleicos (elemento esencial del ADN).

¿Qué dice el registro fósil?

El registro fósil no aporta datos significativos sobre los actores que participaron en los primeros estadios del desarrollo de la vida, ya que la preservación de las macromoléculas es muy improbable. Sin embargo, nos da muy importante información sobre los cambios ambientales y también nos permite distinguir distintos eventos geológicos. Sobre las rocas precámbricas se han realizado muchas dataciones, esto nos lleva a la siguiente etapa donde sabemos que la Tierra en sí misma tiene 4.500 millones de años (desde ahora MA).

¿Cuándo aparece la vida?

Durante los primeros 500 millones de años, la Tierra fue bombardeada por miles de asteroides inmensos que impactaban contra los océanos primitivos, aumentando la temperatura y resultando en la evaporación de los mismos. Las temperaturas eran demasiado altas para permitir la existencia de vida. Muy probablemente, la vida no se habría originado hasta los 4.000 MA.

Las rocas sedimentarias más antiguas conocidas tienen 3.800 MA y se encuentran en Groenlandia. Estas rocas contienen trazas químicas que se conocen como *fósiles químicos*. Los **fósiles químicos** o **quimio-fósiles** son sustancias químicas que se preservan en las rocas. Algunos quimio-fósiles podrían ser productos de desecho, que se forman en presencia de actividad metabólica, es decir, en presencia de vida. Hay geólogos y paleontólogos que los consideran como evidencia directa de vida; otros, cuestionan su fiabilidad, dado que las rocas han sido afectadas por metamorfismo, y no creen posible que sean de origen orgánico. Estos científicos piensan que a lo largo del tiempo geológico, los distintos procesos geológicos que afectan las rocas dejan "trazas", que serían de origen inorgánico.

En Australia y África, existen depósitos de 3.500 MA que contienen las evidencias de vida más certeras y antiguas en la Tierra. Algunos de los fósiles que se encontraron en Australia, son muy parecidas a un tipo particular de bacterias fotosintetizadoras, las llamadas **cianobacterias**, son organismos muy resistentes y en la actualidad pueden vivir en lugares tan disímiles, como los desiertos más áridos, los casquetes polares de Antártica o el tanque de enfriamiento de un reactor termonuclear y comúnmente en la capa de verdín que se forma en las piletas de nuestros jardines. Aunque no se descarta la posibilidad del origen inorgánico para algunos casos, no se cuestiona para la mayoría



Durante los primeros 500 millones de años, la Tierra fue bombardeada por miles de asteroides inmensos que impactaban contra los océanos primitivos, aumentando la temperatura y resultando en la evaporación de los mismos. Las temperaturas eran demasiado altas para permitir la existencia de vida.



de los restos fósiles. Esos fósiles, son de muy pequeño tamaño y por ello se los conoce como **microfósiles**, ya que podemos verlos con mejor detalle usando un microscopio común o microscopios de alta resolución. Del análisis de los microfósiles se desprende, que la aparición de las células **procariotas** (es decir, las que no tienen un núcleo definido, como las bacterias) habría ocurrido hace 3.500 MA.

Los inicios del tiempo geológico... el Precámbrico

Este período se extiende desde la formación de la Tierra, hace 4.600 MA, hasta 542 MA, la explosión de la vida en el Cámbrico. Esto significa que más del 70% del tiempo geológico transcurre en el Precámbrico.

Para geólogos y paleontólogos, un periodo tan largo de tiempo es difícil de estudiar, por eso el Precámbrico se separa en tres etapas: Hadeano, Arqueano y Proterozoico. De la misma forma que subdividimos las eras geológicas, utilizamos eventos geológicos o bióticos relevantes para marcar el comienzo y el fin de estas etapas, como la extinción de un grupo taxonómico o la formación de un supercontinente.

Por ejemplo, durante el **Hadeano** (4.600-3.960 MA) la Tierra era una bola de fuego, que recibía impactos de meteoritos; en estas condiciones no era posible la existencia de vida. El **Arqueano** (3.960-2.500 MA), comienza cuando disminuye la temperatura de la superficie terrestre y entonces se forman los primeros continentes, precipitan los mares y la atmósfera era pobre en O₂ (es decir, reductora). Se dan las condiciones específicas para el desarrollo de la vida. El comienzo del **Proterozoico** (2.500-542 MA), se da con la consolidación de un supercontinente: **Rodinia**, el primer continente conocido. Durante este período habrían evolucionado las células **eucariotas** y los organismos multicelulares de cuerpo blando.

Algunos aseguran que durante el **Arqueano**, entre 3.500 y 3.200 MA, habrían evolucionado los primeros organismos fotosintéticos como las cianobacterias. Estos pequeños organismos son un tipo de bacterias que pueden realizar fotosíntesis, como las plantas. Como captan CO₂ del medio y eliminan O₂ en forma de gas, fue a partir de este momento que la atmósfera comenzó a cambiar su composición química. Por el aporte de oxígeno se engrosó y gracias a su abundancia surgió un compuesto que protege a los organismos de los rayos ultravioleta (UV) que causan importantes daños en la biota, el ozono (O₃).

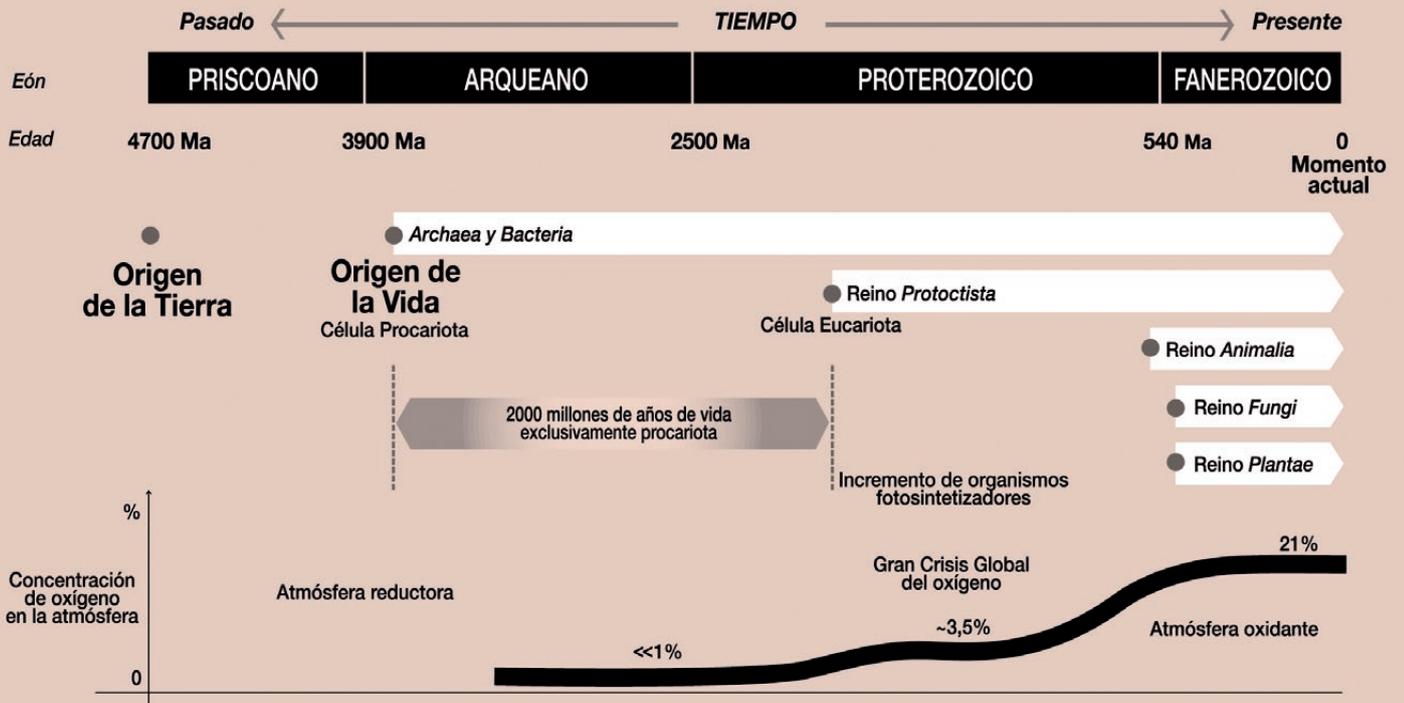
Los productos de desecho que se forman por la acción de estos organismos son depósitos de carbonato de calcio, en forma de láminas lisas o abultadas, separadas por pequeñas capas de limo de color oscuro. Estos depósitos se han conservado desde el Precámbrico y aún se forman actualmente en algunas costas del océano Pacífico, en



El Precámbrico es sin lugar a dudas “la era de la vida microscópica”, a pesar de su diminuto tamaño estos organismos han tenido el rol protagónico de ser los primeros seres vivos en nuestro planeta.



condiciones especiales de salinidad y altas temperaturas de las aguas. Estas estructuras tan particulares reciben el nombre de **estromatolitos**, y constituyen unos de los fósiles más característicos y más abundantes del Precámbrico. Si bien pueden confundirse con rocas vulgares, esos objetos inmóviles eran un hervidero de microbios y fueron la forma de vida más abundante durante el Precámbrico.



¿Qué aspecto tienen los primeros organismos vivos?

El Precámbrico es sin lugar dudas “la era de la vida microscópica”, a pesar de que estos organismos no pueden ser reconocidos a simple vista por su diminuto tamaño, y sean quizás los menos populares, han tenido el rol protagónico, de ser los primeros organismos vivos en nuestro planeta.

Todas las formas de vida que conocemos, los colosales dinosaurios, las delicadas rosas y orquídeas, las esbeltas jirafas, las populares hormigas y cucarachas e incluso nosotros mismos, hemos podido desarrollarnos, solo después de que estos minúsculos guerreros nos prepararon y facilitaron el camino. Desarrollaron el ADN y las proteínas, las moléculas básicas que sustentan y comparten todas las células, diseñaron mecanismos para aprovechar la luz solar y a partir de ella producir su alimento, originaron el O₂ que es fundamental para sostener la vida tal como la conoces hoy, incluso fueron los primeros en poner a prueba al sexo, como mecanismo de reproducción.



Cuadro que indica la evolución de la vida en la Tierra a lo largo del tiempo geológico.



Deseamos que todos estos argumentos, sirvan para fundamentar la importancia que tiene el estudio y conocimiento de este grupo, que hoy sólo viven en lugares de temperaturas y condiciones extremas, donde ninguna otra criatura sería capaz de sobrevivir, por lo cual son llamados como **extremófilas** (amantes del extremo), y son sin lugar a dudas los fósiles vivientes que han estado desde los primeros días en la Tierra; si pudieran hablar, serían los testigos más reveladores, que no podríamos dejar de escuchar¹.

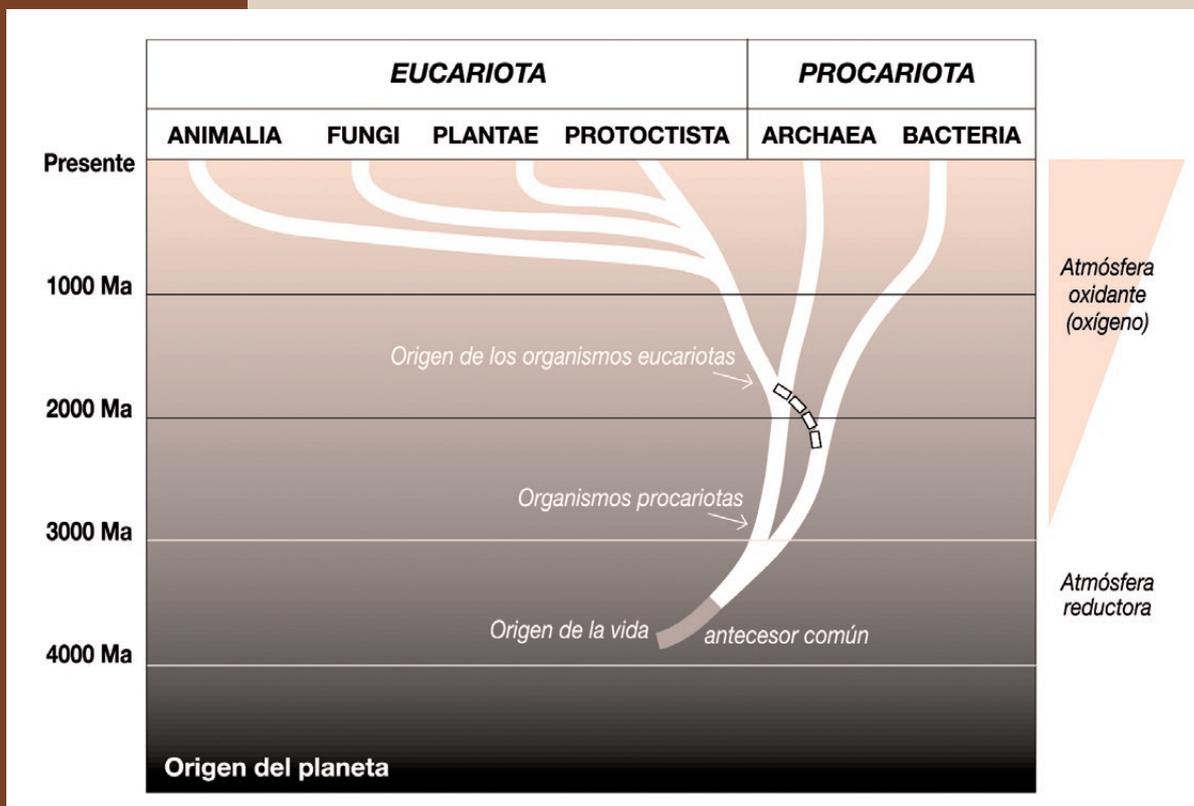
Aparición de los eucariotas

Otro evento importante que quedó registrado en las rocas precámbricas, fue la aparición de las células con verdadero núcleo: los eucariotas. Su nombre deriva etimológicamente del griego *eu-* verdadero y *karion*-núcleo. Se diferencian de las células procariotas por ser de mayor tamaño y por presentar un núcleo definido.

Su aparición en el registro fósil data del Proterozoico (entre 2.500 y 542 MA). Desafortunadamente, la conservación de estas células es de carácter excepcional.



Diversificación de la vida en el planeta.



¹Para los que hayan quedado intrigados, sobre los primeros organismos que habitaron nuestro planeta, les recomendamos leer el artículo, “El origen de la vida en la Tierra”, escrito por Richard Monastersky, publicado en 1998 por la revista National Geographic (en español), volumen 2 (3).



plares fosilizados en muchos lugares del mundo como en China, Australia, África y Sudamérica.

En la Patagonia argentina, hay rocas precámbricas formando el basamento –más jóvenes que las sierras de Tandilia–, más o menos equivalente a las sedimentitas que afloran en el noroeste argentino, en la provincia de Jujuy. Éstas últimas fueron ubicadas temporalmente gracias a la existencia de trazas fósiles que se conocen a nivel mundial con el nombre de *Oldhamia* y corresponden al Precámbrico más Tardío, ya nos estamos refiriendo a 580 o 550 millones de años, casi en los comienzos del Paleozoico. Si bien en otros lugares del mundo, hay fósiles de hasta 670 MA de antigüedad.

¿Cuáles eventos hicieron posible la aparición de vida?

Hace 5.000 MA, es decir durante el Hadeano, la Tierra era como ya mencionamos una bola de fuego; el enfriamiento progresivo del magma, que hervía en la superficie hizo posible que algunos minerales fueran cristalizando y dando origen a la litósfera, una delgada capa de roca sólida, agrietada y separada en placas, que recubre el planeta desde el Arqueano. Esta litósfera era muy liviana y flotaba en el manto, en diversas direcciones, provocando choques entre fragmentos de pequeño tamaño, llamadas microplacas.

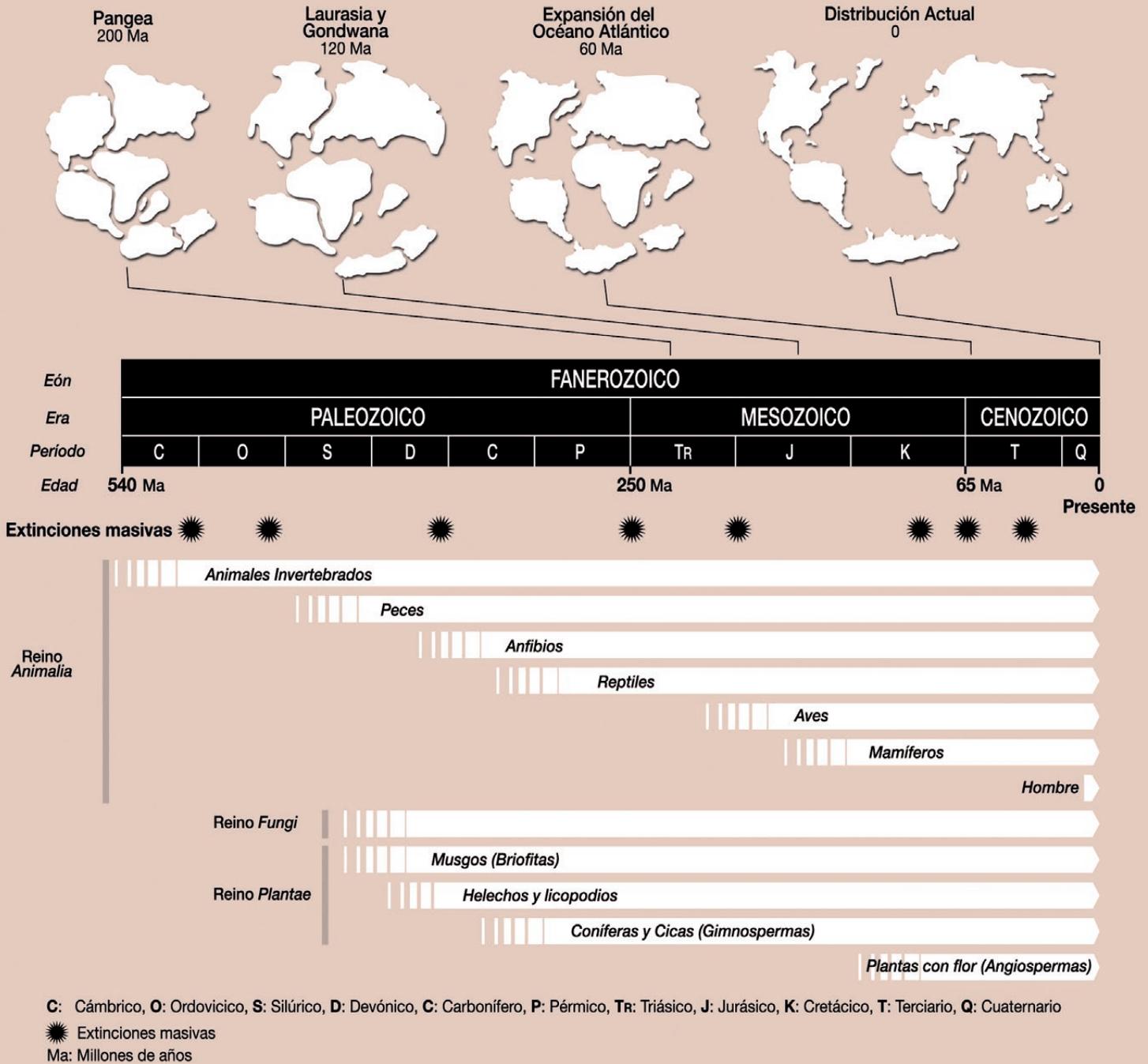
El registro rocoso del Proterozoico es muy diferente al de la época Arqueana y sus rocas aparecen siempre asociadas. En el Proterozoico, continúa disminuyendo el calor del manto y la litósfera adquiere cada vez un espesor más grueso. Al ser más gruesas, son más pesadas y se desplazan a menor velocidad.

El choque entre fragmentos litosféricos, provoca la aparición de un supercontinente llamado Rodinia. El supercontinente estaba ubicado sobre el Ecuador, es decir que en todo el continente los climas eran cálidos, en el Precámbrico Inferior y Medio. También se verificó, la existencia de altas temperaturas por la amplia distribución y variabilidad de los estromatolitos, que hoy solamente viven en la franja climática ecuatorial.

La unión de esas pequeñas placas, resultó en la formación de grandes sistemas orogénicos o montañosos, como el Sistema de Tandilia, ubicado en la provincia de Buenos Aires. Las antiguas montañas son, en la actualidad, colinas desgastadas por la erosión, constituidas de rocas graníticas con una edad de 2.200 hasta 1.900 MA.

Más tarde, durante el Proterozoico, ocurrió la ruptura de Rodinia. Hacia los 800 MA, el supercontinente se separó en varios continentes





mayores. Las últimas interpretaciones hablan de 5 o 6 placas continentales mayores: **Gondwana** (África, Sudamérica, Antártida y algunas islas del Caribe), **Laurentia** (Estados Unidos y Canadá), **Báltica** (Europa), **Siberia** y **China**. En la Argentina se encuentran rocas precámbricas en el Cratón del Río de La Plata, el Cratón Pampeano, en el Macizo Norpatagónico y también en el Noroeste Argentino.



A diferencia del clima cálido que caracterizó el Precámbrico Inferior, en el Precámbrico Tardío el clima global estuvo dominado por glaciaciones. Estos eventos glaciales, fueron probablemente, los más intensos que han ocurrido en toda la historia de la Tierra. Se han encontrado 2 o 3 niveles diferentes de depósitos glaciares en cada uno de los continentes.

Si bien en la actualidad, estos restos están diseminados y pareciera que su distribución es azarosa, debido a que durante este periodo glaciario estaba consolidado un supercontinente, que presentaba distribución ecuatorial. Por lo cual, si las glaciaciones llegaron a alcanzar el Ecuador, la intensidad de las mismas debe haber sido muy importantes. Algunos aseguran que la superficie de todos los mares se encontraba congelada.

Distintos investigadores usando varias técnicas de estudio han determinado la edad para cada uno de los episodios glaciares (710 MA, 635 MA y 600 MA). Aparentemente, se sucedieron uno tras otro, provocando condiciones de extremo frío en las que la supervivencia de la biota casi no era posible. Este período finaliza en el inicio del Paleozoico, con la extinción de la fauna de Ediacara, pero con la aparición de nuevas formas.



Capítulo 5.

La escala del tiempo: una gran Mamushka



Si prestamos atención a la escala de tiempo geológico, podremos ver que hay etapas de mayor y menor rango que abarcan la totalidad del tiempo geológico. Por ejemplo, el eón Fanerozoico está formado por **3 períodos: Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico**. A su vez, cada uno de estos está dividido en **eras**, y las eras se dividen en **épocas**. Este modo de organización al estilo “Mamushkas”, donde se ubica una categoría dentro de otra, se conoce como **sistema de organización jerárquico**.

En la naturaleza es muy común encontrar sistemas jerárquicos, como por ejemplo las **poblaciones** de especies distintas interactúan entre sí, formando las **comunidades**; si a la comunidad le agregamos las interacciones de los organismos con el ambiente (los factores abióticos), nos situamos en la categoría de **ecosistema**; y finalmente, todos los ecosistemas de una región representan el **bioma**. ¿Qué queremos decir con esto? Los esquemas que se presentarán a lo largo de este texto intentan reflejar este tipo de relaciones jerárquicas. Otro ejemplo, sería el **sistema de clasificación de los organismos**.

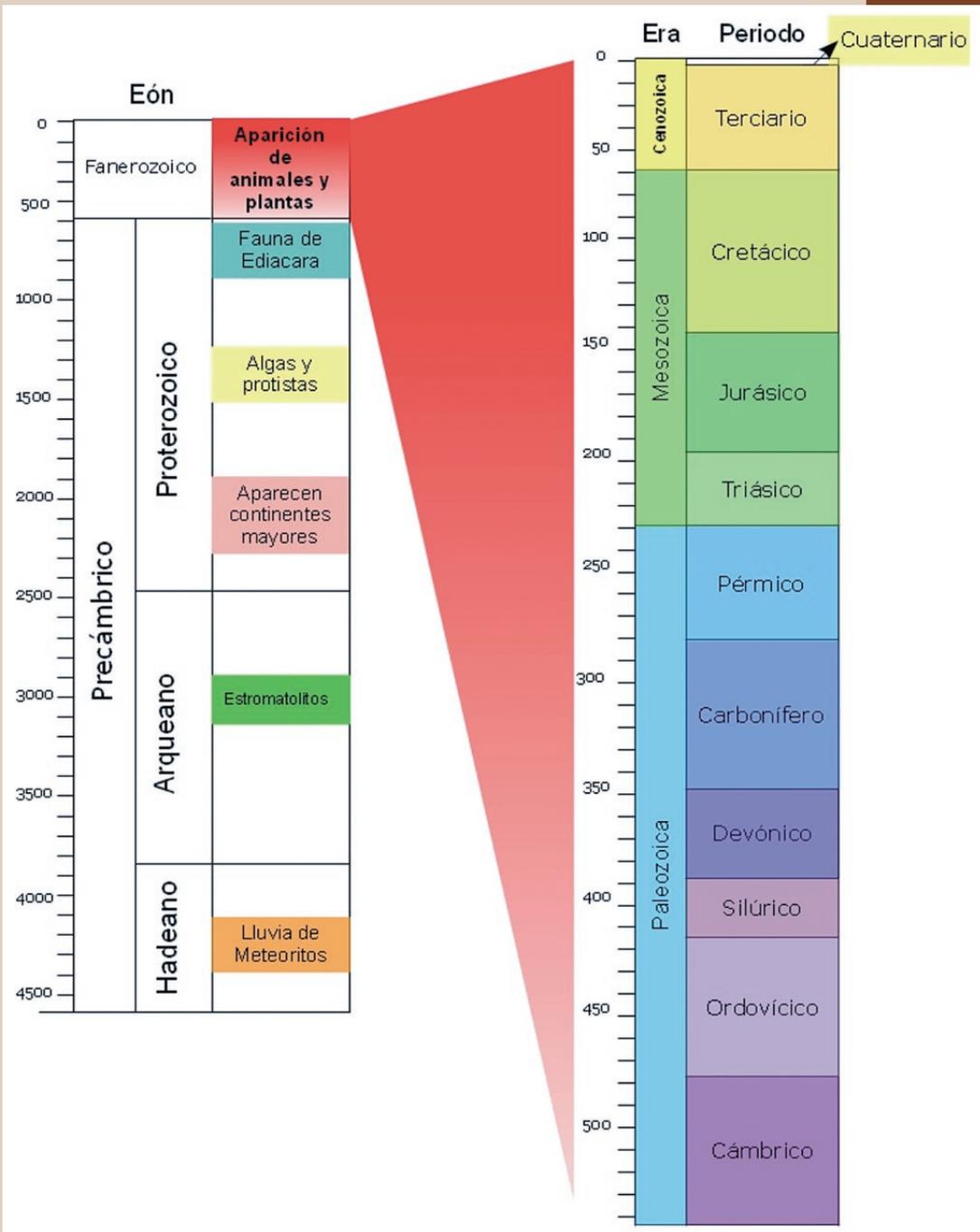
El eón Fanerozoico

La aparición de organismos cada vez más complejos, con un aumento en la diversidad marcó el inicio del eón Fanerozoico. La etimología de la palabra (*faneros*– evidente y *zoico*– vida) indica que la presencia de vida se hace evidente, con un aumento en la cantidad de organismos que se encuentran en el registro fósil.

El eón Fanerozoico comenzó hace 542 MA y se extiende hasta la actualidad, pese a todo el tiempo que abarca representa una unidad de tiempo corta, si la comparamos con el Precámbrico. Es la “edad de los **organismos multicelulares**” que construyen ecosistemas complejos y diversos.

La primer era del Fanerozoico es llamada Paleozoica, duró unos 300 millones de años (entre 542-250 MA) y se divide en 6 períodos: **Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico**. Aunque, de una forma más informal, y para hacerlo más práctico podríamos referirnos al Paleozoico Inferior, Medio y Superior. Ahora veamos cuales fueron los eventos geológicos más importantes, el clima en estas etapas y quienes fueron los representantes de las comunidades más importantes.





Escala de tiempo geológico. La escala numérica está indicada en millones de años. A la derecha está ampliado el eón Fanerozoico.

El Paleozoico Inferior

Los períodos Cámbrico y Ordovícico, se encuentran incluidos dentro de los que se conoce como Paleozoico Inferior. El Cámbrico se extiende desde los 542 hasta los 488 MA, como los sedimentos de esta antigüedad se estudiaron por primera vez en Gales, tomaron su nombre de Cambria, el antiguo nombre de esta región de Gran Bretaña. A continuación, el Ordovícico llegará hasta los 444 MA y su nombre proviene de la antigua tribu galesa de los Ordovicios.

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina





Gran parte de la Argentina formaba parte (en realidad, casi todo el continente Sudamericano) del continente de Gondwana que, en un comienzo, se ubicaba sobre el Ecuador pero que, con el pasar del tiempo, se fue desplazando poco a poco hacia el polo sur, quedando hacia finales del Ordovícico cubierto en gran parte por glaciares.

Hacia fines del Precámbrico, Rodinia se dividió en 5 continentes o placas continentales mayores, las cuales tenían una distribución muy diferente a la actual. Esas placas recibieron el nombre de Laurentia, Gondwana, China, Siberia y Báltica. En general, varios de los continentes se mantenían en una posición ecuatorial; Gondwana se alejaba del resto, derivando hacia el polo sur, mientras que Siberia, Laurentia y Báltica se aproximaban entre sí y se mantenían entre los trópicos. Estos antiguos continentes se encontraban rodeados por océanos, que inundaban algunas zonas formando mares poco profundos.

Gran parte de la Argentina formaba parte (en realidad, casi todo el continente Sudamericano) del continente de Gondwana que, en un comienzo, se ubicaba sobre el Ecuador pero que, con el pasar del tiempo, se fue desplazando poco a poco hacia el polo sur, quedando hacia finales del Ordovícico cubierto en gran parte por glaciares.

En general, cuando el mar se encuentra tan ampliamente distribuido entre los continentes, las condiciones climáticas no suelen ser extremas: ni tan frías ni tan cálidas, y esta regla parece cumplirse durante esta etapa. Algo muy llamativo durante el Cámbrico fue el aumento del nivel del mar. Los continentes estaban prácticamente inundados en el hemisferio norte y en parte afloraban algunas regiones, a modo de islas, en el paleocontinente de Gondwana. Sin embargo, a finales del Ordovícico, entre 450 y 430 MA tuvo lugar una glaciación en las latitudes australes de Gondwana, y la diversidad animal oceánica (equinodermos, trilobites, nautiloideos, etc.) se vio muy afectada. Huellas de la glaciación del Ordovícico son visibles hoy en la superficie del desierto del Sahara. Allí hay constancia geológica de que el desierto estuvo cubierto, entonces, por un espeso manto de hielo de más de 8 millones de km² de superficie. En estos terrenos ordovícicos aparecen aún huellas de largos surcos y ranuras como las que dejan los glaciares al avanzar y erosionar el suelo. Se encuentran también típicos valles glaciares en forma de U, rocas pulidas y drumlins, colinas bajas de formas alargadas, que son características de un relieve formado por una antigua erosión glacial.

Debió ocurrir que el movimiento de las placas colocó durante unos cientos de millones de años a lo que es hoy la región del Amazonas y el norte de África, que formaban parte de Gondwana y eran entonces tierras adyacentes, en las cercanías del polo sur geográfico, en condiciones climáticas favorables para la acumulación de hielo.

La explosión cámbrica

Con tanto mar para conquistar y tantos nuevos lugares por descubrir, la vida durante el Paleozoico Inferior estuvo restringida a los ambientes



marinos. La fauna de Ediacara, característica del Proterozoico habría desaparecido antes que evolucionara el conjunto de la biota cámbrica. El Cámbrico comenzó con una asociación de fragmentos difíciles de interpretar, llamada “pequeña fauna de conchillas”, formada por conchillas de braquiópodos pequeños y bivalvos diminutos, acompañados de algunos restos de artrópodos.

La **explosión cámbrica** representa un momento, en la historia de la vida, en el que aparecen faunas con exoesqueleto mineralizado. *¿Qué quiere decir exoesqueleto mineralizado?* Un esqueleto es una estructura, de consistencia dura o flexible, con funciones de sostén y protección. El prefijo *exo*, se refiere la posición respecto al organismo, o sea que rodea las partes blandas del cuerpo, como el exoesqueleto de los artrópodos (hormigas, abejas, mariposas o trilobites) o las conchillas de los moluscos (bivalvos, gasterópodos, etc.). Cuando el esqueleto posee en su estructura interna algunos minerales, suele ser rígido y más resistente protegiendo el cuerpo con mayor eficacia. El desarrollo de estos exoesqueletos, más resistentes a la destrucción natural de todas las cosas con el paso del tiempo, ha sido todo un triunfo.

Al comienzo, los naturalistas creían que la vida había comenzado a partir del Cámbrico a los 540 MA, que antes no había nada y que a partir de este momento la vida explota y surge a borbotones, esta idea es bastante equivocada. Lo que ocurre es que las primeras faunas, están formadas por organismos de cuerpos blandos, que como hemos mencionado en otras ocasiones tiene pocas chances de preservarse, pero los organismos que estaban protegidos por un exoesqueleto duro, se ganaron el loto y pudieron comprar un lugar más seguro dentro del registro geológico.

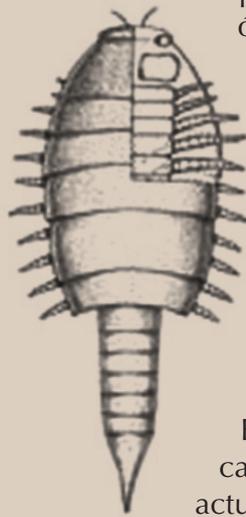
Sin embargo, el desarrollo de la fauna cámbrica propiamente dicha: constituida por todos los grupos de animales actuales, conocida como la famosa “explosión cámbrica” ocurrió a los 530 MA, después de la aparición de la espectacular fauna de **Burguess Shale**¹. Los depósitos de la fauna de Burgess Shale (Canadá) no son los únicos que documentan la vida del inicio del Cámbrico, pero fue la primer localidad en ser descubierta y estudiada (1807). Desde la década de 1990 se encontraron muchos ejemplares, tanto o mejor preservados que los ejemplares canadienses, en la provincia de Chengjyang en China. Este tipo de yacimientos que se encuentran en ciertas localidades, donde la preservación de los fósiles es muy detallada y completa se denominan yacimientos excepcionales y representan una ventana al pasado.

¹Si nos detuviéramos a contar algunas excentricidades de la fauna de los esquistos de Burgess, nos llevaría más que unas cuantas páginas; para los que quieran saber sobre el tema, les recomendamos que lean el libro de Stephen J. Gould “La vida maravillosa”.



¿Una posible ventana al pasado?

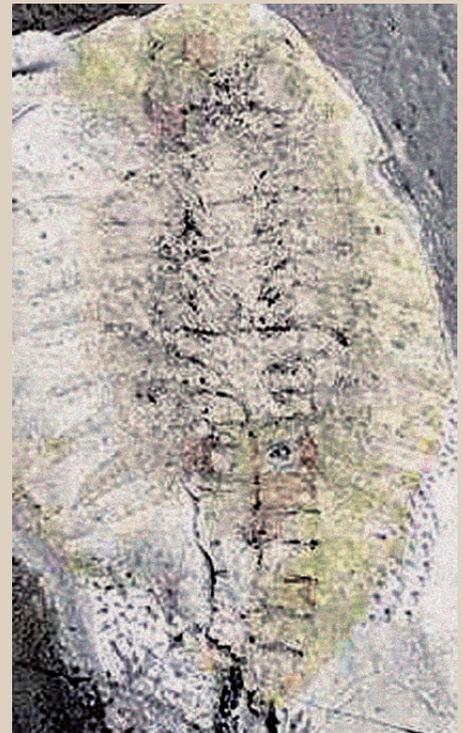
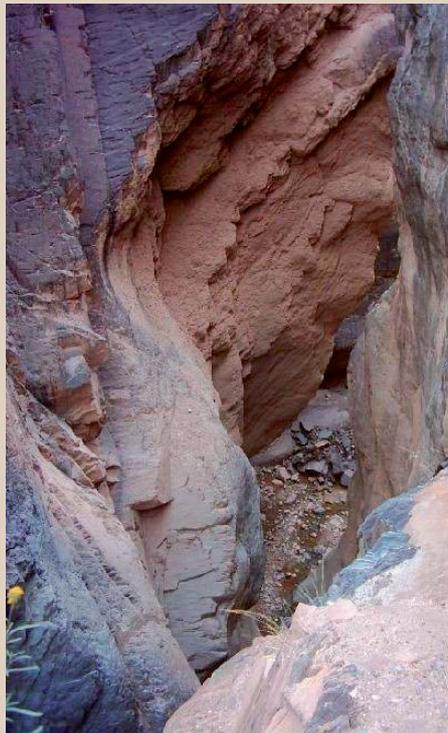
Hace algunos años, cerca de la Quebrada de Humahuaca, en la provincia de Jujuy, un grupo de estudiantes de geología encontraron por casualidad, al llegar a la Garganta del Diablo, una laja suelta con la impronta carbonizada de un artrópodo muy particular. Los restos fueron llevados a un grupo de científicos de la Universidad Nacional de Córdoba para que pudieran determinarlo. El Dr. Emilio Vaccari, un especialista en artrópodos fósiles, que trabaja en el Centro de Investigaciones Paleobiológicas, nos contó que al verlo supo que esa laja era algo especial.



A partir de sus observaciones con un microscopio óptico, realizó dibujos en cámara clara, y por fin hizo una reconstrucción del aspecto que podría haber tenido el animal cuando estuvo vivo. Luego del estudio de este raro espécimen, llegó a la conclusión que era una especie desconocida de artrópodo y lo bautizó con el nombre de *Apankura machu*. La conservación excepcional del ejemplar permite ver sus patas, sus antenas, sus mandíbulas y hasta incluso el recorrido del tubo digestivo.

Este artrópodo pertenece a la familia de los euthycarinoideos, muy relacionada con los miriápodos actuales. Típicos de ambientes dulceacuícolas y con

Apankura machu, un excepcional artrópodo.



hábitos anfibios, estos organismos salían del agua a recorrer los ambientes próximos a la costa; hasta la aparición de *Apankura*, no se conocían hasta entonces especies vinculadas a otros ambientes. Sin embargo, las características de las rocas y la presencia de trilobites hacen indudable la procedencia de este fragmento del ambiente marino.

En la misma laja, hay preservados unos ejemplares de trilobites (*Neoparabolina frequens argentina*) que solamente vivían en el Cámbrico (fósiles guía), por lo que permitieron ubicar a *Apankura* en éste período. Este ejemplar podría ser parte de una fauna contemporánea (a la fauna de Canadá o China), por lo cual, los científicos continúan trabajando en esa región para localizar la exacta procedencia de ese fragmento de roca. Además, asociadas a estos restos fósiles, hay trazas o marcas de locomoción de grupos y, entonces sabemos con precisión que pertenecen al Paleozoico más temprano.

El hallazgo de *Apankura machu* es muy importante ya que, sabemos con certeza que sus parientes más cercanos tenían hábitos anfibios y que vivían en ambientes salobres o dulceacuícolas. Este fósil, procedente del Cámbrico Superior, representa el antecesor más cercano de los que seguramente fueron los conquistadores de la tierra firme durante el Ordovícico Tardío o el Silúrico, acompañando a las primeras plantas.

Paleoecología del ecosistema marino

Los ecosistemas cámbricos no parecen haber sido lo suficientemente sólidos y estables como otros ecosistemas de la historia de la vida. Si bien, encontramos yacimientos excepcionales como Burgess Shale o Chengjiang con una diversidad enorme de formas corporales muy diferentes al resto de los organismos, estas comunidades no lograron perdurar en el tiempo. El período Cámbrico, sufrió varias extinciones masivas, tan o más dramáticas que la extinción Pérmica (la mayor extinción conocida en todos los tiempos). Esas formas de vida tan diferentes: la fauna de conchillas pequeñas, las faunas de Burgess y Chengjiang, fueron erradicadas y reemplazadas por nuevos grupos con características morfológicas diferentes y lo más importante con una capacidad de explotación de los recursos mucho más eficiente.

Aparecieron formas que nos son familiares, como los *Nautilus*, las almejas, las esponjas, los caracoles, los gusanos, las medusas, los equinodermos, los crustáceos, los braquiópodos e incluso los precursores de los vertebrados. Todos ellos estaban ya presentes desde la explosión cámbrica, ocupando los espacios disponibles... por primera vez se colonizaba por completo el ambiente marino.



Los constructores de arrecifes

Los **arqueociátidos** eran un grupo de organismos marinos bentónicos, sésiles y filtradores (es decir que vivían y realizaban todas sus funciones vitales en dependencia estricta del sustrato sobre el cual estaban adheridos). Tenían un esqueleto calcáreo y se desarrollaron en las plataformas marinas del Cámbrico. Su biocrón se extiende a lo largo de todo el Cámbrico, y al finalizar este período desaparecen, en Antártida es en el único lugar en donde este grupo se encuentran en los sedimentos del Cámbrico Superior. Sin embargo, a pesar de su “corta vida” (si es 50 MA, puede considerarse poco tiempo) su fama e importancia es indudable, ya que fueron los primeros organismos en construir arrecifes.

Así como las plantas modifican el sustrato rocoso y facilitan la incorporación de la fauna al suelo, en los ambientes terrestres, los organismos sésiles preparan el sustrato, para que se instalen nuevos grupos en el ecosistema marino. Los arrecifes, no sólo les proveen alimento a otros animales sino que les ofrecen protección y lugares donde anidar o desovar. Así que la aparición de organismos de hábito constructor, es muy importante para el desarrollo y la evolución de los ecosistemas en el ambiente marino.

Desarrollaron una gran variedad de formas de crecimiento, y podían ser solitarios o vivir en colonias. Presentaban un cuerpo en forma de copa, con una cavidad central y poros en sus paredes. Vivían anclados al sustrato por un pedúnculo (como si fueran raíces), y podían vivir tanto en suelos duros como blandos y, a veces, en condiciones ambientales inestables. Eran muy comunes en la plataforma de los mares de aguas someras (entre 25-30 metros de profundidad) y cálidas (de unos 25°C); es decir, que vivían en aguas bien oxigenadas y en ambientes de energía moderada.

Las **algas calcáreas**, además de los arqueociátidos, son consideradas constructoras de arrecifes. También dominaban en climas cálidos y aguas claras bien oxigenadas, formando extensas praderas donde se alimentaban los herbívoros y detritívoros. Se han encontrado fósiles en todos los continentes del mundo. En menor medida, las cianobacterias o algas verde-azules, formaban pequeños abultamientos o **estromatolitos** en la plataforma marina.

Anclados al sustrato

Dijimos que los arrecifes preparaban el sustrato para que se sumaran otros organismos. En su mayoría suelen ser organismos con poca movilidad, pero hay también organismos móviles que se desplazan por el sustrato y se alimentan de las partículas orgánicas del suelo (detritívoros) o que se alimentan de los propios arrecifes.



Entre los organismos sésiles detritívoros o suspensívoros (que ingieren las partículas orgánicas que flotan en el agua), podemos mencionar a los **crinoideos** o **lirios de mar**, un grupo de equinodermos que eran muy famosos en el Paleozoico. Como su nombre lo indica, a simple vista, resultan semejantes a una planta; en general, tienen un largo tallo y un cáliz o cuerpo central del que salen brazos, como pétalos en una flor. En el cáliz tienen una abertura, la boca, que recibe los trozos de alimento que colectan los brazos al moverse en las aguas ricas en nutrientes. Sin embargo, las formas fósiles del Cámbrico tenían cortos pedúnculos en lugar de tallos y se cementaban al sustrato.

Otros suspensívoros muy destacados durante el Paleozoico Temprano eran los **braquiópodos**. Los braquiópodos o lámparas de mar, como también suelen conocerse, son invertebrados marinos que poseen 2 valvas y que parecen almejas. Este parecido es solamente superficial, ya que su anatomía es muy diferente a la de los moluscos. De hecho los braquiópodos presentan una estructura única con función alimenticia y respiratoria: el lofóforo, por eso también se los llama **lofoforados**. El lofóforo rodea la boca y tiene muchos tentáculos que le permiten agarrar las partículas orgánicas del agua. La mayoría de las especies de braquiópodos se unen al sustrato por medio de un pedúnculo. Se conocen unas 16.000 especies y la mayor parte corresponden a formas extintas. La rápida velocidad de especiación de este grupo y la amplia distribución geográfica nos permite utilizarlos como excelentes **fósiles guías**.

Libres como el viento

Así como hay organismos que viven fijos al sustrato, también los hay de hábito nadador o pelágico. Entre algunos de los que podemos mencionar que se destacaban en las comunidades cámbricas están los **trilobites**, los **nautiloideos**, los **cordados** (antecesores de los vertebrados: como el *Anfioxo* y los **conodontos**) y los **hemicordados** (los **graptolites**).

Los trilobites son un grupo de artrópodos (como las actuales mariposas, hormigas o cucarachas) que habitaron los mares del mundo desde el Cámbrico hasta la gran extinción Pérmico/Triásico, y su acmé se extiende desde el Cámbrico hasta el Ordovícico. Fueron un grupo muy numeroso, se han diferenciado cerca de 4.000 especies distintas distribuidas en numerosos géneros.

Su nombre hace referencia, a que tenían su cuerpo en tres partes bien diferenciadas: una región anterior cefálica, una porción intermedia conocida como torácica, dividida en numerosos segmentos (de 2 a 29) y por último una región caudal o pigidio. Además existe una clara diferencia tripartita en sentido transversal: un eje central, llamado lóbulo axial; y, a ambos lados, dos lóbulos pleurales laterales.





Los trilobites (“tres lóbulos”) son una clase de artrópodos extintos, muy característicos de la Era Paleozoica y se han descrito casi 4.000 especies.

Como todos los artrópodos, son animales con patas articuladas que se desarrollan a los lados del cuerpo en la región torácica, además en la cabeza tenían un par de ojos muy notorios y un par de pequeños palpos, que son antenas que se utilizan para el tacto. Algunos grupos que habitan las zonas más profundas de los océanos eran ciegos y por lo tanto sus ojos se encuentran muy reducidos.

Como muchos de los demás artrópodos, los trilobites, estaban cubiertos por un caparazón duro (exoesqueleto) que no podía crecer, por lo que de vez en cuando tenían que desprenderse de él y desarrollar uno nuevo. Lo cambiaban varias veces a lo largo de su vida. Por eso en el registro fósil suelen encontrarse las mudas con mayor frecuencia que los animales completos.

Si bien todas las formas eran marinas, estudiando las formas de su cuerpo, podemos reconocer que no todos tenían el mismo hábito, algunos vivían en el fondo del mar, otros eran nadadores activos.

Sus tamaños eran muy variados, el trilobite *Agnostus*, con su medio centímetro, era el más pequeño y el *Uralichas*, con sus casi 70 centímetros era, el más grande. El tamaño medio más frecuente se encontraba entre 5 y 8 cm. Son muy utilizados como fósiles guía, un ejemplo muy conocido en la Argentina son *Jujuyaspis keideli*, *Parabolina frequens* y *Keidella meridionalis*.

Los conodontes son grupo muy particular, con una historia más particular todavía. Los conodontes son pequeños fósiles en forma de dentículo, que se encuentran abundantemente en las rocas de todo el Paleozoico. Estos dentículos siempre se encontraban en forma aislada, y eran atribuidos a distintos organismos.

Sin embargo en 1982, revisando algunas lajas sueltas y olvidadas, se halló al individuo que llevaba en su boca a los conodontes, y al cual se conoce como “el animal con conodontes”. Tiene 40 cm de largo, y cuerpo vermiforme, y un aparato masticador, en la cabeza, formado por un juego de conodontes. Pero sin lugar a dudas, la revelación más importante de este grupo, son sus relaciones de parentesco. El animal conodontes, ha sido interpretado como un cordado (los cordados son un amplio grupo que incluye a todos los vertebrados, y otros grupos menos conocidos). Las características que comparten están relacionadas con el arreglo que presenta la musculatura, la presencia de aleta caudal y fundamentalmente que los dentículos están formados de apatita (sustancia que sólo aparece entre los cordados).

Los graptolites son quizás el grupo más difícil de explicar y sin lugar



a dudas los menos conocidos. Son una clase completamente extinta, que vivieron desde el Cámbrico hasta comienzos del Carbonífero, y su acmé –su momento de mayor esplendor– se encuentra entre el Ordovícico y Silúrico. Son fósiles de animales coloniales y marinos. El nombre del grupo viene del griego *graptos*, que significa “escrito” y *lithos* que significa “piedra”, y hace referencia al modo en que suelen preservarse, se encuentran como carbonización, y pareciera como si fuesen dibujados con gráfico en la roca.

Los graptolites son fósiles comunes y tienen una distribución mundial. La preservación, cantidad y cambio gradual que tienen las distintas especies, permite que se usen como fósiles guía para datar los estratos de rocas en todo el mundo. Durante el Paleozoico los graptolites evolucionaron rápidamente y dieron lugar a muchas especies diferentes. La extinción ocurrida a finales del Ordovícico eliminó la mayoría de las especies de graptolites que vivían hasta entonces; y las especies presentes durante el período Silúrico fueron el resultado de la diversificación de sólo una o dos especies que sobrevivieron. Los graptolites también se utilizan para estimar la profundidad del agua y la temperatura en la que vivían estos organismos.

Los investigadores sostienen, que de todos los grupos fósiles que vivieron en el Paleozoico, los graptolites son los que permiten una datación más fina de las rocas que los contienen para edades comprendidas entre los periodos Ordovícico y Silúrico, donde superan en precisión a los métodos habituales de dataciones absolutas. Funcionan como un reloj, ya que en cada estrato que se estudia a través del tiempo encontramos especies nuevas, y de esta manera sirven de referencia para poder ubicar temporalmente otros grupos de organismos que son más longevos.

Si bien la diversidad de organismos aumentó, durante el Ordovícico, la vida continuó siendo exclusivamente marina, por la persistencia de los amplios mares que se adentraban en el interior de los continentes favoreciendo un rápido desarrollo de la diversidad animal, pues



Nautilus, moluscos cefalópodos que aún tienen representantes actuales.

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina



MIRADAS DE LA ARGENTINA



Si bien la diversidad de organismos aumentó, durante el Ordovícico, la vida continuó siendo exclusivamente marina, por la persistencia de los amplios mares que se adentraban en el interior de los continentes favoreciendo un rápido desarrollo de la diversidad animal.

sus aguas someras, ricas en nutrientes, creaban condiciones ideales para la proliferación de la vida. Aunque de menor magnitud que la explosión cámbrica en el Ordovícico se produce una radiación de la vida no menos importante, multiplicándose el número de géneros. Si bien, los grupos taxonómicos no cambian radicalmente, la diversidad alcanzada durante el Ordovícico continuó en aumento, hasta toparse con la glaciación de finales del Paleozoico Inferior.

En la Argentina, los fósiles se encuentran principalmente en el NOA, en la sierra de Santa Victoria en las provincias de Salta y Jujuy, el mar cámbrico habría invadido, no sólo la localidad de Santa Victoria, sino que habría llegado hasta Iruya, Purmamarca y la Quebrada del Toro. En precordillera, en las sierras chicas del Zonda y Villicum, se encuentran abundantes faunas de trilobites que son los actores principales de estos mares someros, y en menor medida, braquiópodos, conodontes y moluscos (como *Hyalites*). Una gran diferencia entre ambos lugares es que mientras en precordillera los fósiles se encuentran abundantemente, en el noroeste, siempre son escasos y mal preservados, sin embargo, se encuentran innumerable cantidad y diversidad de trazas fósiles, que son conocidas con los nombres de *Skolites*, *Arenicolites*, *Risophycus* y *Planolites*, y en su mayoría corresponde a tubos y galerías que servían a los animales como hogar.

La diversidad de los trilobites en precordillera, ha servido para poder utilizarlos como fósiles guías, por ejemplo la aparición de *Olenellus*, sirve para identificar a las rocas más antiguas del Cámbrico, mientras que *Saukia* o *Prosaukia*, entre otros, son indicadores de los sedimentos más modernos de este periodo.

Y durante el Ordovícico

Los faunas de trilobites, braquiópodos inarticulados o arqueociátidos del Cámbrico, fueron reemplazadas, a veces totalmente, por otras constituidas por braquiópodos articulados, cefalópodos y crinoideos. En particular, los braquiópodos articulados sustituyeron a los trilobites como dominantes entre los organismos dotados de conchillas, aunque estos últimos siguieron gozando de una gran diversidad, pero fueron desplazados a vivir en zonas más profundas. Constituían el 60% del total de la fauna marina durante el Ordovícico.

Los primeros briozoos aparecieron en el Ordovícico, así como las primeras comunidades de arrecifes coralinos (los corales solitarios se remontan al Cámbrico). Los moluscos, que habían aparecido también durante el Cámbrico, llegan a ser comunes y variados, especialmente los gasterópodos y los cefalópodos que fueron los animales más grandes y algunos grupos tenían un caparazón que alcanzaba



los 3 metros de largo, los bivalvos aparecen durante este periodo pero tiene tamaños pequeños y no son elementos comunes. Los graptolites prosperaban en los océanos del Ordovícico y algunas clases de equinodermos, como cystoides y crinoideos aparecieron en este periodo.

Los vertebrados están representados por un grupo muy particular los conodontes y algunos restos de peces, uno muy común en la Argentina es *Sacabambaspis janvieri*.

Comunidades ordovícicas

La diversidad de las comunidades del ordovícico en nuestro país es notable. Los organismos quedan restringidos a un ambiente por las condiciones climáticas y la ubicación geográfica que ocupan. Los científicos que han estudiado a los grupos presentes durante el Ordovícico diferenciaron, ya hace más de 20 años, tres grupos de fauna que reflejan condiciones climáticas muy disímiles. Identificaron 3 regiones, las cuales fueron encontradas en precordillera de San Juan, Sierra de Famatina (La Rioja y Catamarca) y cordillera oriental en la provincia de Jujuy.

La pregunta que nos podemos hacer es, ¿cómo las rocas de regiones geográficas, que actualmente son tan cercanas pueden tener faunas con una historia tan diferente? Estos científicos, han presentado una explicación muy convincente, que dice que estas regiones en el Ordovícico se encontraban muy alejadas unas de otras y que durante el Paleozoico Inferior, se reunieron en el oeste del paleocontinente de Gondwana o en el actual continente de Sudamérica.

En la precordillera de San Juan, los fósiles corresponden a un ambiente marino somero. Consiste principalmente en rocas carbonáticas, que sólo se forman en aguas cálidas. Lo más destacable, es la presencia de arrecifes de esponjas y algas, acompañados de braquiópodos, trilobites y conodontes. Se ha propuesto que durante el Cámbrico, precordillera era un terreno o una isla gigante que se habría separado del paleocontinente de Laurentia y habría estado migrando a través del océano de Iapetus, y al realizar este recorrido atravesó el Ecuador, dándose las condiciones favorables para que esta fauna típica de climas cálidos se hubiera desarrollado. Habría colisionado con Gondwana en el Silúrico.

En la Sierra de Famatina, encontramos una buena diversidad de bivalvos, trilobites, graptolites y braquiópodos asociados; sus especies son muy diferentes a los que encontramos en los otros sectores. Esta fauna, si bien correspondería a un ambiente marino profundo con clima templado, también tiene algunas especies que indicarían temperaturas más cálidas. No se conoce la exacta procedencia de este terreno, al menos no con seguridad.



El caso de la cordillera oriental, en el noroeste argentino, es distinto, ya que siempre habría formado parte de Gondwana y la fauna que presenta así lo avala. Encontramos conodontes, trilobites, graptolites y braquiópodos, todos de aguas profundas y frías.

Exceptuando a los **briozoos** que sólo aparecen en la precordillera, el resto de los grupos taxonómicos están bien representados en todos los sectores. La diferencia entre las faunas radica en la importancia de cada grupo (cuáles son dominantes) en las distintas regiones, es decir, la proporción de cada uno en las comunidades. Además las especies eran exclusivas de cada región, eso deberíamos relacionarlo con el clima que reinaba en cada “isla” y así poder entender la historia de cada lugar a lo largo del tiempo geológico.

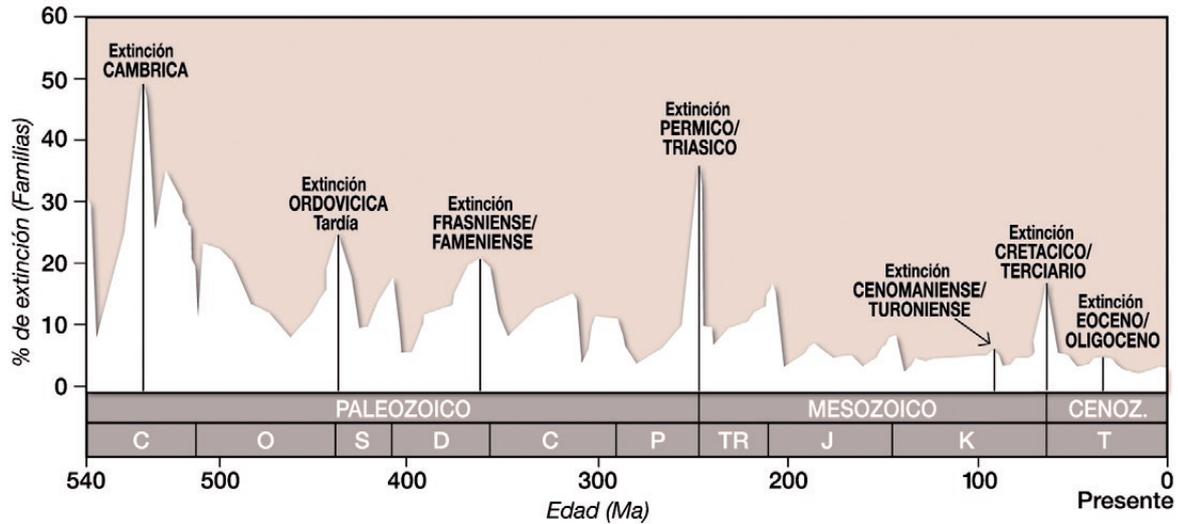
La crisis del Ordovícico

Al finalizar este periodo ocurrió una de las crisis biológicas más significativas –fue la primera extinción masiva del Fanerozoico y la segunda en importancia de pérdida de biodiversidad, en el top 10 de las extinciones más importantes–, durante la cual, la diversidad de los grupos que habitaban mares y océanos se redujo a un 20%. Se perdieron, aproximadamente, el 48% de los géneros vivientes. Afectó a los corales, graptolites, trilobites, braquiópodos, ostrácodos, equinodermos, conodontes, es decir, prácticamente a todos los grupos presentes en ese momento. Se produjo entonces la primera gran extinción biológica del Fanerozoico.

La crisis afectó tanto a los organismos que flotan en la columna de agua y que conforman el plancton, como al bentos y se produjo en dos etapas:

1. Esta parte coincidió con el inicio de una glaciación. Durante estas, se concentran sobre las zonas polares, mayores volúmenes de agua que se congelan. Esta agua es retirada de los mares y océanos, por lo tanto, en las zonas costeras ocurre una regresión y el nivel del mar desciende. La temperatura disminuyó y las aguas frías se extendieron hasta los trópicos, esto se evidencia porque se ha encontrado fauna de climas fríos en estas zonas incluyendo, la Argentina y el norte africano (por ejemplo los braquiópodos reemplazan a la fauna de corales, típicos de aguas cálidas).
2. La segunda etapa de la crisis se produjo, probablemente cuando finalizó la glaciación y se restauraron las condiciones climáticas, más favorables. Los hielos se fundieron, el nivel del mar aumentó, inundando áreas que habían sido desecadas





(durante la regresión) y aumentando nuevamente la temperatura. Esto produjo la retracción y extinción de la fauna de agua fría que se había desarrollado, debido a que las condiciones climáticas ya no le eran favorables.

La extinción masiva del Ordovícico ocurrió al final de dicho periodo, aproximadamente entre 450 y 440 MA. Esta extinción, considerada como la segunda más devastadora para las comunidades marinas en la historia de la Tierra, causó la desaparición de un tercio de todas las familias de braquiópodos y graptolites. Igualmente afectó a numerosos grupos de conodontes, trilobites y briosos. La mayoría de la fauna constructora de arrecifes fue diezmada. En total más de un centenar de familias de invertebrados marinos desapareció en este evento de extinción.



Esquema indicando las extinciones masivas a lo largo del tiempo geológico.

Repensando la extinción

Si bien, se propone un cambio climático severo y acompañado con un enfriamiento global repentino, actualmente existen científicos que han expuesto otras hipótesis para explicar que la catástrofe del Ordovícico pudo estar producida por una explosión de rayos gamma.

Todos los días, durante algunos segundos, la Tierra es bombardeada por los rayos gamma que se crean como consecuencia de explosiones que ocurren en las galaxias lejanas. Científicos de la NASA e investigadores de la Universidad de Kansas quieren demostrar que los patrones de la extinción ordovícica se corresponden con los de la teoría de los rayos gamma.



Ellos han afirmado que una gran explosión de una estrella masiva, de tan sólo 10 segundos de duración, pudo liberar enormes cantidades de energía en forma de rayos gamma. Así, esta forma de radiación electromagnética, la más energética de todas, pudo alcanzar la atmósfera de la Tierra destruyendo la mitad de la capa de ozono. Entonces, la radiación ultravioleta del Sol dañó seriamente la vida sobre nuestro planeta y provocó la desaparición de un importante número de especies marinas.

Miscelanea: los paleotermómetros

Los dentículos de conodontes son microfósiles marinos de aproximadamente 0.1-1mm y composición fosfática que aparecen en el Cámbrico y desaparecen en el Triásico. Tienen una particular utilización, los investigadores notaron que el color de los distintos elementos no era el mismo, sino que había toda una gama que iba desde el amarillo translúcido hasta el negro, y con ella construyeron un índice de alteración del color (CAI) ¿Tenía el animal dientes de todos colores? ¿A qué responde ese cambio de color?

La respuesta a la primera pregunta es no. La alteración en el color esta relacionada con las temperaturas a las cuales ha estado sometida una roca (y por extensión los fósiles que lleva). La causa de esto se debe a la alteración de la materia orgánica contenida dentro de los conodontes y a los cambios progresivos de la temperatura con el tiempo. Otros motivos podrían ser la pérdida de materia orgánica, o de agua intercrystalina y la recristalización de los elementos.

El CAI es utilizado para la determinación de la temperatura a la cual ha estado sometida una roca. Igualmente sirve para la determinación de la madurez de la materia orgánica, lo cual no da información importante acerca de la presencia de hidrocarburos en las rocas.



Capítulo 6.
**Paleozoico
Medio**



Curioseando en tierras desconocidas

Este momento en la historia de la vida, queda limitada por 2 extinciones, como ya hemos visto, la extinción ordovícica, marca el comienzo de esta etapa la cual finalizara con la extinción Devónica. El Paleozoico Medio, abarca unos 90 millones de años y comprende los períodos Silúrico y Devónico. A partir de este momento, el ambiente marino pierde la exclusividad y el ambiente continental (lagunas, charcas, pantanos, los bosques y sabanas, etc.) despoblado, hasta ese momento, se convierte en un lugar donde los curiosos comienzan a visitarlo y algunos hasta deciden quedarse en él.

El Paleozoico Medio incluye los periodos intermedios, el Silúrico y el Devónico. El Silúrico se extendió desde los 444 hasta 416 MA y es el más corto de toda la escala geológica. Su nombre proviene de una tribu celta, los Silures, en cuya región se encontraron rocas sedimentarias que comenzaron a ser estudiadas en 1835. Sabemos que a finales del período Ordovícico se produjo una extinción masiva muy importante, que acabó con un gran número de las especies animales existentes. Estos eventos bióticos sirven a los paleontólogos de herramienta para marcar límites entre períodos como, por ejemplo, el fin del Ordovícico y el comienzo del Silúrico.

En el caso del Devónico, las primeras rocas de esta antigüedad fueron encontradas en una ciudad ubicada al SO de Inglaterra, llamada Devonshire, y de allí el nombre de este periodo. Incluye todos los eventos que ocurrieron en la Tierra entre los 416 y 355 MA.

A comparación de los periodos anteriores, el Devónico está caracterizado por un gran desarrollo de los ambientes continentales, por sobre los marinos, hay mucha más tierra libre de agua, y veremos como las plantas y animales, no se perderían la oportunidad de explorarla.

La expansión de las áreas continentales y la consecuente retracción de las cuencas marinas, se debió al encuentro entre placas, y como resultado de la unión de placas litosféricas continentales, en todo el globo, se elevaron grandes cadenas montañosas. Estos movimientos, produjeron en la Argentina, la elevación de un primer esbozo de lo que muchos millones de años después sería la cordillera oriental, y que es llamado la protocordillera oriental.

El mapa del Paleozoico Medio

El Silúrico fue un periodo de grandes transformaciones, colisiones y vulcanismo. A nivel mundial, el océano Iapetus se había cerrado por



la colisión entre Laurentia, Avalonia y Báltica, comenzando a constituir el supercontinente Laurasia. Entre Gondwana y Laurasia, se extendía el amplio océano Rheico, que comenzaba a reducirse lentamente, a medida que las masas continentales se acercaban.

En América del Sur se estaban formando los paleoandes y en la Argentina ascendía la cordillera oriental provocando un fuerte magmatismo y plutonismo en la región, como resultado de la colisión de los terrenos de precordillera y Famatina.

Este período comienza con una gran transgresión marina, es decir que las tierras desde Venezuela hasta la Argentina se encontraban sumergidas bajo el agua. Casi todos los depósitos correspondientes al Silúrico son de ambientes marinos someros (de poca profundidad) de plataforma. Entre algunos de los yacimientos silúricos de nuestro país más importantes podemos mencionar: el noroeste argentino, precordillera, Sierra de la Ventana, el macizo Norpatagónico y las islas Malvinas. La fauna que se encuentra en estos depósitos están compuesta principalmente por: bivalvos, braquiópodos, trilobites, graptolites y nautiloides.

Si pudiéramos retroceder en el tiempo hasta el Devónico, veríamos sólo había dos masas de tierra importantes, conformando dos supercontinentes bien individualizables entre si. Una era Laurasia, que estaba integrada por América del Norte, Europa y casi toda Asia. La otra era, Gondwana, compuesta por América del Sur, África, Australia, la India y la Antártida.

Laurasia, el supercontinente del hemisferio norte al final de este período ya estaba casi completamente formado, por la reunión de distintas placas pequeña, cerrándose el océano lapetus que las separaba. En el hemisferio sur, Gondwana ya estaba conformada.

La paleogeografía devónica, muestra un acercamiento entre Laurasia y Gondwana, pero la magnitud del mismo es muy discutida por los investigadores. Para muchos, ambas masas de continentes pudieron estar muy cerca y separadas por un estrecho océano, mientras que para otros, las distancias pudieron ser mucho más extensas. La conexión entre ambas masas continentales, esta dada por la similitud que hay entre las floras (restos abundantes de polen que han encontrado) y por contar con grupos de peces de agua dulce parecidos.

Al igual que en el Silúrico, los mares devónicos cubrieron gran parte del continente sudamericano, penetrando en el valle amazónico, e inundando casi la totalidad de Brasil, Paraguay, Uruguay y el noreste de nuestro país, dando origen a la cuenca Chaco Paranaense.

Los yacimientos del Devónico argentino suelen estar por encima de los depósitos silúricos en las mismas localidades y posee faunas y am-



Al igual que en el Silúrico, los mares devónicos cubrieron gran parte del continente sudamericano, penetrando en el valle amazónico, e inundando casi la totalidad de Brasil, Paraguay, Uruguay y el noreste de nuestro país, dando origen a la cuenca Chaco Paranaense.



bientes sedimentarios equivalentes. Para algunos geólogos a la hora de poner el límite se torna complicado ya que las rocas son muy similares.

El frío me sienta bien

En el Paleozoico Medio las condiciones climáticas fueron estables y constantes. El lento desplazamiento de Gondwana hacia el norte, permitió que el clima pasara de frío a templado-frío en el que la fauna marina se vio muy beneficiada por el aumento de los nutrientes y las especies se diversificaron. Las plantas comenzaban a instalarse en los márgenes continentales, en pantanos y deltas, y el aumento tanto de diversidad como de biomasa en las plantas causó un enriquecimiento atmosférico del oxígeno.

Gran parte de Gondwana (incluida la Argentina) se ubicaba en el hemisferio sur, cerca del polo, y sólo en los sectores correspondientes al norte de África y Australia, reinaba un clima cálido a templado, las mismas condiciones cálidas predominaron en el hemisferio norte. Esto quiere decir, que en Sudamérica teníamos condiciones templado-frías.

Al finalizar este periodo y en los comienzos del Devónico, el oeste de la Argentina estaba ubicada en una posición polar. Sin embargo, existen evidencias de que las zonas cubiertas por los hielos durante este periodo eran menos extensas que durante las glaciaciones del Ordovícico.

Hacia finales del Devónico, Gondwana ya se encontraban cerca del paleoecuador, y las condiciones climáticas eran opuestas, y más cálidas.

La vida se toma revancha

Producto de la extinción que ocurrió a finales del Ordovícico, el Silúrico presenta un escenario ideal con numerosos lugares vacantes y muchas oportunidades de poder ocuparlos. Por lo tanto, si bien durante este período los grupos de invertebrados son los mismos, las especies que se encuentran son muy diferentes, hay un cambio de actores y entre las plantas y los vertebrados surgen importantes innovaciones evolutivas.

Los trilobites del Ordovícico se extinguieron, pero rápidamente evolucionaron los nuevos trilobites del Silúrico. Dentro de los graptolites, aparecieron nuevas formas que reemplazaron a las que existían pre-



Producto de la extinción que ocurrió a finales del Ordovícico, el Silúrico presenta un escenario ideal con numerosos lugares vacantes y muchas oportunidades de poder ocuparlos.



viamente, lo mismo ocurrió con los braquiópodos. Los bivalvos incrementan su presencia, pero siguen siendo un grupo poco abundante, por el contrario los cefalópodos siguen ganando la pulseada.

Con un pie fuera del agua

Los peces que habían estado recluidos en el ambiente marino, comienzan a invadir los ambientes dulceacuícolas o salobres. Tenían placas de hueso que cubría su cuerpo, formando un escudo protector, por lo cual se los llama **ostracodermos**, además carecían de mandíbulas.

Sin embargo las mandíbulas van a aparecer en otro grupo de peces llamados **placodermos**. La importante diversidad de peces de este momento, preparan el escenario que terminara de completarse durante el Devónico, la llamada “Edad de los Peces”.

Donde ocurre, probablemente la mayor novedad evolutiva del Silúrico, es dentro del mundo de la plantas, con la aparición de las primeras **plantas vasculares**, aquellas provistas de un tejido especial que les permite transportar el agua y los nutrientes a todas partes del cuerpo (similar a nuestro sistema circulatorio) y que cuentan también con tejidos especiales que les permiten mantenerse de “pie” fuera del agua. Las plantas vasculares mejor conocidas presentan una antigüedad de 425 MA y fueron halladas en Laurentia, sin embargo floras similares han encontrado en casi todas las partes del globo, incluso en América del Sur, más precisamente en Bolivia, en la cuenca de Tarija, donde se han encontrado restos de plantas, como la primitiva *Cooksonia* (Si Superior- Dv Inferior) que vivían en ambientes pantanosos.

En este periodo, los artrópodos ya se aventuraban a explorar el ambiente continental, con formas como los miriápodos y escorpiones, que siguieron a su fuente de alimento, las plantas tierra adentro. Algunos investigadores aseguran que la conquista del medio terrestre se dio unos millones de años antes, en el Paleozoico Inferior, como bien se han registrado las pisadas de euthycarcinoideos en el Silúrico continental de América del Norte.

Un viaje a las profundidades de los mares

Después de cómo caracterizamos a la fauna de los mares silúricos, cualquier lector podría preguntarse, ¿Cuáles fueron los grandes cambios ocurridos durante el Silúrico? ¿Qué grupo nuevo apareció? Si los



invitáramos a bucear por los mares Ordovícicos y Silúricos, seguramente encontraríamos presentes a los mismos grupos, la extinción Ordovícica no provoca la desaparición completa de ningún taxón. Probablemente si pudiéramos observar el lecho marino con más detalle, veríamos que las especies, sin lugar a dudas no son las mismas, pero las comunidades no se han transformado notablemente, desde el punto de vista taxonómico. Sin embargo, las variaciones ambientales provocaron un cambio en las adaptaciones de los organismos, dando una nueva estructura ecológica en las comunidades marinas. La diferencia principal radica en que algunos animales bentónicos (como los braquiópodos) se arriesgan a enterrarse en el sustrato, pero no tan profundamente; y algunos bivalvos, se fijan a las rocas del fondo por medio de una estructura, a modo de raicillas, como vemos en los mejillones actuales.

Sin embargo, si los invitáramos a repetir la aventura a las profundidades de los mares, algunos millones de años después, nuestro consejo sería que no se lo pierdan, ah y no olviden llevar sus cámaras de fotos, les aseguramos que lo que están por ver es maravilloso y quizás pueda resultar un poco aterrador.

El itinerario del viaje incluiría:

- Observar a los primeros **amonoideos** nadando libremente, y por si algunas fotos se velaron, volver a mirar a los compañeros de siempre graptolites, ostrácodos y braquiópodos.
- El gran desarrollo de los peces, puede que sea nuestra atracción principal ¡pero ojo! los primeros **tiburones** han aparecido en escena.
- También prometemos que podremos darnos un respiro del agua, liberarnos de nuestros tubos de oxígeno envasado, y respirar el de la propia atmósfera (que ya ha alcanzado niveles adecuados para ser aprovechado por los organismos).
- Para los amantes de las plantas, también tenemos sorpresas, las primeras floras han llegado a la tierra, y prepararán el camino para el desarrollo de la gran **flora carbonífera**; recomendamos no olvidar repelente ya que encontraremos a varios insectos.
- Y como frutilla del postre, los llevaremos a observar a las primeras formas de **tetrápodos**, que se arriesgaron a salir del charco.

Si con todo esto no pudimos convencerlos, les pedimos que lean un poquito más, estamos seguros de que quedarán maravillados.

Los invertebrados marinos

Los fósiles indican que las aguas del Devónico estaban repletas de vida. Había lirios de mar y arrecifes de coral. Los gusanos y los trilobites excavaban en el fango del fondo de lagos y océanos. En el Devónico Medio, se encuentra la primera radiación de los **foraminíferos**, un



grupo de microorganismos (por debajo del centímetro) que presentan un pequeño caparazón rodeando sus partes blandas.

Los corales forman arrecifes en las aguas cálidas, los trilobites y graptolites entran en declinación. Los primeros se extinguen a principios del Devónico y muchos grupos de trilobites desaparecen al final de este periodo.

Los estudios realizados sobre faunas de corales del Devónico Inferior de la Argentina (fundamentalmente en la precordillera argentina, en la provincia de San Juan) han permitido reconocer una fauna abundante y diversa, que habitaba los fríos mares de nuestra región.

El mar devónico se interpreta como un ambiente de plataforma marina, poco profundo y calmo, de baja energía, en los cuales los corales no vivían solos, también se han encontrado numerosos géneros de trilobites, graptolites y braquiópodos.

Los bichos raros de estos mares

Los **equinodermos** presentan un largo biocrón que se extiende desde el Cámbrico hasta la actualidad, las estrellas de mar, los erizos y dólares de mar, son los representantes más famosos de este grupo. Pero la diversidad actual no hace sombra a la abundancia que se encuentra en el registro fósil. Este grupo reúne hoy a casi 6.000 especies pero si incluyéramos a los fósiles, el número ascendería a 20.000. Con esto queremos hacer hincapié en la importancia de este grupo en las comunidades fósiles y, por lo tanto, en la cadena trófica. Su nombre, equinodermos, quiere decir “piel con espinas”, y si bien esto nos recuerda directamente a los erizos de mar, todos los representantes comparten esta característica.

Han sido, desde siempre, animales exclusivamente marinos y se encuentran distribuidos por todos los mares del mundo y en las costas patagónicas, son comunes.

Podemos reconocer dos grandes grupos, según su modo de vida: (1) aquellos que viven anclados al sustrato mediante un pedúnculo o talla y (2) aquellos viven desplazándose sobre o dentro del sustrato. El primer grupo ha recibido distintos nombres, como *Pelmatozoa* y su acmé es Paleozoico. El segundo grupo se llama *Eleutherozoa* y su acmé es Cretácico hasta la actualidad.

Los *pelmatozoos*, incluyen 3 clases: 2 se encuentran totalmente extinguidas (cistoideos y blastoideos) y la clase de los *crinoideos*, que incluye los lirios de mar y las *comatulas* modernas. Este gran grupo queda caracterizado por ser sésiles, es decir que, permanecen anclados al sustrato mediante un tallo largo y segmentado. Sobre el tallo



Los estudios realizados sobre faunas de corales del Devónico Inferior de la Argentina (fundamentalmente en la precordillera argentina, en la provincia de San Juan) han permitido reconocer una fauna abundante y diversa, que habitaba los fríos mares de nuestra región.



está el cáliz que protege la partes blandas del animal y de él salen cinco brazos móviles, largos y ramificados. Tienen un aspecto muy parecido a flores, con colores llamativos, abren y cierran sus brazos como si fueran pétalos.

Los eleutherozoos son un grupo bastante heterogéneo que abarca 5 clases: 1 de las cuales es exclusiva del Paleozoico (Edrioasteriidea), que aparece en el Cámbrico y desaparece en el Carbonífero. Es un taxón muy importante ya que le daría origen a las 4 clases restantes que continúan viviendo en los mares modernos: asteroideos (las estrellas de mar), pfiuroideos (las serpientes de mar), los holoturoideos (los pepinos de mar) y los equinoideos (erizos y dólares de mar).

Debido a la delicadeza de sus caparazones, las serpientes de mar, no suelen preservarse en las rocas sedimentarias, sin embargo, encontramos ofiuroideos perfectamente conservados en el Devónico de San Juan.

El reinado de los peces

A pesar de toda la abundancia de invertebrados, en los mares, los peces eran los protagonistas de la historia. Los más abundantes no presentaban mandíbulas (conocidos, en sentido general, como **agnatos** pero que incluye a muchos grupos diferentes) que habían conquistado los ambientes marinos, e incluso algunos se habían arriesgado a las aguas dulces o salobres. Los ostracodermos, eran agnatos con enormes corazas de hueso que rodeaban su cuerpo. Este grupo evolucionó dando lugar a una gran variedad de peces.

Los primeros peces que desarrollaron mandíbulas y pares de aletas fueron los placodermos (o conocidos como tiburones de piel espinosa), vivían en agua dulce, con tamaños muy variable (algunas especies medían centímetros y otras alcanzaban 12 metros de largo) y poseían un exoesqueleto de hueso rodeando la cabeza y las aletas, con función protectora. Aunque aparecieron por primera vez en ambientes de agua dulce, tendieron a emigrar hacia el océano y a perder su armadura.

De los placodermos se habrían originado los antecesores de los grupos de peces que podemos encontrar en la actualidad: **condrictios** (peces con esqueleto interno formado completamente por cartílago) y los **osteictios** (peces con esqueleto óseo).

Los tiburones y formas afines, ya estaban bien representados en el Devónico y eran predadores de gran tamaño.

Los peces óseos, hacia mediados del período Devónico se habían diferenciado en tres grupos principales: **peces pulmonados**, **peces con aletas lobuladas** y **peces con aletas radiadas**.



A pesar de toda la abundancia de invertebrados, en los mares, los peces eran los protagonistas de la historia. Los más abundantes no presentaban mandíbulas, conocidos en sentido general como agnatos.



Los peces pulmonados fueron muy diversos en el pasado geológico. Solamente 3 géneros de peces pulmonados han sobrevivido hasta nuestros días, con unos pocos representantes.

Mientras tanto, los peces con aletas radiadas después de una lenta evolución durante la era Paleozoica y los principios de la era Mesozoica, se diversificaron notablemente, para dar origen a los peces óseos modernos o **teleósteos**.

El tercer grupo, los peces con aletas lobuladas, constituyeron los antecesores de los vertebrados terrestres, es decir que le dan origen a los primeros **anfibios**. Hasta 1939 se consideraba que, los peces de aletas lobuladas, estaban totalmente extinguidos, pero fue entonces cuando se pescaron unos ejemplares de tamaño grande (miden unos 1,5 metros de longitud y pesan unos 50kg) cerca de la costa oriental de África; esta especie de fósil viviente se llama *Latimeria chalumnae* pero, los amigos lo conocen con el nombre de celecanto. El celacanto es un hábil depredador que pasa el día en cuevas situadas a 150 a 300 metros de profundidad y, a la noche sube a la superficie donde se alimenta de peces de arrecife.

Después de relatar este panorama, no nos quedan dudas de porque el Devónico es conocido en toda la literatura como la "Edad de los Peces". No sólo es importante la abundancia de los peces sino también, su diversidad.

Para resumir la enorme diversidad que presentaban los peces devónicos, mencionaremos algunas características principales de los grupos más representativos:

Los **ostracodermos** (piel ósea): eran pequeños con ojos pares como los de los vertebrados superiores, sin mandíbulas y cubiertos por una armadura ósea. Sus bocas chicas adaptadas para consumir pequeñas partículas de alimento. Se han encontrado distintas formas dentro de este grupo, algunos eran planos (como las rayas actuales) adaptados a vivir cerca del fondo (necto-bentónica), mientras que otros estaban mejor preparados a la natación activa.

Los **acantodios**, llamados también tiburones espinosos, vivieron desde el Silúrico, declinaron fuertemente en el Devónico, pero continuaron hasta el Pérmico cuando desaparecen. Eran alargados con numerosas aletas, y numerosas espinas salientes. Presentaban algunas características de los peces modernos: aletas pares, escamas y mandíbulas, las cuales favorecieron su rol ecológico como depredadores.

Nos dejaron un importante legado evolutivo. Durante el Devónico se produjo una gran radiación adaptativa de peces con mandíbulas que ocuparon nuevos niveles de la cadena trófica en los hábitats de agua dulce y marina.



El Devónico es la llamada "Edad de los Peces". No sólo es importante la abundancia de los peces sino también, su diversidad.



Los **placodermos**, como su nombre lo indica, estaban cubiertos de placas óseas, y presentaban los tamaños más grandes. Aparecieron en agua dulce entre el Silúrico Superior y el Devónico Inferior, fueron también muy abundantes y diversos en el Devónico (primero en aguas dulces y secundariamente aparecen en ambientes marinos).

Los **tiburones**, se encuentran desde el Silúrico y continúan viviendo en la actualidad. Eran formas primitivas y pocos sobrepasaban el metro de longitud.

Dentro de los peces, que tienen su esqueleto formado por hueso (osteictios) se reconocen dos grupos, actinopterigios y sarcopterigios, ambos hacen su primera aparición durante el Devónico.

Los **actinopterigios** (o peces de aletas radiadas) tienen un éxito modesto durante el Devónico, pero sobrevivieron a la crisis para dominar los mares mesozoicos y cenozoicos e incluyen la mayoría de los peces modernos de agua dulce y marina.

Los **sarcopterigios** (también conocidos como peces de aletas lobuladas), incluyen a los actuales peces pulmonados (dipnoos) y celacantos, entre otros.

Contrario a lo que les sucedió a sus hermanos de aletas radiadas, el Devónico fue el período de mayor éxito para los pulmonados.

El superéxito de los pulmonados se debe a su capacidad de retener aire en los pulmones en los períodos de desecación. Dichos pulmones presumiblemente tenían una función similar en el Devónico.



Restos fósiles de la cabeza de un placodermo.



Los sarcopterigios declinaron después del Devónico dejando un rico legado evolutivo, ya que de ellos derivaron todos los vertebrados terrestres y sus pulmones fueron los predecesores de los nuestros.

Preparando el terreno

De la misma forma en que pequeños grupos de tribus humanas fueron llegando a América, hace unos 14.000 años, los primeros pobladores del ambiente terrestre fueron los artrópodos y las plantas. Durante el Silúrico fundamentalmente, hubo una profunda transformación en la superficie de la Tierra; aunque, algunos científicos insisten que el abandono del medio acuático por parte de algunos taxones puede haberse iniciado unos cuantos millones de años antes. Las plantas no sólo la invadieron sino también la modificaron. La erosión se fue reduciendo a medida que la vegetación cubría la superficie y se formaron los primeros suelos.

La masiva pérdida de vapor de agua que se produce, principalmente, en las hojas por transpiración y evaporación modificó el clima, con una mayor formación de nubes otorgando un régimen de precipitaciones más frecuentes. Cuando las plantas llegaron a construir verdaderos **bosques**, se transformaron en un reservorio importante de carbono, ayudando a reducir los niveles de CO₂ en la atmósfera, por lo declino el **efecto invernadero**, las temperaturas se hicieron más bajas y el clima global se enfrió.

Este desarrollo también fue aprovechado por los animales, que encontraban en la superficie terrestres refugios frente al calor y la deshidratación. Apenas surgen las primeras plantas terrestres, se registran la aparición de los **primeros artrópodos**, como **escorpiones** o **miriápodos** (los conocidos mil pies y cien pies) y posteriormente los **primeros tetrápodos** hacen su aparición.

Durante este período, las plantas evolucionaron y surgieron nuevas formas y más variados tipos, como los licopodios, los **equisetos** y los **helechos**. Se extendieron por los pantanos y las orillas de los lagos hasta formar los primeros bosques terrestres. Esta alfombra verde empezó a poblarse con los parientes primitivos de los milpiés, ciempiés, insectos, ácaros y arañas. En la Argentina, en la sierras de Punilla se han encontrados gran cantidad de vegetales, como restos de *Hyenia*, *Malazamia* y *Haplostigma*.



La última parte del Devónico se caracterizó por la aparición de los primeros vertebrados terrestres, los tetrápodos se habrían originado en la región ecuatorial de Laurasia y Gondwana.



La “conquista de la tierra”

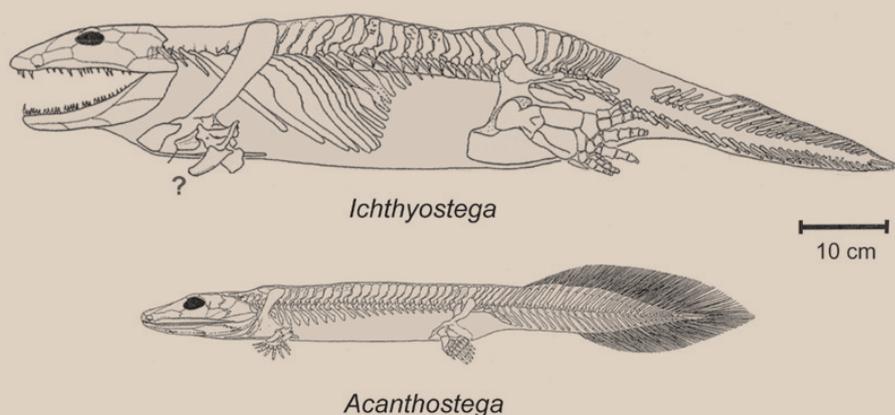
Con un tono un poco narcisista, los europeos se refieren a la conquista del continente americano como el *descubrimiento* de América, cuando en realidad, hacía miles de años que el continente, albergaba ciudades enteras, dónde se habían desarrollado y florecido una variedad de culturas muy complejas y altamente organizadas.

De igual modo, los científicos han atribuido históricamente la conquista del medio terrestre, nada más ni nada menos que, a los vertebrados, y lo ubican en el Devónico Superior, porque fue en ese momento, cuando se aventuraron nuestros parientes más cercanos. Sin embargo, unos organismos tan complejos, no apostarían sus pellejos para explorar nuevos espacios si en ellos no estuvieran bien establecidos una cadena trófica y un complejo sistema de interacciones ecológicas. Toda esa etapa de transición ocurrió en el Silúrico o quizá antes, y los que se arriesgaron fueron pequeños animales invertebrados y las plantas, dándole la posibilidad de explotar nuevos recursos.

Y los animales terrestres entran a escena

La última parte del Devónico se caracterizó por la aparición de los primeros vertebrados terrestres, los **tetrápodos** se habrían originado en la región ecuatorial de Laurasia y Gondwana. Los representantes más conocidos de este grupo son *Ichthyostega* y *Acanthostega*. Estas criaturas, cuyo cráneo estaba rodeado por una armadura ósea, eran similares en la mayor parte de los rasgos a los peces de aletas lobuladas, pero diferían de ellos por poseer miembros en lugar de aletas.

Esquema de los esqueletos de *Ichthyostega* y *Acanthostega*, tetrápodos del Devónico.



La extinción devónica

El final del período viene marcado por una crisis de extinción masiva que afectó más a los mares que a los continentes, y más a las latitudes tropicales que a las medias. Se estima el 77% de las especies que vivían allí desaparecieron. Para algunos investigadores se trata de una extinción masiva y repentina de grupos, otros opinan que en realidad fue la acumulación de varias pequeñas extinciones.

Los corales que habían dominado el período se extinguieron, y hasta el Triásico los arrecifes coralinos no volvieron a ser importantes. Muchos taxones marinos sufrieron una fuerte reducción de su diversidad, y los graptolites desaparecen por completo al finalizar este periodo. Otros grupos, fueron diezmados, se calcula que el 85% de géneros de braquiópodos y amonites, además de numerosos tipos de gasterópodos y trilobites, desaparecieron. Entre lo vertebrados, los peces agnatos, los placodermos, también desaparecieron repentinamente del registro a finales del Devónico, y los tiburones sufrieron una marcada decaída.

Las especies de agua dulce y los tetrápodos recién llegados, fueron los menos afectados.

Causas: los sospechosos de siempre

Aunque se sospecha del enfriamiento global como causa principal de la extinción devónica, no se excluye el impacto de un cuerpo extraterrestre, para el que se han propuesto varios posibles lugares de colisión.

También se propone como causa las bajas temperaturas, ya que existen evidencias de una importante era glacial, originada probablemente por la enorme difusión vegetal del Devónico. Las plantas habrían fijado el dióxido de carbono, reduciendo su efecto invernadero y contribuyendo a un enfriamiento global.

Miscelánea: los paleocalendaríos

Los corales paleozoicos, no son utilizados como indicadores temporales, ya que las especies son muy longevas, es decir, han vivido por decenas de millones de años. Sin embargo, la amplia distribución geográfica y su buena conservación nos ha permitido obtener de ellos, otro tipo de información.

En el esqueleto de distintos corales podemos observar en la superficie, una especie de repliegues o líneas de crecimiento. Cada replie-



que representa un período de tiempo en la vida de ese individuo, al observarlas todas en su conjunto nos damos cuenta que algunas se encuentran más cerca y otras más alejadas. Las líneas más delgadas se forman cada día, podemos agruparlas en bandas mensuales y éstas, a su vez, en bandas anuales.

Al contabilizar los anillos de crecimiento anual en especies de corales fósiles y actuales, se han obtenido resultados sumamente reveladores. Por ejemplo, en algunos géneros del Devónico permitieron concluir que el año Devónico tenía una duración de 400 días, dato que concuerda con estudios astronómicos que también sostienen valores similares en la rotación de la Tierra.



Capítulo 7.
**Paleozoico
Superior**



Como hermanos siameses

La Argentina posee uno de los registros más completos del Paleozoico Superior de Gondwana. En nuestro país los depósitos del Paleozoico Superior, se extienden desde el norte en el límite con Bolivia, hasta el extremo sur de Patagonia e incluso en Islas Malvinas. Se caracterizan por ser potentes y presentan una gran variabilidad ya que se desarrollan en ambientes continentales, ambientes mixtos, ambientes volcánicos y glacialacustres. Por lo tanto, los fósiles que encontramos también son muy diferentes entre sí, y cada uno de los ambientes estará caracterizado por una flora y una fauna determinada para este período.

El Paleozoico Superior comienza luego de la extinción devónica, a los 355 MA, y finaliza con la extinción pérmica, a los 250 MA y comprende los períodos Carbonífero y Pérmico. Hay modificaciones muy importantes a niveles geográficos y climáticos, y por lo tanto de la flora y la fauna. Trataremos por conveniencia a los períodos Carbonífero y Pérmico en conjunto. Si bien, en otras partes del mundo, el límite entre ambos periodos es neto, esta situación no ocurre en nuestro país y para los investigadores locales ha resultado muchas veces difícil y hasta imposible encontrar el límite entre ambos períodos. Si la naturaleza no los ha separado, quizá no tenga caso que lo hagamos nosotros.

Un solo mar, un solo continente

La parte final del Paleozoico fue un periodo de agitación generalizada de la corteza terrestre, por ejemplo: se incorporaron gran cantidad de microplacas en el sur del continente de Laurasia. Emergieron porciones continentales por debajo de los mares poco profundos y se alzaron sistemas montañosos como los Apalaches y los Montes Urales.

Para el Carbonífero Inferior, se diferenciaban claramente 2 masas continentales, Laurasia y Gondwana que continuaban rotando y acercándose una respecto a otra. Hacia finales del Carbonífero y comienzos del Pérmico todas las masas continentales de la Tierra se reunieron en un solo supercontinente: **Pangea**.

Dicho acontecimiento involucró el cierre de grandes océanos y la formación de importantes cordones montañosos. En muchas regiones, sobre todo durante el Carbonífero, se formaron ricos yacimientos de carbón, favorecidos por la presencia de zonas climáticas cálidas y húmedas y el desarrollo de exuberante vegetación.



Calor en el norte y con frío en el sur

El Paleozoico Tardío fue un tiempo que nos dejó una buena cantidad de preguntas. Mientras en el paleocontinente de Laurasia, reinaban condiciones cálidas y las floras de carácter selvático o boscoso, en Gondwana, persistía el clima frío. Así es que en el norte encontramos depósitos de carbón de cientos de metros de espesor, mientras que en el hemisferio sur sólo hay escasos niveles, como los presentes en la cuenca de Famatina, en la provincia de La Rioja. El carbón del Carbonífero argentino, se resume a menos de un metro de espesor.

Las variaciones climáticas presentes en este periodo también quedaron determinadas por la consolidación del supercontinente de Pangea. En momentos en que las masas continentales son muy extensas se modifican las corrientes oceánicas y entonces el régimen de precipitaciones se modifica drásticamente, por eso es muy común leer que durante la formación de Pangea existió una continentalización del clima. Así en el centro del continente, habría regiones desérticas y en las costas dominaban los climas monzónicos. Hubo un enfriamiento paulatino del clima que llegó a un período glacial, pero no tan intenso como los ocurridos en períodos anteriores.

El carbón del Carbonífero

En el ambiente terrestre, especialmente en la porción Euramericana de Pangea, las regiones ecuatoriales estaban cubiertas de bosques y selvas. El clima cálido y húmedo, en áreas pantanosas, reúne las condiciones ideales para la formación eventual de grandes depósitos de carbón. Por eso el nombre Carbonífero, que significa “portador de carbón”, fue utilizado para referirse a los potentes yacimientos de carbón que se encuentran en Europa y América del Norte, seguramente si los depósitos de esta edad se hubieran estudiados por primera vez en nuestro país, el nombre de este periodo hubiese sido otro. La flora típica del continente Euroamericano, incluía formas de clima templado-cálido con predominio de helechos con semillas (*Nothorhacopteris*), que convivían con los helechos arborescentes *Lepidodendron* (hasta 35 metros) y los gigantes *Calamites* (con 20 metros de altura).

En la parte gondwánica del supercontinente de Pangea, el clima era templado-frío como en la actual región patagónica. Por eso, esta región presenta una flora completamente diferente dominada por las conocidas *Glossopteris*. Las condiciones climáticas son la razón principal por la cual no se formaron yacimientos de carbón en esa época. Sin embargo, nuestro país posee yacimientos de carbón en la Patagonia pero éstos se formaron durante el Cenozoico.



En el ambiente terrestre, especialmente en la porción Euramericana de Pangea, las regiones ecuatoriales estaban cubiertas de bosques y selvas. El clima cálido y húmedo, en áreas pantanosas, reunió las condiciones ideales para la formación eventual de grandes depósitos de carbón.





Lepidodendron (derecha)
y *Glossopteris* (izquierda).



El desarrollo de la vegetación fue tan espectacular que, en ese momento, había un consumo elevado de CO_2 y en consecuencia, la liberación del O_2 a la atmósfera produjo una superproducción de O_2 , alcanzándose los **niveles de oxígeno más altos de la historia** de la Tierra.

¿Dónde hay Paleozoico Superior?

Para mostrar la amplitud y variación de los fósiles del Paleozoico Superior, debiéramos contar que existen 9 cuencas correspondientes a este periodo en nuestro país y se desarrollan en 2 ambientes tectónicos diferentes: las cuencas del este, sobre cratones con estabilidad tectónica y las cuencas del sector oeste ubicadas en zonas de mayor movilidad.

Las rocas y los fósiles de origen continental, provienen del este de nuestro país, concentrándose en la región Chaco-Paranaense y al sur de la provincia de Santa Cruz. También encontramos depósitos Carbonífero-Pérmicos en la provincia de Buenos Aires (a la altura de Sauce Grande) y en las Islas Malvinas, pero en este último caso son de origen glaciar y alternan con rocas de origen marino.

En cambio el sector oeste está caracterizado por mucho tectonismo, vulcanismo y cambios en el nivel del mar. Esto significa que las cuencas donde se forman éstos depósitos eran poco estables y por lo tanto sus rocas y sus fósiles, son muy heterogéneos. En general, son cuencas de origen mixto, es decir marinas y continentales, aunque encontramos algunas cuencas cerradas que solamente son de origen marino. Podemos encontrarlas desde el norte hasta el sur de nuestro país, al este de la cordillera de Los Andes: por ejemplo, en Tarija (Jujuy), en las sierras de Famatina (en la Rioja), en San Rafael y Uspallata (en Mendoza), y en Chubut.



Los nuevos dueños de esta tierra

El Paleozoico Superior se inicia luego de una extinción muy selectiva, ya que no afectó a todos los ambientes por igual y tampoco desaparecieron todos los grupos taxonómicos que vivían en ese momento. Por ejemplo, el ambiente marino perdió más integrantes que el ambiente terrestre, pero el ambiente marino de aguas frías fue el menos modificado de todos. En cambio, las comunidades marinas vinculadas a los trópicos quedaron diezmadas y perdieron prácticamente todos sus integrantes. Esto quiere decir, que en ciertos ámbitos había más lugares y alimento disponible que en otros.

¿Alguna vez escucharon que los organismos son muy buenos economistas? Cada uno de los organismos vivientes, intenta consumir la menor cantidad de energía y a su vez, obtener los mejores alimentos, la pareja más eficiente y el territorio más grande. Por lo tanto, en aquellos lugares en los que haya mayor disponibilidad de espacio, habrá menos competencia; menos competencia significa menor esfuerzo y a menor esfuerzo, menor gasto de energía. Teniendo esto en mente, podremos adivinar muy fácilmente cuales fueron los escenarios que presentaron nuevos actores. Veamos quienes fueron los que se sumaron a las nuevas comunidades del Paleozoico Superior.

La vida en el mar

Así como los vegetales constituyen los restos más abundantes de los depósitos Carbonífero-Pérmico, en los ambientes continentales, en los mares, los invertebrados son los fósiles más abundantes en la Argentina. Los ambientes marinos se desarrollaron en nuestro país, generalmente alternando con depósitos continentales, por eso es muy común encontrar niveles con invertebrados y otros con restos vegetales.

Durante gran parte del Paleozoico Superior, las biotas a nivel mundial se dividían en 2 grupos, las comunidades de aguas cálidas, con fusulínidos, corales, briozoos y un grupo de cefalópodos conocidos como goniatítidos. Claro está, que ésta no era la fauna que predominaba en la Argentina, aquí y en gran parte de Gondwana las comunidades eran de climas frías, y estaban lideradas por braquiópodos y bivalvos.

Un grupo de foraminíferos (los fusulínidos) fueron especialmente abundantes en las plataformas marinas de climas cálidos, y hoy son utilizados para realizar reconstrucciones de tipo climáticas en una determinada zona.

Además estaban acompañados por briozoos y corales, dentro de los braquiópodos, algunos grupos se hacían dominantes (como los productidos, espiriferidos y rinconélidos) y algunos equinodermos. Los braquiópodos desarrollaron varias morfologías: algunos se enterraban



El Paleozoico Superior se inicia luego de una extinción muy selectiva, ya que no afectó a todos los ambientes por igual y tampoco desaparecieron todos los grupos taxonómicos que vivían en ese momento.



en el sustrato, otros con importantes espinas en sus caparazones que les permitieron anclarse al suelo, otros eran globosos y se apoyaban en él con la abertura de las valvas hacia arriba. Estas diferencias morfológicas muestran una diversidad de roles ecológicos y con una capacidad de aprovechamiento –del espacio y los nutrientes– mucho más compleja que la que encontramos en el Paleozoico Inferior y Medio.

Los trilobites, entran en una fuerte declinación y se encuentran transitando los últimos MA de su vida (con solamente 2 géneros), y los graptolites se extinguen. La caída en la diversidad de estos importantes organismos, que habían sido abundantes y estuvieron muy bien representados durante todo el Paleozoico, es una característica destacable que ocurre en los mares de estos tiempos.

En contraposición, los moluscos marinos, como bivalvos, gasterópodos y cefalópodos continúan en expansión, son abundantes y diversos en las aguas marinas carboníferas e incluso los moluscos comienzan a ser frecuentes en las aguas dulces continentales.

Durante gran parte del Paleozoico Superior, las biotas a nivel mundial se dividían en 2 grupos, las comunidades de aguas cálidas, con fusulínidos, corales, briozoos y un grupo de cefalópodos conocidos como goniatítidos. Claro está, que esta no era la fauna que predominaba en la Argentina, aquí y en gran parte de Gondwana las comunidades eran de climas fríos, y estaban lideradas por braquiópodos y bivalvos.

La aparición del huevo amniota

El típico huevo de gallina que compramos en el almacén es un **huevo amniota**. El huevo amniota, no es más que un huevo con varias membranas que rodean al embrión y que posee una cáscara. Esta fue quizás la innovación más impactante que tuvo la historia de la vida desde la explosión cámbrica, con la aparición de los exoesqueletos mineralizados. La presencia de una serie de membranas que protegen al embrión, implica la independencia del agua. A diferencia de los huevos de los anfibios, que necesitan de agua para poder desarrollarse, el huevo amniota –característico de los reptiles, las aves y los mamíferos– se libera de las etapas de desarrollo en charcas o ambientes muy húmedos. Si bien, estas etapas no se eliminan completamente, ya que la “charca” queda retenida dentro del huevo.

La membrana más interna, el **amnios**, encierra una cavidad llena de líquido en la que flota el embrión. Otro saco embrionario, el **alantoides**, sirve tanto de superficie respiratoria como para almacenar los desechos que el embrión produce al alimentarse y al respirar. Rodeando ambas, hay una tercera membrana, el **corion**, a través de la cual pueden circular libremente e intercambiarse el oxígeno y el dióxido de



El típico huevo de gallina que compramos en el almacén es un huevo amniota. El huevo amniota, no es más que un huevo con varias membranas que rodean al embrión y que posee una cáscara. Esta fue quizás la innovación más impactante que tuvo la historia de la vida desde la explosión cámbrica.



carbono. Encerrando toda esta estructura, hay una cáscara protectora coriácea y porosa.

Al cortar, el último lazo con la respiración acuática, la conquista del medio terrestre fue definitiva. Aquellos primitivos tetrápodos que obtuvieron este método de reproducción fueron los antecesores de los **reptiles**. Antes de la finalización del Paleozoico, este grupo ya se había diversificado de tal forma que cubría todos los ecosistemas de la Tierra; estos a su vez, daría origen más tarde a las aves y también a los mamíferos.

Llegaron en el Carbonífero

Los primeros huevos fosilizados se conocen para el Triásico, sin embargo, son estructuras muy delicadas para conservarse. Sabemos con fiabilidad que los primeros reptiles aparecieron en el Carbonífero, y sus restos están bien documentados.

¿Cómo sabemos que ya existía el huevo amniota?

Bueno, las características óseas de los tetrápodos fueron cambiando en el transcurso del Paleozoico. Los típicos anfibios del Devónico tenían huesos y cráneos macizos muy grandes. Al comenzar el Carbonífero, nos encontramos con cráneos pequeños y delicados, con huesos livianos y delgados, muy similares a los esqueletos de las lagartijas actuales.

¿Qué tiene que ver la forma de los huesos y el tamaño de los animales? Las diferencias en la morfología de estos animales reflejan un cambio notable en el comportamiento y en los hábitos de los mismos. Por ejemplo, los esqueletos macizos, pesados y de gran tamaño, no podrían haberse desplazado con facilidad fuera del agua. Lo más seguro, es que pudieran reposar en las orillas de los ríos y las lagunas, sin alejarse demasiado de ellas, y para alimentarse y reproducirse deberían volver al medio acuático. En cambio, los esqueletos pequeños y livianos, estaban mucho más preparados para moverse libremente sobre los terrenos tapizados con vegetación.

Los tiempos de los anfibios

A principios de Carbonífero, los anfibios se adaptaron muy rápidamente a las condiciones terrestres, de más esta decir, que su vinculación con el agua era inevitable, ya que debían volver a ella a reproducirse. Los anfibios del Paleozoico, extinguidos desde hace 200 millones de años, se dividen en dos grupos principales. Las formas más grandes están reunidas bajo la denominación de **laberintodontes** (divididos a su vez en **temnospóndilos** y **antracosaurios**), mientras que las formas más pequeñas reciben el nombre de **lepospóndilos**.

A partir de un grupo de laberintodontes, llamados así porque en sus



A principios de Carbonífero, los anfibios se adaptaron muy rápidamente a las condiciones terrestres, manteniendo su vinculación con el agua, ya que debían volver a ella para reproducirse.



dientes se encontraban unas series de surcos, que tenían forma de laberinto, aparecerán a finales del Carbonífero los primeros reptiles. A pesar de la aparición del huevo amniota y los primeros reptiles, durante el Pérmico los anfibios siguieron siendo el grupo más dominante y diverso.

El anfibio más antiguo, un viejo conocido de todos, *Ichthyostega*, fue hallado en Groenlandia, en rocas correspondientes a finales del Devónico. Un rasgo notable en la distribución de estos anfibios primitivos y de sus parientes, los reptiles, es que hasta mediados del período Pérmico casi todos los hallazgos se han realizado en esas tierras. Sólo después de mediados del Pérmico, con la formación de Pangea, los anfibios se difundieron por todo el mundo.

En la época de principios del Carbonífero los laberintodontos, así como leospóndilos carecían de extremidades bien definidas por lo cual, casi todos eran acuáticos o semiacuáticos. A continuación, durante el período Pérmico, los anfibios paleozoicos alcanzaron su grado máximo de diversidad, y durante este periodo se produjo un interesante cambio, los anfibios dieron un giro decisivo en favor de la vida terrestre.

Alrededor del 60 % de los laberintodontes eran terrestres, otro 15 % eran semiterrestres y sólo el 25 % eran exclusivamente acuáticos.

En la Argentina, no se han hallado restos de antiguos anfibios del Paleozoico Superior. Sólo se ha encontrado un resto de anfibio temnospóndilo en Brasil, y hasta el momento constituye el único resto de un tetrápodo de esa antigüedad para Sudamérica.



Uno de los artrópodos más espectaculares, que apareció en los depósitos carboníferos, era *Megarachne servinei*, relacionado con los escorpiones marinos. Medía unos 70 centímetros de envergadura, con un peso calculado en unos 1.500 gramos.

Otros pequeños gigantes

En la Tierra, los tetrápodos no son el único grupo presente; en un sector de la famosa Cuenca Paganzo, que se extiende por las provincias de Mendoza, San Juan, La Rioja, Catamarca, Córdoba y San Luis. Principalmente en esta última provincia, en los afloramientos de Bajo Veliz, que se encuentran en el sector noroeste de la Sierra Grande de San Luis, los restos de vegetales que allí se encuentran, han despertado el gran interés por parte de los científicos. Los géneros más importantes y típicos del Gondwana que se han encontrado son *Nothoracopteris*, *Botrychiopsis*, *Ginkgophyllum* y *Gangamopteris*, sin embargo, los artrópodos hallados en compañía de estas plantas, como insectos y arácnidos, también son muy llamativos.

Uno de los artrópodos más espectaculares, que apareció en los depósitos carboníferos era *Megarachne servinei*. Este resto fue considerado en primera instancia como una araña fósil, pero más tarde se lo relacionó con los escorpiones marinos, y medía unos 70 centímetros de envergadura, con un peso calculado en unos 1.500 gramos. Su ali-



mentación consistía principalmente de pequeños vertebrados, como anfibios, reptiles y peces. Es posible que esta criatura haya vivido en un pantano y usara sus garras para abrirse paso entre el barro. Si se lo compara con alguna especie animal existente hoy en día, probablemente escogeríamos un cangrejo largo o una langosta. Un nuevo fósil de la *Megarachne* más grande, de 45 centímetros de cuerpo y 60 centímetros de extensión, aproximadamente, fue encontrado en la localidad de Santa Rosa del Conlara (en la misma provincia), emplazada a 25 km de Bajo de Veliz. Por el tamaño de este animal, se cree que se encontraba en la cima de la cadena alimentaria, sin predadores mayores que la detuvieran.



Uno de los artrópodos más espectaculares del Carbonífero, *Megarachne servinei*.

Los primeros reptiles

Necesitamos, con el permiso de Ustedes, incorporar algunos conceptos clásicos en la anatomía comparada y que nos permitirán organizar de un modo más claro la información disponible acerca de un grupo tan diverso como el de los reptiles y sus descendientes.

Su clasificación se realiza a partir de las diferencias presentes en sus



cráneos, debido a que son características estables en el tiempo, es decir, están presentes tanto en los grupos más antiguos como en los que viven en la actualidad y por este motivo nos permiten identificar los grupos de reptiles. La principal característica, que se tiene en cuenta para diferenciarlos, son unas ventanas o agujeros presentes en sus cráneos, y que se conocen con el nombre de **fenestras**. Estas fenestras se encuentran limitadas por unos puentes óseos que cumplen una función importantísima, ya que les permiten a los músculos de las mandíbulas poder tener puntos de mayor anclaje, y esto, a su vez, les brinda más fuerza en la mordida. Así pueden alimentarse de presas más grandes (ya no sólo de pequeños insectos), lo cual los ayuda a poder tener cuerpos de mayor talla, debido a que aprovechan mucho más el alimento que ingieren. Este es el principal motivo por el cual las fenestras tienen tanta importancia, además como ya sabemos, los paleontólogos, necesitan encontrar características en las partes duras que se conservan, y los puentes que delimitan estas fenestras resultan sumamente útiles.



En el Carbonífero aparecieron varios grupos de reptiles, bien diferenciados entre sí, en general los más primitivos eran de pequeños tamaños como las lagartijas actuales, pero al final de Pérmico algunas formas llegaron a alcanzar varios metros de largo.

Podemos reconocer tres grupos principales de reptiles: los **anápsidos** que tienen un cráneo compacto y sin agujeros, que en la actualidad se encuentran representados exclusivamente por las tortugas, los **sinápsidos** que tienen sólo una ventana, todos los mamíferos poseemos esta condición en nuestros cráneos, y los **diápsidos** con dos y que reúne a todos los reptiles (menos las tortugas) y a las aves, aunque con algunos cambios.

Pidiendo disculpas por la extensión de estos párrafos, que resultan de vital importancia para poder ordenar de aquí en más la diversidad de reptiles y sus grupos emparentados, podemos decir que en el Carbonífero aparecieron estos grupos de reptiles, bien diferenciados entre sí, en general los más primitivos eran de pequeños tamaños como las lagartijas actuales, pero al final de Pérmico algunas formas llegaron a alcanzar varios metros de largo.

Un grupo de reptiles muy bien representados, dentro de los sinápsidos, son llamados **pelicosaurios**. Había formas de hábitos herbívoros y carnívoros, de gran tamaño (de 1 hasta 3 metros de longitud). Los pelicosaurios tendrán una máxima diversificación en el Pérmico, y es en este momento, cuando dan origen a los “reptiles mamiferoideos” conocidos como **terápsidos**. En este grupo se diferencian por lo menos, dos grupos. Los herbívoros o **dicinodontes** y los carnívoros o **cinodontes**.

Los anápsidos fósiles son reconocidos por los grupos de **mesosaurios** y otros grupos que se extinguieron a finales del Pérmico. Los mesosaurios son las primeras formas acuáticas entre los amniotas. Sus cráneos no presentaban fenestras y tenían un cuello largo, que les permitía mover su cabeza para filtrar alimento (pequeños crustáceos). Las patas posteriores eran de mayor tamaño que los miembros anteriores y les



servían como estabilizadores en el nado. Su larga cola era comprimida y tenía función propulsora en el nado. Estos reptiles medían hasta 1 metro de largo y vivían en ambientes estuariales. Sus restos han sido encontrados en rocas del Pérmico de Sudamérica y en el continente africano, y sirvieron de herramienta, a Alfred Wegener, para argumentar su teoría de la **Deriva Continental**, junto con los helechos con semilla *Glossopteris*.

Los diápsidos aparecen a finales del Carbónífero, y están representados por los llamados eosuchios (Pérmico Superior-Paleoceno), un grupo bien diferenciable. Este grupo de reptiles, incluye formas marinas y de agua dulce. Son formas muy primitivas y conservadoras, que llegan hasta el Cenozoico (sobreviven la extinción cretácica), con aspecto de cocodrilos de hocico largo con muchos dientes sobre el paladar. La mayor parte de los eosuchios proceden del hemisferio norte y dentro de Gondwana incluyen a África. Son muy importantes porque dan origen al resto de los diápsidos.



Alfred Wegener, autor de la teoría de la Deriva Continental.

Los principales restos han sido encontrados en el viejo continente de Laurasia, y en nuestro país no se encontrado ejemplares tan antiguos, la mejor explicación se encuentra en la posición que ocupaba durante el Paleozoico Superior.

Durante el Carbonífero, un casquete polar cubría gran parte de nuestro territorio, si bien el mismo desapareció a comienzos del Pérmico, las temperaturas seguían siendo de frías a templadas. Estas condiciones no son las mejores para el desarrollo de organismos de sangre fría, como los reptiles. Como veremos luego, durante el Mesozoico, las temperaturas se vuelven más cálidas y los yacimientos argentinos se vuelven sumamente fértiles en restos de reptiles.

Extinción del Pérmico: yo, ¡la peor de todas!

A finales del Paleozoico Superior, se produjo la mayor extinción de la historia de la vida. Se calcula que desaparecieron el 52% de las familias; el 96% de las especies marinas y el 70% de las especies terrestres



fueron erradicadas de nuestro planeta. Tras la catástrofe solamente el 10% del total de la biota habría sobrevivido. La recuperación de los ecosistemas fue muy lenta por esta razón. Si bien, había espacio y recursos alimenticios disponibles, la vida tardó mucho tiempo en diversificarse. Durante un largo tiempo, la tierra y el mar estuvieron desiertos, y solamente microorganismos y algunos sobrevivientes dominaron los distintos ambientes. De tal magnitud fue este evento, y tan grande el cambio de los organismos que existen en el Pérmico de los que encontramos en el Triásico, que este evento sirve para dividir a la era Paleozoica de la Mesozoica, que esta a punto de comenzar.

Muchos cabos sueltos

A pesar de las numerosas investigaciones al respecto, se desconocen las causas de esta extinción aunque hubo muchas especulaciones al respecto. Actualmente hay algunas posturas bien diferentes sobre el evento de extinción que tuvo lugar hace 250 MA, una postura dice que la extinción ocurrió en un solo evento, mientras otras aseguran que ocurrió en varias etapas. Las teorías están bien argumentadas, pero aún quedan cabos sin atar... por lo que no hay una conclusión definitiva.

Sospechoso 1: un meteorito gigante

La primera hipótesis plantea que el impacto de un meteorito desencadenó la desaparición de la biota y que esto ocurrió súbitamente. La hipótesis de que el meteorito causó la extinción pérmica, se mantuvo por muchos años pero no se encontraba suficiente evidencia que la respaldara.

En el año 2006, luego de encontrar un cráter gigante en la Antártida, algunos científicos, intentaron reivindicar esta teoría clásica. El cráter de 480 kilómetros de diámetro, bajo la capa de hielo en la región antártica, fue detectado por satélites de la NASA que mapean la superficie terrestre. Los investigadores detrás del descubrimiento dicen que el impacto de un meteorito gigante hace 250 millones de años pudo dejar su marca en la Tierra, y que más tarde, con las glaciaciones habría quedado cubierto de hielo.

Sin embargo, previamente, se había encontrado una estructura geológica en el lecho marino de Australia y también fue sugerida como los posibles restos de un cráter que resultó del impacto meteórico en la edad permo-triásica; con el último hallazgo, éste fue descartado.



A finales del Paleozoico Superior, se produjo la mayor extinción de la historia de la vida. Se calcula que desaparecieron el 52% de las familias; el 96% de las especies marinas y el 70% de las especies terrestres.



Sospechoso 2: el clima

El análisis de algunos elementos químicos que se conservan en las rocas, como el oxígeno y el carbono, nos permiten realizar estimaciones sobre las condiciones climáticas del pasado. Las variaciones de sus concentraciones nos permiten establecer directamente datos de temperaturas para un momento dado. Hay varios indicadores ambientales que muestran que las condiciones se modificaron muy drásticamente. Algunos investigadores aseguran que en el Pérmico el clima se mantuvo cálido y que hacia el fin de este período hubo un repentino enfriamiento. Los datos confirman estas suposiciones.

Sospechoso 3: cambios en el nivel del mar

En el mundo se ha registrado, en diferentes paleoambientes, un marcado descenso en el nivel del mar, seguido de un evento de inundación. Cuando desciende el nivel de las aguas, acompañado de temperaturas altas se generan corrientes marinas con bajas concentraciones de oxígeno y una alta concentración de nutrientes, muy dañinas para la vida de los ambientes acuáticos. El mar se convierte en una charca hipersalina pobre en oxígeno. Al elevarse el nivel del mar, las aguas se enriquecen de oxígeno y se empobrecen de nutrientes, haciéndose más tolerable para el conjunto de los organismos. Si continúa subiendo el nivel del mar, los nutrientes serán tan escasos que, nuevamente, se darán condiciones negativas para el desarrollo de la biota.

Sospechoso 4: vulcanismo

Se han encontrado en muchísimos depósitos, gruesas coladas de lava solidificadas que abarcan miles de kilómetros cuadrados. Estas fueron analizadas y estudiadas en detalle para luego asignarse a la transición de finales del Paleozoico y comienzos del Mesozoico. Además, debemos tener en mente, las grandes modificaciones en la paleogeografía del Paleozoico Superior. La construcción del supercontinente de Pangea y el cierre de los océanos provocaron importantes eventos magmáticos y volcánicos. La liberación a la atmósfera de gases y de cenizas, pudieron ser responsables de aumentar el dióxido de carbono atmosférico y de ácido sulfúrico, haciendo muy difícil la vida en los ambientes terrestres. Estos gases provocan una disminución de la radiación solar hacia la superficie terrestre y en consecuencia, una baja en la temperatura global.

Buscando consenso

La mayoría de los científicos, consideran que hay que considerar al conjunto de los factores que interactuaban en ese momento. A diferencia de



A pesar de las numerosas investigaciones al respecto, se desconocen las causas de esta extinción aunque hubo muchas especulaciones al respecto.





Hicieron falta muchos millones de años para que la flora y la fauna se recuperaran del catastrófico evento. La evolución siguió su camino y las formas de vida supervivientes se diversificaron lentamente ocupando los nuevos espacios disponibles.

los estudios donde se evalúa un solo factor, creen que una combinación de situaciones como el intenso vulcanismo, el calentamiento global y el impacto de objetos extraterrestres podría haber causado la extinción de organismos vivos. La diferencia principal entre las teorías radica en si consideramos que la extinción fue más o menos gradual, es decir, que ocurrió en una o en varias fases, y que la desaparición de las comunidades fue lenta y selectiva o rápida e indiferenciada.

El día después de mañana

Hicieron falta muchos millones de años para que la flora y la fauna se recuperaran del catastrófico evento. Progresivamente el mar alcanzó los niveles normales inundando parcialmente áreas continentales, se formaron grandes lagos en los viejos desiertos al fundirse los glaciares y el clima se estabilizó. La evolución siguió su camino y las formas de vida supervivientes se diversificaron lentamente ocupando los nuevos espacios disponibles.



Capítulo 8.
**Tierra media.
Triásico**



La era Mesozoica era también conocida como era Secundaria, ya que es la segunda de las tres en que se divide el eón Fanerozoico, su nombre procede de las palabras griegas *meso-* (intermedio, situado entre) y *-zoico* (animal), y significa “era de los animales intermedios” (ni antiguos ni modernos). Sus límites fueron establecidos a partir de dos eventos biológicos muy importantes, la extinción pérmica, la más importante de toda la historia de la vida en la Tierra, y la extinción más famosa, la que ocurrió a finales de Cretácico, con la desaparición de los archi-famosos dinosaurios. Como veremos la extinción alcanzó a otros grupos tan o más importantes que estos populares reptiles. Comprende aproximadamente 180 MA, y esta dividida en tres períodos Triásico, Jurásico y por último Cretácico.

1ra Parte: Triásico

Se extiende desde los 250 a los 205 MA. El nombre de Triásico, hace referencia a las secuencia europeas donde se realizaron los primeros estudios, las cuales están formadas por una secuencia tripartita, con 3 capas que pueden diferenciarse entre sí muy bien. La primera capa fue depositada en un ambiente fluvial, de clima templado-cálido y con abundantes restos de plantas coníferas; la segunda en cambio, son sedimentos de ambiente marinos, también de climas cálidos, pero con abundantes ammonites; y, la última corresponde a depósitos de evaporitas, rocas que indican un clima árido y presentan gran cantidad de reptiles.

Los sucesos biológicos que acontecieron durante este período son de una relevancia excepcional para entender cómo evolucionaron las formas de vida animal que dieron origen a los verdaderos **dinosaurios**, como así también las que darían origen, posteriormente, a los **primeros mamíferos**. Los restos fósiles hallados entre los sedimentos de las capas triásicas indican que éste fue un período en el que desaparecieron grupos de plantas y animales primitivos del Paleozoico, y la Tierra fue progresivamente dominada por organismos con nuevas adaptaciones

Pangea resiste, por poco tiempo

Durante la mayor parte del Triásico, las principales masas continentales se encontraban reunidas formando Pangea y rodeada por un único océano conocido como **Pantallasia** y un extenso golfo que se abría en su parte oeste formaba el mar de **Tethys**. El relieve general del supercontinente era bajo, y las mayores elevaciones que se encontraban, eran las montañas que se habían formado durante el Paleozoico, en el centro del continente.



A fines de esta era (también podemos expresarlo como Triásico Tardío) la situación cambia considerablemente, Laurasia y Gondwana comenzaron a moverse en forma independiente, alejándose entre sí.

Los mares triásicos invadieron Pangea en sus áreas marginales, generando ambientes marinos de poca profundidad sobre el continente, a estos mares se los denomina epi-continetales (por encima de los continentes), veremos que son muy importantes en nuestro país y que se han desarrollado más de una vez a lo largo del Jurásico y Cretácico argentino.

Sin embargo durante el Triásico, la Argentina fue una zona que se encontraba ascendida, y por tanto, los depósitos que se encuentran en nuestro país son todos continentales, América del Sur sólo fue invadida por un mar angosto que se extendió desde Colombia hasta Chile, y en nuestro país se han encontrado restos de sedimentos marinos sólo en la provincia de Mendoza. Esto explica por qué, en Chile, el Triásico es prácticamente marino mientras que nuestro país la situación es inversa, y el Triásico argentino es prácticamente continental.

¡Que calor!

Durante el Triásico, la existencia de un único y compacto continente, Pangea, produjo un clima árido en amplias extensiones del interior de los continentes, en zonas que se encontraban en el centro y por lo tanto alejadas del océano. La lejanía del mar creaba, en la región central, condiciones de extrema aridez y las oscilaciones térmicas estacionales eran muy fuertes, tal como observamos actualmente en continentes muy anchos como África o Australia, donde se encuentran los desiertos más grandes del mundo.

Las grandes masas de agua, como océanos, mares y lagos, por naturaleza son muy buenos moderadores de las temperaturas, actúan de amortiguadores, absorbiendo calor durante el día y liberándolo durante la noche. Esto ayuda a evitar las diferencias extremas de temperaturas entre el día y la noche. La ausencia de estos cuerpos de agua implica, menos humedad, una gran amplitud térmica y una marcada estacionalidad.

La ausencia de grandes cordilleras, es decir, la extensión de relieves erosionados y planos no favorecía tampoco la lluvia. Quizás, algunas cuencas que almacenaban agua en lagos aislados amortiguaban la sequía y aminoraban algo las temperaturas extremas, propias de los climas continentales.

Por el contrario, algunas zonas tropicales y medias de Pangea más próximas al mar debieron estar sometidas a un clima de tipo monzónico. En verano, el contraste térmico que se originaba entre el océano



Los sucesos biológicos que acontecieron durante este período son de una relevancia excepcional para entender cómo evolucionaron las formas de vida animal que dieron origen a los verdaderos dinosaurios, como así también las que darían origen, posteriormente, a los primeros mamíferos.



y el continente masivo y extenso, de Pangea, favorecía un gradiente de presión que atraía vientos húmedos del mar al interior. Pero la ausencia de relieves importantes restaba fuerza al monzón y no facilitaba la formación de nubes. Por eso, en Pangea, fueron más importantes las regiones ocupadas por desiertos tropicales que por selvas y bosques.

A finales del Triásico la actividad magmática asociada a la fragmentación de Pangea, provocó que los gases expulsados fueran los responsables de los intensos cambios químicos en la composición atmosférica y en el clima, una brusca fase muy cálida provocada por el aumento del CO₂ arrojado por los volcanes en intensa actividad.



La crisis biológica ocurrida a finales del Pérmico, fue seguida por una lenta recuperación y renovación de la vida en el Triásico.

La vida se toma revancha

La crisis biológica ocurrida a finales del Pérmico, fue seguida por una lenta recuperación y renovación de la vida en el Triásico. Por una cuestión práctica, podemos dividir las comunidades del Triásico en tres grandes grupos: 1) los que superaron la gran extinción de finales del Pérmico, 2) los nuevos grupos surgido durante el Triásico pero que no superaron la extinción con la que terminó este periodo, y 3) aquellos otros que sobrevivieron durante todo el Mesozoico.

La tarea de enumerar a todos los individuos que caracterizan cada grupo, sería un poco engorrosa y poco útil para los lectores; sería una larga lista llena de nombres raros, convirtiendo este texto en una especie de guía telefónica muy antigua. Lo importante es comprender al Triásico, como una etapa vital para el desarrollo de la vida en la tierra, con la aparición de formas de vida moderna, más parecidas a las actuales. El Triásico se convierte, entonces, en el escenario indicado y con las condiciones climáticas ideales para la diversificación de plantas y animales, con un recambio importante... Ninguno se perdería esta oportunidad.

Bajo el mar

En el mar, aparecieron a principios del Triásico, nuevos tipos de corales formando arrecifes de tamaño moderado, si los comparamos con los arrecifes devónicos o, incluso con los actuales. Los primeros arrecifes eran pequeños (menos de 3 metros de altura) y estaban contruidos por pocos tipos de organismos. Al final del Triásico, los arrecifes ganaban terreno, y algunos llegaron a ser contruidos por más de 20 especies diferentes.

El grupo taxonómico más común del comienzo del Triásico es el de los moluscos. Una forma de cefalópodos, los ammonoideos, experimentaron una recuperación espectacular después de su casi total aniquilación en el Pérmico, con sólo dos géneros que sobrevivieron, llegaron a más de 100 durante este periodo.



Otros grupos oceánicos se recuperaron con más esfuerzo y menos velocidad, pero a fines del Triásico, los mares ya tenían cierta diversidad. Los bivalvos y gasterópodos estuvieron menos afectados por la extinción pérmica, y se encuentran con frecuencia en rocas del Triásico Inferior, aunque su diversidad es algo limitada.

Los conodontos fueron importantes todavía en el Triásico, para desaparecer al final de este periodo.

Una transición anunciada

Sobre la tierra, las plantas dominantes incluían los **licofitos** (similares a helechos), las **cicadáceas** y los *Glossopteris* (grandes helechos con semilla). Las **gimnospermas** o coníferas, se originaron durante el Triásico y expandieron principalmente sobre el hemisferio norte (en Laurasia).

Como ya dijimos, el ambiente terrestre fue el menos afectado por la extinción del final de la era Paleozoica. El recambio de la flora comenzó en el Pérmico, antes del inicio de la era Mesozoica, ya que las condiciones climáticas se mantuvieron estables entre fines del Paleozoico y el inicio del Triásico.

Las plantas que florecieron en Laurasia estaban adaptadas a su clima seco y cálido: ahí vivieron las **cicas** y las **palmeras**. Entre la vegetación arbórea había algunas coníferas y los ancestros del fósil viviente *Gynkgo bilova*. Los helechos predominaban en las zonas húmedas, junto con palmeras y algunos predecesores de los pinos actuales.

Gondwana, mucho más húmeda, estaba poblada por bosques de helechos gigantes y coníferas voluminosas.

Los reptiles: dueños de estas tierras

Sin lugar a dudas, los reptiles han sido las vedettes de toda esta era. Como ya dijimos contaban con modificaciones corporales (alas, patas y aletas) que les permitieron colonizar todos los ambientes. Existían varios tipos de reptiles marinos, incluyendo formas que habitaban en el medio marino como los **plesiosaurios** e **ictiosaurios**, y surgieron los antecesores de los **pterosaurios**, que son reptiles que conquistaron el medio aéreo.

Inicialmente, los **primeros dinosaurios** estaban representados por formas bípedas (que caminaban en dos patas), carnívoras y de pequeño tamaño, sin embargo a finales del periodo ya se habían diversificado a gran escala y se habían convertido en los vertebrados dominantes en todo el planeta, llevando a la extinción a grupos anteriores de reptiles como los arcosaurios más primitivos y los propios reptiles mamíferoideos (**terápsidos**).



Sin lugar a dudas, los reptiles han sido las vedettes de toda esta era. Contaban con modificaciones corporales (alas, patas y aletas) que les permitieron colonizar todos los ambientes.





Cráneo de *Lystrosaurus*.



Si bien los reptiles dominaron la superficie terrestre en este periodo, la mayoría de sus primos hermanos, los reptiles mamíferoides del Pérmico desaparecieron repentinamente. En el inicio del Triásico quedaron unos pocos géneros de predadores y el gran herbívoro *Lystrosaurus*, que es famoso por su presencia fósil en muchos de los fragmentos ampliamente dispersados de Gondwana.

Sin embargo, los reptiles mamíferoides no se dieron por vencidos y siguieron dando pelea, se rediversificaron durante el Triásico jugando un importante papel ecológico y dejando un legado importante, los mamíferos verdaderos, que fueron pequeños y minoritarios, a lo largo de la era Mesozoica, y que evolucionaron a partir de ellos a fines del Triásico.

El grupo de reptiles **tecodontes** que suplantaron ecológicamente a los reptiles que habían extinguido durante el límite Permo-Triásico, no lograron salirse con la suya y desaparecieron en la segunda gran extinción, ocurrida a finales del Triásico. De este grupo, sólo sobrevivieron las tortugas, los cocodrilos, los dinosaurios y algunos mamíferos de tamaño reducido. La mayoría de los dinosaurios aparecieron a finales del Triásico. En ausencia de competencia y con nichos ecológicos vacíos, los primeros dinosaurios colonizaron rápidamente la Tierra.

Extinciones, una más

Al final del Triásico, hace 200 millones de años se produjo la extinción de los conodontos que habían habitado los mares del mundo durante casi todo el Paleozoico.

Desapareció el 20% de animales marinos, aunque todos estos grupos se recuperan en el Jurásico.



Al final del Triásico, hace 200 millones de años se produjo la extinción de los conodontos que habían habitado los mares del mundo durante casi todo el Paleozoico. Desapareció el 20% de los animales marinos, aunque todos estos grupos se recuperaron en el Jurásico.



Las víctimas terrestres incluyeron la mayoría de los géneros de reptiles mamíferoides y los grandes anfibios. Podríamos afirmar que los únicos beneficiarios de la extinción sobre la tierra fueron los dinosaurios, que se expandieron rápidamente durante el Jurásico y dominaron los hábitats terrestres a lo largo del resto de la era Mesozoica. Los únicos reptiles marinos que sobrevivieron fueron los ictiosaurios y los plesiosaurios.

Las evidencias sugieren que hubo dos pulsos de extinción Triásica, uno anterior y otro al final del período. La sincronización de estas extinciones en los mares es poco clara y las causas de las extinciones triásicas permanecen desconocidas, no se han encontrado cambios bruscos en el ambiente, por lo que la posibilidad climatológica no fue respaldada.

Sin embargo, algunos investigadores creen que tanto la extinción Permo-Triásica y la que ocurre entre el Triásico y el Jurásico se debieron a los bajos niveles de oxígeno y a las condiciones de invernadero causadas por los altos niveles de metano producidos por la intensa actividad volcánica.

Los invitamos a un paseo inolvidable

Las principales cuencas triásicas de nuestro país, se encuentran ubicadas en el oeste de la Argentina, en lo que era hace 250 MA, el margen pacífico de Gondwana. Se encuentran, tanto en la región patagónica (provincia de Santa Cruz, Río Negro y Neuquén) como en la región cuyana (provincias de Mendoza y San Juan).

En nuestro país, durante este periodo predominó la tierra firme en vez del mar, lo que permitió que las especies animales y vegetales se dispersen por todas las superficies terrestres del planeta, recordando la existencia del único supercontinente de Pangea.

Las principales manifestaciones de vida del Triásico en América del Sur proceden principalmente de un sitio fuera de lo común, un desierto semiárido de la región de Ischigualasto-Talampaya, en los límites de las provincias de San Juan y La Rioja, muy cerca de las cordilleras de los Andes, en la llamada cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO). Ischigualasto, como se conoce comúnmente, es una palabra quechua que significa "sitio donde se posa la Luna" y las 60.000 hectáreas de este valle, forman la mayor cuenca triásica de nuestro país y uno de los yacimientos paleontológicos más importantes del mundo.

Si bien en la actualidad el área representa un paisaje árido y seco, con atractivas rocas de color rojizo, verde y amarillo, muchas formas que



han sido esculpidas caprichosamente por el viento, y cauces y cañadones secos que surcan el paisaje, durante el Triásico era un lugar muy diferente. Debemos imaginarnos un lugar lleno de lagunas y charcas, donde los animales se reunían para tomar agua o darse un chapuzón, después de un día caluroso en las tardes triásicas. Los ríos abundantes pero de poca energía divagaban por la planicie del lugar. Tan diferente era todo, que el mar se encontraba a solo 200 km de distancia, y ni siquiera la imponente cordillera de Los Andes estaba formada.

Nuestros pantanos y bosques

En el hemisferio sur y en particular en nuestro país (tanto en San Juan, como en Mendoza y en gran parte de las cuencas patagónicas), se encontraron un conjunto de restos vegetales, los géneros y especies que forman una asociación, siempre aparecen juntos, por ello se los denomina como una asociación florística. Las asociaciones florísticas, fueron muy abundantes en el Carbonífero y Pérmico, y lo son también en el Triásico.

Hace su aparición en el mundo Triásico, la famosa “flora de *Dicroidium*”. *Dicroidium* es el género más abundante, que aparece en todos los depósitos. Pero vamos a hacer un ejercicio, vamos a caracterizar como era la flora triásica en general, y cada vez que Ustedes escuchen este nombre, podrán tener una idea de cómo era el paisaje florístico de un lugar.



Detalle de la hoja de
Ginkgo biloba.





Flora de *Dicroidium*.



La flora de *Dicroidium*, tenía mucha cantidad de árboles (de hecho han quedado registrados gran cantidad de bosques petrificados), eran bosques con árboles de 10-15 metros de altura, con troncos de 45 a 60 cm de diámetros, el grupo más importante es el de los helechos arborescentes (imaginemos un helecho, como los que encontramos en cualquier casa, pero con un tronco de varios metros de altura, raro pero real), **ginkgos** y **cycadofitas**, y en menor escala coníferas. Además de troncos, los elementos más abundantes y diversos dentro de la flora de *Dicroidium* eran las hojas o frondes, algunas hojas eran simples, otras se dividían en dos y hasta en tres partes. Esta asociación de plantas también se encuentra presente en otras partes del hemisferio sur, como la India, África y Australia, dado que la existencia de Pangea facilitaba el desplazamiento de los organismos.

Otro hallazgo muy importante, fue realizado por Charles Darwin, en la provincia de Mendoza, cerca de la localidad Agua de la Zorra, en Paramillo, en el año 1853. Se trata de un bosque de araucarias con troncos en posición vertical, algunos ejemplares tienen un metro de diámetro y 10 de alto. Este yacimiento es conocido por todos como “el bosque de Darwin” en honor a su descubridor.

Los troncos fosilizados (llamados *Araucarioxylon*) en posición de vida (vertical) fueron preservados debido a que repentinas corrientes de barros de los sistemas fluviales triásicos los sepultaron rápidamente. Lamentablemente en la actualidad, muchos troncos fósiles han sido depredados, sobre todo los de los sectores más accesibles, y por lo tanto se preservan los moldes o calcos que han quedado impresos en la roca que los alojaban.



Ischigualasto, en la provincia de San Juan, posee una riqueza fosilífera incomparable.

Este lugar vio nacer a todos los ancestros de los dinosaurios, por eso lo bautizamos con el nombre de “cuna de titanes”.



Ischigualasto: cuna de titanes

Ischigualasto posee una riqueza fosilífera incomparable y luego de 50 años de exploraciones nos sigue sorprendiendo con hallazgos de nuevas formas de vida que poblaron el planeta hace unos 210 millones de años.

Quizá sea el albergue de los sucesos más trascendentales de la historia evolutiva de los tetrápodos continentales, que tuvieron lugar en la última parte de este periodo. De ahí la gran importancia del estudio de los restos de vertebrados fósiles que se encuentran en Ischigualasto, en la provincia de San Juan. Este lugar vio nacer a todos los ancestros de los dinosaurios, por eso lo bautizamos con el nombre de “cuna de titanes”.

Los estudios de los fósiles de vertebrados que habitaron la zona permiten reconocer la existencia de tres faunas que se sucedieron en una secuencia evolutiva conocida como “reemplazo faunístico” del Triásico. La más antigua de ellas estaba dominada por los **Therapsida**, reptiles mamiferoides que aportan gran información evolutiva acerca del origen de los mamíferos. Asociados a éstos, se encontraba un grupo de tetrápodos primitivos, los **Archosauria**, antecesores de los dinosaurios. Posteriormente aparecieron los verdaderos dinosaurios, **saurisquios** y



El ornitisquio más antiguo del mundo, *Pisanosaurus mertii*.



ornitisquios, formas evolucionadas a partir de los primitivos Archosauria, que llegarían a su apogeo durante los dos períodos siguientes: el Jurásico y el Cretácico. A la última etapa del Triásico Superior corresponde la fauna compuesta por dinosaurios prosaurópodos, dominantes en número y de grandes dimensiones. En este intervalo de tiempo, ya se aprecia la total dominancia de los Archosauria en la fauna y el desplazamiento y la disminución en variedad de los Therapsida.





Durante este momento, tan particular, de la historia de la Tierra hubo un significativo cambio en la composición faunística que llevó al apogeo de los arcosaurios (grupo integrado por tecodontes primitivos, cocodrilos, dinosaurios y pterosaurios), los cuales presentaron una amplia variedad de adaptaciones.

Por ejemplo, el surgimiento de dinosaurios saurisquios y ornitisquios, los dos grupos en que se separa a los dinosaurios. De hecho el ornitisquio más antiguo del mundo (*Pisanosaurus mertii*), fue hallado aquí en 1967.

El arcosaurio *Herrerasaurus ischigualastensis*, es abundante entre los reptiles fósiles que aparecen en Ischigualasto, y aunque los primeros ejemplares fueron encontrados en 1958, aún existe cierta controversia de las verdaderas relaciones entre este animal y el resto de los dinosaurios. Así como posee muchas características presentes en los dinosaurios, carece de algunos detalles en la cintura pélvica y en los huesos largos de las extremidades. Algunos paleontólogos no saben donde ubicarlo exactamente, entonces podría ser: un pariente cercano y no un verdadero dinosaurio. Sea cual sea su posición sistemática: uno de los dinosaurios más antiguos o uno de sus ancestros más cer-



Reconstrucción en vida del dinosaurio *Herrerasaurus ischigualastensis* (Dibujo de Jorge González).



canos, su hallazgo ha sido de suma importancia en la comprensión de la historia de los dinosaurios.

Los dinosaurios más antiguos aparecen en la Argentina y eran de muy pequeño tamaño; estos muestran el verdadero comienzo de la historia evolutiva de estos grandes animales e Ischigualasto es una ventana al pasado, que nos permite acercarnos y conocerlos.



Cráneo de *Eoraptor lunensis*, descubierto en Ischigualasto, provincia de San Juan.



Tenemos en nuestro país, las piezas más importantes de un rompecabezas que permite explicar la evolución y diversidad de los principales grupos que vivieron en el Triásico y que habrán de dominar luego lo que resta de la era Mesozoica.

En los mismos estratos que encontraron a *Pisanosaurus* y a *Herrerasaurus*, fue descubierto en 1991, un pariente muy cercano de los dinosaurios: *Eoraptor lunensis*. Se encontraron un esqueleto completo (incluyendo el cráneo) que mide 1 metro de largo y 0,45 de alto. *Eoraptor* es considerado uno de los más antiguos entre los antecesores de los dinosaurios y su nombre significa “ladrón del amanecer procedente del Valle de la Luna”.

También aquí se hicieron importantes descubrimientos, sobre la evolución de otros reptiles que no son dinosaurios. El grupo de reptiles mamíferoides, los Therapsida (que incluye a los Dicynodontia y Theriodontia), ha sido muy variado. Se han encontrado ejemplares herbívoros, carnívoros, omnívoros y hasta insectívoros. Tuvieron importantes adaptaciones en cuanto a la masticación, lo cual permitió un mayor procesamiento de los alimentos. Los Dicynodontia, de hábitos herbívoros, se caracterizaban por un cuerpo robusto, seguramente de movimientos lentos debido a sus patas cortas y su postura cuadrúpeda y plantígrada, similares a un rinoceronte actual. Entre los Cynodontia, representantes de los Theriodontia, también se encuentran formas similares, pero además hubo especies pequeñas cuyo rasgo destacable es el desarrollo de una dentición diferenciada y completa. Durante el Triásico Superior, y en consonancia con el gradual retroceso numérico de la fauna de tetrápodos, se observa que los Therapsida alcanzan tamaños enormes, tal vez como defensa frente al avance de los Archosauria.



Uno de los hallazgos más importantes fue el de *Probainognathus jenseni*, un pequeño cinodonte carnívoro con un cráneo de entre 8 y 10 cm de largo cuyas características anatómicas lo vinculan cercanamente con los primeros mamíferos.

En este mismo parque, en La Rioja, se han encontrados uno los restos de tortugas más antiguos del mundo, bautizada con el nombre de *Palaeochersis talampayensis*, la cual llegaba a medir más de 60 cm de largo. Su antigüedad data entre 210 y 220 MA.

Ya lo hemos mencionado, al comienzo, pero queremos recalcarlo una vez más, si bien nos hemos detenido unos párrafos en el yacimiento Ischigualasto-Villa Unión, o más conocido para todos como “el valle de la Luna”, los yacimientos Triásicos en la Argentina son numerosos y cada uno de ellos resulta una pieza imprescindible para rearmar el rompecabezas de la vida Triásica.

En la provincia de Santa Cruz, se encuentran numerosos esqueletos de prosaurópodos y, en Mendoza (en las localidades de Potrerillo y Cacheuta) son numerosos los ejemplares que se han encontrado de la ya famosa flora de *Dicroidium*, junto a restos de peces y anfibios.

En resumen, tenemos en todo nuestro país, las piezas más importantes de un rompecabezas que permite explicar la evolución y diversidad de los principales grupos que vivieron en el Triásico y que habrán de dominar luego durante lo que resta de la era Mesozoica.

El maestro de esta era

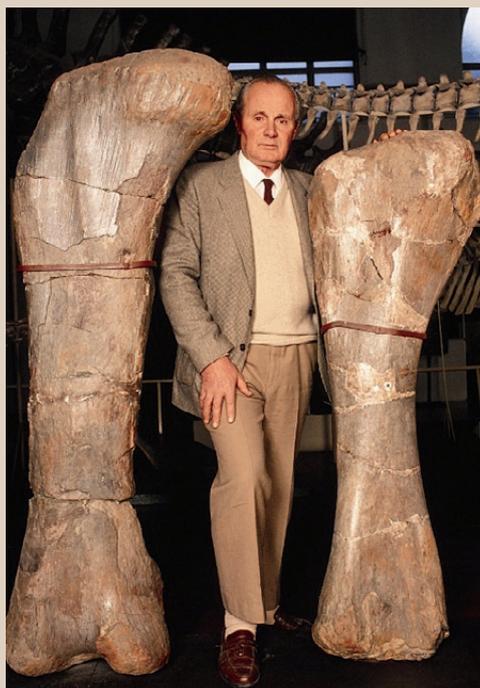
En el ámbito internacional, con este nombre se conoce a uno de los paleontólogos argentinos más importantes del siglo XX, José F. Bonaparte. La gran mayoría de los hallazgos de vertebrados mesozoicos que hemos y mencionaremos a en las próximas páginas, fueron realizados por él. En su trayectoria ha descubierto las faunas fósiles de la formación Los Colorados (perteneciente al periodo triásico), la de Río Mendoza (del mismo periodo), la de Lagarcito (Cretácico), la de Cañadón Asfalto (Jurásico), la de La Amarga (Cretácico) y la de Los Alamitos (Cretácico). También ha nominado decenas de fósiles, pertenecientes a especies descubiertas en las últimas décadas.

El doctor José F. Bonaparte nació en Rosario, provincia de Santa Fe, el 14 de junio 1928. Se inició en paleontología de vertebrados en Mercedes, provincia de Buenos Aires, y desde muy joven se dedicó a recolectar huesos antiguos en las barrancas del río Luján, la misma zona donde también hicieron sus primeras excavaciones los pioneros de la paleontología argentina: Francisco J. Muñiz y Florentino Ameghino.





**El paleontólogo argentino
José F. Bonaparte.**



Desde 1959 orientó sus investigaciones a los vertebrados mesozoicos, las cuales tenían por entonces muy pocos precedentes en Sudamérica.

En 1974, la Universidad Nacional de Tucumán, previa consulta internacional, le otorgó el título de doctor *honoris causa*. En 1978 debió dejar la Fundación Miguel Lillo y trasladarse a Buenos Aires para tomar la dirección de la Sección de Paleontología de Vertebrados del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”.

La vigencia e importancia de sus descubrimientos, se ve reflejada en la gran cantidad de trabajos científicos que sigue citando y haciendo mención de sus contribuciones. Y en la gran cantidad de científicos que ha y sigue formando.



Capítulo 9.

Jurásico

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina

MIRADAS DE LA ARGENTINA



¿Quién dijo que las segundas partes nunca son buenas?

El Jurásico, el segundo período de la era Mesozoica, se extiende desde los 205 hasta los 145 MA. Las secuencias de rocas de esta antigüedad fueron estudiadas por primera vez en los montes Jura de Suiza y de ahí deriva su nombre.

Con el agua al cuello

La fragmentación de Pangea por el desarrollo de corteza oceánica en determinadas zonas del antiguo continente, trajo aparejado el aumento del nivel de mar, por lo cual, en muchas partes como en la Argentina, el desarrollo de mares epicontinentales fue muy importante. El clima global fue más húmedo, y la creación de estos nuevos mares favoreció a que las temperaturas fueran más cálidas y los vientos procedentes del mar más húmedos, transportando lluvias hacia los desiertos interiores.

La separación entre Laurasia y Gondwana, se intensificó durante estos tiempos a medida que se desarrollaba el océano Pacífico central. Este océano junto con lo que queda del antiguo Tethis, formaran una corriente circumequatorial, muy importante para la migración de los organismos marinos. Antes las rutas de viaje era dando vuelta alrededor de todo Pangea, ahora el camino era más fácil. Las similitudes entre amonites andinos y los que vivían en el Tethis, o de cocodrilos del Jurásico Medio de la Argentina con formas europeas, apoyaría esta hipótesis.

Gran parte de Laurasia, se encontraba sumergida bajo los mares epicontinentales, y sólo algunas zonas continentales emergían a modo de islas. También en Gondwana habrían ocurrido estos eventos, se supone que un mar dividía este antiguo continente. Se han encontrado faunas similares de amonites en India, Antártida y África y los investigadores suponen que este mar habría sido utilizado como ruta migratoria.

Si bien Gondwana, mantiene su unidad, a finales del Jurásico las cosas empezaron a cambiar, el océano Atlántico comienza lentamente a formarse, separando África de Sudamérica. En la región extraandina se encuentran rocas volcánicas y su formación se vincula a las etapa inicial de fragmentación que terminaría separando África de América del Sur.



Plantas gigantes

Durante el período Jurásico, a mediados de la era de los dinosaurios, el clima se volvió cálido y húmedo. Los mares invadieron gran parte de la tierra firme, que se cubrió de una tupida alfombra de musgos y helechos, y las especies dominantes del Triásico, los equisetos y helechos gigantes formaban densos bosques.

En esta época, las plantas empezaron a producir por primera vez polen y semillas, que les ayudaban a reproducirse mejor. Antes, las células masculinas de las plantas tenían que nadar en el agua hasta las células femeninas como minúsculos renacuajos. Un grano de polen contiene una célula masculina en un diminuto envoltorio impermeable, Como el polvo, puede recorrer muchos kilómetros. Finalmente, las células de las plantas pudieron viajar por tierra, lo que les ofrecía más oportunidades de reproducirse. Una semilla es un embrión de planta con su propio almacén de alimento (¿no les hace acordar un poco al huevo amniota?).

Las **primeras plantas con semillas** fueron las gimnospermas o semillas desnudas. Aparecieron inmediatamente antes de los dinosaurios, e incluían las cicadáceas, los ginkgos y las coníferas. Algunas plantas con semillas florecieron a principios de la era de los dinosaurios, mientras que estos animales se multiplicaban y las devoraban.

Las cicadáceas tuvieron mucho éxito durante toda la era de los dinosaurios. Se parecían a palmeras. Tenían un tallo como el tronco de un árbol y grandes hojas similares a las de los helechos, que se extendían en abanico en su parte superior. En los bosques del Jurásico crecían decenas de tipos distintos de ginkgo, que tiene hojas en forma de abanico que brotan de ramitas laterales, situadas a lo largo de las ramas principales. En la actualidad, estos dos grupos que fueron tan abundantes en los bosques Jurásicos, aún sobreviven pero de un modo muy relictual, por ejemplo de ginkgo sólo queda una especie, y las cycas están en la misma situación.

Se dice a menudo que los dinosaurios dominaron la tierra, pero en el mundo vegetal también había una batalla, y un grupo resultó ganador: las coníferas. Las coníferas son árboles con piñas. Hoy las conocemos con los nombres de pinos, abetos, alerces, y otros muchos tipos. Evolucionaron a partir de árboles relacionados con los ginkgos, hace unos 300 millones de años. Durante el período Jurásico se extendían por el horizonte inmensos bosques de pinos, araucarias y secuoyas, que proporcionaban alimento y refugio a incontables animales.

Pero la coníferas no sólo eran una fuente de alimento, para los paleontólogos eran la fuente de una sustancia mágica, el ámbar.

Esta sustancia dorada y vítrea llamada ámbar es en realidad la resina fosilizada. Se trata de la materia pegajosa que libera un árbol cuan-



Se dice a menudo que los dinosaurios dominaron la tierra en el Jurásico, pero en el mundo vegetal también había una batalla, y un grupo resultó ganador: las coníferas.



do su corteza se rompe (de modo similar a la sangre que liberamos cuando nos hacemos un corte profundo, después la sangre coagula y forma una costra que bloquea la herida y evita que sigamos perdiendo sangre). La resina hace lo mismo con los árboles. Las coníferas se distinguen por su producción de resina. Un dinosaurio quizá mordiera la corteza de un pino. La resina brotaría y formaría una gota pegajosa, que se fosilizó y se convirtió en ámbar. Este último contiene a veces fósiles de variados insectos, o cualquier otro organismo que estuviera posado en el tronco de un árbol, se han encontrado hongos y líquenes.

El ámbar nos da la posibilidad de conocer a organismos pequeños y delicados, que de otro modo son muy difíciles de encontrar en el registro, y lo maravilloso es que este proceso sigue actuando hoy a la vista de todos, sólo que hay que prestar más atención de ahora en más, y al pasar por al lado de una pino o una araucaria seguro encontrarán a los fósiles del mañana.

Las floras jurásicas de la Patagonia se hallan entre las mejor conocidas de Gondwana. Muchos afloramientos con plantas están próximos a los bordes del engolfamiento Neuquino y están compuestas por **equisetales** (*Neocalamites*), **filicales** (*Gleichenites*), **osmundales** (*Cladophlebis*), **bennetitales** (*Otozamites*, *Ptilophyllum*) y **coniferales** (*Araucaria*). Estas últimas estuvieron muy difundidas en la Patagonia, fueron una de las familias más importantes en el hemisferio sur, representadas por los bosques petrificados que se han encontrado en la provincia de Santa Cruz, en los cuales no sólo se han encontrado restos de troncos que miden entre 10 y 15 metros, sino también, ramas, hojas, frutos y semillas.

Y animales más grandes todavía

En el Jurásico Superior, gran parte de nuestro planeta estaba cubierta de grandes selvas y el clima era en general cálido y húmedo. Los dinosaurios de esta época comprenden desde pequeños y veloces depredadores que se alimentaban de otros reptiles, hasta gigantes herbívoros que llegaban a pesar hasta 110 toneladas.

Otros animales característicos son los pterosaurios, reptiles voladores del tamaño de palomas, de cola larga y dientes afilados para atrapar peces.

Los dinosaurios son diferenciados en dos grupos, por la forma de su cintura pélvica. Los **ornitiscuios**, presentan cinturas similares a las aves actuales y los **sauriscuios** a la de los reptiles (paradójicamente las aves derivan de un grupo de sauriscuios, contrario a lo que se podría esperar).



En el Jurásico Superior, gran parte de nuestro planeta estaba cubierto de grandes selvas y el clima era en general cálido y húmedo. Los dinosaurios de ésta época comprenden desde pequeños y veloces depredadores que se alimentaban de otros reptiles, hasta gigantes herbívoros que llegaban a pesar hasta 110 toneladas.



Todos los ornitiscios eran herbívoros. Mientras que entre los saurisquios, podemos encontrar tanto grupos herbívoros, como carnívoros (que acechaban y mataban a otros animales para alimentarse) e incluso algunos carroñeros (que comían animales ya muertos).

Los dinosaurios herbívoros, se alimentaban de varias formas, los **saurópodos** no masticaban las plantas sólo las tragaban, el alimento pasaba a su estómago directamente y era machacada por pequeñas piedras que tragaban, las cuales actuaban como muelas que trituraban la comida; otro grupo, los **hadrosaurios** o dinosaurios pico de pato, tenían dientes específicos que molían y picaban el alimento antes de tragarlo y los **ceratópsidos**, desmenuzaban las plantas duras con sus mandíbulas y sus dientes cortantes.

Todos los dinosaurios carnívoros pertenecían a un grupo llamado **terópodos** (pies de animal). Algunos se denominan carnosaurios (reptiles que comían carne) los cuales eran animales corpulentos dotados de cabeza grande, patas poderosas y brazos cortos. Andaba sobre las patas traseras, eran bípedos y no se podían mover a gran velocidad debido a su excesiva masa corporal dientes curvos y aserrados. Mataban a su presa con las patas provistas de garras y arrancaban la



Reconstrucción en vida del dinosaurio terópodo *Piatnitzkysaurus floresii*, que vivió en el Jurásico Medio de la Patagonia (Dibujo de Jorge González).





Laja con el esqueleto de *Archaeopteryx litographica*, en la cual se pueden observar las impresiones de plumas.

carne con las patas anteriores y con los dientes. Otros se llamaban **celurosaurios**, eran ágiles, con largos brazos y mandíbulas largas y estrechas. Corrían muy deprisa para capturar pequeños mamíferos e insectos y también algunos eran carroñeros, devoraban los despojos que dejaban los otros.

Las **aves** aparecen también en el Jurásico, los restos más antiguos se han encontrado en Alemania, en un yacimiento excepcional conocido como Solnhofen, y los ejemplares fueron bautizados bajo el nombre de *Archaeopteryx* que significa ala antigua y vivió sobre la Tierra hace 150 millones de años. Es un perfecto ejemplo de un organismo transicional entre los dinosaurios y las aves, en la Argentina no se han encontrado restos de esta especie, ni de ningún ave que tenga esta antigüedad.



El mar neuquino

Antes del surgimiento de la cordillera de Los Andes, durante el Jurásico, la Patagonia tenía un paisaje muy diferente al actual, una entrada del océano Pacífico, formaba un mar epicontinental, que cubría gran parte de las provincias de Neuquén, Mendoza, Río Negro y La Pampa. El mar ascendió y descendió en varias oportunidades, por eso alternan biota y sedimentos que indican un mar “profundo”, con otros niveles que indican un mar poco profundo e incluso en algunos momentos el mar se habría retirado, para avanzar nuevamente sobre la región. Aunque suene raro imaginarlo, un extenso mar invadió nuestro país durante todo el Jurásico, y al finalizar este período, el mar comenzó a retirarse y el ambiente continental fue ganando lugar. La idea más acertada que debemos hacernos sobre el mar neuquino, es verlo como una zona de agua calmas, no un mar abierto, sino un lugar protegido por barreras que eran pequeñas islas que estaban en el lugar donde hoy se encuentra la cordillera.

Los fósiles que se han encontrado son muy variados, los más importantes y abundantes son sin lugar a dudas los amonites. Estos cefalópodos han sido utilizados para poder realizar correlaciones a escala mundial. Los bivalvos también fueron sumamente diversos, y los braquiópodos, aunque presentes no tuvieron esa suerte. También es común encontrar corales, crustáceos y algunos equinodermos.

Sin embargo, los vertebrados también están presentes en este mar. Se han recolectado gran cantidad de restos de ictiosaurios (grandes reptiles con aspecto de delfín), plesiosaurios (de largos cuellos y poderosas aletas), tortugas y cocodrilos, que aunque hoy se encuentran principalmente en ambientes continentales, viviendo a la orillas de ríos y pantanos, en los mares jurásicos eran muy abundantes. De los cocodrilos marinos del Jurásico se han encontrado muchos restos. La mayoría, tenían hocico largo y delgado, con numerosos y pequeños dientes, eran pequeños predadores de peces pequeños y moluscos. En el año 2005, se descubrió en la localidad de Pampa Tril, en la provincia de Neuquén, al *Dakosaurus*, que tienen características muy distintas, era un gran predador, tenía un hocico corto, alto y robusto, con dientes grandes y aserrados, medía casi 4 metros de largo y era un cazador activo que se alimentaba de otros grandes reptiles marinos; se hizo popular con el nombre de Godzilla, porque tiene una apariencia muy similar a un dinosaurio, aunque no tiene ninguna relación con este grupo.

Y muchas veces se han recolectado restos de pterosaurios, que han muerto allí, ya que eran voladores y habitan las áreas costeras.

En la actualidad, la cuenca Neuquina (como se conoce a esta zona), es muy conocida, aparte de la importancia paleontológica que contiene, por ser uno de los reservorios de petróleo y gas más importante de nuestro país. Si bien era un ambiente marino, las aguas del fon-



Antes del surgimiento de la cordillera de Los Andes, durante el Jurásico, la Patagonia tenía un paisaje muy diferente al actual, una entrada del océano Pacífico, formaba un mar epicontinental, que cubría gran parte de las provincias de Neuquén, Mendoza, Río Negro y La Pampa.





La mayoría de los restos de dinosaurios jurásicos encontrados en nuestro país corresponden principalmente al Jurásico Medio, y tienen un valor especial, ya que permiten evaluar la etapa evolutiva previa a los bien conocidos dinosaurios del Jurásico Superior de América del Norte, China, y Tanzania.

do eran anóxicas (no tenían oxígeno) por falta de circulación de las aguas. Estas condiciones preservaron la materia orgánica en el fondo (la cual generó petróleo) y a su vez, al morir los reptiles marinos se acumulaban en el fondo, preservándose intactos por falta de corriente y organismos predadores.

La tierra jurásica

En los momentos en los que el mar neuquino se retiraba, se encuentran intercalados sedimentos continentales, con restos importantes de flora y fauna del lugar.

Con respecto al registro fosilífero de los grandes saurios del Jurásico, corresponden en su mayoría a los hallazgos realizados en la región patagónica, por medio de enormes restos de saurópodos, también se han realizado notables descubrimientos de huellas fósiles en areniscas del Jurásico Medio de la provincia de Santa Cruz, pertenecientes a pequeños dinosaurios que vivían en zonas semiáridas.

La mayoría de los restos de dinosaurios encontrados en nuestro país corresponden principalmente al Jurásico Medio, y tienen un valor especial, ya que permiten evaluar la etapa evolutiva previa a los bien conocidos dinosaurios del Jurásico Superior de América del Norte, China, y Tanzania. Tanto los saurópodos como los terópodos del Jurásico Inferior a Medio de la Patagonia, corresponden a especies relativamente primitivas, pero brindan información muy valiosa sobre la transición anatómica y evolutiva hacia las especies más derivadas y espectaculares que vinieron después. Representan en verdad la clave para conocer los primeros pasos evolutivos de los variados y abundantes dinosaurios saurisquios de épocas posteriores.

Unos de los sitios mejores estudiados, se encuentra en la provincia de Chubut, cerca del pueblo Cerro Cóndor. Los hallazgos que se han realizado brindan información, excepcionalmente disponible, sobre los hábitos gregarios de los primitivos saurópodos, a partir del hallazgo de cinco ejemplares juntos, integrado por dos adultos de gran talla, y tres sucesivamente más pequeños, lo cual permite inferir que vivían juntos en una suerte de relación familiar o manada, con padres e hijos. El animal encontrado, fue llamado *Patagosaurus fariasi* (su nombre significa "dinosaurio de la Patagonia") era una especie herbívora que se alimentaba principalmente de piñas de araucarias y hojas de las copas de los árboles reinantes, a las cuales accedía gracias a su largo cuello. Fue un dinosaurio cuadrúpedo, algo lento y pasivo que alcanzó los 14 metros de largo y unos 5 metros de alto.

Sin embargo, para conocer a los grandes dinosaurios que vivieron en nuestro país, y que han batido grandes récords, deberemos esperar algunos millones de años más, hasta el Cretácico.



No todos fueron dinosaurios

Asfaltomylos patagónico, era un pequeño animal del tamaño de un roedor, fue encontrado junto con los colosos en el pueblo de Cerro Cónдор, Chubut. No tiene nada de dinosaurio, es el **primer mamífero jurásico de Sudamérica**. Nuestro entendimiento de la evolución de los mamíferos de la era Mesozoica, se basa casi exclusivamente en fósiles del hemisferio norte; por lo tanto, todo nuevo hallazgo en el hemisferio sur frecuentemente resulta en sorpresa.

Como mencionamos, prácticamente restos de todos los grupos de vertebrado terrestres, han sido encontrados en la Argentina, nos queda mencionar a los anuros (el grupo de los sapos actuales), para ello les vamos a presentar a *Notobatrachus degiustoi*, con una antigüedad de solo 120 MA, que fue descubierto en la Estancia La Matilde, al sur de Puerto Deseado y más tarde en la Laguna del Molino, ambas localidades en la provincia de Santa Cruz.





Capítulo 10. Cretácico



Un reinado que llega a su fin

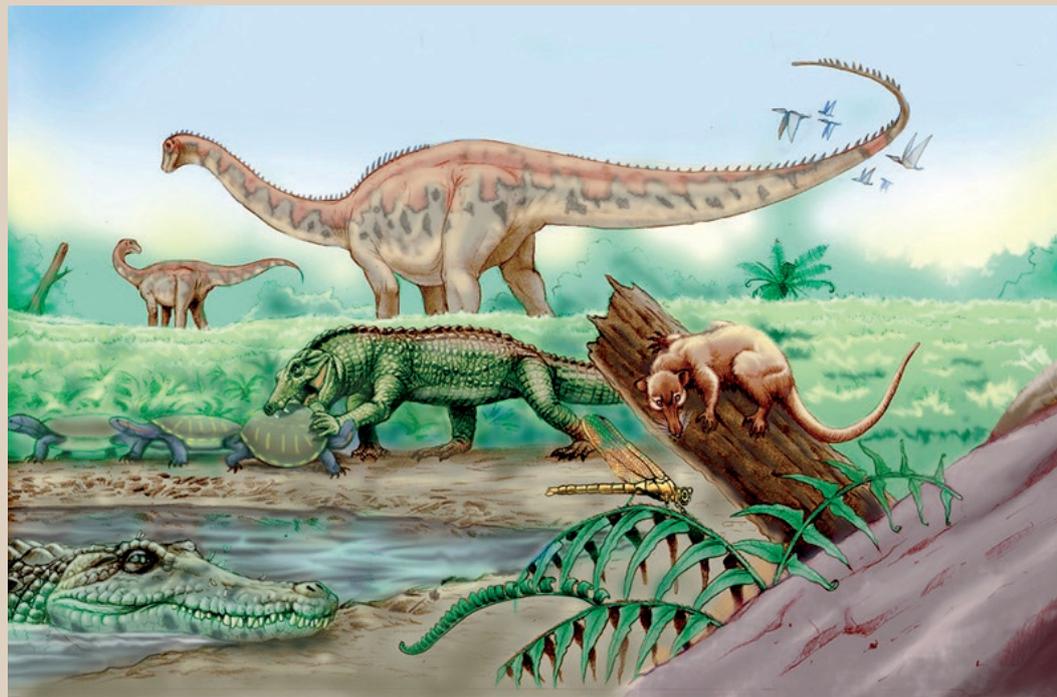
El Cretácico se extiende desde a los 145 y hasta los 65 millones de años, es el período más largo del Fanerozoico con una duración de 90 millones de años. Aunque suele ser identificado como el período de los dinosaurios, solamente aparecen algunos grupos, como por ejemplo, los **ceratopsidos** y los **pachicefalosauridos**. Además de las primeras aves, los mamíferos y las **primeras plantas con flor**.

La finalización de esta etapa resultó de la caída de un meteorito que atravesó la atmósfera a miles de kilómetros por segundo, hasta alcanzar la superficie terrestre, su impacto provocó una serie de eventos que resultaron en la alteración completa de los ecosistemas. Se considera que el polvo atmosférico cubrió la atmósfera, oscureciendo los cielos e impidiendo el paso de la luz solar. Las plantas, en los ambientes continentales, y las algas, en los ambientes acuáticos, disminuyeron la fotosíntesis y muchas de éstas perecieron. Los herbívoros se vieron directamente afectados por la falta de alimento y de la misma forma los carnívoros. El colapso de las cadenas tróficas fue inminente.

Aunque imaginamos una catástrofe absoluta, algunos grupos de plantas y hasta algunos grupos de herbívoros, insectívoros y carnívoros no se vieron afectados, y empezaron a colonizar los espacios que antes ocupaban los magníficos dinosaurios. Estos fueron los mamíferos que comenzaron su creciente diversificación, convirtiéndose en el grupo dominante de vertebrados que conquistaría todos los ambientes durante el Cenozoico.



Los mamíferos comenzaron su creciente diversificación, convirtiéndose en el grupo dominante de vertebrados que conquistaría todos los ambientes durante el Cenozoico.



Los que aquí vivieron
Paleontología argentina

MIRADAS DE LA ARGENTINA

Un mundo de islas tropicales

La fragmentación de Pangea en placas menores, provocó un aumento en la diversidad de floras y faunas entre los hemisferios norte y sur, la disposición de los continentes es prácticamente igual a la que observamos actualmente, y fue acompañada de efusiones lávicas, la expansión de fondos oceánicos y la elevación de cordones montañosos submarinos. La diferencia principal entre la distribución de los continentes en el Cretácico y hoy radica en la posición del continente de la India, éste se separó del Gondwana hacia los 70 MA y comenzó a derivar hacia el norte.

En el hemisferio sur, la Antártida se dirige hacia el polo sur y América del Sur y África continúan separándose, como consecuencia de la apertura del océano Atlántico. Australia migra un poco hacia el este, mientras se abre el océano Pacífico. El incipiente océano Atlántico adquiere su máxima expansión a finales de este período, separando los continentes de África y América del Sur.

Nuestro país se vio afectado por una serie de transgresiones marinas, modificándose continuamente la línea de costa. La Patagonia se vio inundada en su mayoría, dando espacio al desarrollo de mares epicontinentales someros que albergaban una variedad faunística muy grande.

Se formó un mar en el Oeste de nuestra región patagónica en el Cretácico Inferior que ocupaba las provincias de Tierra del Fuego, Santa Cruz, Río Negro y Neuquén. En el Cretácico Superior, se inundó el este de la Patagonia, formando otro mar epicontinental, que en su



Reconstrucción de un paisaje del Cretácico de la Patagonia, basado en los descubrimientos paleontológicos realizados en el yacimiento de La Buitrera, provincia de Río Negro, por investigadores de la Fundación Azara (Dibujo de Jorge González).

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina



MIRADAS DE LA ARGENTINA



El Cretácico tuvo en su mayor parte un clima húmedo y cálido. En los comienzos las temperaturas eran muy altas, incluso varios grados centígrados por encima de los promedios actuales. A fines del Cretácico en las altas latitudes se estableció una tendencia hacia el enfriamiento y la inestabilidad climática.

máxima etapa transgresiva, alcanzó ¡el noroeste de nuestro país! Si, el nivel del mar estaba tan alto, que el agua del océano Atlántico, llegó hasta la actual provincia de Salta, formando unos potentes depósitos marinos. Más tarde, los mares se retiraron hasta la actual posición.

El Cretácico, tuvo también en su mayor parte un clima húmedo y cálido. En los comienzos las temperaturas eran muy altas, incluso varios grados centígrados por encima de los promedios actuales. No había hielo en los polos ni en las altas cumbres y, el nivel del mar estaba unos 200 metros por encima de los niveles actuales. A diferencia del clima monzónico típico del Triásico y el Jurásico, la separación de los continentes y la aparición de los océanos entre los mismos, atenuaron las amplitudes térmicas y los climas fueron más benignos.

En las rocas sedimentarias, observamos gruesos estratos de creta. Esta roca está formada por conchillas y caparazones calcáreos de organismos microscópicos (cocolitos y foraminíferos), que proliferaron en todos los mares, y dieron el nombre a este período.

A fines del Cretácico en las altas latitudes se estableció una tendencia hacia el enfriamiento y la inestabilidad climática. Los mares se retiraron de la Patagonia y en su lugar se desarrollaron ambientes continentales con faunas de dinosaurios y bosques. Los ambientes continentales prosperaron hasta la finalización del período con un último avance del nivel del mar, sobre la Patagonia.

Crónica de una muerte ¿anunciada?

Ninguna extinción ni disminución en la diversidad separó realmente los períodos Jurásico y Cretácico. De algún modo, las condiciones ambientales permanecieron constantes, manteniéndose los principales grupos taxonómicos de una etapa a la siguiente. Los dinosaurios caminaban por los bosques de helechos arborescentes, de cycas y coníferas. Los amonites, belemnites y otros moluscos, y peces eran acechados por los grandes reptiles marinos, y los pterosaurios y las aves volaban por las playas. El Cretácico vio nacer las formas que dominarían en el Cenozoico.

Quizá el evento más importante, al menos para las formas terrestres, fue la primera aparición de las plantas con flor, también llamadas angiospermas. Sus registros más antiguos son escasos y provienen de rocas de 125 millones de años, y se vuelven frecuentes hacia los 100 millones de años. Hacia fines del Cretácico, un número de formas modernas habían evolucionado, de modo que serían fácilmente reconocidas por botánicos que trabajan con especies actuales.



Al mismo tiempo, aparecieron muchos grupos de **insectos modernos**, que se diversificaron en ese momento. Aparecieron las hormigas más antiguas, las mariposas, los áfidos, las langostas y las avispas, también las termitas y las abejas sociales. La evolución de los insectos afectó directamente la evolución de las plantas con flor, por eso decimos que ambos han co-evolucionado, interactuando recíprocamente, y la diversificación y modificaciones que pudieron sufrir ambos, flores e insectos, se encuentran íntimamente ligada.

El Cretácico, fue también testigo de la primera radiación de las **diatomeas** en los océanos. Las diatomeas son algas microscópicas muy importantes en la cadena trófica de los mares. Por lo tanto, habría una modificación muy marcada en las cadenas tróficas de los ambientes marinos.

Al comienzo... ¿sólo unos pocos?

Como resultado de la invasión del mar en los continentes, los ambientes continentales se vieron restringidos a ciertas regiones en nuestro país. De modo que, en este caso, la ausencia de registro no implica que no hubiera dinosaurios, sino más bien representa la escasa probabilidad de preservación. Por eso, quizá sean muy frecuentes algunos reptiles marinos, cocodrilos y pterosaurios (entre los vertebrados) y los moluscos, microfósiles y peces, también se encuentran bien representados.

La presencia de dinosaurios del Cretácico Inferior no es destacable en la Argentina; sin embargo existen 3 localidades en la Patagonia, de las cuales se ha coleccionado material de interés. Los fósiles provienen de niveles estratigráficos semejantes, todos ubicados a 50 km de radio de la ciudad de Zapala, en la provincia de Neuquén. Al sur de Zapala, en la región de La Amarga, se encontraron restos muy incompletos de dinosaurios saurópodos, restos incompletos de terópodos, placas y vértebras de dinosaurios ornitisquios, algunos restos de reptiles voladores (pterosaurios), cocodrilos pequeños y los restos de un antecesor muy cercano a los mamíferos (muy importante para establecer las relaciones entre los mamíferos).

El saurópodo más destacado del Cretácico Inferior es *Amargasaurus cazau*, representado por gran parte del esqueleto, de unos 8 o 9 metros de largo, con vértebras cervicales con enormes espinas. Se supone que las espinas servirían para defensa contra el ataque de depredadores.

Junto con los restos de *Amargasaurus*, fueron encontrados diversos restos de terópodos de pequeño tamaño, que seguramente se alimentaban de insectos. Este pequeño dinosaurio se llama *Ligabueino andesi*, y fue encontrado por Bonaparte en 1996.





Esqueleto del dinosaurio saurópodo *Amargasaurus cazau* (Museo Paleontológico Egidio Feruglio).

En otra localidad, cerca de Picún Leufú, también en Neuquén, se encontraron restos de saurópodos (dinosaurios herbívoros de cuello largo) en 1980. Lamentablemente, no hubo paleontólogos que asistieran a la recolección de estos fósiles y sólo se rescataron unos pocos materiales en mal estado: porciones de fémur, tibia y otros fragmentos no identificables. Por ser tan fragmentarios no pueden hacerse estudios para reconocer a que especie corresponden.

En muchas oportunidades, tal como en este caso, los propios vecinos se llevan recuerdos o los usan para sostener los cimientos de una pared de su hogar. Es importante, avisar a las autoridades si nos cruzamos con un hallazgo de este tipo.

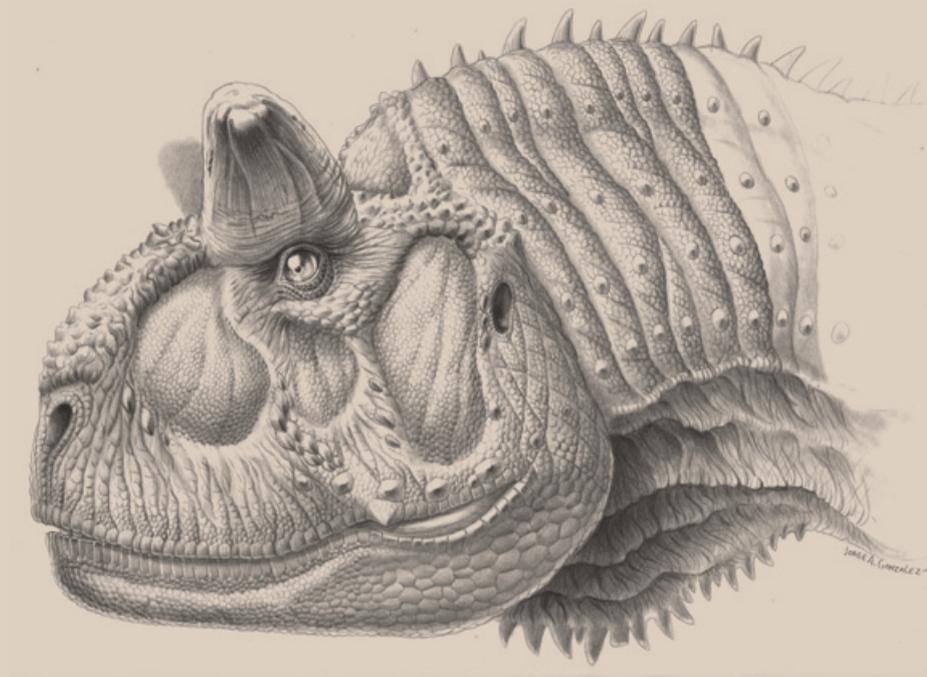
Los reyes en estratos intermedios

En otra región de la Patagonia, en la que se han hallado dinosaurios, es en la provincia de Chubut, pero estos dinosaurios provienen de rocas del Cretácico Medio, estos son un poco más jóvenes, a diferencia de los que citamos anteriormente. En 1966, se realizó una excavación cerca del río Chubut, dirigida por el geólogo Del Corro que junto con Orlando Gutiérrez, el técnico de la expedición, encontraron restos de



un saurópodo enorme que más tarde sería conocido como *Chubutisaurus insignes*. De este enorme animal, se encontraron las patas anteriores y posteriores; *Chubutisaurus* era un dinosaurio herbívoro, similar a *Brachiosaurus*, un saurópodo que tenía vértebras cervicales de más de 1 metro de largo y vivía en América del Norte y África.

Carnotaurus sastrei fue un dinosaurio carnívoro (terópodo), que andaba corriendo en dos patas por los pantanos de Chubut, también en el Cretácico Medio. El esqueleto de este dinosaurio se encontró casi completo y articulado –en muy buen estado– en el sitio de la excavación. El fémur alcanza 1 metro de largo, por lo que se estimó que mediría unos 4 metros de altura, el cráneo tiene 2 robustos cuernos y los brazos son cortos.



Reconstrucción en vida de la cabeza del dinosaurio terópodo *Carnotaurus sastrei* (Dibujo de Jorge González).

La última dinastía

El Cretácico Superior, abarca un intervalo de 35 millones de años, o sea una cantidad de tiempo considerable para el desarrollo de ecosistemas que se fueron reemplazando unos a otros. Por lo tanto, la diversidad que se conoce es muy notable en el territorio patagónico. Las regiones patagónicas más destacables, incluyen las provincias de Río Negro, Neuquén, Chubut y Santa Cruz.

La abundancia y diversidad de dinosaurios del Cretácico Superior de la Argentina podría ser explicada por medio de 2 eventos, que están muy relacionados. En primer lugar, la aparición de las angiospermas o plantas con flor, les permitió modificar su alimentación. A su vez, la explotación de nuevos recursos provocó el surgimiento de nuevos tipos adaptativos entre los dinosaurios.

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina



MIRADAS DE LA ARGENTINA

Podemos distinguir 3 grupos de dinosaurios bien diferentes entre sí y que llamaremos: saurópodos (los de cuello largo), terópodos (bípedos y carnívoros) y los ornitisquios (también bípedos, pero herbívoros).

Entre algunos de los que podemos mencionar:

Sauropodos: *Andesaurus*, *Saltasaurus*, *Argentinosaurus*, *Antarctosaurus*, *Neuquensaurus*, *Titanosaurus*, *Argyrosaurus*, *Aeolosaurus*.

Terópodos: *Xenotarsosaurus*, *Abelisaurus*, *Alvarezsaurus*, *Velocisaurus*, *Patagonychus*, *Giganotosaurus*.

Ornitisquios: *Gasparinisaura*, *Iguanodontia*, *Ankylosauria*, *Kritosaurus*.



Fémures del
dinosaurio saurópodo
Antarctosaurus sp.
(Museo de La Plata).





Reconstrucción en vida del pequeño dinosaurio ornitisquío *Gasparinisaura cincosaltensis* (Jorge González).

La enorme diversidad de restos que se han encontrado en la Patagonia, es indescriptible, esto que acabamos de decir no es novedad para nadie, mientras escribimos este texto, el diario nos anuncia un nuevo descubrimiento. No sólo la cantidad es importante, sino también la calidad de los restos presentes. Nuestros dinosaurios, sin lugar a duda, batirían varios récords, en el libro Guinness.

Y como todo, tiene que ver con todo, la enorme cantidad de ejemplares que fueron encontrados en el sur de nuestro país, también atrae a muchos equipos de paleontólogos, decididos todos ellos a encontrar las distintas piezas que faltan, a realizar cada vez más expediciones que llevarán seguro a futuros éxitos, que seguirán aumentando la lista.

Entre huevos y pichones

Los dinosaurios, como todos los reptiles, fueron ovíparos, y a menudo estos huevos se preservan como fósiles. En la Argentina existen varios yacimientos con huevos de dinosaurios de gran importancia.

Jaime Powell, de la Universidad Nacional de Tucumán, fue quien dio el puntapié inicial en el estudio de los huevos de dinosaurio en la Argentina. Su área de trabajo se concentró en el norte de la Patagonia, en un área ubicada al sur de la localidad rionegrina de General Roca. Los nidos descubiertos eran numerosos, con huevos de cáscaras increíblemente gruesas y porosas, el grosor de las cáscaras constituía una protección segura contra los depredadores.

En 1996, un grupo de investigadores de la Universidad Nacional del Sur, dio a conocer un nuevo yacimiento con nidos y huevos de di-





Al pie del volcán Auca Mahuida en la provincia de Neuquén, se encuentra el yacimiento apodado como “Auca Mahuevo”. Es el lugar donde se hallaron los primeros huevos del mundo con restos fosilizados de embriones y piel, e incluso es posible distinguir los cráneos de las crías bien conservados.

nosaurios del Cretácico Tardío ubicado en la zona centro sur de la provincia de Río Negro, en un lugar conocido localmente como Cerro Blanco. Estos huevos son atribuidos a la familia de los titanosaurios. La amplia difusión de nidos en un mismo nivel estaría indicando que las manadas tenían un lugar preferido para la nidificación, mientras que la ausencia de modificaciones en el sedimento que rodea a las nidadas sugiere que los huevos eran enterrados en la arena para su incubación, tal como vemos en los documentales sobre cocodrilos actuales.

También en la provincia de Neuquén se han encontrado cáscaras de huevos de dinosaurios. Los afloramientos están localizados en la ciudad de Neuquén, con una antigüedad comprendida entre unos 88 a 83 millones de años. Los huevos probablemente eran esféricos, con un diámetro estimado de 16 centímetros. De acuerdo a la estructura de la cáscara y la semejanza con otros hallados en la India y Francia, y a la presencia de restos de saurópodos en el mismo estrato, los paleontólogos asignaron los huevos a este grupo.

Al pie del volcán Auca Mahuida en la provincia de Neuquén, se encuentra el yacimiento apodado como “Auca Mahuevo”. Es el lugar donde se hallaron los primeros huevos del mundo con restos de embriones y piel fosilizados, e incluso es posible distinguir los cráneos de las crías bien conservados. Aunque varios se hallaron rotos, hay otros en estado adecuado de conservación. Los huevos fueron cubiertos por un aluvión de barro y, por ese motivo, sobrevivieron hasta nuestros días. En Auca Mahuida, se pueden observar en las bardas las huellas inconfundibles de las distintas eras geológicas. En la parte superior, de color más verdoso, pasó el mar. Y las capas inferiores, de mayor antigüedad, corresponden al período Cretácico. Los huevos encontrados en Auca Mahuida pesan aproximadamente un kilogramo, y sus cáscaras tienen poros de ventilación muy similares a los de las aves actuales. Luis Chiappe, autor principal del estudio, señaló que las crías de dinosaurio “se ahogaron” dentro del cascarón, justo antes del momento en que estaban maduros para nacer, cuando desbordó un río hace 70 ó 90 millones de años en el Cretácico Tardío. Los embriones pertenecen a la familia de los titanosaurios. Parece ser que por los centenares de nidos hallados, los saurópodos se reunían en gran número, para empollar todos juntos en ese sitio. Y regresaban a él una y otra vez.

Otros reptiles

Los hallazgos de tortugas y serpientes, demuestran que no sólo los dinosaurios habitaban nuestro suelo durante el Cretácico, sino que las comunidades eran sumamente diversas y complejas.





Esqueleto del reptil volador (pterosaurio) *Pterodaustro guinazui*, descubierto en la provincia de San Luis.

Niolamia con un cráneo de unos 30 cm de ancho y con grandes cuernos laterales, fue una tortuga gigante de tierra, de tamaño colosal llegando a medir hasta 2,5 metros de largo, comparable a los grandes gliptodontes del Pleistoceno. Su cabeza estaba armada por grandes protuberancias, dos de las cuales se prolongan en cuernos de manera extraordinaria, semejantes a los de un buey. La cola no pasaba desapercibida, ya que se encontraba protegida por un estuche óseo compuesto por varios anillos imbricados y con protuberancias. Los primeros restos de esta tortuga fueron hallados en la provincia de Neuquén. Fue Florentino Ameghino quien la dio a conocer en 1899 y la bautizó.

Las primitivas serpientes del período Cretácico tenían patas y vivieron en la provincia de Río Negro, debido al reciente hallazgo realizado en el yacimiento La Buitrera, de esa provincia. El animal fósil encontrado vivió hace unos 90 millones de años, midió unos dos metros de largo y su existencia plantea claramente la posibilidad de que la evolución de los ofidios se dio más en la tierra que en el mar, contra lo que se creía. La serpiente fósil fue bautizada como *Najash rionegrina*. Su descubrimiento ha sido muy importante para la comunidad científica, ésta serpiente estaba dotada de patas posteriores con las que podía escarbar. Esto hace suponer que las primeras serpientes evolucionaron probablemente más en tierra que en el mar. En el mismo lugar habían sido encontrados numerosos huesitos que se identificaron como de serpientes, las apariciones fueron varias, incluso parte de un cráneo, pero nunca antes se habían encontrados ejemplares tan completos y que puedan revelar tantos detalles acerca de la evolución de este grupo. Otro importante hallazgo, es el de *Dinilysia patagonica*, una especie de culebra que vivió durante el Cretácico Superior también en



Los hallazgos de tortugas y serpientes, demuestran que no sólo los dinosaurios habitaban nuestro suelo durante el Cretácico, sino que las comunidades eran sumamente diversas y complejas.





Reconstrucción de la serpiente *Najash rionegrina* (Dibujo de Jorge González).



la Patagonia, de la cual también se conocen restos muy completos de su esqueleto. *Dinilysia*, es un poco más joven que *Najash* ya que sólo tiene 70 millones de años.

No estaban solos

La vegetación que se desarrolló en Gondwana, es decir, en todo el hemisferio sur incluyendo la Argentina, fue muy variada. El clima fue muy beneficioso en las latitudes altas (Antártida) para el exuberante desarrollo de la flora y, como dijimos anteriormente, esto incidió directamente sobre la fauna. El rasgo más destacable de la flora de este período fue la aparición de las primeras angiospermas en sus comienzos, es la diferencia principal entre la flora cretácica y la del resto del Mesozoico. En las rocas provenientes de la localidad de Huitrin (en Neuquén) tenemos restos de polen de angiospermas que fueron estudiados por primera vez en 1975 por W. Volkheimer (la flor es una



estructura muy delicada, que raramente se preserva, por esta razón los paleobotánicos deben recurrir a otras pueblas más resistentes, como el polen, para poder comprobar la presencia de ciertos grupos).

Nuestro país se encontraba por debajo de la franja ecuatorial (con clima desértico, a la altura de Brasil, Paraguay y Bolivia), en latitudes medias a altas con un clima templado cálido. En las regiones húmedas, desde las zonas costeras a continentales se formaron importantes bosques y en los límites de estas regiones había amplias sabanas y pastizales.

Los bosques estaban poblados de gimnospermas como coníferas arbóreas y bennetiales, como *Araucaria*, *Gynkgo*, *Podocarpus* y *Sphenopteris*, y también colgaban de sus ramas helechos herbáceos, musgos y hongos. En regiones semiáridas o más abiertas, tanto en llanuras como en terrenos serranos, crecían plantas de menor talla, entre las cuales predominaban bennetiales y cicadales, y también coníferas de tamaño más pequeño y arbustivas.

Los estudios han sido realizados con cierto detalle en rocas del Cretácico Inferior y Medio y los fósiles provienen principalmente de la región patagónica. La última etapa del Cretácico no se conoce con certeza y aún se encuentra en estudio.

Los mares patagónicos

Tal como ocurriera durante el Jurásico, después de un breve descanso el mar neuquino arremetió con más ganas sobre el continente, inundando las tierras nuevamente. Durante este periodo ocurrió un ascenso global en el nivel del mar y por lo tanto no solo el mar neuquino, cubría nuestro territorio, la Patagonia austral, en la región occidental quedó cubierta por las aguas también, en lo que se conoce como Cuenca Austral o Magallánica. Dicha cuenca se extiende en el extremo sur del continente americano. Abarca una parte importante de la provincia argentina de Santa Cruz, la chilena de Magallanes, la zona oriental del estrecho del mismo nombre, la isla Grande de la Tierra del Fuego y una porción de la plataforma continental argentina, y comenzó a formarse a finales del Jurásico pero que encontró su máximo desarrollo durante este periodo. Si bien en su parte Inferior se encuentran fósiles continentales, en gran parte restos de vegetales, en la parte Superior, las condiciones son diferentes y los bivalvos, amonites y belemnites, todos de ambientes marinos comienzan a dominar el paisaje, junto con pequeños organismos, como los foraminíferos, radiolarios, decápodos y crustáceos.

Hacia fines del Cretácico el mar comenzó a retirarse hacia el sur, y los ambientes mixtos comienzan a ser cada vez más abundantes en la zona.



La vegetación que se desarrolló en Gondwana, es decir, en todo el hemisferio sur incluyendo la Argentina, fue muy variada. El clima fue muy beneficioso en las latitudes altas (Antártida) para el exuberante desarrollo de la flora y esto incidió directamente sobre la fauna.





Un enorme tiburón prehistórico, *Carchadoron megalodon*, habitó los antiguos mares del territorio argentino y distintas partes del mundo.

El mar neuquino, tuvo dos pulsos importantes de avance sobre las provincias de Neuquén y Mendoza, principalmente una lengua marina proveniente del océano Pacífico, las cubría formando un extenso golfo, de aguas muy poco profundas. Esas aguas marinas eran mucho más cálidas que las que bañan las costas de Chile en la actualidad, ya que en ese momento no existían las corrientes frías antárticas provenientes del sur. Debido a estas elevadas temperaturas del agua fue posible el intercambio de faunas de invertebrados y vertebrados con zonas más ecuatoriales, como el mar Caribe y el Mediterráneo.

Dentro de los invertebrados se destacaban los arrecifes de corales, arrecifes de ostras y arrecifes de serpúlidos (un tipo de gusano, que forma tubos calcáreos dentro de los que vive). Asociados a dichos arrecifes habitaba una gran variedad de organismos como los amonites y belemnites, moluscos de distinto tipo, erizos, estrellas y langostas marinas, dentro de los vertebrados sobresalían los reptiles marinos, como los plesiosaurios e ictiosaurios, y los peces, que conformaban el eslabón último de las cadenas alimentarias jugando el rol de predadores.

Un enorme tiburón prehistórico, *Carchadoron megalodon*, habitó los antiguos mares del territorio argentino y distintas partes del mundo. Su esqueleto cartilaginoso, de rara preservación, ha determinado que los hallazgos de este tipo se pueden contar con los dedos de las manos. La única parte del esqueleto que podemos hallar perfectamente preservado, son los dientes con esmalte, los cuales varían desde 2 a 15 centímetros. Actualmente, los tiburones son peces versátiles y tienen sentidos muy agudos; muchas de sus especies son capaces de cazar y devorar a casi cualquier otro animal marino, tanto en mares profundos como en mares someros. Estos dos rasgos explican su larga historia evolutiva; muchas de las especies de tiburones de nuestros días son muy similares a especies que nadaban en los mares del Cretácico, hace más de 100 millones de años. Su alimentación estaba constituida por grandes reptiles marinos de la época, peces y mamíferos marinos primitivos. Un sitio muy conocido en nuestro país donde se han hallado restos dentarios de la especie, es Cerro Gualicho en la provincia de Río Negro.

En cuanto al bentos, comenzó a ofrecer un aspecto moderno, y continuó la decadencia de los braquiópodos. Los bivalvos se enterraban cada vez más profundamente en el sedimento para escapar de sus predadores, o bien desarrollaron conchillas muy macizas o espinas para disuadirlos. Un grupo de bivalvos, los inocerámidos, poseía conchas de casi 1,8 metros de longitud. Durante un tiempo, la capacidad de los corales para construir arrecifes fue prácticamente igualada por los rudistas (ostras con conchas cónicas de hasta 1 m de altura). Se fijaban a una superficie dura del fondo aglutinándose entre ellos y llegando a formar inmensos arrecifes en todos los mares del mundo. Con toda probabilidad estas densas construcciones les protegían de ser devorados.



La extinción Cretácico-Terciario

La más famosa, aunque no la más grande, de todas las extinciones masivas fue la del Periodo Cretácico, hace 65 millones de años. Como todos sabemos, fue en esta extinción en la que desaparecieron los dinosaurios. Los otros grupos de reptiles como “reptiles marinos” tal como los ictiosaurios, plesiosaurios y mosasaurios, también se extinguieron a fin del Mesozoico junto con los pterosaurios voladores. Muchas especies de foraminíferos, se extinguieron en el límite entre el Cenozoico y el Mesozoico, al igual que los amonites, son importantes marcadores, a la hora de establecer el momento preciso de este evento.

Pero muchos grupos de organismos, como las plantas con flor, los gasterópodos y los bivalvos, anfibios, lagartijas y serpientes, cocodrilos, aves y mamíferos sobrevivieron el límite Cretácico-Terciario, con pocas pérdidas o incluso ninguna... Entonces, ¿qué fue lo que causó esta extinción? Y, ¿por qué algunos grupos fueron más afectados que otros?

Una verdadera catástrofe

Durante el transcurso de la última parte del Cretácico, la concentración de CO_2 en la atmosfera disminuyó considerablemente, a la vez que el mar se retiraba de los continentes. Las regresiones marinas daban lugar a vastas extensiones de tierra. Estos paisajes, llenos de lagos y lagunas saladas de aguas poco profundas fueron focos de enterramiento de muchos animales y plantas. En consecuencia, la disponibilidad de ciertos componentes fueron disminuyendo en la atmósfera; por ejemplo, la concentración de CO_2 atmosférico fue menor y a la vez, se atenuó el efecto invernadero, provocando un enfriamiento en toda la superficie terrestre. Las temperaturas fueron significativamente menores que en el Cretácico Inferior, aunque el clima continuó siendo templado-cálido, sin alcanzar un clima glacial. Los océanos estuvieron libres de hielo –la abundancia de diatomeas silíceas así lo atestiguan y tanto la flora de Alaska como la flora presente en la península Antártica indican que las temperaturas fueron superiores a las actuales.

Al final del Cretácico, en la transición del Cretácico al Terciario, hace 65 millones de años, se produjo la extinción de distintas especies que habían dominado la vida de mares y continentes. Como ya dijimos, en el mar desaparecieron los amonites y una gran cantidad de plancton (microorganismos), y en los continentes se extinguieron los dinosaurios más o menos súbitamente, según diferentes y controvertidas teorías. La vegetación, sufrió un drástico cambio con la desaparición de los bosques que existían en los márgenes de los ríos y en las regiones tropicales, tras la catástrofe, las tierras fueron colonizadas por una espesa cobertura de helechos.



La más famosa, aunque no la más grande, de todas las extinciones masivas fue la del Periodo Cretácico, hace 65 millones de años. Fue en esta extinción en la que desaparecieron los dinosaurios.





¿Cuáles fueron las causas de la extinción cretácica?

Esta pregunta nos sigue intrigando, ya que muchos opinan que un cambio climático brusco sería la hipótesis más probable. Sin embargo, el origen del cambio climático no es muy claro: el choque de un gran meteorito o, incluso una importante actividad volcánica, podrían haber influido en este evento.

Para algunos investigadores, el desastre ocurrió rápidamente –en unos pocos miles de años – pero para otros la desaparición de las especies fue progresiva o escalonada –duró varios MA– e incluso habría comenzado unos millones de años antes, demostrando que al finalizar el Cretácico, los grupos se encontraban en franca decadencia y que sus días de gloria, ya habían terminado.

¿Cuáles fueron las causas? Esta pregunta nos sigue intrigando, ya que muchos opinan que un cambio climático brusco sería la hipótesis más probable. Sin embargo, el origen del cambio climático no es muy claro: el choque de un gran meteorito o, incluso importante actividad volcánica, podrían haber influido en este evento.

El cráter de Yucatán

Los investigadores que consideran que fue una extinción rápida, utilizan la caída de un meteorito extraterrestre para argumentar su postura. Frente a las costas de la península de Yucatán, en el sitio de Chicxulub, en lo que era entonces un tranquilo mar tropical de aguas someras, cayó un enorme asteroide, de unos 10 km de diámetro, que formó un cráter de unos 180 kilómetros de diámetro. La trayectoria del meteorito, fue oblicua respecto a la superficie terrestre; su caída habría eyectado material rocoso contra la costa, dejando señales de tsunamis gigantes.

Luego del impacto del meteorito, se habría depositado en toda la superficie del planeta una fina capa de residuos de un metal (iridio) perteneciente al propio asteroide desintegrado. Otros productos del impacto, como partículas microscópicas de vidrio (al enfriarse la roca fundida por el choque) y cristales pequeños de cuarzo metamórfico, salpicaron la atmósfera y quedaron esparcidos por amplias regiones. El iridio aparece en concentraciones altas entre los estratos arcillosos que señalan el fin del Cretácico. Para los autores de esta teoría, quienes descubrieron por primera vez, restos de iridio en Italia, este acontecimiento estuvo directamente relacionado con la extinción de los dinosaurios.

El meteorito y algo más...

Algunos pensadores están convencidos que, a pesar de las evidencias, el meteorito no fue la única causa de la extinción Cretácico-Terciario. Por ejemplo, hay quienes han especulado con que el impacto del enorme meteorito lanzó a la atmósfera cantidades gigantes de polvo, que causaron años de oscuridad y frío, lo que afectó a la actividad fotosintética en el globo y, más tarde, se destruyeron las cadenas tróficas en su totalidad.



También se ha pensado en la posibilidad de que la deposición del polvo ocurriera, esencialmente, en forma de lluvia ácida, que habrían afectado las superficies de los mares y de los continentes, contaminando la vida marina y una parte importante de la vegetación continental. En este sentido, en la península de Yucatán existen espesos niveles sedimentarios de evaporitas, rocas compuestas esencialmente por sulfato de calcio. El impacto del asteroide sobre el sulfato pudo haber producido dióxido de azufre que en cantidades masivas se habría evaporado en el aire y convertido en ácido sulfúrico. Así quedando en la capa más externa de la atmósfera, hasta que se formaran nubes y lloviese. De ahí las precipitaciones ácidas.

Por último, la presencia de sulfatos, aumenta la formación de nubes. Las densas nubes hubiesen disminuido catastróficamente la concentración de ozono. Esta presunción de lo que pudo ocurrir en aquel pasado remoto se basa en que la mayor disminución del ozono global registrado en las últimas décadas ocurrió precisamente tras la erupción del volcán Pinatubo, en Junio de 1991, cuando una gran cantidad de sulfatos fue inyectada en la estratosfera.





Capítulo 11. Tiempos modernos

Los que aquí vivieron
Paleontología argentina



MIRADAS DE LA ARGENTINA

Probablemente, la diversidad de los mamíferos y nuestra propia evolución como especie, definen a la era Cenozoica, quizá sean los motivos que despierten nuestro mayor interés y curiosidad como seres humanos, para responder la pregunta ¿de donde venimos? La gran extinción Cretácica, fue de tal magnitud, que los científicos la utilizamos para poner el límite del inicio de la era Cenozoica, hace 65 MA y llega hasta la actualidad. Clásicamente, ha sido dividida en dos periodos: Terciario, entre 65 MA y 1,8 MA, y el Cuaternario, en el cual todavía vivimos. En el período **Terciario**, se reconocen varias épocas, la más antigua es la **Paleoceno**, seguido por **Eoceno**, **Oligoceno**, **Mioceno** y por último, el **Plioceno**. El **Cuaternario** sólo es dividido en dos épocas: **Pleistoceno** y **Holoceno**.

Las cosas llegan a su lugar

Recordemos que a finales del Mesozoico, el supercontinente de Pangea fue desmembrado en los continentes mayores que actualmente conocemos y se formó el océano Atlántico separando el continente sudamericano del africano y el norteamericano del continente europeo, y tendieron a ocupar la posición con que los conocemos en la actualidad. También se expandieron el océano Pacífico y el Índico. Esto permitió, la inundación de las plataformas continentales y la circulación de nuevas corrientes oceánicas, provocando una modificación en las condiciones climáticas, y en la distribución y evolución de las comunidades bióticas.

Es también en este momento en donde se producen grandes cordones montañosos, por la colisión de las placas. Hace aproximadamente 50 MA, durante el Eoceno, la India chocó con Asia, y comenzaron a formarse y elevarse los Himalayas. Durante el Oligoceno, hace 35 MA, Arabia colisionó con la placa Euroasiática, dando origen a la Orogenia Alpina. En el período Terciario, también ocurre el último proceso orogénico de gran magnitud que afecta al actual territorio argentino, que provoca la formación de varios sectores de lo que se conoce como la cordillera de Los Andes. Se trata de un movimiento iniciado hace 65 millones de años y que aún persiste; de hecho, la cordillera continúa ascendiendo, en promedio, un centímetro por año. Este proceso orogénico, no solo elevó la cordillera, sino que además, transformó la mayoría de los relieves preexistentes. Por ejemplo, fractura y levanta la Puna, las cordilleras Oriental y Frontal, la precordillera, las sierras pampeanas y el sistema de Tandilia, mientras tanto, otros sectores se hundieron y fueron cubiertos por capas de sedimentos, lo que favoreció la formación de relieves de planicies y llanuras.



¡Qué tiempo loco!

La evolución climática del Cenozoico, es compleja y cambiante. En los comienzos, el clima era cálido, sin mantos de hielo ni en la Antártida ni en Groenlandia, pero al finalizar el clima frío era dominante, con glaciaciones que han recubierto los continentes de hielo, cíclicamente durante los 2 últimos millones de años.

Este descenso de la temperatura media no fue uniforme en el tiempo, hubo períodos en los que las temperaturas aumentaron y la extensión de los hielos disminuyó. Además, a modo de alteraciones climáticas temporales, existieron varios eventos de duración temporal muy corta, en los que las temperaturas se dispararon en pico hacia arriba o hacia abajo.

Hace unos 55 millones de años, la temperatura subió aún más y se produjo un corto pico de calor (Máximo Térmico del Paleoceno Final). Fue un abrupto evento de calentamiento, que apenas duró unos 80.000 años, pero que influyó enormemente en la evolución de la vida animal. El episodio coincidió con una importante extinción de fauna, tanto en los continentes como en los océanos, y con la aparición de numerosos órdenes de mamíferos nuevos, que dominan el reino animal desde entonces. La flora se adaptó respondiendo con cambios en la fisonomía de sus hojas y con migraciones hacia latitudes más altas.

Las temperaturas continentales subieron entre 5°C y 7°C sobre unos niveles térmicos anteriores que ya eran altos. En los mares las aguas superficiales costeras en la Antártida pasaron de tener una temperatura de 13°C a otra de 20°C, difícil de imaginar con las condiciones que existen en la actualidad, pero tenemos que imaginarnos a la Antártida como una gran isla caribeña.

Tras el pico de calor del final del Paleoceno, la temperatura disminuye pero se mantiene alta hasta hace unos 50 millones de años, este episodio recibe el nombre de Óptimo Climático del Eoceno Inicial, por la época en que sucedió.

A partir de este evento la tendencia se invierte y las temperaturas comienzan a bajar. Durante todo lo que resta del Eoceno, el clima pasa a ser más frío y seco.

Uno de los datos más significativos de esta tendencia al frío, es la evolución de la temperatura del fondo del mar que pasó de un clima tropical, con unos 12°C hace 50 millones de años, a tener solamente 6 °C hace unos 35 millones de años y en la actualidad apenas supera los 2°C.



Uno de los datos más significativos de esta tendencia al frío, es la evolución de la temperatura del fondo del mar que pasó de un clima tropical, con unos 12°C hace 50 millones de años, a tener solamente 6 °C hace unos 35 millones de años y en la actualidad apenas supera los 2°C.





El enfriamiento global estuvo ligado a la primera gran acumulación de hielo en la Antártida, que ocurrió inicialmente en su mitad oriental, ya que su mitad occidental estaba todavía en gran parte sumergida.

Tras el prolongado y suave enfriamiento de la segunda parte del Eoceno, al inicio del Oligoceno, hace unos 34 millones de años, se produjo un nuevo bajón o descenso brusco en las temperaturas.

El enfriamiento global estuvo ligado a la primera gran acumulación de hielo en la Antártida, que ocurrió inicialmente en su mitad oriental, ya que su mitad occidental estaba todavía en gran parte sumergida.

El cambio en la circulación oceánica fue probablemente determinante. La Antártida, a pesar de haber estado centrada en el polo sur desde principios del Cretácico, se había mantenido hasta entonces libre de hielo, pero, cuando se aisló de Sudamérica y de Australia, quedó rodeada por una corriente marina fría. El aislamiento definitivo del continente austral se produjo tras la apertura del estrecho de Drake, que lo separó de Sudamérica, y tras la apertura del mar al sur de Tasmania, que lo separó de Australia. Entonces, en ese momento, se formó la corriente fría circumpolar antártica.

Cambia... el clima, cambia

Toda la primera parte del Mioceno conserva el alto nivel de temperaturas alcanzado justo al final del Oligoceno. Sin embargo, la transición del Oligoceno al Mioceno, queda marcada por un corto episodio, de intensa erosión en los continentes, que ocurre hace 23,7 millones de años, y que es apreciable a escala general del planeta.

Probablemente un enfriamiento y un aumento de la acumulación de hielo en la Antártida, provocaron una brusca bajada del nivel del mar, dejando las plataformas costeras en seco y expuestas a la erosión.

Después de este corto pico inicial de frío las temperaturas se recuperan y se mantienen más altas que las del Oligoceno durante toda la primera mitad del Mioceno. El volumen de los hielos de la Antártida vuelve a disminuir y el mar se eleva.

La segunda parte del Mioceno, que comienza hace unos 14 millones de años, es muy diferente a la primera. Las temperaturas se desploman y, sobre todo, el hielo continental aumenta en la Antártida.

El Plioceno: ¡tropicalísimo!

El periodo Terciario termina con el Plioceno, que transcurre entre hace 5,4 y 2,5 MA. El clima del Plioceno fue en su mayor parte mucho más cálido que el actual.

Al inicio del Plioceno, se frenó el enfriamiento que había venido ocurriendo en la segunda parte del Mioceno. Se invirtió la tendencia tér-



mica y en el Plioceno Medio, la temperatura global media era posiblemente unos 3°C superior a la actual.

Se ha denominado “Óptimo Climático del Plioceno Medio” al intervalo específico de 300.000 años que va desde hace 3,3 millones hasta hace 3 millones de años, el nivel de los mares se elevaba entonces unos treinta metros por encima de la altura actual, debido al menor volumen de hielo acumulado en la Antártida y en Groenlandia.

La gran modificación de las corrientes oceánicas que culminó a finales del Plioceno consistió en el cierre total de la comunicación que existía entre el Atlántico y el Pacífico por América Central. El cierre geológico del paso fue un proceso gradual que comenzó hace 13 millones de años y que probablemente terminó hace 4 millones de años, cuando la sutura entre las dos Américas, norte y sur, permitió la emigración de mamíferos terrestres en ambos sentidos, éste gran proceso migratorio se conoce como GABI, o Gran Intercambio Biótico Americano.



Paisaje del Terciario de la Patagonia (Dibujo de Jorge González).



Los que aquí vivieron
Paleontología argentina

MIRADAS DE LA ARGENTINA



La era de hielo

El Cuaternario es una época de inestabilidad climática y de bruscos e importantes cambios ambientales, que han afectado con mayor o menor intensidad a todas las latitudes. A lo largo de la historia geológica del actual territorio argentino se producen diversas glaciaciones, es decir, procesos de aumento del área cubierta por hielos a causa de un descenso en la temperatura media del planeta.

Algunas de las explicaciones a estos procesos glaciares son: modificaciones en la órbita de nuestro planeta o cambios en la orientación del eje terrestre; así, al alejarnos del sol un poco más de lo habitual en invierno, durante el verano siguiente no llegaría a derretirse la nieve acumulada y de esta forma, se formarían los primeros glaciares. De continuar por miles de años, los casquetes polares serían importantes y la temperatura global promedio descendería varios grados, resultando en una **era de hielo**.

El último gran período de glaciaciones comenzó hace 1.800.000 de años y finalizó hace 12.000 años, aproximadamente; es decir, que transcurre durante el Pleistoceno, y se pueden reconocer cuatro glaciaciones pleistocénicas. Aunque en la archi-conocida película de Pixar, se muestran imágenes del continente norteamericano, las planicies del mundo se cubrieron con mantos de hielo de varios kilómetros de espesor que se extendieron, como en nuestro país, desde el polo sur hasta la parte austral de la actual provincia de Buenos Aires. Sin embargo, el área más afectada por estos procesos han sido los Andes patagónico-fueguinos (y la zona de islas entre las que se destaca la isla Grande de Tierra del Fuego). En las zonas afectadas por la glaciación, el peso y el roce de los hielos modificaron relieves preexistentes y originaron, por ejemplo, cuencas y valles anchos, por los cuales hoy corren grandes ríos y cursos de agua.

Flores y mamíferos, ¡al poder!

Cuando se habla de la evolución de los animales, normalmente el tiempo se mide en millones o cientos de miles de años. Sin embargo, hace sólo diez mil años, nuestro país estaba habitado por una fauna espectacular, que haría parecer pobre y triste a la que hoy en día habita África.

Los cambios climáticos ocurridos durante el Cenozoico, no pasaron desapercibidos, para los organismos. Entre los animales, el lema para la supervivencia era *“migrar o morir”*, y durante mucho tiempo y para varios grupos la receta funcionó. Durante los períodos glaciares, la fauna y



la flora típica de las regiones frías se extendieron hacia las latitudes medias, mientras que en los períodos interglaciares, la fauna y la flora de carácter tropical se desplazaron hacia latitudes más altas; otras especies, sin embargo, desaparecieron durante las oscilaciones térmicas.

Las angiospermas, agrupan a aquellas plantas que desarrollan flores llamativas y frutos para proteger a sus embriones. Su radiación adaptativa comienza a fines del Cretácico terminal y las diferencias climáticas, ocurridas a lo largo del Cenozoico han generado paulatinamente una diversificación regional de la flora, con un predominio de las angiospermas en zonas climáticas frías, fuera de las zonas tropicales y subtropicales donde se habían originado.

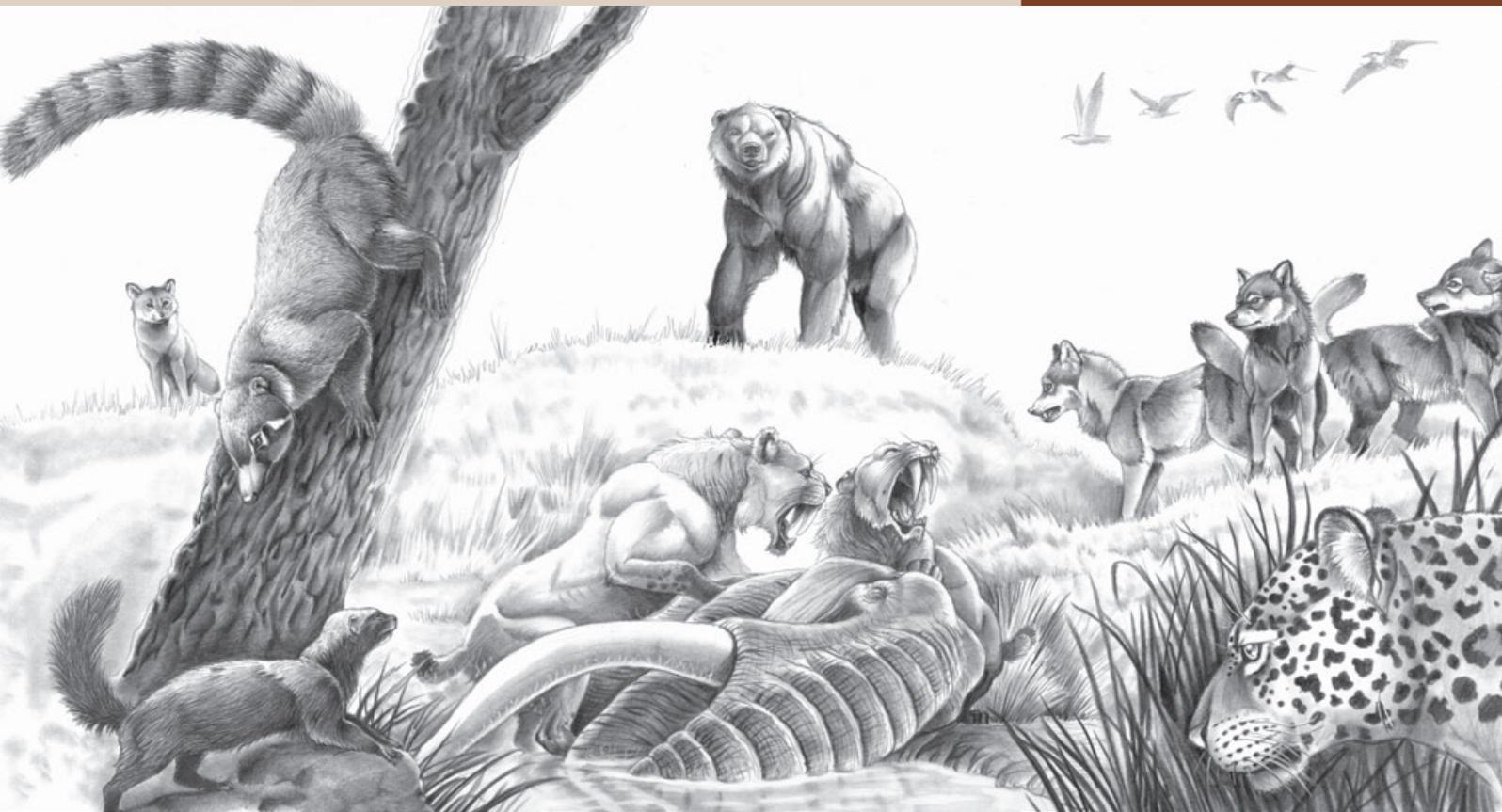
Los nuevos monarcas o la monarquía de los mamíferos

Sudamérica quedó separada de Norteamérica al finalizar el Paleoceno, conformando una verdadera isla, ya que la conexión con Antártida también quedó interrumpida. Los únicos mamíferos placentarios que existían por ese entonces eran ungulados terrestres (parientes de las vacas, cerdos y camellos) que evolucionaron y derivaron en lo que, más tarde, conformaría la gran **megafauna** sudamericana.

Entre algunos de los ejemplos que podemos mencionar, se encuentran los **toxodontes** (el primer resto fósil de *Toxodon*, fue hallado por Char-



Paisaje de la región pampeana durante el Pleistoceno (Dibujo de Jorge González).



les Darwin, durante la expedición del *Beagle*), las **macrauquenias**, **megaterios**, **milodontes**, **dasipodios** y **gliptodontes** entre las especies de gran tamaño.

Los **tipoterios** y **prototeroterios** eran herbívoros de menor tamaño, pero no menos asombrosos que los anteriores; similares a pequeños caballos, con el dedo medio grande en cada pata, nada tienen que ver con el origen de los caballos modernos.

Los edentados primitivos dieron lugar a los actuales armadillos como el tatú carreta, el pichi-ciego o las mulitas; como también, a los osos hormigueros y perezosos. Las formas originales fueron mucho más grandes en tamaño que los descendientes actuales, por ejemplo, el megaterio tuvo un tamaño semejante a un elefante. Otro grupo de edentados, que junto con los extintos perezosos gigantes, fueron los animales más característicos de nuestra fauna, fueron los gliptodontes, cuya característica más distintiva era una gran coraza ósea que le servía como defensa.



Restos de un gliptodonte
(Museo de La Plata).



La coraza de los gliptodontes a diferencia de la que poseen los armadillos actuales, que es flexible, era rígida como las de las tortugas. Esta formidable armadura protegía a estos pacíficos herbívoros de los dientes del *Smilodon* y otros carnívoros durante el Holoceno.

El *Smilodon* o tigre de **dientes de sable**, era un gran felino, un poco más grande que un león, robusto y macizo. Pesaba alrededor de 300 kilos. Sus enormes y afilados colmillos medían 25 centímetros de largo y le servían para apuñalar a grandes presas como **mastodontes**, gliptodontes y otros enormes herbívoros de los cuales se alimentaba.





Esqueleto de un tigre dientes de sable (Museo de La Plata).

El megaterio o perezoso gigante, fue uno de los mamíferos terrestres más grandes de todos los tiempos: un gigantesco perezoso que medía siete metros de largo y pesaba entre cuatro y cinco toneladas. Se cree que era vegetariano, aunque es posible que ocasionalmente también se alimentara de carne o carroña.



Los mastodontes se diferenciaban de sus parientes los elefantes, por la forma de sus muelas. Habitaban la pampa y otras llanuras de América del Sur y del Norte y se alimentaban de hierba y de las hojas de los árboles. Pesaban alrededor de 4 toneladas.

Un poco antes, en el Terciario, cuando aún no habían llegado los mamíferos placentarios carnívoros, existían en Sudamérica una gran diversidad mamíferos marsupiales; como no había otros carnívoros, los marsupiales como *Borhyaena* ocupaban exitosamente el rol ecológico y compartían junto con las aves corredoras, el puesto más alto en la cadena trófica.



Izquierda: Reconstrucción en vida de la cabeza de un megaterio (Dibujo de Jorge González). Arriba: Esqueleto de un glosoterio, perezoso gigante que vivió en la región pampeana durante el Pleistoceno (Museo de La Plata).



Pese a la gran diversidad de los marsupiales durante un largo período geológico las especies se fueron extinguiendo. Sólo las zarigüeyas, que habitan en nuestro territorio, son sobrevivientes de una época sudamericana con predominio marsupial.

Las aves del terror

Durante el Cenozoico, no todas eran flores ni pelos, las plumas también se encargaron de llamar la atención en la isla de Sudamérica.

El término “aves del terror” en realidad, hace referencia a diferentes especies, todas cercanamente emparentadas, y pertenecientes a la familia de los fororrácidos, cuyo tamaño oscilaba entre 1 metro, las más pequeñas, hasta 3 metros de altura. Al igual que los ñandúes y choiques actuales, fueron aves corredoras con alas de pequeño tamaño, que eran utilizadas de herramienta para derribar las presas de las cuales se alimentaban; además, de usarlas para estabilizarse durante la carrera. No está de más decir que, dada la ausencia de competidores en la cadena alimenticia, dichos pajaritos fueron los máximos depredadores de su tiempo. Para ello, tenían el arsenal bien provisto: garras potentes, pico robusto y enorme. Sus fósiles se han encontrado principalmente en la Patagonia y otras regiones de Sudamérica, además de Florida y Texas lugares que colonizaron, luego del gran intercambio.

Otro hallazgo importante se realizó en nuestro país, cuando *Argentavis magnificens*, fue presentada en sociedad. El ave más grande que habitó nuestro planeta, vivió en la zona central del territorio argentino hace 8 millones de años. Pesaba unos 80 kilos, con una altura, de aproximadamente un metro y medio y casi cuatro metros desde la punta del pico hasta la punta de la cola.

A diferencia de los fororrácidos, sus alas eran enormes, de casi ocho metros de envergadura. Por el gigantesco tamaño de las alas, podríamos decir con certeza, que estas aves habrían vivido en las sabanas o a campo abierto. Se piensa que no aleteaban mucho sino que se limitaban a desplegar las alas al viento, aprovechando las corrientes térmicas: eran aves planeadoras, cuyo vuelo se realizaba sin mayor gasto de energía. *Argentavis magnificens* se alimentaba de otras aves, pequeños marsupiales, roedores y armadillos, a los cuales atrapaba con el pico.

Durante el Oligoceno, sucedió que un conjunto de islas, que más tarde se convertirían en el istmo de Panamá, permitió que desde el norte de América pudieran pasar hacia Sudamérica grupos de mamíferos pequeños. Y al finalizar el Plioceno se inició la elevación de América



Argentavis magnificens fue el ave más grande que habitó nuestro planeta, vivió en la zona central del territorio argentino hace 8 millones de años. Pesaba unos 80 kilos, con una altura, de aproximadamente un metro y medio y casi cuatro metros desde la punta del pico hasta la punta de la cola.



Central, más conocida como el istmo de Panamá, produciéndose un verdadero puente continental entre ambas Américas.

Pero si quieren conocer qué es lo que sucedió y cuáles fueron las consecuencias de este importante intercambio de faunas, habrá que esperar un poco más, cuando desarrollemos con mayor detalle, uno de los eventos faunísticos más importantes, el GABI.

Un experimento evolutivo

Toda esta fauna terrestre que acabamos de mencionar, podría ser llamada como un experimento fallido, posee elementos que parecieran ocupar los espacios ecológicos que hoy vemos bien diferenciados. En términos más coloquiales, podríamos decir que esta fauna es una sátira del modelo actual de especies, casi una exageración montada en un escenario mostrando distintas posibilidades de lo que se venía. Sin embargo, estos “prototipos” no lograron sobrevivir a los cambios ambientales siendo, desplazados por nuevas formas, más resistentes.

A pesar, de los arduos intentos en explicar el origen de estas extrañas especies, los científicos, seguimos haciéndonos preguntas, sobre todo respecto a los registros paleontológicos, que continúan asombrándonos, como el caso de las enormes boas viviendo en la Patagonia, o las gigantescas aves de rapiña, los fororracidos que ocupaban el techo de la cadena trófica y que pasaban el tiempo recorriendo sus praderas.

El mar Terciario

Durante el Mioceno una gran parte de la Argentina estuvo cubierta por un mar conocido como “mar Entrerriense o Paranense”.

Las primeras menciones sobre la existencia este mar, fueron efectuadas por el famoso naturalista d’Orbigny (1842), quien halló moluscos marinos en los alrededores de la ciudad de Paraná, en la provincia de Entre Ríos y en la desembocadura del río Negro.

Unos años más tarde en 1846 Darwin, durante su paso por nuestro país encontró la misma fauna marina en la península Valdés, en la provincia de Chubut, quedando así establecida la presencia de este mar, tanto en Patagonia como en la provincia de Entre Ríos.

El mar Paranense, se habría comenzado a formar hace unos 15 y 14 MA. y habría concluido hace 7 o 6 abarcando gran parte del Mioceno. Era un mar somero, de aguas con temperaturas levemente superiores a las actuales y de una gran extensión; abarcaba casi la totalidad



de la llanura Chaco-pampeana y extendiéndose hasta el sur de Brasil, Bolivia y Paraguay. El flanco oeste tenía sus costas en las cercanías de las sierras pampeanas, mientras que la costa este llegaba hasta el actual río Uruguay.

Sus aguas templado-cálidas y poco profundas albergaron una rica fauna de peces óseos, tiburones y rayas; entre los mamíferos fueron abundantes los cetáceos, como así también se ha reportado la presencia de restos fósiles de focas y vacas marinas. No obstante, constituyen los fósiles más comunes y fácilmente reconocibles las variadas y abundantes faunas de invertebrados que habitaban el litoral de aquel antiguo mar, destacándose entre los moluscos las enormes ostras y otros caracoles, que todavía pueden verse, si se camina por la playa del mar Paranaense.

El mar se habría formado, gracias a los movimientos de levantamiento andino en el Mioceno, que habrían causado el hundimiento de la llanura Chaco-pampeana, permitiendo así la ingresión de aguas del océano Atlántico al continente, mientras que los movimientos de elevación de las sierras pampeanas a finales del Mioceno habrían contribuido a levantar los terrenos inundados y favorecer la regresión y retiro de este mar.

Nos tapa el agua

Durante la era Cenozoica, el mar cubrió en diferentes épocas diversas regiones del territorio argentino. Hace aproximadamente 50 a 20 millones de años el mar Patagónico estuvo poblado por una fauna diferente a la que posteriormente caracterizó el mar Entrerriense. Y durante el Cuaternario, los cambios climáticos que provocaron épocas glaciares y otras en las que las tierras se encontraban libres de hielo, también generaron, fuertes cambios en la configuración de estos mares.

En las épocas glaciares, el agua de los mares se acumulaba en forma de hielo, sobre las regiones polares y en algunos casos incluso sobre los continentes. Pero cuando las temperaturas aumentaban, toda esa agua de deshielo era devuelta a los océanos que veían su caudal superado, con este exceso de agua la inundación a las zonas más bajas de los territorios y a las zonas litorales era inminente. Los cordones de conchillas tan abundantes, tierra adentro en la provincia de Buenos Aires y en la Patagonia son la evidencia más confiable, de los movimientos que ha sufrido el mar durante esta etapa del tiempo geológico.



Una era de grandes investigadores

El pionero en la Argentina

Aunque la labor de Francisco Javier Muñiz como médico fue notable, es en el campo de las ciencias naturales y en especial en el de la paleontología donde su figura se destaca claramente. En Chascomús, provincia de Buenos Aires, inició trabajos que se consideran como los primeros en la Argentina en ese campo: recogió y reconstruyó fósiles, algunos ya conocidos pero otros nuevos. Más tarde, en las barrancas del río Luján, realizó durante veinte años la fecunda tarea de remover y sacar a la luz un extraordinario mundo fósil allí sepultado. Francisco Xavier Thomas de la Concepción Muñiz nació en Monte Grande, provincia de Buenos Aires, el 21 de diciembre de 1795. En 1807, a los 11 años de edad, se alistó como cadete en el Regimiento de los Andaluces y fue herido de bala en una pierna mientras intervenía en la defensa de Buenos Aires durante las invasiones inglesas.



**Francisco Javier Muñiz,
primer paleontólogo
argentino.**



El Instituto Médico-Militar, con la finalidad primordial de formar cirujanos para los ejércitos patrios dirigido por Cosme Argerich, contaría entre sus alumnos inscriptos a Francisco Javier Muñiz, que se graduaría como médico en 1822.

Sin embargo, el hallazgo de esqueletos fósiles en las orillas de la laguna de Chascomús y de arroyos vecinos estimularon su vocación de naturalista: recogió restos de un gliptodonte y descubrió por primera vez el tatú fósil o gran armadillo. Su condición de aficionado, todavía con escasa experiencia, le impidió reparar en la importancia del hallazgo y omitió entonces documentar el hecho en alguna publicación. Trece años después, en 1838, Alcides D'Orbigny, explorador francés, encontró restos del mismo animal extinguido en las márgenes de un afluente del río Santa Lucía, en Uruguay, le asignó el nombre de *Dasyus giganteus* y se quedó con los honores del descubrimiento.

En 1826, al estallar la guerra contra el imperio del Brasil, Bernardino Rivadavia designó a Muñiz como médico y cirujano principal, correspondiéndole el grado de teniente coronel.

En 1828, cuando se estableció en la Villa de Luján, Muñiz era ya un experto naturalista, continuó sus investigaciones paleontológicas, dividiendo su tiempo con las tareas de médico. La elección de Muñiz de la Villa de Luján no fue casual; en 1787, se había descubierto allí, la existencia de yacimientos fosilíferos en las barrancas del río Luján. Entonces comenzó Muñiz, sin recursos ni apoyo, a exhumar restos de especies animales extinguidas. Unas ya conocidas y otras descubiertas por primera vez, las reconstruyó y estudió con dedicación y paciencia. Entre sus hallazgos figuran toxodontes, mastodontes, megaterios, gliptodontes, lestodontes, osos y caballos fósiles.

Mientras Muñiz vivía en Luján, un comerciante inglés le hizo llegar una consulta realizada por Charles Darwin, en relación con un tipo de vacas que este había observado en su visita por estas tierras. Si bien Darwin había pasado por Luján en 1833, camino a Santa Fe, ambos sabios no se habían encontrado. Las preguntas de Darwin eran muy concretas y estaban relacionadas con la vaca ñata, una raza muy curiosa (actualmente extinguida) que tenía el aspecto de un bulldog. Los datos aportados por Muñiz fueron incluidos en el capítulo 8 del Diario de viaje del Beagle. Como agradecimiento, Darwin le envió una carta elogiosa y leyó su trabajo sobre la fiebre escarlatina en el Real Cuerpo Médico de Cirujanos de Londres.

El período lujanense de Muñiz culminó con dos importantes trabajos. En los *Apuntes topográficos del territorio y adyacencias del Departamento del Centro de la provincia de Buenos Aires* recopiló numerosa información sobre la geología, hidrología, topografía, condiciones climáticas, riqueza fosilífera y estado sanitario de la población de la región. En el ñandú o avestruz americano, por su



parte, realizó una extensa descripción de este animal, obra que, décadas más tarde, Florentino Ameghino calificaría como “lo mejor que hasta ahora ha aparecido, y bastaría para dar a su autor reputación como zoólogo, y aún como escritor”. Sin embargo, en su momento, fue publicada por entregas en La Gaceta Mercantil ante la carencia de publicaciones y de instituciones nacionales que se ocuparan de la ciencia.

Sus colecciones en Luján, constituyen una muestra de los mamíferos más representativos que habitaron la región pampeana durante el Pleistoceno (entre 30.000 y 8.500 años antes del presente). El mayor mérito de Muñiz fue el hallazgo de esa fauna y la extracción y restauración de los esqueletos.

El hecho de que Rosas se desprendiese de esa colección regalándosela al jefe de la escuadra francesa en el Río de la Plata y de que él mismo despachase especímenes a instituciones europeas, no sólo no impidió que el trabajo de Muñiz tuviese su proyección científica, sino que quizás lo favoreció, al ser estudiados esos materiales por las eminenencias europeas del momento.

En 1857, donó al Museo Público de Buenos Aires materiales que hoy forman parte de las importantes colecciones y exhibiciones de fósiles pampeanos del Museo Argentino de Ciencias Naturales. El “tigre” dientes de sable, al que originalmente denominó como *Muñifelis bonaerensis*, pero luego ubicó correctamente en el género *Smilodon*, resulta el hallazgo que más reconocimiento le mereció. Con el estudio de este ejemplar, desarrolló al máximo su capacidad como paleontólogo pues lo describió con precisión de anatomista y aventuró hipótesis sobre sus hábitos.

En 1871, murió víctima de la fiebre amarilla durante una feroz epidemia que azotó a Buenos Aires.

Los hermanos sean unidos

Florentino Ameghino fue uno de los grandes paleontólogos y geólogos americanos, fue un autodidacta: naturalista, paleontólogo, antropólogo y climatólogo. Descubrió centenares de especies de fósiles. No sólo se dedicó a reconocer, ordenar y sistematizar; si no que acompañó sus observaciones con interpretaciones agudas e ingeniosas que le permitieron elaborar complejas teorías.

Nació el 18 de septiembre en 1854 en la localidad de Luján, provincia de Buenos Aires. Se ha discutido acerca de la fecha y del lugar de nacimiento de Ameghino, algunas actas declaran que nació en septiembre de 1853 en Moneglia (provincia de Génova), sin embargo, Florentino Ameghino, declara haber nacido en Luján, y nosotros lo hemos adoptado como argentino.





Florentino Ameghino.



Los primeros años de Florentino Ameghino tuvieron como panorama habitual las barrancas del río Luján en las cuales halló gran cantidad de restos fósiles, y pronto la gente lo apodó “el loco de los huesos”. Tenía tan sólo 14 años cuando leyó las obras de Darwin y Lyell. Y fue el responsable de la introducción en la ciencia argentina de las ideas evolucionistas promulgadas por Darwin y Wallace.

A los 16 años, durante su residencia en Mercedes, emprendió el estudio de los terrenos de la región pampeana haciendo numerosas colecciones de fósiles, e investigaciones geológicas y paleontológicas. Fue así, que halló su primer fósil a orillas del río Luján en unas pequeñas barrancas, donde justamente durante el siglo VIII se hallaron los primeros restos fósiles de América, que correspondían a un *Megatherium americanum*.

Su espíritu inquieto se hizo notar, y en 1878 partió hacia París, allí conoció personalmente a los científicos que representan la vanguardia del conocimiento en su época, realizó investigaciones y visitó los museos de Francia, Bélgica e Inglaterra. En París siguió los cursos regulares de la Escuela de Antropología y del Museo. Regresó a Buenos Aires 1881 cansado y sin recursos económicos durante la primera presidencia de Roca y debido a que lo habían declarado cesante en su cargo, instaló una librería llamada ni más ni menos “El Glyptodon”. Comenzó a redactar sus obras: *Los mamíferos fósiles*, *Filogenia* y *La antigüedad del hombre*, que se publican en 1883 y 1884: y que constituyen las bases sobre las que se asienta toda su producción posterior.

En 1884 ocupó la cátedra de Zoología en la Facultad de Ciencias de Córdoba, y ya para 1886 se le otorgó el título de doctor *honoris causa* de la Universidad Nacional de Córdoba. Fue nombrado subdirector del Museo de La Plata, pero en 1888 por tener duras diferencias con su director, fue separado del cargo.



Al año siguiente abrió nuevamente una librería en La Plata a la que llamó Rivadavia. Creó la Revista Argentina de Historia Natural y publicó su obra: *Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina*, por la cual obtuvo una medalla de oro en la Exposición Universal de París.

En 1889 envió una expedición a la Patagonia argentina, a cargo de su hermano Carlos Ameghino, con el objeto de explorar el territorio y reunir colecciones científicas para sus estudios.

Florentino Ameghino muere el 6 de febrero de 1911, en La Plata. Al día siguiente de su muerte el Gobierno Nacional decretó duelo oficial para despedir a una gloria nacional que debería ser considerado como un prócer.

Un hermano de fierro

Mientras Florentino era un hombre de gabinete que amaba realizar sus tareas en soledad, su hermano menor, Carlos, fue un viajero incansable y un colaborador dedicado que recorrió la Patagonia desde 1887, realizando los esquemas estratigráficos de la Patagonia, que sirvieron como base de estudios posteriores, tanto para ubicar la procedencia de los fósiles como para realizar estudios de detalle sobre geología.



Sin Carlos, la obra de su hermano, no hubiese alcanzado los niveles a los que llegó, por lo cual es apropiado hablar de la Obra de los Ameghino. La labor de esta dupla fue destacada en numerosas oportunidades por investigadores de renombre mundial, como George S. Simpson, quién dijo que la excelencia y contundencia de sus aportes, contribuyeron a la consolidación de un ámbito científico en nuestro país.

Desde un comienzo acompañó a su hermano Florentino en las excursiones que éste realizaba por las márgenes del río Luján y en 1885 ambos efectuaron un viaje de exploración al Chaco.

Cuando el 8 de julio de 1886 se designó a Florentino Ameghino como subdirector y secretario del Museo de La Plata, su hermano Carlos tomó el puesto de naturalista viajero y comenzó sus expediciones a la Patagonia.



Carlos Ameghino.



Durante sus campañas a la Patagonia organizó una importante colección de moluscos fósiles con la finalidad de que mediante su estudio, a cargo del sabio Hermann von Ihering se contribuyera a establecer una cronología de las distintas formaciones en las que él había trabajado. Asimismo también recolectó información sobre las lenguas de los pampas, tehuelches y araucanos, la cual fue utilizada por el doctor Roberto Lehmann-Nitsche, en su obra *El grupo lingüístico Tshon de los territorios magallánicos*. Además armó un herbario con algunas nuevas especies para el doctor Carlos Spegazzini y una muestra importante de paleobotánica para el doctor Federico Kurtz.

El 26 de enero de 1903, habiendo sido nombrado su hermano director del Museo Nacional, Carlos ingresó a dicha institución en carácter de naturalista viajero, y cuando en 1911 este falleció, el doctor Gallardo ocupó la dirección del museo y le ofreció a Carlos la jefatura de la Sección de Paleontología de Vertebrados. Más tarde ocupó él mismo, el cargo del doctor Gallardo y estuvo al frente de la entidad hasta 1923.

En 1927 el Congreso Nacional le otorgó, por ley y debido a los servicios prestados al país, una jubilación especial pues la que cobraba por entonces no le alcanzaba para vivir dignamente. Falleció el 12 de abril de 1936, a los 71 años de edad, dejando un importante legado científico de unos 26 trabajos y una serie de notas cortas.



Capítulo 12.
**El Gran
Intercambio
Biótico
Americano**





El Gran Intercambio Biótico Americano entre faunas provenientes de Norteamérica y Sudamérica se inició, aproximadamente a los 2,5 millones de años, con la formación del Istmo de Panamá. Éste fue probablemente el factor más influyente en la consolidación de las comunidades actuales.

La conformación actual de la biota sudamericana fue el resultado de una combinación única de eventos geológicos, climáticos y biológicos. El Gran Intercambio Biótico Americano entre faunas provenientes de Norteamérica y Sudamérica se inició, aproximadamente a los 2,5 millones de años, con la formación del Istmo de Panamá. Éste fue probablemente el factor más influyente en la consolidación de las comunidades actuales.

Este evento biológico es sólo uno más, de los tantos, que participaron en la determinación de las comunidades biológicas actuales. Sin embargo, su importancia radica en que es el último, y por lo tanto mejor conocido. Incluso, en la actualidad, aún vemos las trazas del GABI (*Great American Biological Interchange*) o mejor dicho para nosotros el GIBA: Gran Intercambio Biótico Americano.

¿Qué fue lo que ocurrió? ¿Qué es el GIBA? ¿Cuáles fueron los resultados en las comunidades sudamericanas? En este corto capítulo, intentaremos resumir algunas de las explicaciones más clásicas, respondiendo, a su vez, poco a poco estas preguntas.

Saber lo imprescindible

El primero en reconocer la existencia de este evento sobre la base del registro fósil, fue Alfred Russel Wallace en 1876, el coautor de la teoría evolutiva, sin embargo, el momento histórico no fue el indicado para dar una explicación adecuada.

Unos 20 años más tarde, tras el aumento de las investigaciones paleontológicas, tanto en Norteamérica como en Sudamérica, la información disponible era suficiente como para emprender una nueva propuesta que permitiera esclarecer algunas de las cuestiones vinculadas con este evento. Los científicos más destacados en el tema serían Cope y Marsh en Norteamérica, y Carlos y Florentino Ameghino en nuestro país, para ese entonces.

Gracias a sus contribuciones, se comprendió que el GIBA representaba una etapa de dispersión, migración e intercambio de faunas entre los 2 continentes americanos, que tuvo lugar en ambos sentidos, de norte a sur y viceversa, que se manifestaba principalmente en los grandes mamíferos terrestres.

Para 1950, Simpson elaboró lo que hoy se conoce como la clásica visión de la historia faunística americana (ver: los 3 estratos faunísticos). Más tarde, en la década del 70, Rosendo Pascual junto con algunos investigadores de renombre, realizó una revisión completa de la historia en la fauna de mamíferos sudamericanos.



En la actualidad, a partir de un mayor número de hallazgos paleontológicos y de la realización de estudios taxonómicos bien detallados, se alcanzó una visión más dinámica del proceso. ¿Qué queremos decir con dinámico? Que son procesos mucho más complejos que lo considerado anteriormente y que aún falta determinar el *quid* de la cuestión.

Ubicándonos en el momento

Hacia el Cretácico Superior, Sudamérica se encontraba completamente separada de África y de Norteamérica constituyendo una isla, de la misma forma que hoy se encuentra Australia, por ejemplo. En el Terciario se formaron algunas conexiones esporádicas con América del Norte y África, hasta la conformación del puente verdadero con Norteamérica, América Central.

El marco teórico conceptual de la época, respondía a lo siguiente: por un lado, que los continentes se mantenían estáticos (es decir que no se movían) y por otro lado, que todas las especies fueron originadas en el hemisferio norte y desde allí se dispersaron hacia el hemisferio sur; actualmente, se sabe que estas hipótesis son erróneas, pero tengamos en cuenta que fue en este marco, que el paleontólogo norteamericano George G. Simpson (uno de los paleontólogos que hizo los más importantes aportes a la teoría sintética de la evolución) reconoció tres estratos faunísticos en lo que hubiera sido la historia del poblamiento sudamericano:

- El primer estrato, se llama el de los *Viejos inmigrantes*. Aquí se incluyen grupos que habrían llegado desde de Norteamérica durante el Cretácico Tardío y el Paleoceno; son representados por marsupiales, edentados, litopternas y notougulados, entre otros. Simpson creía que pudieron acceder a Sudamérica por la existencia de antiguos archipiélagos, hoy tapados por el océano Atlántico.
- El segundo estrato, se llama el de los *Viejos saltadores de islas*. Este posee representantes de grupos provenientes de África, entre el Oligoceno Tardío y el Plioceno Medio, compuestos por roedores y primates. La dispersión se habría efectuado a través de un segundo cinturón de islas, correspondiente a la dorsal oceánica, entre África y América del Sur.
- El tercer estrato, el de los *Nuevos inmigrantes* o “*Nuevos saltadores de islas*”, habrían llegado entre el Plioceno Inferior y el Pleistoceno e ingresaron de dos maneras distintas. Mediante conexiones archipiélagicas debidas a la elevación de la cordi-



llera de Los Andes, ingresaron los mapaches y otros roedores, y luego cuando se establece una conexión definitiva a través del Istmo de Panamá (Pleistoceno Inferior-Reciente), ingresan los animales más grandes como los camellos, caballos, ciervos, cánidos, tapires, elefantes, osos, félidos, conejos, ardillas y los homínidos.

Este último estrato faunístico de Simpson sería el evento equivalente de lo que actualmente se conoce como el Gran Intercambio Biótico Americano.

Para la propuesta clásica, toda la fauna autóctona sería reemplazada (las aves del terror, los marsupiales y la fauna experimental) lentamente por la llegada de los nuevos inmigrantes norteamericanos. Sin embargo, Simpson reconoce, al menos para los herbívoros, la posible disputa de los ambientes y recursos entre los ungulados norteamericanos y los notoungulados sudamericanos. Todas sus ideas fueron ampliamente aceptadas y apoyadas por estudios más recientes.

Desterrando paradigmas estáticos

En la década del 60 y unos años más tarde, finalmente fue aceptada la Teoría de Tectónica de Placas, en la cual se explica la deriva de los continentes en ciclos de apertura y cierre de los océanos.

La visión actual del evento se logró luego de muchos intentos de mostrar, que aunque válidos para la época, las suposiciones de Simpson no encajaban con la teoría de la tectónica de placas.

Algunos de los autores más destacados en esta temática, son el Dr. Alberto Cione y el Dr. Eduardo Tonni, entre los investigadores de nuestro país. Sin embargo, los autores de la propuesta dinámica es un grupo de investigadores de la Universidad de Florida (Estados Unidos) quienes proponen que el suceso de intercambio faunístico ocurrió en 2 etapas y de manera dinámica.

Una etapa fue previa al establecimiento del Istmo de Panamá, en el Mioceno, y consistió en un grupo de inmigrantes que se habrían dispersado a través de Arcos Islándicos. En esta fase, miembros de dos familias norteamericanas pasan a Sudamérica y dos familias sudamericanas pasan a Norteamérica.

En la segunda fase, que se inició en el Plioceno y continúa hasta la actualidad, se incluyen todos aquellos taxones que cruzaron el Istmo de Panamá, a partir de su conexión hace 2,5 MA. Los inmigrantes norteamericanos hacia Sudamérica eran representantes de 14 fami-



lias, y los inmigrantes sudamericanos que ingresaron a Norteamérica pertenecían a 15 familias. De esta forma se consolida la idea que las especies de ambos continentes se han desplazado de forma equiparada, en uno y otro sentido.

La mayoría de los viajeros, que se desplazaron de un continente a otro durante el GIBA, corresponden a especies de clima templado y de ambientes abiertos. Es evidente que éstas no se dispersaron a través del istmo con las mismas condiciones climáticas imperantes actualmente (en el medio de la selva).

La conquista de nuevos terrenos no hubiera sido posible sin la inestabilidad climática que caracterizó el Cuaternario. De esta forma, en las eras glaciares, en los trópicos las selvas quedaban reducidas a pequeños islotes y se formaban inmensas “autopistas” de pastizales, por medio de los cuales se desplazaban los megamamíferos. En las etapas interglaciares, los “corredores de sabana” formaban pequeñas callecitas sin salida, encerrados en las inmensas selvas, casi como esperando que habilitaran el paso, para llegar a nuevas tierras.

Adiós a los gigantes

Con la instalación permanente del Istmo de Panamá, se formó el puente que vincularía 2 faunas que habían evolucionado por separado. De este modo, se inició el Gran Intercambio Biótico. Podemos decir, que en sus comienzos, esto fue muy beneficioso, ya que las faunas de ambos continentes se enriquecieron en diversidad. Sin embargo, el fin de la era de hielo traería consecuencias impensadas: una modificación en la distribución de los recursos tan profunda, que las cosas nunca volverían a ser como antes.

Hace unos 14.000 años, tuvieron lugar 3 eventos muy importantes: (1) la aparición del hombre en el continente americano, (2) la finalización de la era de hielo y (3) la extinción de la megafauna. Muy probablemente, la combinación de los 2 primeros factores fueron los determinantes en la desaparición de una fauna que venía ya en declinación, algo así como el golpe de gracia final.

Por un lado, al enfrentarse a ecosistemas nuevos, las especies de gran tamaño no prosperaron, ya que estaban acostumbrados a climas templados y terrenos abiertos. Al aumentar la temperatura en el Cuaternario, los bosques y selvas se hicieron bien tupidos y los pastizales incorporaron gran cantidad de arbustos y árboles. Los espacios abiertos se redujeron, dejando en aislamiento las poblaciones de megamamíferos.



En definitiva, por razones lógicas, al disminuir el número de individuos en las poblaciones, éstas se vuelven endémicas y al cruzarse entre sí parientes más cercanos, suele ocurrir un “agotamiento” del pool génico.

Si le sumamos, la aparición del hombre en escena, es posible que estos grupos aborígenes dieran el golpe final, a una fauna que estaba condenada a desaparecer.

El gran conocedor de esta era

El doctor Rosendo Pascual, nació el 10 de Julio de 1925 en Godoy Cruz, Mendoza. Obtuvo los títulos de grado y post-gradó en Facultad de Ciencias Naturales y Museo, de la Universidad Nacional de La Plata.

Pascual se dedicó casi exclusivamente al estudio de los mamíferos del Terciario y del Mesozoico. Junto con otros paleontólogos del Museo de La Plata describió los restos de un primitivo mamífero del Paleoceno, al que denominó *Sudamerica ameghinoi*, que formaba parte del primer grupo conocido de mamíferos derivado de antepasados originarios de Pangea. En los mismos sedimentos en los que se descubrió a *Sudamerica* apareció también un único molar del primer ornitorrinco hallado fuera de Oceanía, al que Pascual bautizó como *Monotrematum sudamericanum*, el monotrema sudamericano.

Un investigador excelente, un profesor apasionado y el formador de un grupo de investigadores que hoy han alcanzado renombre internacional en distintos grupos de vertebrados.



Glosario

Cadena alimenticia o trófica: secuencia de organismos relacionados unos con otros como presas y predadores. Dado que una población (de pastos, por ejemplo) puede tener distintos predadores se suele conformar una red o entramado complejo con muchas interconexiones.

Ecología: ciencia que se ocupa básicamente de estudiar las relaciones de los seres vivos, entre sí y con su ambiente.

Endemismo: especie o ecosistema cuya distribución mundial se restringe a un lugar.

Especie: conjunto de poblaciones (que existen o existieron) de individuos que han compartido su pasado evolutivo, que son semejantes entre sí y capaces de reproducirse bajo condiciones naturales y normales dejando descendencia fértil. De acuerdo a la situación o lugar en que se encuentre, una especie puede ser:

Alóctona: exótica, extraña a la naturaleza original de un lugar (Ej.: un elefante en Islas Malvinas). Antónimo (lo opuesto) de autóctona.

Autóctona: especie propia de un lugar, hábitat o ecorregión, con el que ha compartido los procesos evolutivos (Ej.: la vicuña en la Puna). Antónimo de exótica.

Extinción: proceso mediante el cual una especie desaparece definitiva e irreversiblemente. Puede ser total (planetaria) o local.

Población: conjunto de seres vivos de una misma especie que se reproducen en forma libre y azarosa. Por consiguiente, esos seres comparten un mismo tiempo y lugar.

Bibliografía

- Álvarez W. y F. Asaro, 1990. El impacto de un cuerpo extraterrestre. *Investigación y Ciencia*, 171: 46-53.
- Bonaparte J. F., 1996. Dinosaurios de América del Sur. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Buenos Aires.
- Bonaparte J. F., 1998. Los dinosaurios de la Patagonia Argentina. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Buenos Aires.
- Bonaparte J. F., 2008. Dinosaurios y pterosaurios de América del Sur. Fundación de Historia Natural Félix de Azara y Editorial Albatros. Buenos Aires.
- Camacho H. y M. I. Longobucco (editores), 2008. Invertebrados fósiles. Fundación de Historia Natural Félix de Azara y Vázquez Mazzini Editores. Tomos I y II. Buenos Aires.
- Forasiepi A., A. Martinelli y J. Blanco, 2008. Bestiario fósil, mamíferos del Pleistoceno de la Argentina. Fundación de Historia Natural Félix de Azara y Editorial Albatros. Buenos Aires.
- Gould S. J., 2004. El sexo, las drogas, los desastres y la extinción de los dinosaurios; en: *La sonrisa del flamenco*. Editorial Crítica, Ciudad de Barcelona, páginas 353-361.
- Melendi D. L., L. Scafati y W. Volkheimer, 2008. Biodiversidad. La diversidad de la vida, las grandes extinciones y la actual crisis ecológica. Fundación de Historia Natural Félix de Azara y Ediciones Continente. Buenos Aires.
- Renzi M., J. Martinel y S. Reguant, 1975. Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología. *Acta Geológica Hispánica*, 2: 80-86.
- Sánchez T. M., 2006. Historia de la vida en pocas palabras. Universidad Nacional de Córdoba.

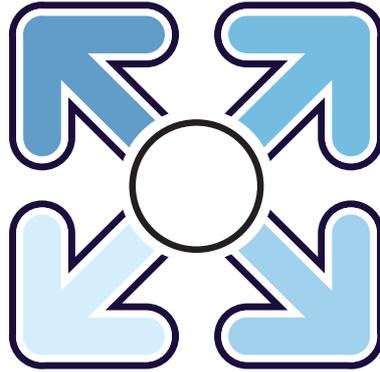


Sitios de Internet recomendados

Administración de Parques Nacionales: www.parquesnacionales.gov.ar
Historia del Clima de la Tierra: www.homepage.mac.com/uriarte/historia.html
Fundación de Historia Natural Félix de Azara: www.fundacionazara.org.ar
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia: www.macn.secyt.gov.ar
Museo de La Plata: www.fcnym.unlp.edu.ar
Museo Paleontológico Egidio Feruglio: www.mef.org.ar
Proyecto Ameghino: www.planetariogalilei.com.ar/ameghino
Proyecto Paleomap, mapas y reconstrucciones 3D de la Tierra: www.scotese.com
Sociedad Española de Biología Evolutiva: www.sesbe.org



MIRADAS



DE LA ARGENTINA

Descubriendo el patrimonio
natural y cultural del país

Los cuadernos “**Miradas de la Argentina**” producidos por el Ministerio de Educación de la Nación y la Fundación de Historia Natural Félix de Azara son un complemento de las lecturas que docentes y estudiantes necesitan en la actualidad, ya que las temáticas que se han seleccionado, están directamente vinculadas con los programas curriculares de enseñanza de los distintos niveles, cubriendo varios aspectos de interés general para la sociedad.

Sugerentes títulos forman la serie: **La historia de la Tierra contada desde el sur del mundo.** Geología argentina; **Los que aquí vivieron.** Paleontología argentina; **La naturaleza de la patria.** Valor y cuidado de la biodiversidad argentina; **Desde adentro.** Las comunidades originarias de la Argentina; **Casas de cosas.** Museos, monumentos y sitios históricos de la Argentina; **De pinceles y acuarelas.** Patrimonio artístico argentino; y **Aunque no la veamos, la cultura está.** Patrimonio intangible de la Argentina.

En el caso de **Los que aquí vivieron**, se presenta –a cargo de las biólogas y paleontólogas Karen Halpern y María Florencia Pisano, con la coordinación general de Tristán Simanaukas– una síntesis sobre la historia de la vida en nuestro planeta, principalmente a partir de lo que nos cuentan la geología y las evidencias fósiles de nuestro suelo.