

**BOSQUEJO LITERARIO COMO REFERENCIA
PRELIMINAR PARA LA CREACIÓN DE UN LIBRO DE
PALEONTOLOGÍA PARA NO PALEONTÓLOGOS CON
ÉNFASIS EN EL REGISTRO FÓSIL COLOMBIANO.**

Trabajo de grado presentado por:

Alejandra Tovar Gaviria

Asesores:

Andrés Leonardo Cardenas Roza PhD

Andrés Felipe Velez Posada PhD

Universidad EAFIT

Departamento de Ciencias de la Tierra

2017

TABLA DE CONTENIDO

I. LISTA DE FIGURAS.	3
1. Objetivos.	6
a. Objetivo general.	6
b. Objetivos específicos.	6
2. Introducción.	6
3. Bosquejo literario.	8
Capítulo 1 “La receta de la vida”	8
Capítulo 2 “El secreto de la vida”	20
Capítulo 3 “El estudio de la vida pasada”	28
Capítulo 4 “La historia de la vida pasada”	37
4. Conclusiones.	71
5. Referencias.	73

I. LISTA DE FIGURAS.

1. Formación del ADN.
2. Formación de una proteína.
3. Ejemplo de formación de ATP en el proceso de la fotosíntesis.
4. Tipos de roca.
5. Rocas ígneas.
6. La célula en organismo procarionta.
7. La célula en organismo eucariota.
8. Estromatolitos en la bahía Shark de Australia.
9. Minerales carbonatados: Calcita (Izquierda) y Aragonito (Derecha).
10. Partes de la célula.
11. Teoría de la endosimbiosis.
12. Ejemplo gráfico de la selección natural con jirafas.
13. Ejemplo gráfico de la herencia genética en seres humanos.
14. Representación gráfica del ADN y un gen.
15. Representación gráfica del proceso de la mutación en el momento de replicación del ADN.
16. Dibujo comparativo entre el gradualismo y el equilibrio puntuado.
17. Ejemplos del principio de la correlación de estratos de roca por medio de fósiles.
18. Ejemplo de la distribución geográfica de los fósiles mostrando la organización de las placas tectónicas.
19. Escala del tiempo geológico.
20. Ejemplo gráfico donde se le atribuyen eventos importantes a cada tiempo en la escala del tiempo geológico, todo esto gracias a las dataciones.

21. a. Ejemplo gráfico del proceso de fosilización de un organismo marino. 21. b. Ejemplo gráfico del proceso de fosilización de varios organismos marinos y su acumulación en la columna estratigráfica a través del tiempo geológico.
22. a. Coprolito. b. Traza fósil. c. Fósil de Kronosaurus.
23. a. Impresión fósil de un Trilobite. b. Impresión fósil de una hoja de Abedul. c. Impresión fósil de una huella de dinosaurio.
24. Ejemplos gráficos de cadenas tróficas.
25. Esquema de las capas y estructura del planeta Tierra.
26. Esquema de las placas tectónicas.
27. Ejemplos gráficos de la teoría de la tectónica de placas (arriba) y los tipos de límites entre placas (abajo).
28. Fósiles de la fauna Ediacara.
29. Mapa geológico de Gran Bretaña (1815).
30. Ilustración de la fauna Ediacara.
31. Reconstrucción paleogeográfica del Proterozoico tardío.
32. Fósiles de la fauna del Cámbrico.
33. Reconstrucción paleogeográfica del Cámbrico tardío.
34. Ilustración de la fauna del Cámbrico.
35. Ilustración de la fauna en el Ordovícico.
36. Reconstrucción paleogeográfica del Ordovícico medio.
37. Reconstrucción paleogeográfica del Devónico temprano.
38. Ilustración de la fauna en el Devónico.
39. Ilustraciones de peces del Devónico.
40. Reconstrucción paleogeográfica del Carbonífero tardío.
41. Ilustración de la fauna en el Carbonífero.
42. Reconstrucción paleogeográfica del Pérmico tardío.

43. Ilustración del contexto geológico durante la extinción del Pérmico.
44. Reconstrucción paleogeográfica del Triásico temprano.
45. Lystrosaurus.
46. Ilustración de la fauna en el Triásico.
47. Herrerasaurus.
48. Reconstrucción paleogeográfica del Jurásico temprano.
49. Ilustraciones de la fauna en el Jurásico.
50. Reconstrucción paleogeográfica del Jurásico tardío.
51. Reconstrucción paleogeográfica del Cretácico tardío.
52. Kronosaurus.
53. Ilustración de la fauna en el Cretácico.
54. Reconstrucción paleogeográfica y del lugar donde ocurre el impacto extraterrestre que genera la extinción del Cretácico tardío.
55. Ilustración del impacto extraterrestre causante de la extinción masiva en el Cretácico tardío.
56. Reconstrucción paleogeográfica del Eoceno medio.
57. Ilustración de la Titanoboa y la fauna de Formación Cerrajón.
58. Ilustraciones de la fauna del Paleógeno.
59. Reconstrucción paleogeográfica del Mioceno medio.
60. Ilustraciones de la fauna del Neógeno.
61. Reconstrucción paleogeográfica del Cuaternario y último máximo glacial.
62. Ilustraciones de la fauna del Cuaternario.
63. Representación geográfica del mundo actual.

1. Objetivos.

a. Objetivo general.

Estructurar un bosquejo literario preliminar que sirva como referencia para la creación de un libro de paleontología para no paleontólogos acompañado del registro fósil colombiano.

b. Objetivos específicos.

Buscar material paleontológico divulgativo.

Revisar de conceptos paleontológicos generales.

Revisar Lagerstätten a nivel global y localidades fosilíferas en Colombia.

Realizar el bosquejo general del libro de paleontología para no paleontólogos, en el que se incluya un glosario e ilustraciones propuestas.

2. Introducción.

Uno de los mayores problemas de la ciencia es su escasa divulgación y como consecuencia hay una carencia del uso del pensamiento crítico en la sociedad. Este problema se da porque se tiene un concepto erróneo de la ciencia y por ende no se ven las miles de aplicaciones que esta tiene en la vida diaria ^a. Por lo tanto, es extremadamente difícil generar procesos de apropiación del conocimiento hacia el público no especializado. En este proyecto, se utilizó la paleontología como herramienta de enlace entre la ciencia y la sociedad. Ya que dicha ciencia y el hilo conductor de las historias naturales que tiene por contar, resulta muy llamativo y cautivador (e.g. dinosaurios); además, el repertorio actual de las publicaciones

dirigidas a la apropiación social del conocimiento, con base en la paleontología en Colombia, es escaso.

En Colombia el registro fósil es muy diverso, tanto temporal como espacial. Existen diversas localidades fosilíferas que pueden ayudarnos a entender no solamente cómo ha cambiado el territorio colombiano a lo largo de millones de años, sino que también nos pueden mostrar cómo la práctica de la ciencia puede resultar fascinante y divertida.

A través de un acompañamiento continuo del centro de estudio CELEE de la Universidad EAFIT, se procuró hacer una escritura creativa con contenido verídico que permita generar una apropiación social del conocimiento. El bosquejo literario presentado a continuación es una referencia preliminar para la creación de un libro de paleontología para no paleontólogos, la cual consiste en cuatro capítulos que abarcan diferentes conceptos claves para el estudio de la paleontología y un recuento general de la historia de la vida pasada con énfasis en algunas de las localidades fosilíferas más representativas de Colombia. Además se propone un glosario de términos y una serie de imágenes y figuras que facilitarán el entendimiento de cada capítulo y le proporcionarán a este un toque más didáctico y llevadero al contextualizar gráficamente algunas escenas y ejemplos para el lector.

El bosquejo literario preliminar está dirigido a cualquier lector -especializado o no- que quiera interesarse por la paleontología y la historia de la vida pasada.

3. Bosquejo literario.

CAPÍTULO 1 “LA RECETA DE LA VIDA”

El hombre en su afán de darle sentido al mundo y lo que pasa a su alrededor, ha definido la vida de tantas formas como su imaginación se lo ha permitido. Es como si la vida para el ser humano fuera un misterio al que no necesariamente todos le encontramos la misma explicación, pero que aun así está presente en donde sea que miremos; animales, plantas, hongos y bacterias, organismos que comparten la vida representada de formas y estructuras de infinita variedad, han hecho que el hombre desesperadamente busque entenderla, registrarla y predecirla, pues tal vez así logre descifrar el futuro de su especie.

Vida, esta palabra tan versátil ha adquirido tonos celestiales y divinos, ya que para muchos es un milagro obrado por una fuerza más poderosa que el hombre, tal vez un dios que nos da el regalo de la vida todos los días y que por eso se siente tan lejos de nuestro entendimiento; y es que muchas veces parece ser así, un milagro; pues se han visto historias de la naturaleza donde la vida triunfa por encima de cualquier catástrofe, ya sea venciendo una enfermedad, sobreviviendo a condiciones desfavorables o cualquier otra circunstancia, en ocasiones nos hacen pensar que quizá la respuesta solo esté en una explicación espiritual. Sin embargo, esta perspectiva religiosa parece no tener mucho sentido cada vez que la especie humana juega a ser dios, creyéndose dueña del mundo, reproduciéndose tan fácil y rápido como si diera las cosas por hecho solo porque desde siempre las ha tenido. Probablemente el concepto “vida” ahora no sea más que una mera acción, un impulso involuntario que nos hace levantar en la mañana y acostarnos en la noche, haciendo de esta una cotidianidad sin valor pero que sin su origen no estaríamos aquí.

Pues bien, este capítulo describe la vida a partir de la ciencia y la curiosidad para mirar desde otra perspectiva aquella palabra tan versátil, una perspectiva fundada en los seres vivos, en las rocas, en los fósiles, en los continentes, en el hielo de los polos, en el espacio exterior y, ¿por qué no?, en todo lo que nos rodea ya sea perceptible o imperceptible. Las ciencias naturales¹ buscan descifrar el acertijo de la vida, uno lleno de preguntas y pistas, que se resuelve lentamente y solo con la ayuda de mentes creativas y aventureras.

La ciencia define la vida como un sistema químico² que tiene la capacidad de evolucionar; es decir, que procesos específicos varíen y actúen sobre él teniendo como resultado descendencia con modificación. Uno de los procesos es el reproductivo, el cual sucede cuando, por ejemplo, una pareja decide tener hijos; una vez se hayan reproducido, se observará el proceso morfológico, que consiste en la capacidad de cambiar de forma, pues sus hijos serán diferentes entre sí, al igual que diferentes de sus padres; sin embargo, por ser su descendencia, ellos aun conservarán características físicas iguales a las de sus padres como el color de los ojos o el tono de piel y tendrán probabilidades de desarrollar las mismas enfermedades en el futuro, siendo estos los procesos de herencia y genética³. Para que todo esto pueda suceder, el sistema químico debe estar compuesto de moléculas orgánicas o más exactamente contener átomos⁴ de carbono e hidrógeno en su estructura.

Si tomáramos como ejemplo cualquier organismo vivo en la actualidad y lo redujéramos al sistema químico descrito por la ciencia, tendríamos que identificar tres moléculas

¹ Ciencias Naturales: buscan entender el funcionamiento del universo y el mundo que nos rodea siguiendo el método científico o método experimental. Se pueden distinguir cinco ramas principales: Química, Astronomía, Geología, Física y Biología.

² Sistema químico: consiste en cualquier combinación de componentes químicos que es objeto de estudio y/o análisis con fines específicos.

³ Genética: es el área de estudio de la biología que busca comprender y explicar cómo se transmiten las características de los seres vivos de generación en generación.

⁴ Átomo: es la unidad más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico. Los átomos pueden unirse unos a otros por enlaces químicos para formar moléculas.

orgánicas esenciales en este para que tenga su característica de ser viviente. La primera sería el ácido desoxirribonucleico o más comúnmente llamado el ADN, esta es un manual de instrucciones; es decir, una molécula orgánica capaz de almacenar toda la información genética del organismo (Figura 1). La segunda es la proteína, estas moléculas tienen la capacidad de especializarse para realizar diferentes funciones dentro del sistema químico y por ende tienen una estrecha relación con el ADN, pues es este quien, a partir de la información que guarda, le indica a las proteínas cómo tienen que especializarse y comportarse, de la misma forma como en una empresa el líder o jefe dirige a sus empleados para que esta pueda funcionar (Figura 2) ^b. La tercera y última molécula fundamental es el adenosín trifosfato o ATP, la cual equivale a la energía que necesitan las otras moléculas para realizar cada función (Figura 3) ^c.

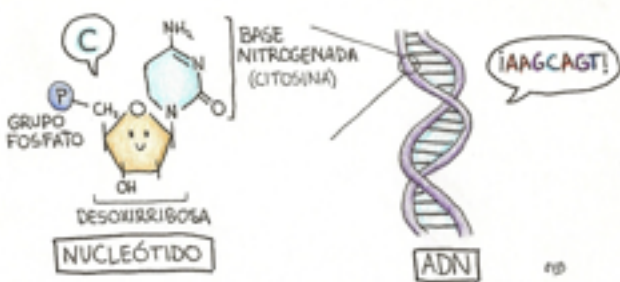


Figura 1. Formación del ADN. Tomado de: <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/07/04/genes-y-adn-el-guion-de-nuestra-existencia/>



Figura 2. Formación de una proteína. Tomado de: <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/07/01/de-que-estamos-hechos/>

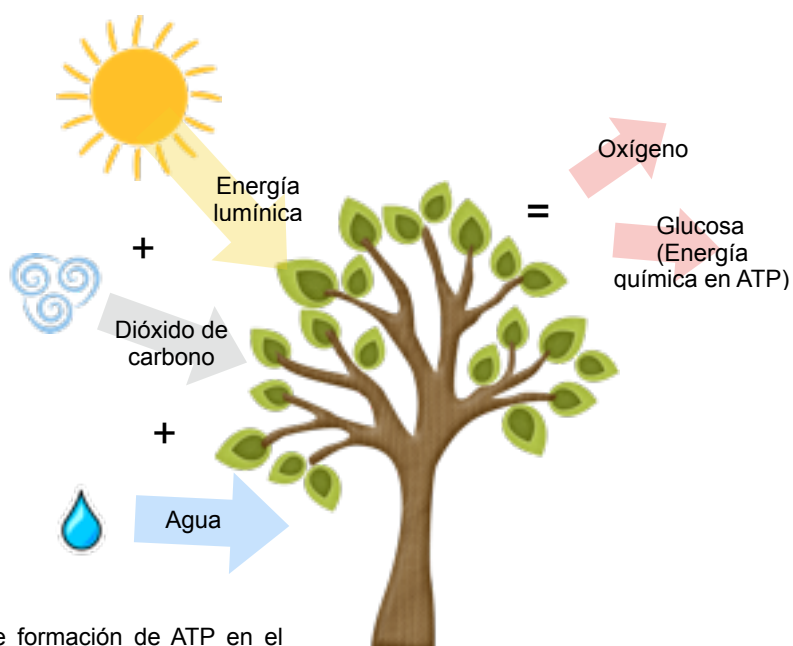


Figura 3. Ejemplo de formación de ATP en el proceso de la fotosíntesis.

Establecer lo anterior no fue nada fácil, sobretodo porque la vida no era igual cuando apareció por primera vez y por lo tanto tuvo que sufrir modificaciones para poder definirla como ahora lo hacemos, volviendo igual o tal vez más importante saber el momento de su origen y su desarrollo a través del tiempo. Afortunadamente si hay algo que el hombre sabe hacer muy bien es cuestionarse y desde tiempos antiguos ha utilizado esta habilidad para buscar no solo los vestigios de su especie y descubrir cómo surgió sino también para descifrar el origen de todo, incluyendo el del universo, el planeta Tierra y la vida en él.

Determinar el origen de cosas más antiguas que el hombre, ciertamente es todo un reto. No obstante, desde su aparición, ha habido unas cuantas mentes curiosas que aceptaron el reto. Finalizando la década de 1940, Clair Patterson era un joven de origen granjero recién graduado de geoquímica de la Universidad de Chicago; al mismo tiempo, el profesor Harrison Brown había desarrollado un nuevo método que consistía en averiguar la edad de rocas ígneas⁵ a partir de la cantidad de plomo contenida en ellas (Figuras 4-5), pero cuando se dio cuenta de lo monótono y pesado que este trabajo podía ser, se lo asignó al joven Patterson como un proyecto y le prometió que con este nuevo método podría entonces fácilmente saber la edad del planeta Tierra; muy emocionado comenzó Patterson a trabajar, pero lo que no sabía era que pasarían siete años hasta que pudiera siquiera considerarlo y para hacerlo debía encontrar rocas extremadamente antiguas que además contuvieran cristales con plomo; sin embargo, este tipo de rocas rara vez se encontraban y nadie sabía por qué^d. Patterson no se dio por vencido, después de tantos años de trabajo, tenía que lograr la promesa que algún día el profesor Brown le había hecho: ser el primero en saber la edad de nuestro planeta. Justo a tiempo se le ocurrió la idea de buscar rocas que no fueran de este planeta y buscó meteoritos⁶; esta idea surgió de la suposición que los meteoritos son vestigios de los materiales con los cuales se

⁵ Rocas Ígneas: se forman cuando las masas de rocas fundidas (en estado líquido) del interior de la Tierra, se enfrían y se solidifican.

⁶ Meteorito: Fragmento de un cuerpo procedente del espacio exterior que entra en la atmósfera a gran velocidad y cae sobre la Tierra.

empezó a construir la Tierra, por lo tanto si Patterson lograba hallar la edad de estas rocas, tendría por fin la edad del planeta ^e. Para este gran hallazgo utilizó un fragmento del meteorito del Cañón del Diablo en Arizona, Estados Unidos y dos fragmentos del meteorito del Norte de Australia; configuró la máquina, esperó los resultados y tras unos cálculos obtuvo una edad: 4.550 millones de años, Patterson estaba tan maravillado por lo que había hecho que condujo directo a casa de sus padres y le pidió a su madre que lo internara en el hospital porque pensaba que le daría un paro cardíaco y probablemente cualquiera hubiera hecho lo mismo ^d.

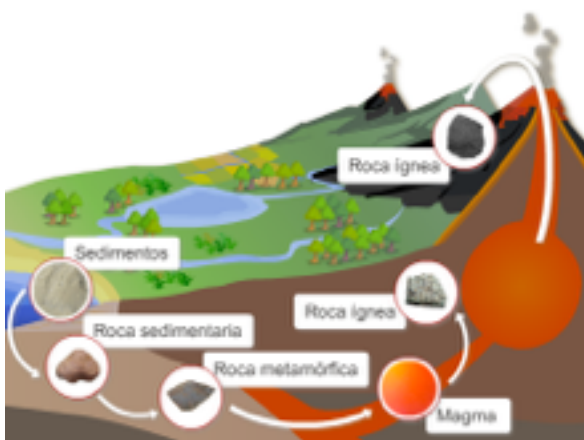


Figura 4. Tipos de roca. Tomado de: http://cienciasexto.blogspot.com.co/2015_11_01_archive.html

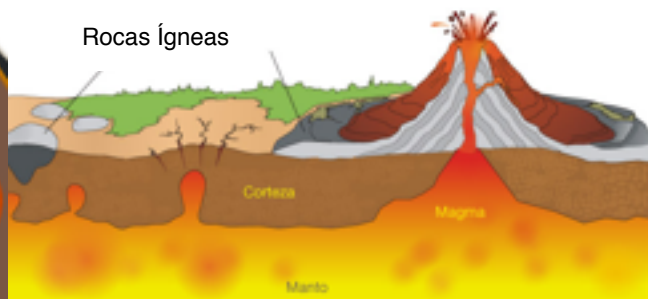


Figura 5. Rocas ígneas. Tomado de: http://www.iesmateoaleman.es/esp/act/unidad4/tema_2/contenido/ODE-cf794790-0dc2-37fc-b747-e8ffa136d7ed/82_qu_tendr_que_ver_todo_esto_con_la_formacin_de_rocas.html

Este hallazgo sin duda traería más preguntas que respuestas, pues una cifra como esta representaba un tiempo que iba más allá de la imaginación; si volvemos nuevamente a la vida y a sus condiciones de formación, costaría mucho imaginarse el momento de su origen si nos basamos en que la Tierra se formó por la atracción gravitacional de rocas espaciales. Cualquiera pensaría que la generación espontánea era la mejor respuesta, un milagro sin explicación; sin embargo, la vida sí tiene explicación para la ciencia, solo hay que mover las piezas correctas para descifrar el acertijo. En la década de 1920, los biólogos Aleksander Oparin y J. B. S. Haldane, trabajando independientemente, parecían haber encontrado dichas piezas; ellos estaban convencidos que la vida pudo originarse de

la materia inerte y para comprobarlo tenían justo el escenario perfecto, el cual provino del gran hábito lector de Oparin, quien interesado por temas de astronomía había leído que algunos físicos de su época descubrieron que la atmósfera de planetas como Júpiter y Saturno contiene gases como el metano, hidrógeno y amoníaco, éstos gases contienen carbono y nitrógeno en su composición y si recordamos bien, estos son elementos químicos fundamentales para la formación de la vida según la ciencia. Con ésta idea en su cabeza, Oparin sugirió que la atmósfera de la Tierra primitiva fue muy similar a la de Júpiter y Saturno, pero además de esto, nuestra atmósfera también permitía el paso de luz ultravioleta proveniente del sol, contenía ácido sulfúrico y vapor de agua debido a la alta actividad volcánica y tenía pequeñas concentraciones de oxígeno; habiendo completado su brillante idea, Oparin y Haldane tenían entonces su escenario perfecto y la idea de cuál habría sido la materia prima necesaria para que la vida se originara ^f.

Con base en esta idea, estos científicos idearon la “hipótesis bioquímica” para explicar el origen de la vida en ciertos pasos fundamentales, algo así como la receta de la vida. Todo empieza con reacciones químicas entre el hidrógeno, oxígeno, carbono y azufre, las cuales eran causadas por las descargas eléctricas de los relámpagos, la luz ultravioleta y las altas temperaturas del planeta hace millones de años, a partir de estas reacciones se crean pequeñas moléculas orgánicas como azúcares, grasas y aminoácidos ^g, este primer paso fue recreado por el científico Stanley Miller en el año 1953, obteniendo moléculas similares ^h. Las moléculas orgánicas a su vez reaccionaron entre sí para crear moléculas aun más grandes llamadas proteínas y ácidos nucleicos, estos últimos conocidos como ADN; más adelante la interacción de las moléculas crearía células⁷ básicas; en otras palabras, los ácidos nucleicos ahora estarían rodeados de una membrana externa ^f. Al igual que Miller, el científico Fox en 1980 intentó comprobar este paso de la “Hipótesis

⁷ Célula: unidad anatómica fundamental de todos los organismos vivos, generalmente microscópica, formada por citoplasma, una membrana que la rodea y un núcleo definido dependiendo si es un organismo procarionta o eucarionta.

bioquímica”, obteniendo estructuras parecidas a una célula; estas células lograron alimentarse y dividirse pero no sobrevivieron por mucho tiempo ⁱ. Gracias a esta nueva adquisición el siguiente paso sería obtener energía a través de moléculas llamadas adenosín trifosfato o ATP para finalmente crear vida y consolidar las tres moléculas orgánicas fundamentales según la ciencia. No obstante, según la “hipótesis bioquímica”, a través de estos pasos, los primeros organismos con vida serían procariotas; es decir, organismos unicelulares en los que la célula no tiene un núcleo definido (Figura 6), pero los seres vivos como plantas y animales son eucariotas y multicelulares; pues bien, este dilema del gran cambio a la vida más avanzada culminaría con los dos últimos pasos fundamentales de esta hipótesis: de alguna forma estos organismos procariotas interactuaron entre sí dando paso a organismos eucariotas, aquellos con núcleo y membrana celular definidos en la célula (Figura 7) y finalmente, a través del proceso evolutivo, los eucariotas se desarrollarían en organismos multicelulares como nosotros y la vida que ahora nos rodea ⁹.

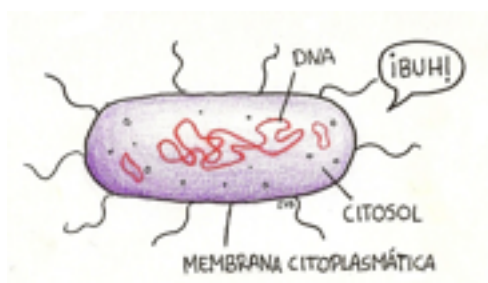


Figura 6. La célula en organismo procariota. Tomado de: <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/06/28/la-celula-por-dentro/>



Figura 7. La célula en organismo eucariota. Tomado de: <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/06/28/la-celula-por-dentro/>

Sorprendentemente estos pasos fundamentales se parecen más a una receta de cocina que a cualquier otra cosa y lo curioso es que todas las recetas de cocina parecen fáciles hasta que las intentamos. La ciencia ha buscado rastrear y comprobar la “hipótesis bioquímica” a través de los fósiles, aquellos restos de organismos que vivieron en el pasado y que por ende traen consigo pistas de cómo eran y cuándo habitaron en el planeta. La primera evidencia de vida fue encontrada en Groenlandia, una isla en el Polo

Norte casi totalmente cubierta de hielo; allí está el grupo de rocas sedimentarias⁸ más antiguas hasta ahora encontradas, las cuales reciben el nombre de Isua, estas rocas tienen una edad de aproximadamente 3800 millones de años ^j. En el año 2004, los investigadores Minik Rosing y Robert Frei encontraron señales de fotosíntesis en ellas comparando las marcas de carbono que se encuentran actualmente en la materia orgánica⁹, con las marcas de carbono del grupo de rocas Isua, encontrando valores muy parecidos, si bien recordamos, el carbono es un elemento esencial para la vida y hacer esta comparación permitió rastrearla ^j. Este descubrimiento sugiere que la vida inició hace 3800 millones de años y nada más y nada menos que en los océanos, pues estas rocas antes pertenecían a sedimentos marinos. Como si fuera poco, con las señales de carbono allí encontradas es posible sugerir que al menos los primeros pasos fundamentales de la vida según Oparin y Haldane, los cuales consisten en crear las tres moléculas orgánicas fundamentales para generar organismos vivos, tardaron alrededor de 750 millones de años después de la formación de la Tierra para poder darse.

Si bien este hallazgo determinó el origen de la vida en el tiempo, las evidencias encontradas no fueron de organismos en sí sino de la actividad de ellos; por lo tanto, para rastrear el siguiente paso de la receta de la vida había que buscar en otro lugar. Este paso consiste en los organismos procariotas; es decir las primeras formas de vida en la Tierra según Oparin y Haldane. Los organismos procariotas los conocemos como bacterias y cianobacterias y se caracterizan por su capacidad para vivir sin necesitar oxígeno; además, su diferencia más importante radica en el subproducto que expulsan después de realizar fotosíntesis o respiración celular¹⁰. Mientras que las bacterias expulsan gas

⁸ Roca sedimentaria: son rocas que se forman por acumulación de sedimentos, los cuales son partículas de diversos tamaños que son transportadas por el agua, el hielo o el viento, y son sometidas a procesos físicos y químicos, que dan lugar a materiales consolidados. Ver imagen "Tipos de roca".

⁹ Materia orgánica: es materia elaborada de compuestos orgánicos como el carbono e hidrógeno que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales.

¹⁰ Respiración celular: es el conjunto de reacciones bioquímicas por las cuales, determinados compuestos orgánicos son degradados completamente hasta convertirse en sustancias inorgánicas (no contiene átomos de carbono), proceso que proporciona energía en forma de ATP aprovechable por la célula.

metano como producto de la luz solar, agua y dióxido de carbono, las cianobacterias expulsan oxígeno tras utilizar estos mismos ingredientes.

Para rastrear estos organismos es importante transportarse al Arcaico, el intervalo de tiempo comprendido entre 4000 millones de años y 2500 millones de años. Durante este tiempo, el planeta Tierra aun era muy joven, por lo que se cree que había poco oxígeno y que la luz solar que llegaba a nuestro planeta era más débil (ya que el sol también era una estrella joven); además, se cree que existía mucha más actividad volcánica que en la actualidad, ya que el planeta seguía “moldeándose” y que esta actividad expulsaba gran cantidad de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el cual -al igual que otros gases- tiene la propiedad de atrapar calor en su estructura y por ende pudo haber prevenido que se congelara el planeta debido a la baja luminosidad del sol en ese momento ^k. Este contexto sugiere entonces que los primeros organismos debían ser capaces de vivir en ausencia de oxígeno como las bacterias y cianobacterias procariotas, tal como lo plantearon Oparin y Haldane.

Efectivamente se han hallado rastros de procariotas en varias partes del mundo, algunas de las más particulares se encuentran en la costa oeste de Australia con edades de hasta 3500 millones de años; es decir, que vivían en el Arcaico. Uno de estos rastros son los estromatolitos, estructuras de diversos tamaños y formas que resultan de la actividad de cianobacterias; las cuales, al tomar la luz solar, dióxido de carbono y agua en el proceso de la fotosíntesis, forman minerales carbonatados¹¹ para construir estas estructuras y luego expulsar oxígeno a la atmósfera (Figuras 8-9). De hecho después de este descubrimiento, la comunidad científica ha propuesto que gracias a la proliferación de las cianobacterias en el Arcaico, el planeta pudo llenarse de oxígeno por medio de su

¹¹ Minerales carbonatos: el carbonato más abundante es el carbonato cálcico, que se halla en diferentes formas minerales (calcita, aragonito), formando rocas sedimentarias (calizas, margas) o rocas metamórficas (mármol). Ver Imagen “Tipos de roca”.

actividad, dando paso a formas de vida más avanzadas ^l. Quién creería que en las playas de Australia, los turistas se bañan rodeados de los organismos responsables de hacer el planeta más apto para que otras especies, incluidos nosotros, pudieran surgir. Otras evidencias de organismos procariotas se han encontrado también en Australia, estas se tratan de filamentos de bacterias, los cuales parecen hilos microscópicos que hace 3200 millones de años eran bacterias procariotas, fueron descubiertas por el científico Birger Rasmussen en el año 2000; lo curioso de las evidencias es que indican que estas bacterias vivieron en aguas muy profundas donde la luz del sol no podía llegar y cerca de emanaciones de azufre; además, en lugares como estos la temperatura puede superar los 300 grados centígrados, lo que sugiere que algunas bacterias procariotas vivían en ambientes extremos y muy hostiles, justo donde nadie creería que pudiera haber vida; por esta razón las bacterias con estas características son llamadas extremófilos ^m. A través del tiempo se han encontrado más y más evidencias de la existencia de estos organismos, algunos en Sudáfrica, otros en Canadá, con edades que van desde los 2500 millones de años hasta los 1900 millones de años y lo increíble de estos fósiles es el gran parecido en la forma a los procariotas actuales, pues hasta el día de hoy todavía hay formación de estromatolitos por actividad de cianobacterias y millones de bacterias por donde sea que se mire ⁿ.



Figura 8. Estromatolitos en la bahía Shark de Australia. Tomado de: http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/tierra_cambia/contenidos9.htm



Figura 9. Minerales carbonatados: Calcita (Izquierda) y Aragonito (Derecha). Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Calcita> y <https://es.wikipedia.org/wiki/Aragonito>

Se ha rastreado hasta aquí, casi toda la “Hipótesis bioquímica”; ahora sigue el gran salto de la vida procariota a la vida eucariota, caracterizado por la adquisición de un núcleo y orgánulos en la célula que los constituye, en donde el primero contendrá el ADN o información genética del organismo y los segundos actuarán como los órganos del cuerpo pero en miniatura (Figura 10). En 1967 la bióloga Lynn Margulis describió este revolucionario salto a través de la endosimbiosis, la cual consiste en que pequeños organismos procariotas fueron consumidos o devorados por otro organismo procariota más grande y una vez sucedido esto, las dos especies interactuaron en una relación biológica de mutuo beneficio que les permitió evolucionar juntas; en otras palabras, los pequeños procariotas que fueron devorados actuarían como los orgánulos de la célula, siendo uno de ellos el núcleo y el que contendrá la información genética (Figura 11) °.

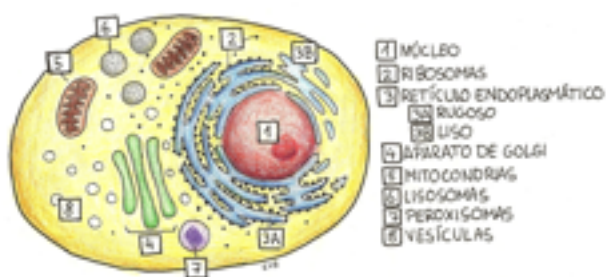


Figura 10. Partes de la célula. Tomado de: <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/06/28/la-celula-por-dentro/>

Figura 11. Teoría de la endosimbiosis. Tomado de: <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/06/28/la-celula-por-dentro/>

Esta propuesta ha sido mundialmente aceptada y comprobada con base en los organismos actuales, demostrándose que la predicción de Margulis si ocurre. Lamentablemente, la endosimbiosis no puede ser rastreada a partir de la información que proporcionan los fósiles, pues esta es un proceso y las evidencias encontradas son de organismos ya convertidos en eucariotas. No obstante, existe un tipo de fósiles llamados biomarcadores que pueden indicar cuándo aparecieron este tipo de organismos, los biomarcadores son fósiles moleculares; es decir, rastros de moléculas orgánicas que alguna vez pertenecieron a las células de diferentes organismos y que quedaron registrados en las rocas. En el año 1999 Jochen Brocks junto a otros científicos,

encontraron en rocas australianas de 2700 millones de años, un grupo de biomarcadores; estos eran lípidos, un tipo de moléculas orgánicas constituidas principalmente por carbono e hidrógeno. La mayoría de los lípidos encontrados pertenecían a organismos procariontes; sin embargo, dentro de este grupo había un lípido que solo los organismos eucariotas son capaces de utilizar en su funcionamiento ^P. Un descubrimiento como este no solo nos dice que en la receta de la vida, los eucariotas surgieron hace alrededor 900 millones de años después de los procariontes; sino que también nos muestra el accionar del proceso evolutivo, indicando a su vez que estas formas de vida con pocos componentes son los ancestros de todas las formas de vida que han ocurrido a lo largo de los últimos 3800 millones de años.

Queda entonces tan solo el último paso de la “Hipótesis bioquímica” prediciendo el origen de los organismos eucariotas multicelulares; es decir, compuestos por más de una célula. Esta característica permitió que este tipo de organismos, adquirieran tamaños mucho más grandes que sus ancestros unicelulares y que, además de ello, sus células se especializaran en diferentes funciones; algunas para comer, otras para la reproducción, defensa, comunicación, entre otras; causando que aumentaran los tipos de vida en el planeta. En el año 2000, Nicholas Butterfield rastreó el último ingrediente de la receta de la vida al encontrar al norte de Canadá una especie de alga roja llamada *Bangiomorpha*, el primer organismo eucariota multicelular en el registro fósil con 1200 millones de años de antigüedad; resulta que según sus estudios, los patrones de reproducción de esta alga eran mucho más avanzados e implicaban que contara con más de una célula para reproducirse de esta forma ^Q. Es así como 3400 millones de años después de la formación del planeta Tierra, nuestros ancestros empiezan a parecerse más a la vida actual, pues una vez completada la receta de la vida, el resto era cuestión de supervivencia y evolución.

CAPÍTULO 2 “EL SECRETO DE LA VIDA”

La vida es probablemente lo más asombroso que hay en el planeta Tierra, ella es una obra de arte representada con todos los colores, formas y tamaños; cada organismo vivo tiene su función, su hábitat¹², su historia y por lo tanto las características que lo hacen especial. La vida no sucedió porque sí ni tampoco apareció en cualquier lugar, pero cuando lo hizo, una historia se empezó a contar; una historia que parece haber iniciado de forma sencilla pero que a lo largo del tiempo se ha vuelto cada vez más compleja, colmando la Tierra de criaturas capaces de adaptarse a diferentes ambientes y evolucionar. Pues bien, han pasado miles de millones de años y aun sigue esta misión, creándose formas de vida fascinantes, animales gigantes o diminutos, acuáticos o voladores, plantas misteriosas, carnívoras o curativas, organismos que no se pueden ver a simple vista pero que se pueden encontrar donde sea que se mire. Como si fuera poco, estos organismos que se han creado, capaces de vivir en el desierto más caluroso, en el polo más helado e inhóspito o en las oscuras profundidades de los océanos, no siempre fueron como se ven en la actualidad ni tampoco existieron desde siempre; de hecho, para que llegaran hasta aquí, tuvieron que haber existido otras formas de vida, algunas parecidas y otras totalmente diferentes; la vida ha tenido, por decirlo así, muchos ensayos y muchos errores, algunos extintos y otros cuantos evolucionados pero ninguno perfecto. Se seguirá entonces escribiendo lentamente la historia, en la que por ahora los protagonistas son todos los organismos sobre la faz de la Tierra, pero una vez cambien las condiciones solo el mejor capacitado para adaptarse a ellas sobrevivirá.

La evolución dice que los animales (incluidos los seres humanos), junto con las plantas y cualquier otra forma de vida, vienen de un ancestro en común, de la misma forma como

¹² Hábitat: ambiente que ocupa un organismo o una población de una especie.

los primos comparten los mismos abuelos. Seguramente es muy difícil imaginarlo; pues a simple vista no se encuentra ningún parecido entre un ser humano y un león o entre una bacteria y una margarita; sin embargo este proceso tardó miles de años para que todas las especies¹³ se diferenciaron y toda la vida en cada rincón del mundo pudiera existir.

La palabra evolución significa desarrollo o cambio y su teoría intenta explicar las variaciones de las formas de vida en el transcurso del tiempo. Este proceso se conoce como evolución biológica y consiste en las modificaciones en las características observables, llamadas fenotipo¹⁴ y las modificaciones en la información genética, llamada genotipo¹⁵; las cuales serán heredadas y transmitidas a la descendencia de una población; es decir, a un conjunto de individuos de la misma especie r. Debido a que la evolución biológica ha ocurrido desde hace 3800 millones de años, el estudio de los fósiles ha sido fundamental para llegar a esta teoría e intentar explicar el por qué estamos aquí; además, es un proceso que se da extremadamente lento y es por esto que los cambios que experimente un solo organismo durante su vida no son considerados como evolución. Por ejemplo, una fotografía de un bebé comparada con una fotografía del mismo bebé muchos años después supone una gran variedad de diferencias; no obstante estas variaciones son tan solo el resultado de la ontogenia¹⁶ o del paso de la niñez a la adultez y no de la evolución.

El proceso evolutivo ocurre por la combinación de tres mecanismos: selección natural, herencia genética y mutación; los cuales, trabajando conjuntamente conforman la teoría de la síntesis evolutiva moderna. El primer mecanismo fue propuesto por el naturalista

¹³ Especie: conjunto de organismos o poblaciones naturales capaces de reproducirse y de producir descendencia fértil, pero que no pueden hacerlo con los miembros de poblaciones pertenecientes a otras especies.

¹⁴ Fenotipo: cualquier característica o rasgo observable de un organismo, como su morfología, desarrollo y comportamiento que se presenta como resultado de la interacción entre su genotipo y el medio.

¹⁵ Genotipo: información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.

¹⁶ Ontogenia: Formación y desarrollo individual de un organismo.

Charles Darwin con ayuda del también naturalista Alfred Wallace en el año 1859^r, quienes estudiaron diferentes tipos de organismos en islas de Sur América, Oceanía y el este de Asia. Darwin recorrió las aguas de Sur América durante 6 años en una expedición científica, recolectando toda clase de especímenes e información biológica que le permitiera aprender más sobre la historia natural. Después del regreso a su país natal, un colega ornitólogo suyo le hace notar que las especies de pájaros que había recolectado, variaban considerablemente de una isla a otra, tanto que podrían representar diferentes especies; Darwin entonces, notó también diferencias en las tortugas que había colectado^r. Estas observaciones y las similitudes de algunos fósiles encontrados con mamíferos vivientes lo llevaron a pensar que las especies habían evolucionado de ancestros comunes y que ciertas características especiales en un conjunto de individuos de una población podrían ser la clave de la supervivencia o la extinción cuando el medio ambiente tuviera cambios importantes; llamando entonces a este proceso de conservación, selección natural^r.

Un ejemplo explicativo de este primer mecanismo podría ser una población de jirafas que habita en la sabana de África; estos animales son herbívoros; es decir, que se alimentan de plantas. Algunas de ellas tienen cuellos más largos que otras y otras son más fuertes que las demás. Durante una época de sequía o fuerte invierno, el alimento no es suficiente; escaseando primero las hojas y los frutos de las partes bajas de los árboles. Por lo tanto, solo aquellas jirafas con los cuellos más largos tienen la posibilidad de alimentarse y sobrevivir tras alcanzar el alimento que otras no pueden; en consecuencia, las jirafas de cuellos cortos tendrían problemas en conseguir alimento y no sobrevivirían a estas condiciones. Aparte, en épocas de sequía, los arroyos se secan y las fuentes de agua son difíciles de encontrar, causando que animales como las jirafas deban hacer largos recorridos en busca de agua; cuando esto sucede, las jirafas más fuertes tienen

más oportunidades de aguantar estos recorridos y las más débiles podrían fallecer en el camino. Bajo este escenario las jirafas de cuellos cortos y no tan fuertes físicamente dejan de existir con el paso del tiempo y las de cuellos largos y mucho más fuertes se adaptan al cambio ambiental de sequías persistentes. Finalmente, si las jirafas de cuello largo y fuertes son la mayoría, se espera que los hijos de estas también tengan cuellos largos y sean fuertes y con el pasar del tiempo este tipo de característica se fije en el grupo, completándose entonces el proceso de selección natural, un mecanismo cuyo resultado es la evolución biológica (Figura 12).

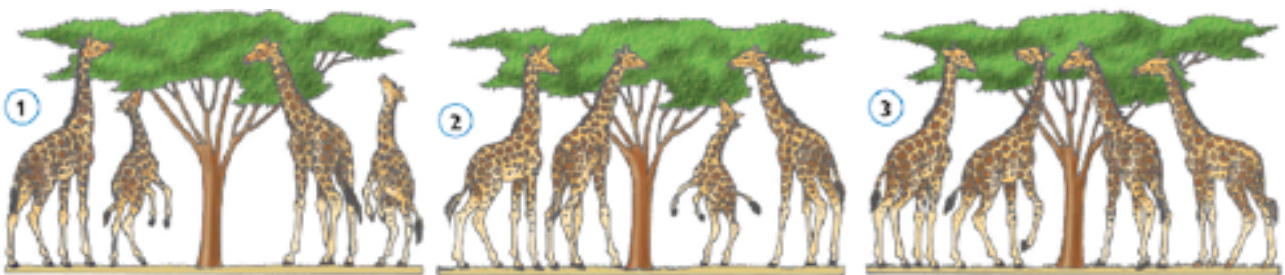


Figura 12. Ejemplo gráfico de la selección natural con jirafas. Tomado de: <http://laevolucionsp.weebly.com/la-seleccion-natural-de-darwin-y-wallace.html>

Es importante tener en cuenta que la selección natural no produce la perfección; pues ninguna población está perfectamente adaptada, explicando el por qué algunas plantas no sobreviven a inundaciones o por qué los seres humanos padecemos de enfermedades genéticas. La selección natural es un proceso mecánico y sin objetivo alguno, incapaz de capacitar a una población con lo que necesita para adaptarse; por el contrario, bajo diferentes escenarios, selecciona entre muchas de las variaciones que tiene una población, los rasgos que le permitirán adaptarse a ese cambio específico en el medio ambiente; sugiriendo entonces que no es un proceso aleatorio más sí continuo que se produce con cada cambio en el medio ambiente que suponga una nueva adaptación para la población.

Seis años más tarde, en 1865, el naturalista Gregor Mendel determinó la herencia genética; el mecanismo que le permite a un niño tener ojos negros como su abuelo o

cabello rubio como su madre y no negro como su padre. Este descubrimiento es muy importante porque logra explicar que los genes¹⁷ o unidades de información genética, pueden pasar a través de generaciones sin ser alterados y con la posibilidad de manifestarse o no en cada generación, es por esto que existen hermanos con características físicas muy distintas pero que aún así ambos son parecidos a sus padres (Figura 13) ^r.

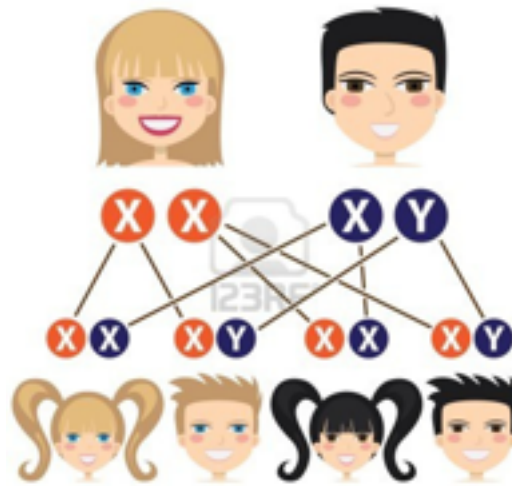


Figura 13. Ejemplo gráfico de la herencia genética en seres humanos. Tomado de: <https://sites.google.com/site/blocdeisai/4oeso/biologia-y-geologia/libro-digital/unidad-3-genetica-humana>

Este proceso de transferencia genética trabaja de la mano con la selección natural; es decir, en el caso de la población de las jirafas, la selección natural interviene inicialmente determinando que los genes que le permiten a las jirafas tener cuellos largos y fuerza física, son aquellos que le posibilitarán la adaptación a la población en épocas de sequía y la herencia genética actuará entonces a través del tiempo, encargándose de transferir dicha información genética por medio de la reproducción, entre las jirafas con estos rasgos, hasta que estos sean una condición fija de la población.

El último proceso implicado en la evolución es la mutación y consiste en cualquier cambio en la organización de los genes que conforman el ADN de un ser vivo, generando

¹⁷ Gen: Una porción de ADN que contiene la información para que una característica específica del organismo se manifieste.

variaciones en este y que no necesariamente pueden ser transmitidas de los padres a los hijos (Figura 14). Este cambio en los genes genera características que pueden ser tanto visibles como invisibles a simple vista ^r. Las mutaciones ocurren de forma impredecible y se presentan a velocidades muy bajas; sin embargo, cuando estas mutaciones se reproducen constantemente a través de las generaciones, pueden generar los cambios más radicales y sorprendentes entre las especies y por esto es tan importante la mutación, por que sin ella no habrían cambios y sin cambios no habría evolución (Figura 15).



Figura 14. Representación gráfica del ADN y un gen. Tomado de: <http://es.slideshare.net/yomismtz/gen-genoma-transcriptoma-proteoma>

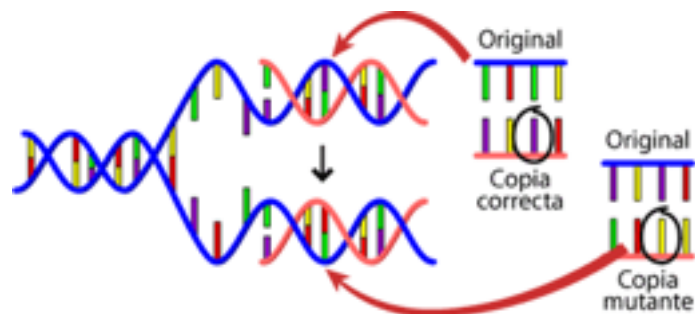


Figura 15. Representación gráfica del proceso de la mutación en el momento de replicación del ADN. Tomado de: <https://www.sesbe.org/evo/site/evo101/III3Causes.shtml.html>

Estos mecanismos no determinan a qué ritmo evolucionan las especies; sin embargo, los fósiles pueden ser la respuesta a esta pregunta. Darwin, estudiando el registro fósil de algunos organismos, propuso la hipótesis del Gradualismo determinando que la evolución actuaba en pequeños pasos (modificaciones heredadas) que se iban acumulando y finalmente a lo largo de muchos miles de años un organismo nuevo aparecía. Entonces, de acuerdo a esto entre un organismo ancestro y su descendiente debería haber organismos intermedios. Por desgracia, en el registro fósil no aparecían muchas de estas “etapas intermedias” sino que se encontraban nuevas especies sin ancestros con qué relacionarlas; Darwin interpretó esto como una falta de información o pérdida en el registro fósil ^r. No obstante, en el año 1972, los paleontólogos Niles Eldredge y Stephen

Jay Gould le dieron una explicación a esta “falta de información” con la hipótesis¹⁸ del Equilibrio Puntuado. Esta hipótesis no discute la naturaleza gradual del proceso evolutivo sino la regularidad o uniformidad de su ritmo. Ellos explicaban los pequeños pasos acumulados como periodos de estasis; es decir, lapsos de tiempo latentes en donde lentamente se iban acumulando dichos pasos y que representaban la mayor parte del tiempo de la existencia de una especie. Una vez el cambio fuera significativo, se daría una rápida generación de nuevas especies; algo así como pequeñas revoluciones o puntuaciones genéticas que no permiten la conservación de los organismos intermedios propuestos por Darwin sino la creación de múltiples especies de forma ramificada (Figura 16) ¹. A este proceso de formación de especies se le llama especiación. El registro fósil ha mostrado ejemplos y evidencias que permiten explicar ambas hipótesis; indicando entonces que el proceso evolutivo puede tener diferentes patrones y ritmos en escalas temporales de miles a millones de años.

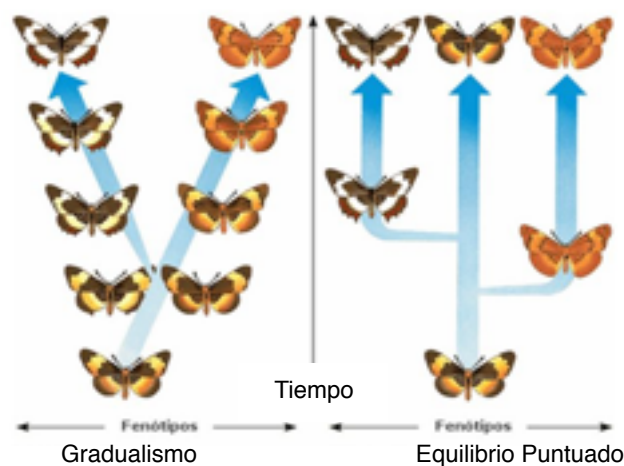


Figura 16. Dibujo comparativo entre el gradualismo y el equilibrio puntuado. Tomado de: <http://ecologiayevolucionib.blogspot.com.co/2013/03/gradualismo-y-equilibrio-puntuado.html>

A partir de todo lo que conlleva el proceso evolutivo, podría decirse que han sido y serán muchas las especies y organismos descartados por la selección natural a lo largo del tiempo; en otras palabras, ninguna especie (incluidos los seres humanos), tiene garantías

¹⁸ Hipótesis: proposición aceptable que ha sido formulada a través de la observación y recolección de información, aunque no esté confirmada, sirve para responder de forma alternativa a un problema con base científica. Esta se convierte en teoría cuando es una explicación probada y justificada mediante una serie de hechos o experimentos comprobados y verificados y que está respaldada por evidencia.

de poder vivir y reproducirse eternamente en la Tierra; sumado a esto, si bien nuestro planeta ya sufre los suficientes cambios por si solo, el hombre ha estado agregándole muchos más que además de ser perjudiciales para su propia especie, también conllevan a la extinción de otras especies.

Extinción, podría decirse que ese es el efecto último y no tan afortunado de la evolución biológica una vez la selección natural haya escogido los organismos con mayor capacidad de adaptación; pues el registro fósil es una bitácora de la vida, que aunque un poco deteriorada e incompleta, se encarga de recordarnos sobre todas las formas de vida que han existido y que ahora no están aquí; todo porque sus características y habilidades no fueron suficientes para adaptarse a las condiciones y en vez de evolucionar, dejaron de existir. Sin embargo, claro está que las condiciones pueden tener diferente naturaleza y por ende el proceso de extinción de una especie puede suceder de repente o puede tardar miles de años; es decir, en el caso de un suceso repentino y fulminante como la erupción de un volcán o el impacto de un enorme meteorito, muchas especies se extinguirían considerablemente rápido sin tener la oportunidad de adaptarse; mientras que en el caso de unas condiciones que cambien lenta pero constantemente como las estaciones, estas supondrían un reto para las especies, forzándolas a adaptarse. No existe una especie superior a otra, por el contrario, cada cambio en el ambiente define la capacidad de adaptación de cada especie; siendo este el secreto de la vida, o al menos una de las enseñanzas más valiosas que nadie ve pero que todos deberían entender: no necesariamente la mejor cualidad es la fuerza o el tamaño, pues de ser así, los dinosaurios todavía vivirían y los grupos microscópicos o inofensivos a simple vista como las bacterias e insectos no estarían todavía en la Tierra. Cualquier característica en un organismo puede ser una ventaja o una desventaja y es por esto que el secreto de la vida no es más que evolucionar.

CAPÍTULO 3 “EL ESTUDIO DE LA VIDA PASADA”

La historia del planeta Tierra puede ser contada gracias a las rocas y la información que estas han registrado durante miles de millones de años, representando los capítulos de un largo y misterioso libro que aún se sigue escribiendo. En un principio este interesante relato fue protagonizado por eventos físicos y catastróficos que moldearon el planeta hasta producir las condiciones necesarias para que la vida apareciera hace 3800 millones de años; a partir de este momento, todo organismo, microscópico¹⁹ y macroscópico²⁰, en cualquier forma de presentación, ha habitado y recorrido la Tierra, dejando huellas de su existencia en el pasado geológico, estas evidencias son llamadas fósiles.

La paleontología es la ciencia que tiene como objetivo principal estudiar e interpretar la historia del desarrollo de la vida desde su origen hasta hoy y de cómo el paisaje y el relieve terrestre han cambiado a largo del tiempo; todo esto a través de los fósiles y las rocas que los contienen. Esta ciencia tiene sus raíces en la integración de fundamentos de la biología y la geología. Desde el punto de vista de la biología, los fósiles son la evidencia y representación de un organismo alguna vez viviente, como también son el legado de la diversidad de la vida en el pasado geológico y la evolución de la misma a través del tiempo ^s. Por otra parte, la paleontología ha estado siempre en estrecha relación con la estratigrafía; siendo esta la rama de la geología que estudia las características de los estratos o capas de roca y su orden cronológico; siendo los fósiles las herramientas que ayudan a relacionar diferentes conjuntos de rocas del mismo rango de tiempo alrededor del mundo (Figura 17); además de ser útiles en la interpretación de antiguos ambientes y representar pruebas indispensables para grandes controversias

¹⁹ Microscópico: organismo u objeto que por su tamaño es imposible verlo a simple vista; se necesitan aparatos como microscopios electrónicos para poder verlo o detectarlo.

²⁰ Macroscópico: todos los organismos u objetos visibles a simple vista.

como la deriva continental o más comúnmente llamado la teoría de las placas tectónicas (Figura 18) ^t.

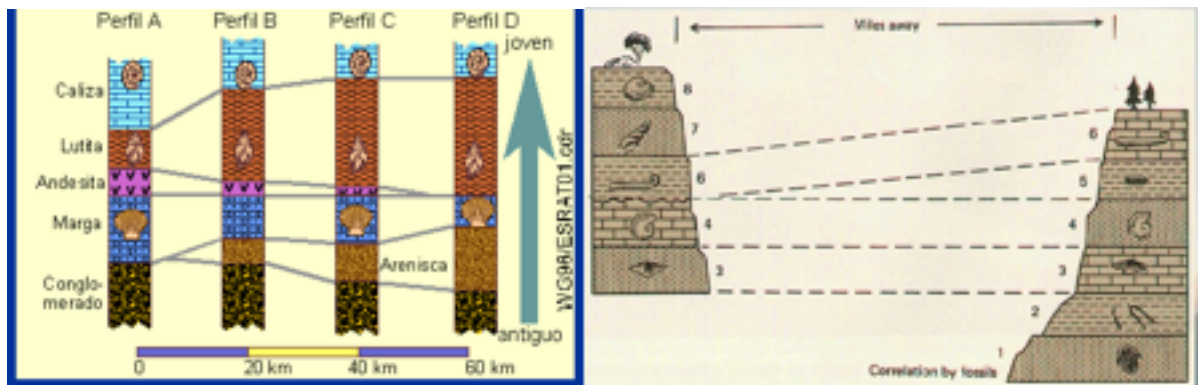


Figura 17. Ejemplos del principio de la correlación de estratos de roca por medio de fósiles. Tomado de: <http://andresmillanoporquecienciasdelatierra.blogspot.com.co/2013/02/evolcion-geologica-del-planeta-y-su.html> y <http://slideplayer.es/slide/10070073/>

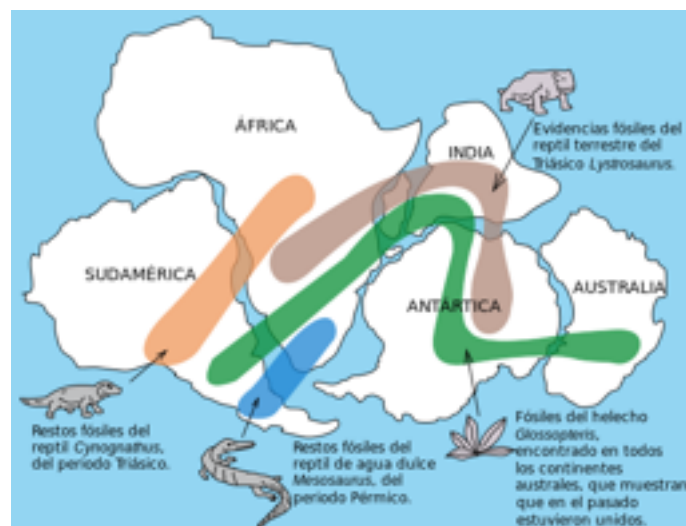


Figura 18. Ejemplo de la distribución geográfica de los fósiles mostrando la organización de las placas tectónicas. Tomado de: http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Placas_tectonicas_Teoria.htm

Son tres las áreas principales de estudio de la paleontología; los organismos vertebrados²¹, los organismos invertebrados²² y las plantas; es decir, la paleontología de vertebrados, la paleontología de invertebrados y la paleobotánica respectivamente ^s. Sin embargo, se han desarrollado nuevas disciplinas que estudian el diverso y oculto mundo microscópico y molecular, las cuales hoy en día son de gran importancia en la industria de los hidrocarburos como el petróleo y el gas natural, haciendo de la paleontología una

²¹ Vertebrado: animales con espina dorsal o columna vertebral, compuesta de vértebras.

²² Invertebrado: animales sin columna vertebral y esqueleto interno articulado.

ciencia que más que los dinosaurios, significa una constante búsqueda de conocimiento de la vida y el descubrimiento de nuevas historias que nos ayuden a entender de donde venimos y cómo estamos aquí.

Con el crecimiento de la paleontología y la misión de descifrar el libro de la vida, se hicieron importantes hallazgos tanto a grandes escalas de tiempo como a escalas mucho más pequeñas, pues no solo se estudiaban grandes cambios en la vida pasada, sino que también se examinaban con mayor precisión la evolución de diferentes grupos de organismos a lo largo del tiempo y alrededor del mundo; todo esto para reconstruirse poco a poco la historia de nuestros antepasados e incrementar la información disponible. Se creó entonces la escala del tiempo geológico, un marco de referencia estandarizado para geólogos y biólogos evolucionistas que se ha ido construyendo desde 1974 con el trabajo de cientos de científicos, convirtiéndose en uno de los logros más importantes en el mundo de la ciencia y que sin los datos paleontológicos no hubiera sido posible su creación (Figura 19) ^u.

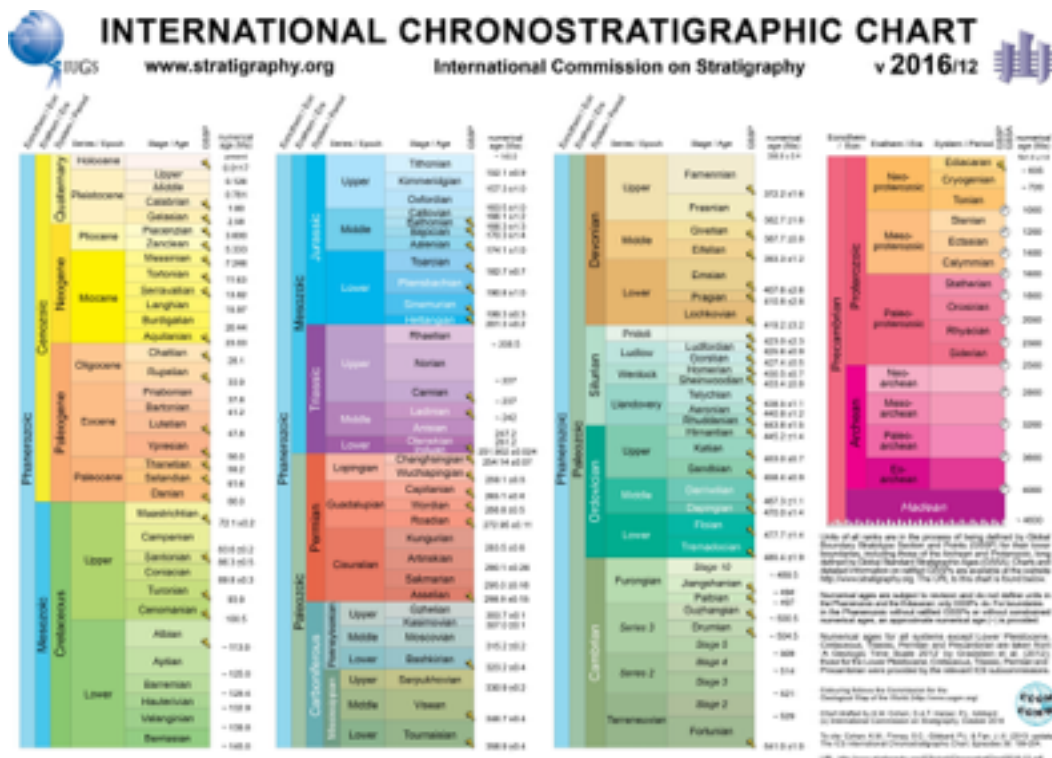


Figura 19. Escala del tiempo geológico. Tomado de: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-12.jpg>

Esta escala temporal de doble dimensión, está fundamentada principalmente en la organización de las rocas con base en diferentes eventos biológicos, químicos y geológicos que han quedado registrados en ellas; todo esto a escala global. La primera dimensión tiene unidades cronoestratigráficas y están divididas en eonotemas, eratemas, sistemas, series y pisos; los cuales son establecidos según variaciones importantes en el registro fósil, tales como una glaciación, el impacto de un meteorito, la aparición de una nueva especie, etc; la segunda dimensión tiene unidades geocronológicas y cada una de ellas tiene un equivalente con las primeras unidades; estas están divididas en eones, eras, períodos, épocas y edades, representando el tiempo geológico ^u.

Con la ayuda de cálculos matemáticos, se ha demostrado que es posible averiguar la edad de las rocas y los fósiles a través de los elementos radiactivos²³; tales como el uranio, potasio o rubidio, para así calibrar la escala del tiempo geológico con edades o tiempo absolutos. Estos elementos radiactivos quedan atrapados en los cristales de diferentes minerales presentes en las rocas o en la materia orgánica en el momento de su formación; sin embargo, debido a su inestabilidad química, pasan a ser otro elemento más estable como el plomo, argón o estroncio y esta transformación ocurre en un intervalo de tiempo específico. La datación es el nombre que recibe el método por el cual se averigua este intervalo de tiempo de transformación y es lo que equivale a la edad de la muestra que se está analizando. Cada elemento radiactivo tiene su tiempo de transformación característico, por lo que dependiendo de la muestra que se quiera datar, tanto el método como el elemento radiactivo pueden variar ^v. Gracias a la datación, Clair Patterson pudo averiguar la edad del planeta Tierra, al igual que otros científicos han determinado los tiempos en que ocurrieron glaciaciones²⁴, extinciones masivas, cambios significativos en

²³ Radiactividad: reacción nuclear de "descomposición espontánea", es decir, un elemento inestable se descompone en otro más estable que él, a la vez que emite una "radiación".

²⁴ Glaciación: periodo de larga duración en el cual baja la temperatura global del clima de la Tierra, dando como resultado una expansión del hielo de los polos y los glaciares.

la fauna y flora, entre otros; dichos eventos representando los límites entre las unidades de la escala del tiempo geológico (Figura 20).



Figura 20. Ejemplo gráfico donde se le atribuyen eventos importantes a cada tiempo en la escala del tiempo geológico, todo esto gracias a las dataciones. Tomado de: http://labellezayeltiempo.blogspot.com.co/2015_04_01_archive.html

Son los fósiles los protagonistas de esta apasionante ciencia y la principal razón por la que ha sido posible descifrar la historia de la vida pasada en nuestro planeta; sin embargo, no todo queda registrado y los procesos internos y externos de la tierra se han encargado de acelerar la pérdida de rocas y por ende de información que ha logrado preservarse. Aun así es sorprendente que la naturaleza sea capaz de lograr que organismos que existieron hace millones de años, puedan preservarse lo suficiente como para que hoy los estudiemos. Este proceso de fosilización es bastante especial, pues debe rodearse en todo momento de condiciones particulares para que esto pueda suceder. Tomando como ejemplo un organismo marino, su proceso de fosilización comenzaría con su muerte y posterior hundimiento de los restos al fondo marino; las partes blandas del organismo como los órganos y tejidos pueden descomponerse o servir de alimento a otros organismos, por lo que generalmente solo quedan las partes duras como los huesos o conchas; para que estos restos se preserven, rápidamente deben ser

cubiertos por sedimentos²⁵ para ser aislados y evitar la dispersión de las partes o el ingreso de oxígeno que permita su descomposición, más adelante las sales minerales contenidas en el agua se filtrarán en los sedimentos rellenando los espacios y sustituyendo gradualmente el material de los huesos o conchas por uno más resistente, luego a lo largo de miles de años, nuevas capas de sedimentos se depositarán encima ejerciendo presión, ocasionando que sedimentos y fósiles se compacten y por lo tanto se forme una roca sedimentaria en la que estará integrada la información del origen de los sedimentos y la vida que ocurría en estos. Finalmente con la formación de montañas o al haber emergido el fondo marino para convertirse en tierra firme, los factores naturales como el agua o el viento desgastarán la roca hasta que este fósil quede expuesto en la superficie o cerca de ella, permitiendo que nosotros los podamos estudiar (Figura 21a-b)^w. Es entonces muy pertinente el término “fósil” para estos restos o evidencias de organismos alguna vez vivientes; pues esta palabra derivada del latín, significa desenterrado^w.

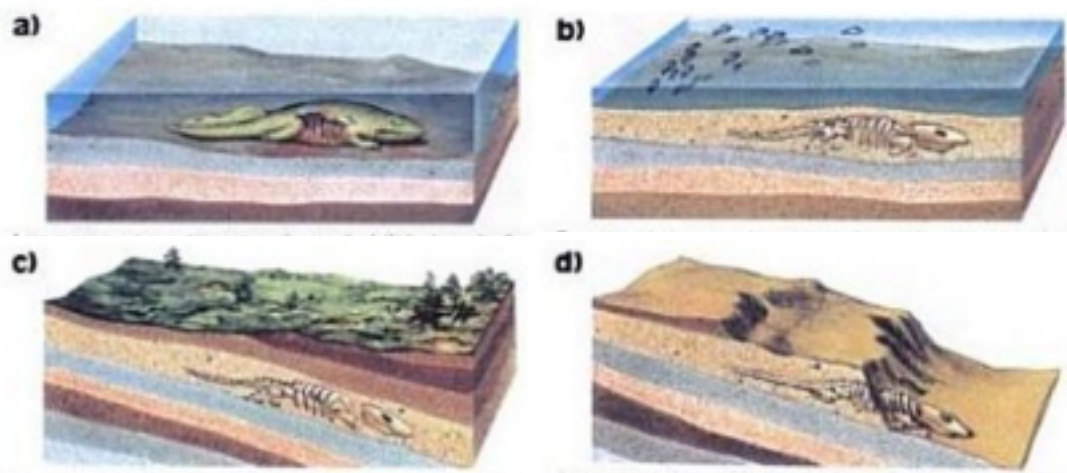


Figura 21a. Ejemplo gráfico del proceso de fosilización de un organismo marino. Tomado de: <http://es.slideshare.net/pedrohp19/paleontologa-16791720>

²⁵ Sedimento: material sólido acumulado sobre la superficie terrestre, derivado de las acciones de fenómenos y procesos como vientos, variaciones de temperatura, lluvias, circulación de aguas superficiales o subterráneas, variaciones químicas o acciones de organismos vivos.

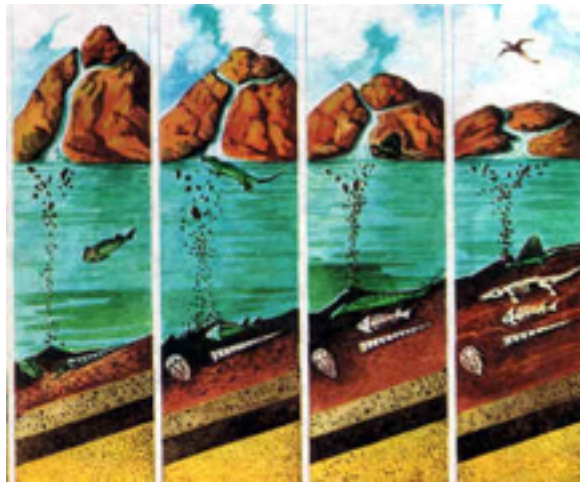


Figura 21b. Ejemplo gráfico del proceso de fosilización de varios organismos marinos y su acumulación en la columna estratigráfica a través del tiempo geológico. Tomado de: <http://historiaybiografias.com/fosiles/>

Existen dos tipos básicos de evidencias fósiles, los fósiles corporales y las trazas fósiles. Se habla de fósiles corporales cuando se conservan partes del cuerpo original de un organismo, estas partes pueden estar fragmentadas o incompletas y en ocasiones muy raras puede encontrarse el cuerpo completo, incluyendo sus partes blandas, lo que significa un caso extraordinario y lleno de información sobre la vida del organismo y su entorno. La composición de los fósiles corporales, en la mayoría de los casos, no es la misma a la original del cuerpo cuando el organismo vivía; esto sucede porque durante el proceso de enterramiento, la composición de las partes es poco estable, siendo entonces reemplazada por un material nuevo más resistente (Figura 22c). Se habla de trazas fósiles cuando se encuentran rastros o señales de la existencia de plantas, animales o cualquier otro organismo; este tipo de fósiles representan la actividad del organismo, desde alimentarse hasta desplazarse o descansar, mostrando diferentes aspectos como las pisadas de un enorme animal, impresiones de la hoja de una planta, el molde de una concha de caracol o los nidos y viviendas que los animales más pequeños dejaron en el lodo o arena ^w. Estos rastros generalmente son pasajeros y desaparecen con velocidad; es por esto que su preservación solo es exitosa si los sedimentos cubren la huella con rapidez (Figura 22b). No obstante, una traza fósil puede ser el producto accidental de una fosilización fallida; por ejemplo, cuando el cuerpo de un organismo es enterrado y no logra

conservarse como fósil, puede dejar una impresión en la roca; reproduciendo con mucha exactitud la forma exterior del ser vivo y al conservarse se convierte en una traza fósil (Figura 23a-b-c). Los coprolitos también son trazas fósiles y son los residuos después de la digestión de un organismo; los cuales se han petrificado y han sufrido procesos de fosilización similares a los fósiles corporales (Figura 22a) ^w.



Figura 22. a. Coprolito. Tomado de: http://agrega.educacion.es/visualizar/es/es_20071227_1_5023255/false. b. Trazas fósil. Tomado de: <http://www.jaizkibelamaharri.org/ondarea/natura-ondarea/geologia/arrasto-eta-aztarna-fosilak/>. c. Fósil de Kronosaurus. Tomado de: <http://www.expovilla.com/sitios-turisticos/museos-villa-de-leyva/museo-el-fosil>

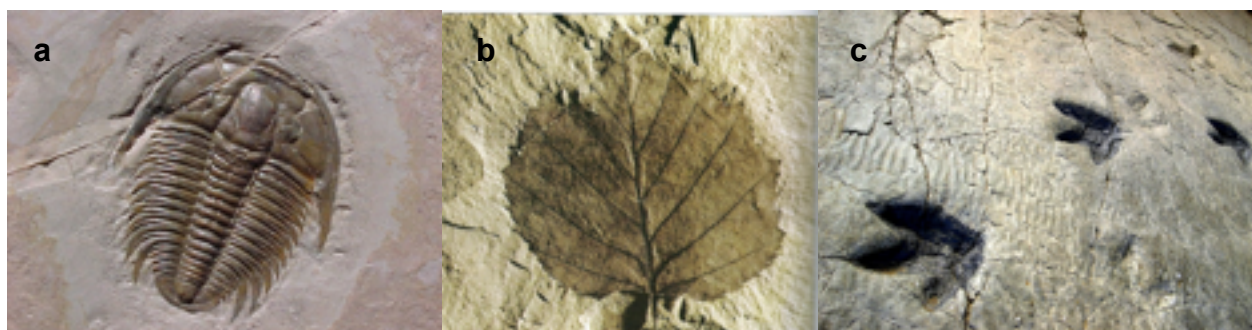


Figura 23. a. Impresión fósil de un Trilobite. Tomado de: <http://www.mastiposde.com/fosiles.html>. b. Impresión fósil de una hoja de Abedul. Tomado de: <http://www.taringa.net/comunidades/losestudiantes/1024843/Que-son-los-fosiles-Infol.html>. c. Impresión fósil de una huella de dinosaurio. Tomado de: <http://www.viajesdeprimera.com/lugares-visitar-espana/asturias-espana/museo-del-jurasico-de-asturias-por-que-existe-la-costa-de-los-dinosaurios/1034>

Ambos tipos de fósiles proporcionan a los paleontólogos asombrosas cantidades de información, que juntas permiten recrear no solo la forma del organismo (mamuts,

dinosaurios, anfibios) sino también la interacción con el medio en el que vivía. Por ejemplo, las trazas fósiles de invertebrados, son excelentes indicadores del ambiente y gracias a ellos, hemos podido descubrir importantes características del océano hace millones de años como temperatura, salinidad y tipos de formas de vida según la profundidad; por otra parte, las impresiones de hojas de plantas, son increíblemente útiles para revelar el clima de ese momento y lugar ^w.

En el mundo existen localidades fosilíferas caracterizadas por contener grandes cantidades de fósiles e información en sus rocas; estas han sido estudiadas desde su descubrimiento hasta el día de hoy, algunas de ellas lo suficiente como para recrear lo que parece ser toda una escena de película, llena de detalles que varían desde los tipos de animales y vegetación en el lugar, hasta las condiciones climáticas y cadenas tróficas²⁶; es decir, existe tanta información y tantos fósiles que es posible determinar cuál organismo era el depredador más temible y de qué se alimentaba (Figura 24); al igual que se ha podido determinar la existencia de mares donde ahora hay valles y la existencia de selvas donde ahora hay desiertos.



Figura 24. Ejemplos gráficos de cadenas tróficas. Tomado de: <http://www.ecologiahoy.com/cadena-alimenticia>

²⁶ Cadena trófica: representación gráfica de quién se come a quién en una comunidad ecológica, describiendo el proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies.

CAPÍTULO 4 “LA HISTORIA DE LA VIDA PASADA”

La ciencia ha hecho un trabajo increíble en lo que respecta a estudiar el planeta azul. Han sido siglos y siglos, incluso antes de que la ciencia se llamara ciencia que la especie humana, llena de curiosidad, ha colectado datos, explorado cada rincón y ha aprendido todo lo que ha podido sobre este planeta y la vida en él. Poco a poco ha ido juntando las piezas del rompecabezas intentando descifrar lo que ha pasado y convertirlo por fin en una serie de cuentos que relatan nada más y nada menos que la historia del cómo hemos llegado hasta aquí y por qué ahora el mundo se ve como se ve. Para reconstruir la historia de la vida, se necesita algo más que solo dibujar los animales que semejan los fósiles. Cada detalle es útil, desde el clima, el nivel del mar y la separación de los continentes hasta las formas de vida, las extinciones y la evolución de las mismas a través del tiempo geológico; requiriéndose de profundos análisis para entender el patrón de la vida y contar una historia que verdaderamente tenga sentido. Habiendo establecido esto, es indispensable entender la importancia que tiene el movimiento de los continentes en la historia de la vida, pues es aquí donde habita y por ende donde dicha historia se registra.

En el año 1915, el científico alemán Alfred Wegener, tras años de estudio, expediciones a Groenlandia y mucho interés en el clima del pasado geológico, quiso explicar el por qué las costas atlánticas de América del Sur y África parecían encajar, como si fueran piezas de un rompecabezas. Así nace la tectónica de placas, la teoría que explica la estructura de la Tierra y todos los procesos geológicos (Figura 25) ^x. La litósfera, es la capa de roca sólida más superficial de nuestro planeta y está conformada por la corteza. Wegener propuso entonces que la litósfera está dividida en fragmentos a los que llamó placas tectónicas y que estos “flotan” y se desplazan sobre el manto, el cual se caracteriza por ser una capa en estado plástico; es decir, roca total o parcialmente fundida dependiendo de la profundidad. Debido a que la corteza terrestre puede ser de carácter oceánico o

continental, una placa tectónica no necesariamente es de una sola naturaleza, por el contrario puede contener ambas cortezas. Con base en todo esto, las placas tectónicas interactúan unas con otras chocándose o fragmentándose, provocando deformaciones en la corteza y ocasionando la formación de grandes cadenas montañosas, terremotos y volcanes ^x. Esta interacción depende del comportamiento que tengan los límites o bordes de las placas. La teoría de la tectónica de placas establece que existen tres tipos de interacción entre los bordes de las placas: el límite divergente o constructivo son las zonas en las cuales se separan o se alejan las placas y en donde el vacío que resulta de la separación se rellena con la formación de nueva corteza que surge del magma proveniente de las capas inferiores de la Tierra. Por otra parte, el límite convergente o destructivo son las zonas en las cuales una placa choca contra otra; si una placa más densa como la oceánica choca contra una menos densa como la continental, la más densa es empujada hacia abajo, produciendo una zona de subducción; pero si dos placas continentales colisionan, estas ejercerán presión una contra la otra formando cinturones orogénicos o zonas de obducción, en otras palabras, formando extensas cordilleras como el Himalaya en el continente asiático, los Alpes en el continente europeo y los Andes en América del Sur. Finalmente, el límite transformante o neutro consiste en el movimiento lateral de una placa con respecto a la otra; es decir, se desplazan una al lado de la otra horizontalmente, sin producir ni destruir litósfera. Los terremotos son generalmente producidos por el movimiento o roce de las placas en las zonas transformantes o con el choque de las mismas en las zonas convergentes y son el resultado de la liberación de la energía acumulada en el momento que se producen estos sucesos (Figura 26) ^x.

más ligeras ascienden lentamente, algunas de ellas lo suficiente como para alcanzar la litosfera y atravesarla, contribuyendo a la fragmentación de los continentes y las otras corrientes ascendentes siguen su camino bajo la litosfera. Por otra parte, en las fosas oceánicas, las cuales son estrechas y profundas áreas en el océano causadas por las zonas de subducción, extensos fragmentos de litosfera se enfrían y se empiezan a hundir hacia el manto, generando consigo corrientes descendentes que llegan hasta la base del manto, donde posteriormente se calentarán y ascenderán para reiniciar el ciclo ^x. En otras palabras, estas corrientes actúan como un rodillo que explica el movimiento de las placas tectónicas (Figura 27).

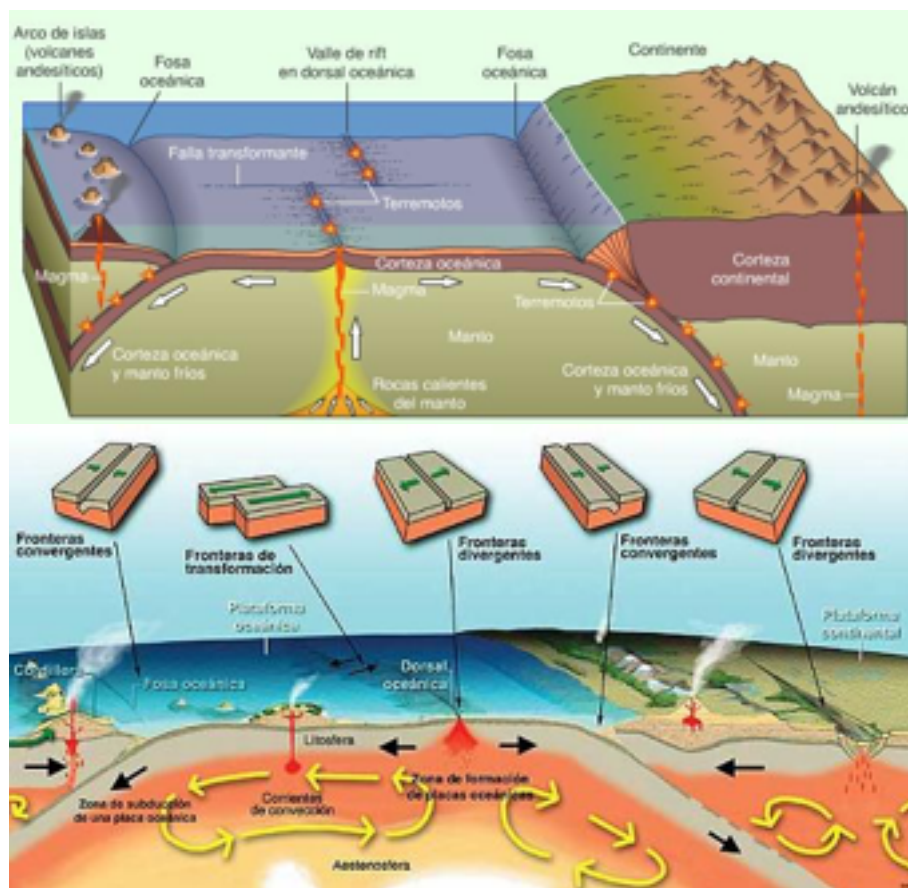


Figura 27. Ejemplos gráficos de la teoría de la tectónica de placas (arriba) y los tipos de límites entre placas (abajo). Tomado de: http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena4/4q4_contenidos_2a.htm y <http://www.portalcienza.net/geolotec.html>

Esta teoría le da sentido entonces a muchos interrogantes, por ejemplo, la presencia de fósiles de la misma especie en diferentes continentes podría ahora explicarse por la tectónica de placas, pues al estar unidos los continentes del algún momento en el pasado

geológico, las especies migraron grandes distancias, ya sea en busca de alimento o refugio, indicando así que la distribución de los organismos depende de la distribución de las placas. Si bien la tectónica de placas es definida como un gran acontecimiento en su época, tanto así que finalmente unifica las ciencias de la tierra, esta teoría no fue producto solo del científico Alfred Wegener, por el contrario, cuando publicó su gran estudio, este fue rechazado, no solo porque en aquel tiempo se creía que los continentes eran estáticos sino también porque Wegener no era más que un meteorólogo y todas las disciplinas en las que basó sus estudios no eran de su conocimiento o experiencia. Se requirió de geólogos, sismólogos²⁸, geofísicos²⁹ y muchos otros científicos, para aportar la suficiente información que permitiera estructurar dicha propuesta y que fuera mundialmente aceptada ^x.

Así pues se tienen los continentes como el campo de estudio en el que la ciencia hace cada descubrimiento y le da forma a la vida pasada. No todo está escrito, dicho o encontrado, por el contrario siempre permanecerá la incertidumbre de saber si lo que se ha dicho que pasó es cierto o estamos totalmente locos y seguir buscando parece ser la respuesta más sensata para encontrar la verdad del por qué estamos aquí.

La vida pasada, según como se ha registrado, tiene un patrón que permite dividirla en tres grandes momentos: vida primitiva, vida media y vida nueva; esta última representa la vida, el clima, los océanos y los continentes que vemos ahora. No obstante, estos tres momentos demuestran que la vida ha cambiado, cambia y seguirá cambiando a lo largo del tiempo; con seguridad este no será su último momento ni las únicas y últimas formas de vida que habitarán el planeta.

28 Sismología: rama de la geofísica que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas sísmicas que se generan en el interior y la superficie de la Tierra o las placas tectónicas.

29 Geofísica: ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra.

*LO QUE SE HA DESCUBIERTO HASTA AHORA NOS PERMITE TOMAR POR CIERTO
LO SIGUIENTE:*

VIDA PRIMITIVA

Parece ser que todo comenzó con un atisbo de vida llamado Fauna Ediacara, los organismos complejos más antiguos que han existido en nuestro planeta, encontrados en rocas con edades desde hasta 635 millones de años y su hallazgo es uno de los más increíbles en el mundo de la ciencia.

En 1868, el geólogo Alexander Murray descubrió huellas fósiles muy particulares en la isla de Terranova, Canadá; al principio él quería utilizarlas para averiguar la edad de las rocas presentes en esta isla, pero estas rocas estaban situadas por debajo de las rocas del período Cámbrico y para esa época se creía que la vida había empezado en el Cámbrico y no antes, por lo que no podían ser fósiles sino alguna clase de estructura creada por el agua o el viento; fuera de eso, no existía otro lugar del mundo donde se hubieran encontrado estructuras similares. El escepticismo fue el triunfante de la discusión y la comunidad científica pronto olvidó el hallazgo. 65 años después, en 1933 el científico Georg Gürich encontró impresiones fósiles muy parecidas en Namibia, África, pero todos seguían convencidos que la vida iniciaba en el Cámbrico, o tal vez nadie se atrevía a decir lo contrario. La discusión pareció quedar solucionada cuando se decidió atribuirle a las extrañas estructuras una edad cámbrica. Descubrimientos de huellas similares a estas continuaron a través de los años en los Montes Ediacara, Australia y en Shropshire, Inglaterra (Figura 28). Resultó ser que los ingleses llevaban un registro bastante detallado de las rocas presentes en su territorio en mapas geológicos, y las rocas que contenían estas huellas fósiles tenían edades precámbricas, era entonces innegable que aquellas estructuras, si de verdad eran rastros de vida, tenían que ser anteriores al Cámbrico y que la vida había aparecido mucho antes de lo que todos pensaban ^v; así pues, se venció el escepticismo de la comunidad científica y pronto se llevó a cabo la difícil tarea de

relacionar las formaciones de rocas que contenían estos fósiles a nivel global (Figura 29). Algunos cuantos nombres surgieron para nombrar a tan revolucionarias formas de vida, hasta que el término “Ediacárico” fue asignado al período o intervalo de tiempo en el que esta fauna había aparecido, adoptando esta también el mismo nombre en honor a los Montes Ediacara de Australia.



Figura 28. Fósiles de la fauna Ediacara. Tomado de: <http://axxon.com.ar/noticias/2012/12/proponen-que-la-fauna-ediacareense-estaba-constituida-por-formas-de-vida-muy-simples-que-habitaban-tierra-firme/>

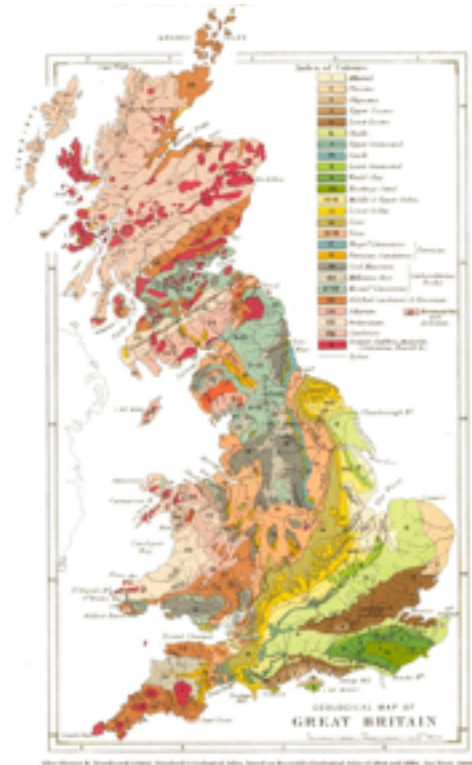


Figura 29. Mapa geológico de Gran Bretaña (1815). Tomado de: <http://despuesnohaynada.blogspot.com.co/2015/06/bellas-durmientes.html>

Estas huellas fósiles resultaron ser de fascinantes organismos que aparecieron justo después de una glaciación masiva en el período Criogénico cerca de 850 millones de años atrás, donde se cree que casi todo el planeta era una gigantesca bola de hielo ^s. Pasaron 3.800 millones de años después de que la tierra se formara para que la vida multicelular tuviera oportunidad de aparecer y la vida que apareció era bastante sencilla, pues estos organismos no tenían boca u órganos internos con los que procesar nada; con formas parecidas a medusas, discos y colchones esponjosos, eran invertebrados que

vivían sobre el fondo marino, en sitios poco profundos, estáticos, inmóviles y probablemente con aspecto inanimado a simple vista (Figura 30) ^v.

Las evidencias indican que este tipo de vida inició en los océanos y muy acertado parece ser ya que para este momento los continentes que ahora conocemos estaban en su mayoría sumergidos y solo existían gigantescos océanos (Figura 31). Si se pudiera viajar en el tiempo, probablemente veríamos un mar lleno de organismos estáticos con formas extrañas, algo así como una selva acuática donde ocurría toda la acción. Algunos científicos se atreven a decir que no eran verdaderos organismos eucariotas sino una clase de experimento fallido de la vida ^y. Según ellos, la Fauna Ediacara pronto se extinguió a comienzos del Cámbrico y varias hipótesis lo intentan explicar. Se han encontrado evidencias de que hubo tanto una fuerte crisis de nutrientes como un cambio muy significativo en la temperatura del planeta; bajo ambos escenarios, se cree que la fauna de este tiempo se vio bastante afectada, causando la extinción de la mayoría de las especies y dejando en duda la supervivencia de unas cuantas otras en el Cámbrico ^s.

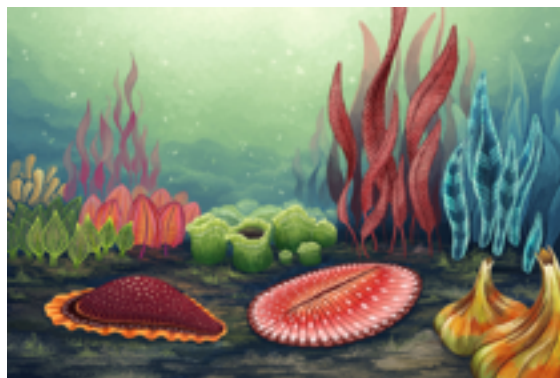


Figura 30. Ilustración de la fauna Ediacara. Tomado de: <https://infogeologia.wordpress.com/tag/paleontologia/>

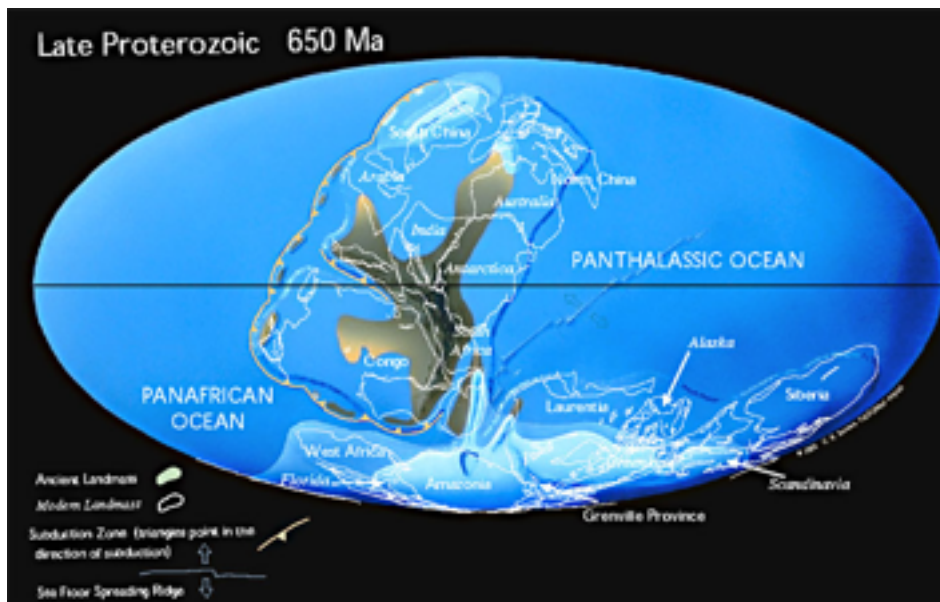


Figura 31. Reconstrucción paleogeográfica del Proterozoico tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/precamb.htm>

A pesar de su pronta desaparición, la vida resurgió, más fortalecida, más grande y más variada que antes en la Explosión del Cámbrico, llamada así debido a la gran diversidad de especies que surgieron en este periodo en comparación con la Fauna Ediacara. Ahora no solo habían invertebrados aplanados arrastrándose por el fondo marino, aparentemente ahora los organismos tenían células especializadas que les ayudaban a transformar minerales en partes duras y aunque la vida seguía estando en el océano, ahora existían cientos de especies diferentes √.

Las Lutitas de Burgess es el nombre que reciben el grupo de rocas que contienen una gran variedad de fósiles del Cámbrico medio; es decir, hace 505 millones de años. Estas Lutitas de Burgess se encuentran en el Parque Nacional Yoho, Canadá y fueron descubiertas por el aventurero paleontólogo Charles Walcott en 1909 (Figura 32) √. Es necesario saber qué son las lutitas y cuáles son sus características en este lugar. Las lutitas son rocas sedimentarias y están compuestas por granos diminutos compactados que a veces pueden contener materia orgánica en sus poros, ocasionando que la roca adquiera un color negro √. Estas son las rocas madres del petróleo. Las lutitas que

encontramos allí son también oscuras casi negras y tienen contenido de fósiles y carbonatos; es decir, compuestos de calcio. Es una de las localidades fosilíferas más sorprendentes de todos los tiempos, pues esta alberga más de 120 especies de los animales primitivos que existieron en nuestro planeta, cuando todavía la vida se estaba diseñando ^y. Los fósiles aquí encontrados son en su mayoría invertebrados, lo que hace aun más sorprendente su preservación ya que el esqueleto es lo más fácil de conservar y al igual que la fauna Edicara son hazañas de la naturaleza. Se cree que la fauna que contienen las Lutitas de Burgess había vivido en acumulaciones de lodo en mares poco profundos justo debajo de una pared de arrecife también sumergida; a veces de esta pared se deslizaban cantidades de barro que cubrían a estos indefensos invertebrados impidiendo al oxígeno entrar y permitir su descomposición, logrando que sus recuerdos se conservaran convirtiéndose en fósiles ^v. La mayor parte de los continentes seguía sumergida en los océanos, haciendo lógico que la vida continuara allí (Figura 33) ^x.



Figura 32. Fósiles de la fauna del Cámbrico. Tomado de: <https://auditore.cab.inta-csic.es/manrubia/entrevista-evolucion-de-la-innovacion/>

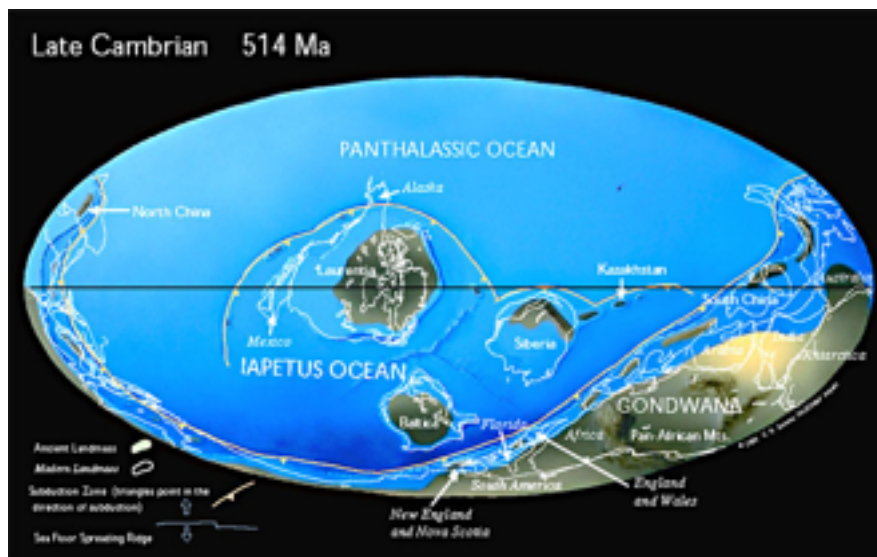


Figura 33. Reconstrucción paleogeográfica del Cámbrico tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/newpage12.htm>

Casi todos estos organismos eran parecidos a gusanos, excepto que los de esta época tenían formas que no parecen de este mundo, la mayoría eran excavadores y podían llegar a tener largas espinas o pinzas por todo el cuerpo, como es el caso de *Hallucigenia*, un organismo que recibió este nombre debido a que su aspecto eran tan extraño que no parecía tener sentido, tal como una alucinación ^v. Algunos otros tenían trompas o brazos para atrapar a sus presas; dicen que la especie *Anomalocaris* era el depredador más temido del océano en el Cámbrico, pues alcanzaba un metro de largo y comía todo lo que se cruzaba en su camino. Por otra parte, otros organismos llamados *Aysheaia* tenían patas gordas y gruesas con las que seguramente no se podían mover muy bien pero podían succionar todo a su paso. También existían organismos parecidos a los del periodo Ediacara o tal vez eran los mismos largos, blandos y planos gusanos invertebrados. Algunos otros incluso ya habían desarrollado partes duras, parecidas a un esqueleto y tenían branquias para filtrar su alimento, estos organismos se han denominado *Trilobites* y en la actualidad están extintos pero sus evidencias son de las más frecuentes en las rocas ^v. El Cámbrico medio fue el mejor tiempo para ellos, pues se diversificaron en muchos tamaños, colores, longitudes, entre otros. Los *Takakkawia* fueron animales tan interesantes como su nombre, estáticos, inmóviles fijos al sustrato como

plantas, pero no eran plantas, ¡eran esponjas!, largas con pequeñas cuchillas. Había también un organismo especial: Pikaia, parecido a una anguila o a un gusano aplanado lateralmente, Pikaia nadaba sin saber que era un ancestro de los vertebrados, su mera aparición fue una puerta abierta para los futuros mamíferos, anfibios³⁰, aves y todo organismo vertebrado √. Resulta que en su anatomía, Pikaia tenía una notocorda; algo así como un cartílago primitivo que servía de soporte y estructura, sorprendentemente suena muy parecido a las características que tiene un esqueleto en un vertebrado actual √. Así pues, el Cámbrico, le dio un giro extraordinario a la historia de la vida en nuestro planeta; pues si bien la vida aun era simple y primitiva, su destino sería la diversificación y complejidad (Figura 34).



Figura 34. Ilustración de la fauna del Cámbrico. Tomado de: http://biologia-geologia.com/BG4/5621_paleozoico.html

En el Ordovícico, hace 480 millones de años, llegaría una oportunidad perfecta para que la vida se fortaleciera; siendo los sucesores del Cámbrico, aparentemente pudieron especializarse en diferentes tipos de ambientes marinos, ya sea profundos, no profundos, salobres, con mucha o poca luz, entre otros. Este pequeño paso fue muy importante, por que ahora todos podían utilizar los recursos disponibles y adquirir el alimento de forma más eficiente, ya no había tanta competencia y se podía sobrevivir más fácil; además empezaron a construirse los primeros arrecifes tropicales, grandes estructuras hechas de

³⁰ Anfibio: animales vertebrados que se caracterizan porque tienen su piel desnuda, sin escamas y tienen metamorfosis (cuando nacen viven en el agua, respiran por branquias y no tienen patas, sólo una larga cola que les sirve para nadar; cuando son adultos respiran por pulmones y tienen cuatro patas o algunos tienen colas). Los anfibios adultos viven en el agua y en la tierra.

esqueletos de animales (Figura 35) y. Fue una vida gloriosa hasta que regresó el hielo. Durante millones de años, los continentes empezaron a moverse hacia el Polo Sur y el frío invadió los mares llenos de vida, los arrecifes tropicales murieron, los océanos se estancaron y la vida se quedó sin oxígeno para sobrevivir, una nueva extinción masiva estaba ocurriendo y se llevó más de la mitad de las especies existentes hasta ese momento (Figura 36) z-aa.



Figura 35. Ilustración de la fauna en el Ordovícico. Tomado de: <http://www.3djuegos.com/comunidad-foros/tema/10254868/0/el-ordovico/>

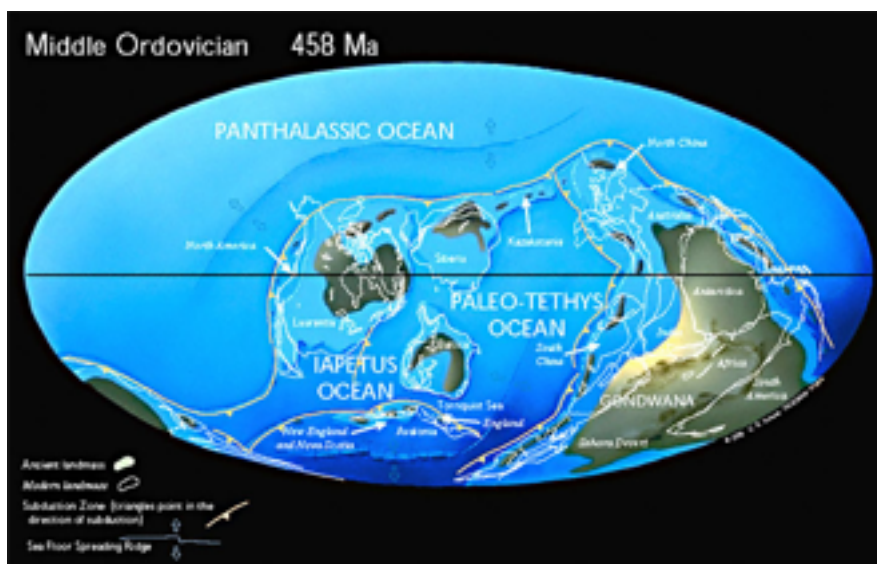


Figura 36. Reconstrucción paleogeográfica del Ordovícico medio. Tomado de: <http://www.scotese.com/newpage1.htm>

La glaciación perduró hasta lo inicios del Silúrico hace 440 millones de años, cuando el hielo empezó a descongelarse, algunos continentes empezaron a emerger y colisionar y lentamente las especies empezaron a renacer y a adaptarse; se cree que fue un período

de recuperación hasta que inicia el Devónico hace 419 millones de años y las especies logran florecer acomodadas a las nuevas condiciones de vida (Figura 37) ^y. En este período, Colombia, más exactamente en Boyacá; se encuentra un grupo de rocas que conforman la Formación Floresta y en estas quedaron preservadas evidencias de vida de hace 400 millones de años ^{bb}.

Para este tiempo parece que la vida todavía se concentraba en el mar, esto nos lo dicen las rocas de la Floresta y los fósiles encontrados allí. El mar era tranquilo, poco profundo y con organismos muy parecidos a los de los períodos anteriores pero un poco más diversificados, esta vez se podían encontrar lirios de mar y briozoos , estos eran animales pegados al suelo marino, llenos de brazos que parecían plumas o tentáculos que utilizaban para atrapar el alimento, tenían muchos colores, tamaños y diseños; otras especies ya tenían conchas, los arrecifes volvieron a crecer y los organismos con partes duras eran mucho más abundantes ^{cc}; de hecho, se cree que gracias a estas especies, los *Trilobites* empezaron a extinguirse, pues sus esqueletos no eran tan duros y los nuevos organismos podían fácilmente cazarlos. Además de la diversificación de la vida marina, también llegan las plantas vasculares, los primeros árboles y plantas con semilla que indican nada más y nada menos que el comienzo de la vida terrestre (Figura 38) ^{dd}.

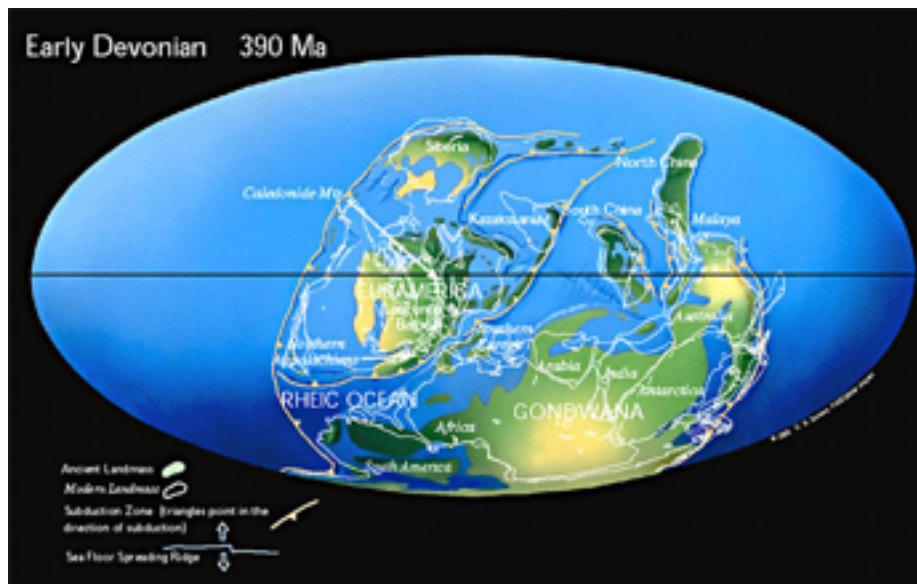


Figura 37. Reconstrucción paleogeográfica del Devónico temprano. Tomado de: <http://www.scotese.com/newpage3.htm>



Figura 38. Ilustración de la fauna en el Devónico. Tomado de: <http://lapaleontologiaencolombia.blogspot.com.co/2015/05/bogotacrinus-scheibei-un-crinoideo-del.html>

La Floresta, Boyacá, ahora no es más que un valle desértico; nada parecido con el mar que cubrió este valle hace 400 millones de años; un mar que tenía incluso peces que de hecho fueron los primeros peces en la historia de la vida. En este grupo de rocas de la Formación Floresta, también quedó registrado esta magnífica obra de la evolución^{ee}. Los peces empezaron a aparecer desde el Silúrico pero fue en el Devónico y en los mares colombianos donde empieza su reinado. Eran vertebrados, con mandíbulas y a veces acorazados; es decir, que tenían como armaduras hechas de partes duras para

defenderse. Estos peces serían los ancestros de los primeros organismos que salieron del agua y conquistaron tierra firme junto con las primeras plantas (Figura 39) ^{ee}. Lamentablemente la vida volvió a ser arrasada por otra extinción masiva, la cual se desató como una sucesión de pulsos de extinción y sus causas están relacionadas con una gran fase de enfriamiento asociada a la pérdida de oxígeno en el fondo marino; sin embargo, la hipótesis de diversos impactos de objetos extraterrestres también está en discusión ^{s-aa}.



Figura 39. Ilustraciones de peces del Devónico. Tomado de: <http://www.visindavefur.is/svar.php?id=4000> y <http://mitosyciencia.es.tl/Prehistoria-y-Evoluci%F3n.htm>

Sin embargo, la mejor característica de la vida es la capacidad de adaptarse ante cambios bruscos y así sucedió nuevamente en el período Carbonífero hace 359 millones de años. Habían emergido dos grandes continentes llamados Gondwana y Euramerica, entre los cuales estaba el océano Paleotetis; además, habían otros océanos aun más grandes, uno llamado Panthalassa, el cual todavía no estaba totalmente consolidado y el océano Reico. A su vez, los continentes más cercanos al Polo Sur estaban parcialmente cubiertos de hielo (Figura 40) ^z. Por otra parte y hablando más detalladamente, los continentes estaban llenos de pantanos, frecuentemente inundados por el mar; allí se podían encontrar árboles, libélulas gigantes, plantas con inmensas hojas, escorpiones y ciempiés que alcanzaban tamaños de hasta dos metros ^y. Descendientes de los peces que tenían extremidades ahora podían salir del agua e intentar caminar; otros peces de gran tamaño y predadores temibles eran considerados los primeros tiburones. Las nuevas plantas

parecían luchar por salir del agua también pero el mar siempre las envolvía nuevamente en los pantanos, los insectos fueron los más afortunados y pudieron desplazarse con mayor facilidad (Figura 41) [∫]. Sus grandes tamaños se relacionan con las cantidades de oxígeno en ese momento, entre más oxígeno disponible, más fácil respirar y por ende más grandes podían ser estas formas de vida. Este paisaje tan pintoresca y detalladamente descrito, fue posible descifrarlo gracias al carbón extraído de las minas en Norteamérica y Europa [∫]. Cuando todos estos organismos morían, quedaban atrapados en los pantanos; además, cada vez que el mar inundaba estas zonas, se acumulaban troncos de árboles y diferentes plantas, las cuales lentamente se iban amontonando y por su peso se hundían cada vez más y más, tanto que el oxígeno no pudo llegar hasta allí y descomponer la materia orgánica de la que todos estamos hechos. El calor y la presión empezaron a cocinar estos pantanos durante miles y miles de años, para luego formar grandes acumulaciones de carbón que más tarde le darían el nombre a este período [†].

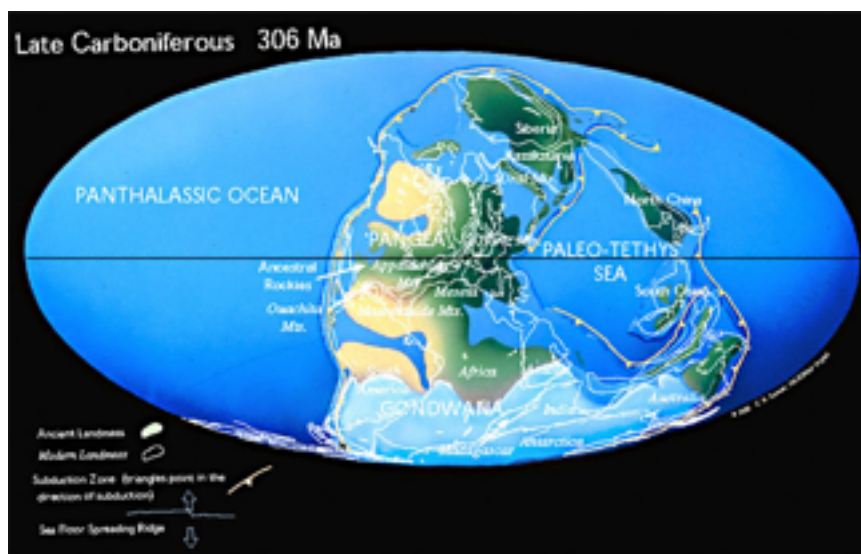


Figura 40. Reconstrucción paleogeográfica del Carbonífero tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/late.htm>



Figura 41. Ilustración de la fauna en el Carbonífero. Tomado de: <https://prezi.com/x0objjtlxcab/paleozoico-ii/>

El tiempo siguió pasando y la evolución seguía actuando. Llegaron los anfibios y reptiles; animales que podían vivir fuera del agua e ir a explorar los alimentos terrestres sin preocupaciones. El clima también empezó a cambiar, cada vez hacia más calor y los pantanos tropicales del Carbonífero no podían aguantar estas temperaturas. Durante millones de años las condiciones del planeta cambiaron hasta llegar a ambientes mucho más secos y áridos, caracterizando al período Pérmico hace 299 millones de años √.

Debido a las altas temperaturas, los anfibios y las plantas que necesitaban humedad para vivir, poco a poco empezaron a extinguirse, los pantanos del Carbonífero se secaron y fueron reemplazados por los desiertos. Esto lo sabemos porque en las rocas quedaron registradas dunas; estas son las estructuras típicas de los desiertos √. Además, este período también guarda un tesoro muy característico que hoy en día todos usamos en la cocina: Sal. La sal se obtiene de las evaporitas, estas son rocas sedimentarias que, como su nombre lo indica, se forman cuando hay períodos de evaporación intensa, y precisamente así fue el Pérmico. Las altas temperaturas evaporaron grandes cantidades de agua salada para formar estas rocas que fueron acumulándose poco a poco hasta formar depósitos de sal √. Como si fuera poco, por primera vez en la historia de la tierra, todos los continentes se habían desplazado nuevamente hasta unirse y formar un gran continente llamado Pangea y dos océanos: el océano Panthalassa que significa “Océano

Universal” y que para este momento se consolidó totalmente y otro más pequeño llamado Océano Tetis (Figura 42) ^z.

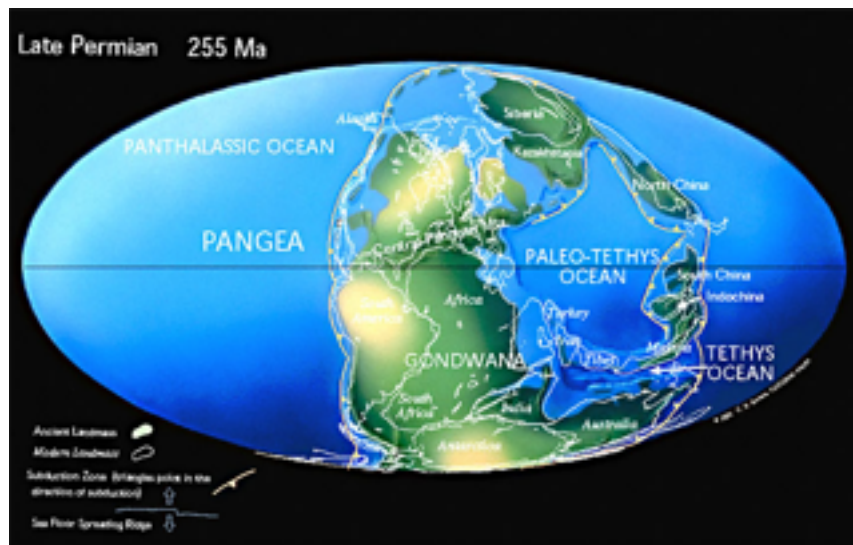


Figura 42. Reconstrucción paleogeográfica del Pérmico tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/newpage5.htm>

Estos no tan agradables cambios continuos a lo largo del tiempo solo podían significar una cosa: la extinción que le daría el fin al Pérmico. Se conoce como la más letal de todas, pues en ninguna otra extinción se perdieron alrededor del 95% de las especies existentes. Esta extinción fue tan severa y extensa que dio fin a la vida primitiva, pues todos los organismos que se extinguieron nunca más volvieron a surgir de la misma forma ^y. Con esta extinción también acaba la Era Paleozoica, que significa vida primitiva y empieza la era Mesozoica o era media de la vida. No obstante, los paleontólogos han tenido muchos problemas estudiando la extinción más grande de todos los tiempos, problemas como la datación de las rocas para averiguar su edad y ubicarla en el tiempo son de los más recurrentes, además de la falta de rocas características con contenido fósil ^s.

La catástrofe del final del Pérmico ocasiona entonces que tanto la vida marina como la terrestre sufran inimaginablemente; todos los gusanos, esponjas y Trilobites se extinguen

para nunca más aparecer. La mayoría de peces, anfibios y reptiles también se extinguieron, al igual que las plantas con grandes hojas y tallos que hacían parte de los grandes pantanos ^{aa}. ¿Qué pasó entonces?, mientras las placas tectónicas se desplazaban lentamente para formar un continente, al mismo tiempo esto ocasionaba erupciones volcánicas masivas por el movimiento de las placas para formar lo que hoy conocemos como la gran provincia ígnea en Siberia, Rusia ^s. Este movimiento también tuvo grandes cambios en el nivel del mar: cuando las montañas se alzaban, la vida marina quedaba descubierta e indefensa. Además, las erupciones volcánicas en la gran provincia en Siberia, expulsaban lava descontroladamente y emitían gran cantidad de gases que eventualmente cambiaron el clima del planeta y la composición de la atmósfera, siendo estos cambios letales para la vida (Figura 43) ^s.



Figura 43. Ilustración del contexto geológico durante la extinción del Pérmico. Tomado de: <http://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-extincion-permico-acabo-70-vida-ocurrio-solo-60000-anos-20140211103327.html>

VIDA MEDIA

Llega el Mesozoico y con él el Triásico hace 245 millones de años, lo que significaba un nuevo intento de la vida para surgir. Este intento necesitó de 10 a 20 millones de años para poder florecer, pues la extinción del Pérmico había sido tan devastadora que casi tocó empezar desde cero. El continente Pangea llegó a su tamaño máximo y los mares en su interior no eran un obstáculo para que las especies ahora pudieran migrar de polo a polo y el océano Tetis empezara a albergar vida nuevamente (Figura 44) ^y. Para este período empezaron a gobernar los reptiles mamiferoides, estos eran una mezcla entre

reptiles y mamíferos y no eran muy grandes, uno de los más comunes era el *Lystrosaurus* un animal parecido al cerdo pero con la nariz achatada (Figura 45). Al parecer este animal no tenía depredadores, pues sus fósiles han sido encontrados por todas partes del mundo. De los reptiles mamifeorides surgirían los mamíferos; es decir, animales que ahora podían comer y respirar al mismo tiempo y que tenían dientes diferenciados que los ayudaban a comer mejor; estos son cambios pequeños pero que juntos hicieron una gran diferencia en la evolución y. También empezaron a surgir los Arcosaurios, estos son los reptiles dominantes y su diversificación incluía mar, tierra y aire; siendo nada más y nada menos que los dinosaurios. En la actualidad los únicos familiares de los Arcosaurios son los cocodrilos y las aves. Los primeros cocodrilos, los cuales variaron un poco hasta finales del Triásico, permanecieron como los vemos ahora; es decir que estos animales tienen casi 220 millones de años y siguen exactamente iguales en la actualidad (Figura 46) y.

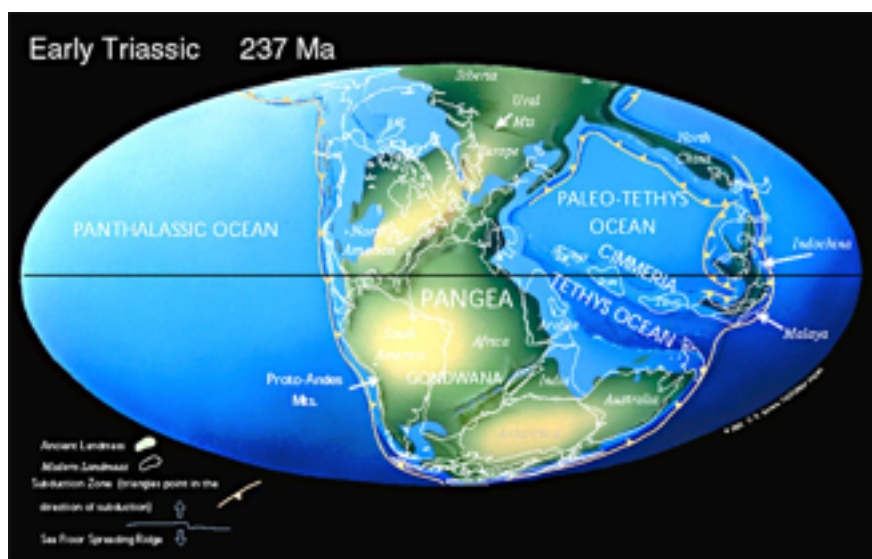


Figura 44. Reconstrucción paleogeográfica del Triásico temprano. Tomado de: <http://www.scotese.com/newpage8.htm>



Figura 45. *Lystrosaurus*. Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Lystrosaurus>



Figura 46. Ilustración de la fauna en el Triásico. Tomado de: <https://geofrik.com/tag/extincion-masiva-del-permico-triasico/>

Claramente la vida ahora era mucho más avanzada en cuestión de adaptaciones y los cambios de la evolución fueron mucho más evidentes: por ejemplo los cambios posturales, es decir, el primer paso hacia el bipedismo ^y. Las especies de este período lograron levantar sus panzas del suelo y caminar en dos patas como el *Herrerasaurus*; este fue uno de los dinosaurios más primitivos que se han registrado y podía llegar a tener una longitud de hasta 6 metros (Figura 47).



Figura 47. Herrerasaurus. Tomado de: <http://dinosaurios.org/tipos-de-dinosaurios/>

Es el fin del Triásico 200 millones de años atrás, marcado por una nueva extinción que esta vez afecta la vida marina más que la terrestre. Familias enteras de peces, erizos de mar y lirios de mar se perdieron con esta extinción que aparentemente está ligada a la generación de la provincia magmática del Atlántico Central, esta provincia es un gran bloque conformado por rocas ígneas, es decir, rocas que provienen del profundo manto de la tierra ^{aa}. El evento ocurre porque a finales del Triásico, el gran continente Pangea

empieza a separarse y estos movimientos tectónicos ocasionan erupciones volcánicas, cambios del nivel del mar, entre otras cosas que tienen gran impacto en la vida (Figura 48). Sin embargo, esta extinción fue casi una buena noticia para los primeros dinosaurios, pues ellos fueron apenas afectados por los cambios en el planeta y empezaron a diversificarse y extenderse rápida y desordenadamente por la faz de la tierra en forma de carnívoros y herbívoros, grandes y pequeños, voladores, terrestres y marinos [∧]. Los dinosaurios en el Jurásico eran los reyes del planeta Tierra.

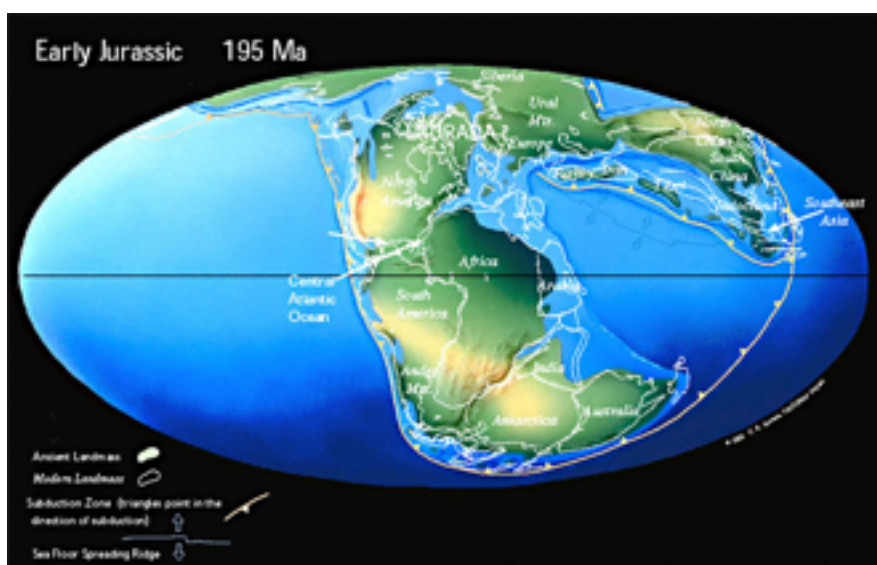


Figura 48. Reconstrucción paleogeográfica del Jurásico temprano. Tomado de: <http://www.scotese.com/jurassic.htm>

Alrededor de 200 millones de años atrás inicia el Jurásico y el fascinante reinado de los dinosaurios, pues llegaron para ser los protagonistas por casi 100 millones de años [∧]. El registro fósil de estos organismos nos muestra que los dinosaurios estaban equipados de formas increíbles para ser los animales dominantes de este período, pues se han encontrado fémures de longitudes mayores a cualquier ser humano, cráneos que alcanzan a medir 2,5m y mandíbulas con hasta 300 dientes; también, caminar en dos patas les sirvió para ganar velocidad y su diversificación logró que pudieran diferenciarse en carnívoros, herbívoros, insectívoros y muchas más especies que les ayudaban a conquistar cualquier rincón del planeta [∧]. Por otra parte, también empezaron a surgir los primeros mamíferos pero estos eran pequeños como ratones y no eran tan abundantes;

los anfibios y los reptiles se desarrollaron lentamente durante este período. A parte, nuevas especies aparecieron como los *Ammonitas*, estos animales ahora están extintos y eran moluscos marinos similares a un pulpo pero con caparazón; sus conchas podían alcanzar el tamaño de una rueda de camión y fue una de las especies que más aumentó su población, encontrándose en casi todas partes del mundo (Figura 49) ^y. Durante este tiempo, el gran continente Pangea lentamente se fragmentaba para formar dos nuevos continentes: Gondwana y Laurasia, además se forma el Océano Pacífico y permanece el océano Tetis; esto sucede durante todo el Jurásico y alcanza su última etapa a finales de este mismo período (Figura 50) ^z.



Figura 49. Ilustraciones de la fauna en el Jurásico. Tomado de: <http://www.3djuegos.com/comunidad-foros/tema/10254945/3/jurasico/>

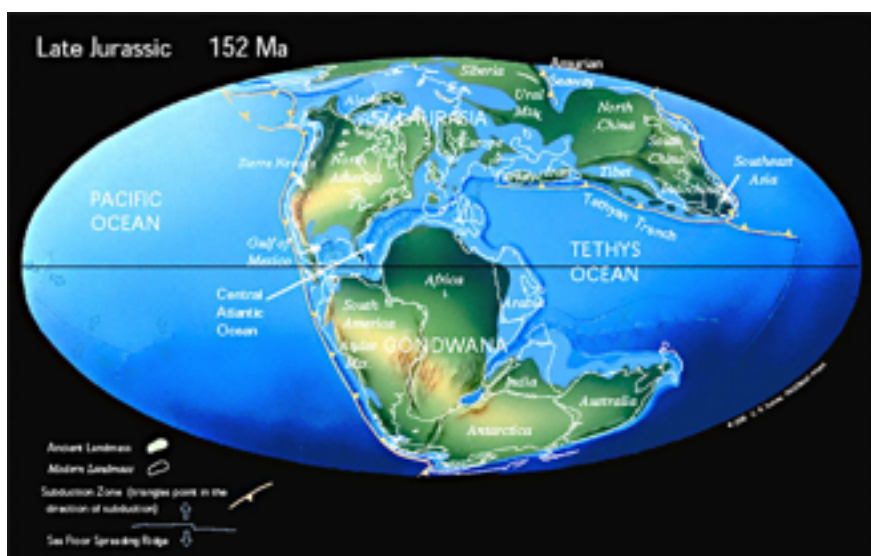


Figura 50. Reconstrucción paleogeográfica del Jurásico tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/late1.htm>

145 millones de años atrás empieza el Cretácico, el período más largo de toda la escala del tiempo geológico con una duración de casi 80 millones de años. Durante este tiempo el continente Gondwana se divide, y es aquí donde sucede lo que todos hemos sospechado cuando miramos un mapa del mundo, América del Sur estuvo alguna vez unida a África. Estos dos continentes hacían parte de Gondwana y en el Cretácico se separan al igual que también se separa India y la nueva configuración no era tan alejada de la actual ^z. La ruptura de Gondwana también da origen al Océano Atlántico y al mar Caribe, pues la separación de los continentes dio paso a la generación de nuevos mares y a un ascenso constante del nivel del mar, lo que causó que zonas desérticas y áreas que habían sido tierra firme ahora estuvieran completamente inundadas por el mar (Figura 51) ^y. De hecho no hay que ir muy lejos para evidenciar estos cambios hace millones de años, en Villa de Leyva se encuentra la Formación Paja, la cual está compuesta de lutitas y arcillolitas, rocas sedimentarias de grano muy fino; estas rocas sugieren que durante este tiempo, el territorio Colombiano estaba inundado por el mar y que albergaba gran cantidad de vida marina ^{ff-gg}. Uno de los fósiles más populares es el de un reptil marino gigante y terrorífico: el *Kronosaurus*, este reptil carnívoro podía llegar a medir 10 metros de longitud (Figura 52) ^{ff-gg}. También se han encontrado tortugas, peces y Ammonitas ^{hh}. Al Cretácico también llegan los colores; pues las plantas con flores empiezan a aparecer y con ellas llega la polinización, este es el mecanismo por el cual las flores se reproducen, teniendo los insectos un gran papel en este proceso (Figura 53) ^y.

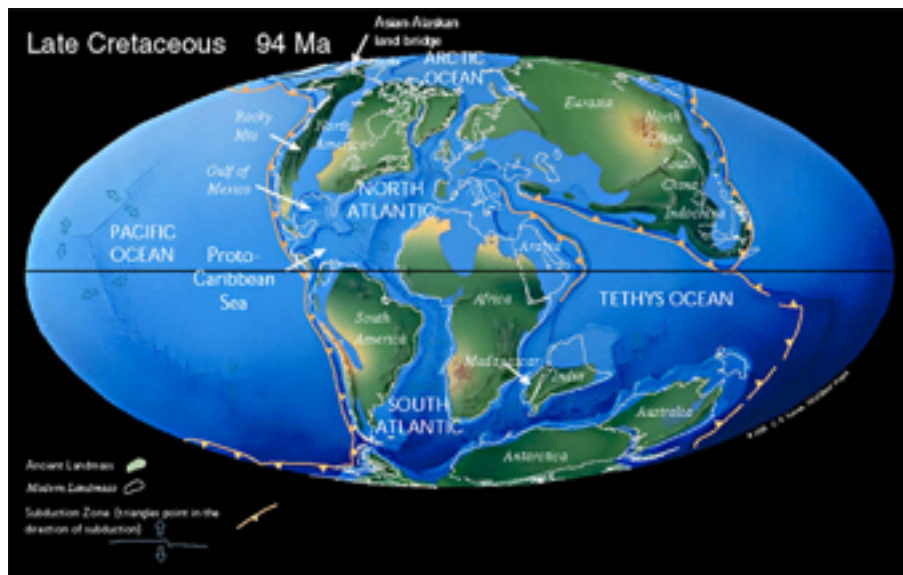


Figura 51. Reconstrucción paleogeográfica del Cretácico tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/cretaceo.htm>



Figura 52. Kronosaurus. Tomado de: <http://www.dinosaurfact.net/Marine/Kronosaurus.php>

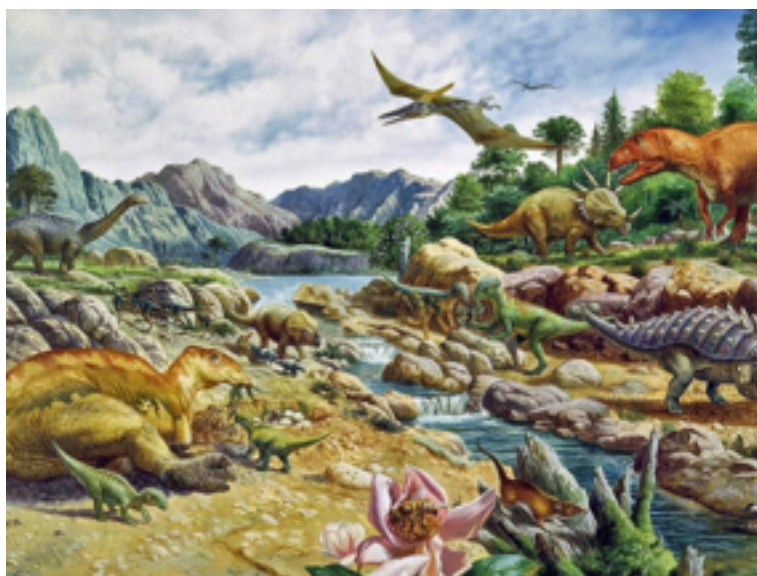


Figura 53. Ilustración de la fauna en el Cretácico. Tomado de: <http://www.mobes.info/articulo/4947368262/>

Un efecto muy importante que produce la división de los continentes consiste en el desarrollo de faunas y floras endémicas; es decir, que solo se encuentran en un lugar en particular. Este es el caso para las plantas, que además de tener características particulares, sirvieron para determinar los climas en diferentes regiones en este tiempo; todo parece apuntar a que las plantas con hojas grandes crecían en climas cálidos y tropicales, mientras que las plantas con hojas más pequeñas solo se encontraban en climas fríos.

El límite K-T, hace aproximadamente 66 millones de años, representa la peor noticia para los dinosaurios y la vida cretácica: extinción. Este nombre procede del alemán Kreide/Tertiär y corresponde al fin de la era Mesozoica o Vida Media y el comienzo del Cenozoico: la era de la vida nueva ^{aa}. Esta extinción es probablemente la más conocida; sin embargo, no fue más devastadora que la extinción del Pérmico, afortunadamente se tiene mucha más información y se han hecho hallazgos fascinantes que nos han dado muchas pistas para su posible explicación; una de ellas es el iridio, este es un elemento de la tabla periódica perteneciente al grupo de los metales, el iridio es poco común en la tierra pero se encuentra regularmente en los meteoritos ^s. Se han hecho hallazgos en rocas del Cretácico con grandes cantidades de iridio, sugiriendo un impacto extraterrestre como una posible causa de la extinción; sin embargo, los estudios astronómicos nos han revelado que la Tierra ha experimentado diferentes impactos de meteoritos a lo largo de la historia, lo que nos dice que si un meteorito fue el responsable de la extinción de los dinosaurios, este tuvo que ser increíblemente grande o que ocurrieran muchos impactos de meteoritos más pequeños pero que tuvieran un impacto equivalente ^{aa}. Estas hipótesis surgieron en la década de 1950, hasta que el hallazgo de un cráter de 200 km² en la península de Yucatán, México en la década de 1980, confirma dicha hipótesis. Pero lo

catastrófico no fue el impacto del meteorito contra la superficie terrestre, fue lo que vino después (Figura 54-55) ^s.

Este impacto causaría que una nube de polvo, suficientemente grande para cubrir el mundo, se levantara hacia la atmósfera, convirtiendo los días en noches, ocultando el sol durante al menos un año. Con el sol oculto, un invierno gobernaría en la tierra, no habría fotosíntesis y el alimento reduciría en grandes cantidades, sobretodo para los animales más grandes, en este caso, los dinosaurios ^s. El registro de polen de ese tiempo indica una cantidad anómala de helechos; esto quiere decir, que debido a la gran capa de ceniza que cayó causada por el impacto extraterrestre, se da una repentina pérdida de las plantas con flores; la cual es reemplazada por los helechos, quienes se recuperaron más rápido y colonizaron la nueva superficie. Este hallazgo confirma entonces esta hipótesis ^s.

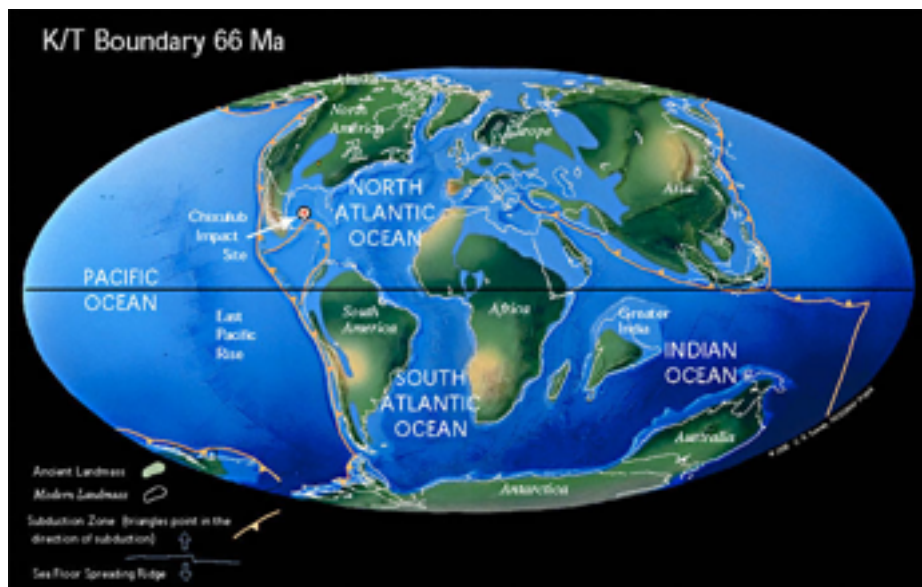


Figura 54. Reconstrucción paleogeográfica y del lugar donde ocurre el impacto extraterrestre que genera la extinción del Cretácico tardío. Tomado de: <http://www.scotese.com/K/t.htm>



Figura 55. Ilustración del impacto extraterrestre causante de la extinción masiva en el Cretácico tardío. Tomado de: <http://www.latercera.com/noticia/los-volcanes-y-el-impacto-del-meteorito-provocaron-la-extincion-de-los-dinosaurios/>

VIDA NUEVA

Si algo hace nuestro planeta es cambiar, a veces mucho a veces poco pero siempre está en constante cambio. Pues bien, el Paleógeno hace 66 millones de años fue un momento de transición para la Tierra, un momento para empezar a adoptar las características actuales en las que ahora vivimos. El océano Atlántico se genera, India inicia su colisión con Asia, África su colisión con Europa y Australia finalmente se desprende de Antártica y comienza a desplazarse hacia el norte ^z. Estos movimientos y colisiones causaron la formación de grandes y majestuosas cadenas montañosas que hoy conocemos como Los Alpes, Himalayas, Pirineos, Balcanes y muchas otras que en la actualidad siguen creciendo; además dieron origen a corrientes marinas frías que cobijaron la Antártica hasta enfriarla lo suficiente como para cubrir de hielo lo que antes eran grandes bosques ^y. El clima que acompañó este período era cálido, mucho más cálido que ahora y los bosques abundaban en zonas tropicales e incluso en latitudes³¹ más altas que hoy en día (Figura 56).

³¹ Latitud: proporciona la localización de un lugar, en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde los 0° del Ecuador hasta los 90°N del polo Norte o los 90°S del polo Sur.

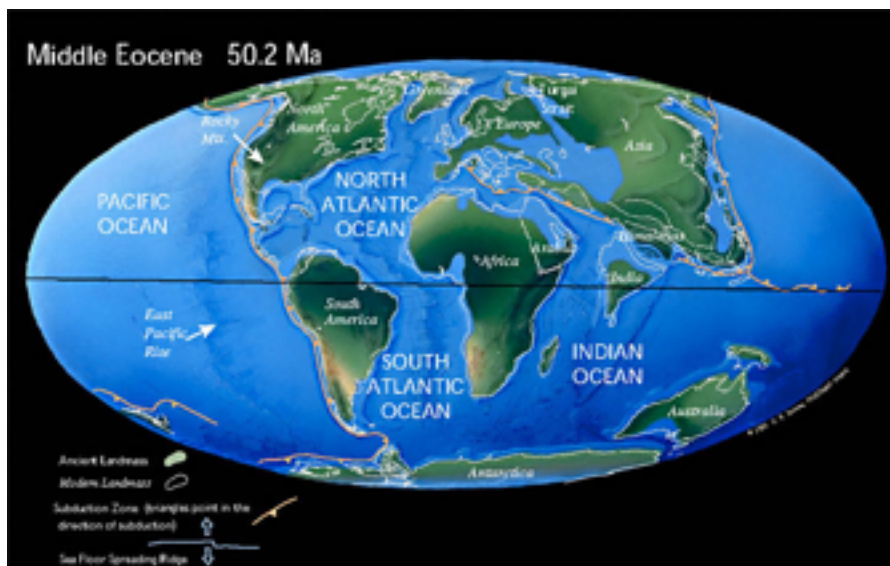


Figura 56. Reconstrucción paleogeográfica del Eoceno medio. Tomado de: <http://www.scotese.com/newpage9.htm>

Colombia guarda el registro del bosque húmedo tropical más antiguo conocido; este estaba ubicado donde ahora encontramos a la desértica Guajira, en un grupo de rocas que conforman la Formación Cerrejón. Allí quedó registrada una historia llena vertebrados y plantas gigantes que ayudaron a descifrar toda clase de cosas, como temperatura, clima, ambiente y hasta quién se comía a quién ⁱⁱ. El bosque húmedo tropical que alguna vez ocupó la Guajira tiene una edad Paleocena, es decir cerca de 60 millones de años y allí se arrastraba el reptil más grande del bosque, el depredador más fuerte, la *Titanoboa*; un animal que llegó a medir 13 metros y pesar 1,27 toneladas, su dieta requería tortugas y dirosáuridos, ambos vertebrados gigantes y ambos encontrados en la Formación Cerrejón ^{jj}. Los dirosáuridos eran una especie ahora extinta similar a los cocodrilos, que se cree, migraron desde África para adaptarse a mejores condiciones después de la devastadora extinción del Cretácico ^{kk}. También se han encontrado peces con tendencia al gigantismo ^{ll}, insectos y gran variedad de plantas con hojas de gran tamaño y plantas con flores; estas plantas jugaron un papel muy importante en la definición del clima de la época del Paleoceno, estimándose una temperatura media anual de 30°C ^{mm}. Esta temperatura es la principal explicación para la hipótesis del gigantismo como impulsor de la evolución ^{jj}. Otro aspecto importante de las rocas en las que estos organismos fueron hallados, es que

sugieren una transición de ambiente marino a de río, indicando un posible paso de la evolución para adoptar ambientes de agua dulce o quizás prepararse para la vida en tierra firme (Figura 57) ⁱⁱ.



Figura 57. Ilustración de la Titanoboa y la fauna de Formación Cerrajón. Tomado de: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/how-titanoboa-the-40-foot-long-snake-was-found-115791429/>

Otras familias de animales también se desarrollaron a lo largo de este período. Los mamíferos por ejemplo fueron los que tomaron el poder después de los dinosaurios y dejaron de ser pequeños y apenas perceptibles para ser grandes y variados ^y. Aparecen los primeros osos, hipopótamos, caballos y los marsupiales se abrían su paso también con una rápida diversificación. En el mar también se empezaron a encontrar las primeras ballenas, focas y morsas. Las aves tuvieron protagonismo también en este período y más aun hace 23 millones de años en el Neógeno, apareciendo pingüinos gigantes, pelícanos, patos y palomas (Figura 58) ^y.



Figura 58. Ilustraciones de la fauna del Paleógeno. Tomado de: http://historia.egv.es/general/cronologia/origens/66_milions.html y <http://lapaleontologiaencolombia.blogspot.com.co/2012/08/fauna-del-cenozoico-de-colombia-ii.html>

La transición por la que pasaba el planeta Tierra no acabó en el Paleógeno, por el contrario se prolonga calmadamente hacia el Neógeno hace 23 millones de años, período en el que continuaron alzándose montañas, cambiando el clima, los bosques abundaban y América del Sur se une a América del Norte gracias a la formación del Istmo de Panamá^{y-z}. Este pequeño gigante momento ocasiona una nueva configuración en las corrientes de agua oceánica, comenzando un lento enfriamiento de los océanos y por ende un crecimiento de las masas de hielo en los polos, todo parecía apuntar a una lenta pérdida de los bosques presentes a principio del Neógeno y nueva transición hacia el frío^y. Mientras tanto las especies seguían evolucionando hasta casi adoptar las características actuales y establecerse como modernas y gracias a la unión de las Américas, las especies que se encontraban al sur pudieron migrar al norte y viceversa; este acontecimiento significó un gran intercambio de fauna, pues al estar estos continentes previamente separados, las especies desarrolladas en cada una de las Américas fueron totalmente únicas y diferentes entre sí (Figura 59)^y.

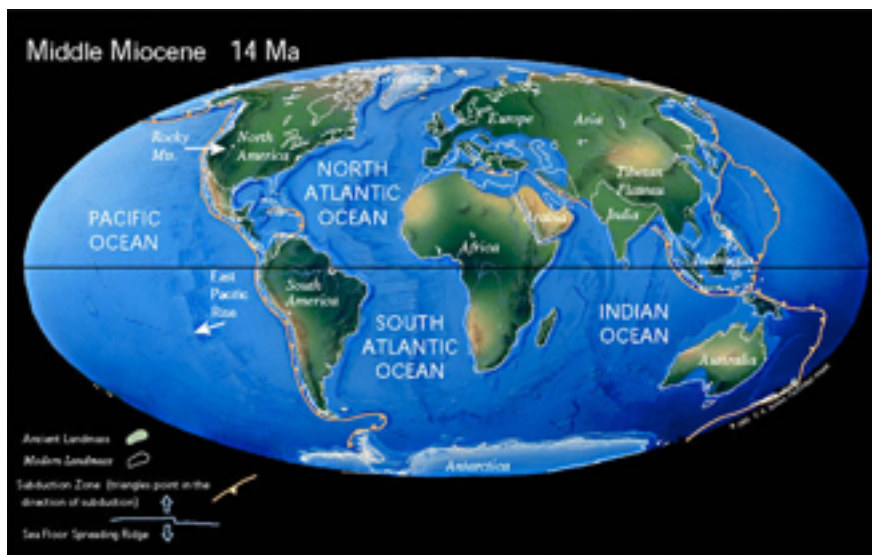


Figura 59. Reconstrucción paleogeográfica del Mioceno medio. Tomado de: <http://www.scotese.com/miocene.htm>

Colombia ha registrado las especies que habitaban antes de este gran evento, representando uno de los tesoros fosilíferos más importantes del mundo; los vertebrados fósiles de este registro tienen una edad de 13 millones de años y se encuentran en lo que

ahora es La Venta, Huila en un grupo de rocas llamado Grupo Honda ^{mm}. Al parecer este desierto que ahora cubre La Venta, antes era una sabana en transición a bosque tropical con lluvias constantes; albergaba gran diversidad de animales y vida como aves, reptiles, peces de agua dulce e incluso varias familias de mamíferos hoy extintos y algunas otras aun existentes como los osos perezosos, osos hormigueros, murciélagos, roedores y muchos marsupiales como zarigüeyas ^{nn-oo}. Estos fósiles cuentan la historia de un inhóspito desierto que antes estaba cargado de vida en un bosque tropical, una vida muy parecida a la que vemos ahora, tan parecida que también se encontraron fósiles de primates, nuestros parientes más cercanos (Figura 60) ^{pp}. 4587 millones de años y 5 extinciones después aparecieron sobre la faz de la Tierra los primos del ser humano. Somos un segundo en un océano de años y aun así seguimos pensando que somos la maravilla de la naturaleza.



Figura 60. Ilustraciones de la fauna del Neógeno. Tomado de: <http://jhoangelleydimar.blogspot.com.co/2015/11/la-evolucion-de-la-tierra.html> y <https://es.wikipedia.org/wiki/Neógeno>

La transición por la que estaba pasando el planeta por fin alcanzaba sus momentos finales en el período Cuaternario; es decir, desde hace 2,5 millones de años hasta hoy. No obstante, esta etapa final necesitó de unos cuantos momentos helados para establecerse por fin en lo que hoy llamamos presente ^z. Pues bien, estos momentos helados constaron de pequeños períodos en los que grandes extensiones de tierra fueron cubiertas por hielo generando eventos de glaciación, los cuales estuvieron intercalados por interglaciares; es decir, momentos en donde las capas de hielo se redujeron y el clima fue un poco más cálido (Figura 61) ^s. Se dieron entonces cuatro principales glaciaciones en las que

existieron los mamuts, dientes de sable, mastodontes y todo tipo de mamíferos gigantes que hoy vemos solo en las películas y que lamentablemente hoy no están, quizá gracias a nosotros (Figura 62) y.



Figura 61. Reconstrucción paleogeográfica del Cuaternario y último máximo glacial. Tomado de: <http://www.scotese.com/lastice.htm>



Figura 62. Ilustraciones de la fauna del Cuaternario. Tomado de: <http://biogeolagunas.blogspot.com.co/2016/05/era-cenozoica.html> y <https://www.emaze.com/@AZROIRRQ/Presentation-Name>

Aun así, este tiempo seguía siendo el tiempo de las aves y los mamíferos y en especial de los primates; los cuales subiendo en la escala de la evolución, concluyeron en la aparición de la especie *Homo sapiens*, los seres humanos, nosotros y. Desde sus primeras evidencias en África, hasta su rápida y descontrolada evolución, es ahora el ser humano el efímero emperador del planeta Tierra, tan pronto fue capaz de comunicarse, memorizar

y transmitir información, se ha dedicado a hacer suya la tierra y desde entonces no ha parado (Figura 63) y.



Figura 63. Representación geográfica del mundo actual. Tomado de: <http://www.scotese.com/modern.htm>

4. Conclusiones.

A lo largo de la escritura de este bosquejo es muy notorio que la paleontología es una herramienta que permite enlazar la ciencia con la sociedad debido a: i) es una ciencia multidisciplinaria que envuelve no solamente la historia de la vida si no también procesos químicos y físicos del pasado para formular hipótesis acerca del cambio de los organismos en el tiempo, ii) permite sintetizar datos empíricos de una manera cohesiva debido al hilo conductor de la vida, iii) se presta para recrear escenarios didácticos que cautivan la atención de cualquier lector, debido a que somos organismos vivos y por lo tanto la pregunta acerca de nuestro origen siempre es relevante, y iv) finalmente, debido a que es una ciencia histórica la narración fácilmente transporta al lector por el tiempo geológico.

Aparte, debido a la concepción y orden de la narración de este bosquejo; al final de este, cualquier lector podrá concluir que tener una visión antropogénica acerca de la vida y sus

procesos es errónea. Por lo tanto, se esperaría que el objetivo máximo de este bosquejo fuera darle al lector elementos de juicio necesarios para juzgar a todas las formas de vida con el mismo grado de importancia.

Asimismo, a lo largo de la escritura de este bosquejo, se evidencia la necesidad de incluir un glosario y diferentes tipos de ilustraciones como herramientas de apoyo para extender términos y conceptos fundamentales para que el lector vea la ciencia y su entendimiento de una manera lúdica.

Si bien existe suficiente material bibliográfico acerca de las localidades fosilíferas en Colombia, la falta de publicaciones divulgativas de las mismas es notoriamente escasa o en su defecto han sido de muy baja circulación, haciendo difícil su consulta para el público no especializado. En consecuencia, proyectos como el bosquejo que se presenta aquí son críticos para permitir la apropiación social del conocimiento y del territorio, mediante la descripción y contextualización global de la riqueza fosilífera de Colombia .

Una de las preguntas más recurrentes durante la concepción de este trabajo fue acerca de los pocos libros de divulgación de paleontología disponibles en el mercado. ¿Por qué no hay muchos libros acerca de este tema si puede conectar fácilmente conceptos de ciencia básica con público no especializado? La respuesta, quizá radica en la falta de entrenamiento, a nivel de pregrado, en escritura divulgativa en geología. Si se quiere democratizar la ciencia un paso fundamental debe ser el adiestramiento de jóvenes científicos en esta área.

5. Referencias.

- a. Sagan, C. 2000. El mundo y sus demonios. Libro. España
- b. <https://biomedvinetas.wordpress.com/2014/06/28/la-celula-por-dentro/>
- c. <https://www.trueorigin.org/atp.php>
- d. Jackson, P.W. 2006. The Chronologers' Quest: The Search for the Age of the Earth. Cambridge University Press.
- e. Patterson, C. 1956. Age of meteorites and the earth.
- f. Oparin, A. 1924. The origin of life.
- g. Haldane, J.B.S. 1929. The origin of life.
- h. Miller, S.L. 1953. A production of amino acids under possible primitive earth conditions.
- i. Fox S.W. 1980. Metabolic microspheres.
- j. Rosing, M.T., Frei, R. 2004. U-rich Archaean sea-floor sediments from Greenland- indications of 3700 Ma oxygenic photosynthesis.
- k. Sagan, C. & Chyba, C. 1997. The early faint sun paradox: Organic shielding of ultraviolet-labile greenhouse gases.
- l. Martindale, R., et al. 2015. Sedimentology, chemostratigraphy, and stromatolites of lower Paleoproterozoic carbonates, Turee Creek Group, Western Australia.
- m. Rasmussen, B. Filamentous microfossils in a 3.235 million year old volcanogenic massive sulphide deposit.
- n. Altermann, W. & Kazmierczak, J. 2003. Archaean microfossils: A reappraisal of early life on Earth.
- o. Sagan (Margulis), L. 1967. On the origin of mitosing cells.
- p. Brocks, J.J. et al. 1999. Archean molecular fossils and the early rise of eukaryotes.
- q. Butterfield, N.J. 2000. Bangiomorpha pubescens n. gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes.

- r. Futuyma, D. J. 2005. Evolution. Sinauer Associates, Inc.
- s. Benton, M. J. & Harper, D. A. T. 2009. Introduction to Paleobiology and the Fossil Record. Willey-Blackwell. Oxford.
- t. Boggs, S. 2011. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- u. <http://www.stratigraphy.org>
- v. Bryson, B. 2003. A Short History Of Nearly Everything. Libro. Broadway Books. New York.
- w. Doyle, P. 1996. Understanding Fossils: An Introduction to Invertebrate Palaeontology. Wiley-Blackwell. Inglaterra.
- x. Klepeis, K. A. & Vine, F. J. Global Tectonics. Wiley-Blackwell.
- y. Gould, S. 1993. El Libro de la vida. Libro. Londres.
- z. <http://www.scotese.com/earth.htm>
- aa. Bambach, R. K. 2006. Phanerozoic Biodiversity Mass Extinctions
- bb. Caster, K.E. 1939. A Devonian Fauna from Colombia.
- cc. Giraud, M. J. 2014. El mar en la localidad tipo del Devónico medio, del municipio de Floresta-Boyacá, Colombia.
- dd. Royo, J. & Gómez. Fósiles Devónicos de Floresta (Departamento de Boyaca).
- ee. Janvier, P. & Villaroel, C. 1998. Los Peces Devonicos del Macizo de Floresta (Boyaca, Colombia). Consideraciones, taxonómicas, bioestratigráficas, biogeográficas y ambientales.
- ff. Jerez, J. H. & Narváez, E.X. 2001. *Callawayasaurus colombiensis* (Welles) Carpenter 1999 El Plesiosaurio de Villa de Leyva (Boyacá, Colombia). ¿Un Nuevo Eespecimen?.
- gg. Páramo, M. E. 2015. Estado actual del conocimiento de los reptiles marinos crétacicos de Colombia.

- hh. Cadena, E. A. 2014. El registro fósil de las tortugas en Colombia; una revisión de los descubrimientos, investigaciones y futuros desafíos.
- ii. Wing, S., Herrera, F., Jaramillo, C., 2009, Late Paleocene fossils from the Cerrejón Formation, Colombia, are the earliest record of Neotropical rainforest, *PNAS* .
- jj. Head, J., Bloch, J., Hastings, A., Bourque, J., 2009, Giant boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures, *nature* .
- kk. Hastings, A., Bloch, J., Jaramillo, C., 2011, A new Longirostrine Dyrosaurid (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) from The Paleocene of north-eastern Colombia: biogeographic and behavioural implications for new-world Dyrosauridae, *Palaeontology* .
- ll. Hastings, A., Bourque, J., Bloch, J., 2009, New fossil lungfishes from The Paleogene of Colombia, Southeastern Association of Vertebrate Paleontology .
- mm. INGEOMINAS, 2007. Fósiles Característicos de La Venta, Huila. Museo Geológico Jose Royo y Gómez. Bogotá.
- nn. Madden, R., Savage, D. & Fields, R., 1997. A History of Vertebrate Paleontology in the Magdalena Valley. Smithsonian Institution. United States of America. p. 3-11.
- oo. Goin, F., 1997. New Clues for Understanding Neogene Marsupial Radiations. Smithsonian Institution. United States of America. p. 187-206.
- pp. Fleagle, J., Kay, R. & Anthony, M., 1997. Fossil New World Monkey. . Smithsonian Institution. United States of America. p. 473-496.