



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**GUIA TEMATICA DE CONSULTA GENERAL  
PARA MUSEOGRAFOS DE  
HISTORIA NATURAL. ENFASIS EN PALEOBIOLOGIA**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
BIOLOGO  
PRESENTA  
LUIS ALBERTO HERRERA GIL**

**MEXICO D. F.**

~~1993~~

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A MIS PADRES Y HERMANOS**

**A MIS AMIGOS**

**A MIS MAESTROS**

**A MIS ESTUDIANTES**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer patente mi agradecimiento a mis padres por haberme enseñado el respeto que uno se debe a sí mismo. También deseo agradecer a mis maestros de todos los niveles que supieron alentar mi interés por el conocimiento.

Deseo agradecer a Reinhard Weber-Göbel por hacerme discípulo de su autodisciplina y rigor profesionales y por brindarme su amistad sincera.

Agradezco sinceramente a Alejandro Martínez-Mena por su apoyo decidido, por su consejo siempre reflexivo y centrado; en especial agradezco su amistad a toda prueba y el haber aceptado fungir como asesor de este trabajo. Agradezco la fe y la confianza de mis coasesoras, Judith Márquez, Cristina Cramer, Anabel y Citlali, así como su paciencia; mi cariño y agradecimiento para todas ellas.

Va un agradecimiento especial a Enrique González-Navarro, un amigo que nunca perdió la fé en que ésto llegaría a buen término algún día.

Gracias a Manuel Rodríguez-Rodríguez por sus observaciones sobre la parte de Cosmología y Astronomía, a Luis Rafael Segura-Vernis por sus certeras observaciones sobre la presentación de la bibliografía, a Rodolfo Cruz-Orozco por su impulso y a David A. Siqueiros-Beltrones por sus comentarios sobre evolución biológica y su amistad.

Alejandro Alvarez-Arellano, Giovanni Malagrino Lumare, Javier Gaytán-Morán, Aurora Rebolledo-López de la U.A.B.C.S., gracias por su impulso y apoyo decididos en la realización de este trabajo, reciban mi agradecimiento y afecto.

También deseo agradecer a Antonio Lazcano-Araujo por demostrarme que la Ciencia puede profesarse como una causa.

Luis A. Herrera-Gil  
La Paz, Baja California Sur,  
12 de Noviembre de 1993.

## PREFACIO

Uno de los patrimonios fundamentales de quienes habitan la península de Baja California, si no es que el principal, es el paisaje peninsular mismo. Por supuesto, este paisaje es en gran medida producto de un desarrollo geológico y paleobiológico que puede ser manejado también como un patrimonio conforme se lo conoce y se hace explícito a la población de los estados peninsulares.

La base para lograr esto es, por supuesto, la información científica generada a lo largo de su historia. Hoy en día, la cantidad y la calidad de dicha información puede ya manejarse a un nivel descriptivo de interés general. Un medio que consideramos idóneo en este sentido es el trabajo museográfico serio, porque en él pueden combinarse de la mejor manera la información escrita, con la información auditiva y visual sin menoscabo de su veracidad. En la obra titulada *Museum Ethics* (La Etica de los Museos), publicada por The American Association of Museums de E. U. desde 1978, G. W. Mead y sus colaboradores establecen:

"La Investigación y preparación de una exhibición llevará con frecuencia al profesional a desarrollar un punto de vista o sentido interpretativo del material. Este deberá tener muy claro el punto en el cual el juicio profesional de peso termina y el sesgo personal

comienza y deberá tener la confianza en que la presentación resultante es el producto de un juicio objetivo".

El establecimiento de museos ha demostrado ser una práctica saludable no sólo en lo referente a la cultura en general, sino también para la economía de la población que la lleva a cabo. En la Península, en particular en el estado de Baja California Sur, existen diversos museos únicamente de exhibición, esto es, no poseen áreas dedicadas a la investigación científica ni al establecimiento de colecciones de consulta. En lo que compete a este trabajo, la Historia Natural, es en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, la institución en la que actualmente laboramos, en donde se ha iniciado un área de colecciones geológicas, paleontológicas y biológicas y se le ha asignado oficialmente el nombre de Museo de Historia Natural de la U. A. B. C. S. La perspectiva es que, a largo plazo, cuente con un edificio propio que incluya un área para exposiciones temporales y permanentes, frutos de investigación científica extensiva. Sin embargo, fuera de este caso, no existe en el estado un museo que haya sido pensado explícitamente como museo de Historia Natural.

De manera general, consideramos que las exhibiciones museográficas, para que cumplan realmente con su función formativa, deben abordar aspectos teóricos generales, además de aspectos particulares y locales. De acuerdo a lo anterior, pensamos que, en particular, la historia Geológica y Paleobiológica de la Península

puede manejarse como un todo integrado con la generalidad de la evolución universal y que esto constituiría un preámbulo sin paralelo para explicar el relieve y la biodiversidad del Reciente peninsular. Por supuesto, para lograr lo anterior, el enfoque cronológico-evolutivo es el más adecuado. Sin embargo esto implica una serie de dificultades prácticas. Una de ellas, de carácter básico, es el acopio de la información general actualizada astronómica, geológica y paleobiológica para la elaboración de los guiones museográficos correspondientes. Muchas veces se acude a ciertos libros de texto relativamente especializados, los de Geología Histórica, por ejemplo. Sin embargo, los libros de texto no constituyen una fuente idónea porque los lapsos entre las diferentes ediciones son largos y la información se vuelve obsoleta con rapidez. En este trabajo incluimos libros de texto atendiendo sólo a aquellas partes de los mismos que no han perdido actualidad, ya sea en información o en cuanto a manejo de imágenes. La información más actualizada se encuentra, sin duda, en artículos de revistas especializadas. La desventaja de acudir a éstos es que son de difícil acceso y en ellos la información se encuentra dispersa. No obstante, los artículos publicados en revistas de difusión y divulgación científica pueden ser una buena opción si se seleccionan con criterio y poseen además la ventaja de proporcionar información gráfica, la cual debe ser sujeta al mismo tipo de análisis selectivo. Por otra parte, son los que le siguen en información actualizada a los artículos científicos especializados y suelen ser de más fácil acceso.

Otra dificultad práctica para el procesamiento de la información es que ésta se encuentra generalmente en un idioma diferente al español.

Según nuestra experiencia, no existen obras de consulta elaboradas exprofeso para el tipo de trabajo que aquí nos ocupa. El presente trabajo constituye un intento a este respecto.

Luis Alberto Herrera Gil  
La Paz, Baja California Sur,  
Mayo de 1993.



## OBJETIVOS E INTRODUCCION

El objetivo primordial de este trabajo es el de servir como una obra de consulta para museógrafos dedicados a la Historia Natural, poniendo a su alcance, en español y, en la medida de lo posible, datos rigurosos y actualizados en la materia.

También se pretende mostrar de hecho que la historia geológica y paleobiológica de la península de Baja California, en donde se realizó este trabajo, puede integrarse en el contexto de la Historia Universal *sensu stricto*.

Para lograr lo anterior se ha requerido del concurso de datos de varios campos científicos, principalmente de la Paleobiología, la Geología Histórica y la Astronomía, entre muchos otros.

Por otra parte, este trabajo es producto de una investigación bibliográfica y de datos de investigación de primera mano, producto de proyectos propios. Cabe hacer notar el hecho de que todas las localidades fosilíferas de la Península que se citan han sido visitadas y muestreadas personalmente.

El trabajo se encuentra dividido por motivos prácticos en dos unidades. La primera, dedicada a la Cosmología y a la Astronomía, recibe un tratamiento más general y más breve de manera que sirva como un antecedente y una introducción a la siguiente. El tema central de la segunda unidad y al que se le da el énfasis fundamental en este trabajo, es la Teoría Evolutiva, entendiéndose ésta como el desarrollo histórico de lo viviente dados los mecanismos de la evolución biológica.

Ambas unidades comprenden un total de cuarenta temas a escoger divididos en incisos. Estos temas fueron seleccionados según su importancia científica y tomando también en cuenta su espectacularidad potencial desde el punto de vista museográfico. Se procuró darles a los temas y a sus incisos un orden cronológico utilizando para ello las eras y períodos de la Tabla Geocronológica que se usa en Geología. El trabajo se encuentra redactado de modo descriptivo y no se incluyen citas bibliográficas en el texto con el objeto de facilitar la lectura. Por lo mismo, se evitó al máximo la utilización de nombres de personajes. Por otra parte, algunas teorías generales y principios científicos se mencionan cuando se considera estrictamente necesario, la más de las veces se han dejado implícitos en el texto. Al finalizar cada tema se incluye un listado de obras de consulta bajo el mismo título del apartado correspondiente. Estas incluyen artículos y libros de texto. En este caso también se evitó al máximo la utilización de artículos científicos formales dando preferencia a textos y artículos de revistas de divulgación científica que reuniesen las cualidades de poseer un alto grado de rigor científico y, de preferencia, presentar ilustraciones de calidad, atendiendo al objetivo eminentemente museográfico del trabajo. En lo referente a las ilustraciones, cuando éstas muestran esquemas, cuerpos celestes, fósiles importantes o representativos, o restauraciones rigurosas con buena calidad artística y de impresión, se cita el número de la referencia bibliográfica entre paréntesis inmediatamente después de la oración que se refiere al tema o al objeto en cuestión, según

sea el caso. Abajo y a la derecha de la referencia correspondiente se han colocado entre paréntesis las páginas de la referencia en cuestión o se indica si se trata de la portada, por ejemplo, de la revista correspondiente.

No debe soslayarse que este trabajo podría tener aplicaciones en la docencia. Esto es, como obra de consulta en la impartición de cursos generales de Paleobiología y Geología Histórica a nivel superior, por ejemplo.

## CONTENIDO

### PRIMERA UNIDAD: DESDE EL ANTECEDENTE COSMOLOGICO.

1.	EL ORIGEN DEL UNIVERSO.....	1
2.	ORIGEN Y EVOLUCION DE LAS ESTRELLAS Y GALAXIAS.....	3
3.	ORIGEN Y EVOLUCION DEL SISTEMA SOLAR.....	4
4.	ORIGEN Y EVOLUCION DEL SISTEMA TIERRA-LUNA, SE INICIA EL PRECAMBRICO DE LA TABLA GEOCRONOLOGICA..	8

### SEGUNDA UNIDAD: EL ADVENIMIENTO Y LA EVOLUCION DE LA BIOSFERA.

5.	EL ORIGEN DE LA VIDA.....	15
6.	SURGIMIENTO DE LOS PRIMEROS TIPOS CELULARES.....	17
7.	LA PROLIFERACION DE LA VIDA PLURICELULAR Y DE LOS PRIMEROS MICROORGANISMOS CON PARTES MINERALIZADAS.....	23
8.	SURGIMIENTO DE LOS PRINCIPALES TAXA MAYORES.....	26
9.	LA GRAN EXTINCION DE FINALES DEL ORDOVICICO Y ALGUNOS SUCESOS IMPORTANTES EN LA EVOLUCION DE LA FAUNA MARINA Y DULCEACUICOLA DEL SILURICO Y PRINCIPIOS DEL DEVONICO.....	32
10.	ESTABLECIMIENTO DE LAS PRIMERAS FLORAS DE AMBIENTES DE TRANSICION.....	34
11.	LOS PRIMEROS ANFIBIOS.....	36
12.	EL SISTEMA ARRECIFAL DEL CARBONIFERO.....	38
13.	LA FLORA CARBONIFERA.....	39
14.	LA COALESCENCIA DE PANGEA Y EL SURGIMIENTO DE LOS REPTILES.....	41
15.	LA PRESENCIA DE FORAMINIFEROS FUSULINIDOS PERMICOS REDEPOSITADOS EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA....	45
16.	LA BIOTA PANGEANA DEL PERMICO.....	45
17.	LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE PERMICO-TRIASICO (P/T).....	49
18.	LA RECUPERACION DEL SISTEMA ARRECIFAL EN EL TRIASICO.....	50
19.	LA FLORA CONTINENTAL DEL TRIASICO.....	51
20.	LA FAUNA DE REPTILES CONTINENTALES TRIASICOS Y EL ORIGEN DE LOS MAMIFEROS.....	52
21.	LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE TRIASICO-JURASICO (T/J).....	53
22.	ALGUNOS EVENTOS IMPORTANTES EN EL SENO DE LA BIOTA MARINA DEL JURASICO.....	54
23.	LA RADIACION EVOLUTIVA DE LOS AMONITAS JURASICOS Y ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS AMONITAS JURASICOS PENINSULARES.....	55

24.	COEVOLUCION DE LA FLORA Y FAUNA EN EL AMBIENTE CONTINENTAL DEL JURASICO, DADO EL AUJE DE LOS DINOSAURIOS RAMONEADORES ALTOS.....	56
25.	EL ORIGEN DE LAS AVES.....	60
26.	LOS AMONITAS CRETACICOS PENINSULARES.....	62
27.	LOS RUDISTAS DE BAJA CALIFORNIA.....	63
28.	COEVOLUCION DE LA FLORA Y FAUNA EN EL AMBIENTE CONTINENTAL DADO EL AUJE DE LOS DINOSAURIOS RAMONEADORES BAJOS Y ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS DINOSAURIOS CRETACICOS PENINSULARES.....	64
29.	LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO (K/T).....	68
30.	RADIACION EVOLUTIVA DE AVES Y MAMIFEROS EN LA ERA CENOZOICA.....	72
31.	LA FLORA CONTINENTAL DEL CENOZOICO.....	75
32.	LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS GIGANTES DEL EOCENO PENINSULAR.....	76
33.	SOBRE LA PRESENCIA DEL REPRESENTANTE MAS ANTIGUO DEL LINAJE DEL CABALLO ACTUAL EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA.....	78
34.	EL PROTOGOLFO DE CALIFORNIA.....	79
35.	LA BIOTA PENINSULAR DEL OLIGOCENO/MIOCENO (O/M).....	80
36.	LOS VERTEBRADOS TERRESTRES PENINSULARES DEL PLIOCENO.....	82
37.	EL PAISAJE TERRESTRE DEL RANCHOLABREANO PENINSULAR..	83
38.	EL ORIGEN DEL HOMBRE.....	84
39.	EL ORIGEN DEL HOMBRE AMERICANO.....	91
40.	EL ORIGEN DEL HOMBRE PENINSULAR.....	92

--- ooo o000o ooo ---

**PRIMERA UNIDAD:**  
**DESDE EL ANTECEDENTE  
COSMOLOGICO.**

## 1. EL ORIGEN DEL UNIVERSO:

Las ideas actuales sobre el Origen del Universo parten del descubrimiento de que éste se encuentra actualmente en proceso de expansión. El autor de dicho descubrimiento fué Edwin Hubble en 1923.

El desarrollo lógico de estas ideas llevó a pensar que el universo se formó a partir de lo que se ha dado en llamar la **Gran Explosión** o el **Gran Estallido**, (o "**Big Bang**", su nombre original en inglés).

Las ideas actuales sobre el Origen del Universo combinan elementos de varias teorías previas, todas ellas, a su vez, relacionadas entre sí. La del "**Huevo Cósmico**", de George Edward Lemaitre y otros, la del "**Big Bang**" ("**Gran Estallido**") original de George Gamow y la del "**Universo Inflacionario**" de Alan Guth.

El fenómeno se habría iniciado hace entre 15 y 20 mil millones de años.

Esta síntesis plantea un estado original concentrado y ultradenso de todo lo que sería después la **materia y energía** de nuestro Universo, así como de sus dimensiones (incluido lo que conocemos como **espacio y tiempo**). Todo ello a una temperatura extraordinariamente alta.

A las primeras microfracciones de segundo de iniciado el "**Gran Estallido**", y al disminuir la temperatura muchos millones de grados, **se habría dado el desacoplamiento inicial de materia y energía**, y habrían podido formarse los primeros componentes atómicos tales como protones, electrones, neutrones, neutrinos, etc. y al bajar hasta los cien millones de grados podrían haberse configurado átomos (IV).

Le energía remanente del Gran Estallido (como el calor que se percibe en el sitio en que acaba de estallar una granada), puede aún percibirse en forma de ondas de radio. Los radioastrónomos llaman a estas ondas, que pueden ser captadas a donde sea que enfoquen sus radiotelescopios, **radiación de fondo**. Una grave inconsistencia en las observaciones de esta radiación de fondo consistía en que parecía ser uniforme. Cómo podría pues haberse producido una distribución de materia tan heterogénea dentro del marco de una radiación uniformemente distribuida? Sorpresivamente, mediciones recientes llevadas a cabo por el satélite COBE, han logrado detectar la esperada heterogeneidad de la radiación, brindando así un apoyo inesperado, pero bien recibido, a la Teoría del Gran Estallido. Este hallazgo ha

sido calificado por algunos como "el hallazgo más importante del siglo" (VIII).

Según los modelajes teóricos de la teoría, el primer elemento químico en formarse, y que aún en la actualidad constituye el 99% de la materia del Universo conocido, fué el **Hidrógeno**. Como habría de esperarse, es el átomo más sencillo que existe y también se formaron pequeñas mas cantidades aún menores de átomos de **Litio**.

La energía disipada en las fases tempranas y que explica el modelo inflacionario, dió lugar al proceso de condensación de la materia y a la expansión uniforme que observamos en el universo actual.

Así pues, el Universo habría comenzado en un estado homogéneo relativamente ordenado, que pronto se volvió heterogéneo y cuyo desorden habría venido creciendo desde entonces.

#### **I. EL ORIGEN DEL UNIVERSO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. ASIMOV, I., 1971. **El Universo. De La Tierra plana a los quásars**. Al. Ed. Madrid. 420 pp.
- II. BEATTY, J. K. & A. Chakian, editors, 1990. **The New Solar System**. 3rd. ed. Cambridge Univ. Press. 326 pp.
- III. GREENSTEIN, G., 1989. **Through the Looking Glass. Imagine universes sprouting from other universes**. *Astronomy*. 17;10;20-28. Oct.
- IV. GOLDSMITH, D., Oct. 1992. **The Fingerprint of Creation**. *Discover*. 13;10;74-84  
(78, 79, 80)
- V. HAWKING, S. W., 1988. **Historia del Tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros**. Ed. Crítica, Barcelona. 247 pp.
- VI. McDONOUGH, T. R. & D. Brin., 1992. **The Bubbling Universe**. *OMNI*. 15;1;84-90. Oct.
- VII. OVERBYE, D., 1992. **Cosmologies in Conflict**. *OMNI*. 15;1;92-98.
- VIII. POWELL, C. S., 1992. **The Golden Age of Cosmology**. *Scientific American*. 267:1:9 - 12. Jul.

(Portada, 9, 10,



## 2. ORIGEN Y EVOLUCION DE LAS ESTRELLAS Y GALAXIAS

El hecho de volverse heterogéneo implicó que la materia y la energía universales ya no se encontrasen uniformemente distribuidas. En las zonas con mayor densidad de gases comenzarían a condensarse, por acreción gravitatoria, grandes nubes giratorias cuyos centros, al alcanzar presiones y temperaturas extremas, se encenderían con fuego nuclear. Estas habrían sido las primeras estrellas.

La distribución de las estrellas, por otra parte, no habría sido del todo azarosa y simultáneamente con su formación habrían configurado las primeras galaxias.

La estructura de las galaxias que se conocen es muy variada: pueden ser galaxias elípticas, espiraladas, espiraladas barradas, etc. Se sabe que en sus centros las estrellas son en general más antiguas que las de la periferia. La galaxia de la cual forma parte nuestra estrella recibe el nombre de "La Vía Láctea". Durante muchas décadas se pensó que su configuración era elíptico-espiralada, sin embargo hay crecientes evidencias de que se trata de una espiral barrada.

El entendimiento de la dinámica galáctica apenas se inicia. Actualmente existen, por ejemplo, modelos computarizados complejos para explicar como se regenera de manera constante la forma espiralada de algunas galaxias.

Por otra parte, desde hace tiempo se argumentaba que las galaxias podrían encontrarse configurando, a su vez estructuras de mayor tamaño, llamados cúmulos de galaxias. La estructura encontrada al mapear tridimensionalmente alrededor de 2,400 es sin embargo asombrosa: las galaxias parecen estar distribuidas en la superficie de lo que parecerían "burbujas" imaginarias de un tamaño, por supuesto, descomunal (I). Otro tipo de sustancia en proceso de evaluación teórico-práctica es la llamada **materia oscura**, invisible porque no emite luz alguna pero que podría contar, según algunos modelos cósmicos, hasta por el 90 % de la **materia del cosmos**.

Volviendo a lo anterior, los astrónomos han llegado a la conclusión de que han existido tres generaciones de estrellas:

- a) La primera generación, llamada **Población III**, se habría condensado a partir de las nubes de hidrógeno original con cantidades ínfimas de helio;
- b) Toda estrella que fuese suficientemente masiva, sería una estructura de corta duración y estallaría hacia el final de su ciclo. A mayor masa inicial de la estrella,

más energético sería el estallido. Una estrella de entre 4 y 8 veces el tamaño de la nuestra, estalla con una cierta energía y se les denomina **nova** ("nueva"); los estallidos de estrellas de más de 8 veces la masa de la nuestra son los fenómenos más energéticos del universo conocido. A la estrella que sufre este tipo de estallido se le denomina **supernova**. Las condiciones especiales generadas antes y durante el estallido de estas primeras supernovas habrían dado lugar a nuevos tipos de átomos, más complejos como el **carbono** y el **oxígeno**, que habrían sintetizado a partir del hidrógeno y el helio;

- c) En las nubes enriquecidas, producto de la muerte de las supernovas, se formaría la segunda generación de estrellas, la llamada **Población II**, la cual, al partir de átomos de mayor complejidad, sintetizaría en los núcleos estelares átomos aún más complejos tales como los de **Silicio**, **Magnesio** y **Sodio**;
- d) Dado lo anterior, las novas y supernovas resultantes darían lugar a nubes ricas en elementos aún más pesados;
- e) Estas nubes darían lugar a la **Población I**, a la cual pertenece nuestra estrella, **El Sol**. Nuestro sistema solar habría sido desde el principio, pues, rico en elementos pesados, condición indispensable para la formación de lo viviente.

## 2. ORIGEN Y EVOLUCION DE LAS ESTRELLAS Y GALAXIAS. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. BARTUSIAK, M., 1990. **Mapping the Universe**. *Discover*. 11;8:60-63. Aug. ( 60 )
- II. BENNET, G., 1988. **Cosmic Origins of the Elements**. *Astronomy*. 16;8:18-25. Aug.
- III. COMINS, N., 1987. **How Do Spiral Galaxies Spiral?** *Astronomy*. 15;12:6-23. Sept.
- IV. HARTLEY, K. 1989. **A New Window on Star Birth**. *Astronomy*. 17;3:32-36. Mar.
- V. WOSLEY, S. & T. Weaver., 1989. **The Great Supernova of 1987**. *Scientific American*. 261;2:24-32. Aug.

## 3. ORIGEN Y EVOLUCION DEL SISTEMA SOLAR

La formación de nuestro sistema solar se habría iniciado

hace unos 4,550 millones de años cuando una de las nubes enriquecidas fué perturbada por algún fenómeno muy energético (por ejemplo, el estallido de una supernova cercana) y disparó su condensación gravitacional.

Su evolución, vista con algo de detalle, continuaría de la manera siguiente:

- a) La nube habría estado constituida de tres tipos de componentes: gases (vgr. Hidrógeno, Helio, Neón), hielos de distintas composiciones (agua, amoníaco, metano) y materiales de naturaleza mineral (Hierro, Sulfuro de Hierro, Silicatos Ferromagnesianos);
- b) El proceso de condensación y el movimiento giratorio de la nube, habría configurado un enorme disco de materia con un gran abultamiento en el centro, llamada de aquí en adelante **Nebulosa Solar o Planetaria**;
- c) Según una teoría reciente el disco perdería más adelante su relativa homogeneidad al agregarse sus materiales en pequeños "grumos" o **planetesimales**. Extremadamente abundantes en un principio, los planetesimales se encontrarían colisionando constantemente en un franco proceso de acreción gravitatoria;
- d) Asimismo, la estratificación inicial de los elementos y compuestos de la nube, los más pesados en el área cercana al sol en formación, los más ligeros más alejados, tendría una influencia decisiva en el futuro perfil planetario del sistema;
- e) Conforme los planetesimales aumentaban en tamaño y calor interno, se habrían ido estratificando y, los que alcanzasen un diámetro crítico entre los 200 y los 400 km de diámetro, adquirirían **una característica forma esférica**; las sustancias más pesadas como el hierro, el níquel, etc., formarían así un **núcleo central**, y las más ligeras quedarían hacia la superficie constituyendo el **manto y la corteza terrestres**;
- f) La **"Era de las Colisiones"**, continuaría hasta que solo quedase un solo cuerpo material o protoplaneta por espacio orbital; los choques con otros cuerpos mayores de aquí en adelante serían más escasos pero no menos decisivos;
- g) Alcanzadas la presión y temperatura críticas en su núcleo, el gran cuerpo central de la nebulosa planetaria se encendería con un primer gran sople de **Viento Solar**, limpiando de gas y polvo el sistema y

desnudando de sus atmósferas primitivas a los protoplanetas cercanos;

- h) Estos últimos reemplazarían sus atmósferas perdidas mediante procesos de degasamiento interno propios;
- i) La pérdida de sustancias ligeras se vería estimulada aún más en los protoplanetas centrales debido a la intensa radiación del Sol joven;

Habría quedado así establecido el perfil planetario básica de nuestro **Sistema Solar**:

- Una estrella central de **tamaño medio y de color amarillo**.
- Del centro hacia la periferia, cuatro planetas ricos en elementos pesados, los llamados "**Enanos Sólidos**"; **Mercurio, Venus, La Tierra y Marte**. Dos de ellos presentan satélites, La Tierra (1) y Marte (2).
- Les seguiría una zona rica en cuerpos menores denominado **Cinturón de Asteroides**. Estos son principalmente restos, al parecer, de un cuerpo planetario en potencia que no llegó a consolidarse debido a la influencia gravitatoria del planeta Júpiter. Asimismo, se piensa que ahí se encuentran **restos cometarios y meteoritos**, de hecho, la diferencia entre los tres tipos de cuerpos del cinturón asteroidal suele ser bastante sutil;
- Después vendrían los cuatro grandes planetas ricos en elementos ligeros llamados también "**Gigantes Gaseosos**"; **Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno**. Todos ellos presentan numerosos satélites con características interesantes. Un ejemplo muy estudiado es el satélite galileano más cercano de Júpiter llamado **Io**. El pequeño **Io** constituye el único ejemplo de volcanismo activo fuera de la propia Tierra; comparativamente es el cuerpo del sistema solar con mayor actividad volcánica por unidad de volúmen y emite grandes cantidades de gases sulfurados que forman un tenue pero grueso anillo alrededor del planeta. Asimismo, en su viaje alrededor del Sol los restos de la nube van formando a su vez un anillo sulfurado alrededor del astro, constituyéndose en la estructura de mayor diámetro del **Sistema Solar (I)**.
- Todos los Gigantes Gaseosos poseen estructuras al parecer ocasionales y perezosas, resultantes de la destrucción gravitacional de cuerpos asteroidales y cometarios: **los anillos**.

- El último planeta que se ha podido observar sería **Plutón**, un enano sólido con un satélite gigante (**Caronte**) y características orbitales anómalas que hacen pensar que se trata de un satélite escapado a alguno de los gigantes gaseosos o de un cuerpo perteneciente a la estructura que se menciona a continuación;
- Más allá, y rodeando a todo el sistema solar como un inmenso halo, se encontraría la **Nube de Oort**. Este "basurero" espacial contendría el polvo y el gas remanentes de la formación del sistema y la expulsada por el "gran soplo" y sería, a su vez, el semillero de esos cuerpos de órbitas fuertemente excéntricas que llamamos **cometas**.

El futuro de nuestro sistema solar está, como cabría esperar, determinado por el de nuestro astro central, el Sol.

Dado que no posee una masa suficiente, al agotar sus reservas de hidrógeno, nuestra estrella no podría estallar para convertirse en estrella nova. En lugar de ello, dentro de unos 5 000 millones de años, como todas las estrellas de su tamaño, se inflamará hasta constituir una "**Gigante Roja**" más fría y después se contraerá hasta constituir una "**Enana Blanca**" muy caliente y ultradensa.

Después de un largo período en este estado sobrevendría su eventual enfriamiento y con él la del sistema en su totalidad.

### 3. ORIGEN Y EVOLUCION DEL SISTEMA SOLAR. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. BEATTY, J. K. & A. Chakian, editors, 1990. **The New Solar System**. 3rd. ed. Cambridge Univ. Press. 326 pp.
- ( 188 )
- II. DE GORTARI, E. 1984. **En Torno a la Astronomía**. Ed. Grij. México. 158 pp.
- III. ESPOSITO, L. W. 1987. **The Changing Shape of Planetary Rings**. *Astronomy*. 15;9;6-17. Sept.
- IV. FIERRO, J. & M. A. Herrera. 1988. **La Familia del Sol**. F. de Cult. Econ. México. 179 pp.
- V. GALLANT, R. A. 1980. **Natural Picture Atlas of Our Universe**. Nat. Geogr. Soc. Washington, D. C. 277 pp.

- VI. LO PRESTO, Ch. 1989. Looking Inside the Sun. *Astronomy*. 17;3;20-30. Mar.
- VII. NOYES, R. W. 1985. El Sol, Nuestra Estrella. Ed. EdAMex. México. 358 pp.
- VIII. STERN, A., 1992 Where has Pluto's Family Gone? *Astronomy*. 20;9;40-47. Sept.

4. **ORIGEN Y EVOLUCION DEL SISTEMA TIERRA-LUNA, SE INICIA EL PRECAMBRICO DE LA TABLA GEOCRONOLGICA**

Hace entre 4,550 y 4,500 millones de años, La Tierra habría alcanzado su presente tamaño a partir de la acreción de sus planetesimales, poseería un núcleo rico en hierro, una capa periférica o manto rico en silicio y un océano de lava en su superficie cuyo consecuente enfriamiento daría lugar a una corteza de materiales ligeros.

Asimismo, los últimos modelos y observaciones nos indican que en este período, tanto La Tierra como los demás planetas, habrían tenido ya establecidas sus **órbitas elípticas** (casi circulares) alrededor del Sol y su **giro generalmente progrado**.

Lo anterior, combinado con los cambios de inclinación del eje de rotación planetario con respecto al eje solar, a causa principalmente de las frecuentes colisiones, determinarían los **ciclos estacionales** de cada futuro planeta en un momento determinado.

También el tamaño, la composición y su distancia con respecto al Sol, habrían sido determinantes en que las condiciones superficiales planetarias pudiesen o no llegar a ser hospitalarias para la vida. En teoría, existe un promedio de distancia crítico al respecto alrededor de cada estrella. A este espacio se le denomina **Faja Vital**. Venus, or ejemplo, se encuentra demasiado cerca del sol y no entra dentro de la Faja Vital. Marte, por otra parte, se encuentra casi en el límite exterior de la Faja Vital, pero su tamaño y composición no han ayudado al desarrollo de vida (X);

El modelaje también demuestra que, en ese tiempo, habrían existido otros cuerpos de mediano tamaño en órbitas cercanas que eventualmente podrían colisionar con los más grandes. Un hecho la mar de interesante es el siguiente:

- a) Según la teoría más actualizada y con más datos de apoyo, **un cuerpo aproximado en tamaño al planeta Marte colisionó con La Tierra** durante este período, fusionando su núcleo férrico con el de ésta y arrojando una gran cantidad de materiales ligeros del manto y de la corteza al espacio;

- b) La acreción subsiguiente de estos materiales habría formado a **La Luna**, nuestro satélite. Como se sabe, La Luna está constituido casi exclusivamente de materiales ligeros y su composición es muy semejante a la del manto terrestre actual (VII);

Desde ese momento (se piensa que esta gran colisión ocurrió hace entre 4,400 y 4,450 millones de años) todos los materiales fluidos de La Tierra estarían sujetos al **fenómeno de mareas lunares**, ocasionado por la acción gravitatoria del recién formado satélite;

Hace uno 4,200 millones de años la **corteza de La Tierra y la de La Luna habrían alcanzado un estado sólido** aunque muy irregular y profundamente afectado por cráteres de impacto meteorítico-asteroidales;

Por otra parte, estudios de las edades relativas de los cráteres lunares muestran que ésta ha recibido impactos durante toda su historia, incluso se han podido detectar tres grandes eventos de impactos masivos que, al parecer, han alterado la posición del eje lunar en aproximadamente 45 grados en cada uno de ellos; se piensa que La Tierra posee una historia del todo semejante, pero en el caso de ésta, las huellas de impactos han sido borradas de manera continua y extensiva por la dinámica especial de su superficie que mencionaremos más adelante.

En el caso de La Tierra, algunas de las grandes acumulaciones de materiales debidas al intenso bombardeo mencionado podrían haber sido los primordios de los actuales continentes;

En este punto cabe abordar más a detalle la evolución geológica de La Tierra.

La Tierra posee actualmente un **núcleo incandescente** (a 4000 grados C. aprox.) y de 2,600 Km de diámetro, un **manto magmático fluido** en su parte más externa de 2,850 Km y una **corteza sólida** pero delgada, de sólo algunas decenas kilómetros de espesor (un promedio de 40 Km en el área continental y 5 Km en el suelo oceánico). Su evolución ha sido la siguiente:

- a) Siendo la corteza relativamente rígida, en un primer momento, y al encontrarse sobre un manto fluido sujeto a corrientes convectivas, aquélla se fragmentó en gigantescas placas móviles llamadas **placas tectónicas**;
- b) Como sucede actualmente, el material de las placas saldría del manto por "agrietamientos" específicos de la corteza. El piso oceánico se habría formado a partir

de las llamadas dorsales y que actualmente forman extensas cordilleras a la mitad de los océanos y están sujetas a vulcanismo y a difusión de gases a partir del manto mismo;

- c) El material de las placas se reciclaría hacia el manto por zonas en que una placa se mete literalmente debajo de otra (**zonas de subducción**); habría otros movimientos de placas menos típicos;
- d) Sobre algunas de las placas cabalgarían ya estructuras precursoras de las masas continentales cuyo origen se mencionó anteriormente.
- e) El movimiento continental fué notado antes que la existencia de las placas por Alfred Wegener a principios del siglo XX. A dicho fenómeno le llamó **Deriva Continental**;
- f) Ahora se sabe que, a lo largo de la historia de La Tierra, los continentes se han unido en un solo supercontinente varias veces **de manera cíclica** cada 440 millones de años aproximadamente;
- g) La **atmósfera**, producto del degasamiento interno del planeta, sería **muy parecida en composición a los actuales gases volcánicos**; contendría un 80 % de vapor de agua, 10 % de dióxido de carbono y 1 % de nitrógeno, pequeñas cantidades de compuestos azufrados y clorados y cantidades ínfimas de oxígeno, etc.; se habría iniciado también la estratificación que hoy le es característica.
- h) En fechas recientes se ha detectado evidencia de la existencia de "microcometas", cuerpos de unos cuantos metros de diámetro que constituirían un aporte difícilmente observable pero continuo de materiales, principalmente de agua, para la atmósfera terrestre y para la de otros planetas. La estimación es de que unos 28,000 de estos cuerpos ingresan a la atmósfera diariamente. Si tomamos en cuenta que, por las condiciones primordiales del Sistema Solar, debieron ser más abundantes en el pasado, y que el proceso se ha efectuado durante los 4.5 millones de años de edad que tiene La Tierra, la mayor parte de la **humedad terrestre habría tenido sus orígenes en este proceso (II)**;
- i) Una vez alcanzada una temperatura suficientemente baja, la corteza admitiría el contacto con el agua líquida, la cual se depositaría en las partes bajas del relieve en forma de océanos y demás cuerpos acuíferos, concretándose así el ciclo hidrológico; de esto existen



evidencias con una antigüedad de entre 4,000 y 3,800 años.

- j) La cantidad promedio de terreno continental expuesto quedó establecida, al parecer, hace entre 1,400 y 1,000 millones de años. Se piensa que todas las estructuras y procesos anteriores se formaron u ocurrieron más o menos simultáneamente;
- k) La capa nubosa de La Tierra, formada de vapor de agua, actuaría desde entonces como una eficiente amortiguadora de los cambios de temperatura que podrían resultar de las variaciones de la actividad solar; asimismo, el mismo vapor de agua actuaría hasta cierto punto como "gas de invernadero", esto es, permitiendo el paso de la energía luminosa y por ende calorífica del sol y aminorando su disipación hacia el exterior del planeta.
- l) La presencia del dióxido de carbono, compuesto más eficiente como gas de invernadero que todos los mencionados, en conjunto con ellos, habría proporcionado una temperatura inicial favorable para el surgimiento de lo viviente en La Tierra.
- m) Más adelante la vida jugaría un papel de importancia fundamental en la regulación del dióxido de carbono atmosférico;
- n) El proceso de erosión por agua y por aire, así como los fenómenos de movimiento tectónico de la corteza terrestre, habrían borrado las huellas producidas por las continuas colisiones de planetesimales con el globo terrestre. Se piensa que, de no ocurrir esto, la superficie terrestre se asemejaría marcadamente a la de La Luna. El proceso mencionado continuaría hasta la actualidad.
- ñ) Así pues, habríamos obtenido un planeta formado por sus tres "esferas" físicas iniciales: la esfera de roca o Litósfera, la esfera de agua o Hidrósfera y la esfera de gases o Atmósfera, todas ellas tan íntimamente relacionadas, que los límites entre ellas serían difíciles de definir.

#### 4. ORIGEN Y EVOLUCION DEL SISTEMA TIERRA-LUNA, SE INICIA EL PRECAMBRIO DE LA TABLA GEOCRONOLOGICA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. DAMIAN NANCE, R., Worsley, T. R. & J. B. Moody., 1988. *The Supercontinent Cycle*. *Scientific American*. 259:1:44-51. Jul.

II. EHMANN, J., 1986. **Underwater Comets. Cosmic Comets of the Sea.** *OMNI*. 8:10:68-72, 108-109. Jul.

( 70 )

III. GRIBBIN, J., 1983. **Earth's Lucky Break.** *Science Digest*. 91;5;36-40, 102.

IV. GRIBBIN, J., 1986. **La Tierra en Movimiento.** B. C. Salvat. Barcelona. 184 pp.

V. HARTMANN, W. K., 1989. **Piecing Together Earth's History.** *Astronomy*. 17;6;24-34. Jun.

VII. HARTMANN, W. K., 1989. **Birth of the Moon.** *Natural History*. 11:68-90. Nov.

( 74/75 )

VIII. KASTING, J. F., TOON, O. B. & J. B. POLLACK., 1988. **How Climate Evolved in the Terrestrial Planets.** *Scientific American*. 258;2;46-53. Feb.

IX. RUNCORN, S. K., 1987. **The Moon's Ancient Magnetism.** *Scientific American*. 257;6;34-42. Dec.

X. TOON, O. B. & S. OLSON., 1985. **The Warm Earth.** *Science '85*. 6;8;50-57. Oct.

( 36, 37 )

--- 000 o000o ooo ---

## **SEGUNDA UNIDAD:**

# **EL ADVENIMIENTO Y LA EVOLUCION DE LA BIOSFERA.**

## 5. EL ORIGEN DE LA VIDA

El origen de la vida o **Biopoiesis** en La Tierra se dió en el **Precámbrico**, lapso comprendido entre los 4,600 y los 570 millones de años, y puede abordarse mediante un discurso seriado:

- a) En La Tierra, hace unos 3,800 millones de años, existían ya cuerpos de agua líquida;
- b) Existía una atmósfera rica en dióxido de carbono, nitrógeno, agua y gases azufrados, pero prácticamente sin oxígeno libre;
- c) Existían, asimismo, diversas fuentes de energía. La fuente fundamental era el Sol, aún cuando los últimos modelajes físicos indican que era 30% menos luminoso que ahora. Así pues la superficie de La Tierra recibía luz y calor de él. Entre las radiaciones recibidas se encontraba la luz ultravioleta, de alta energía. Asimismo, la energía solar influenciaba la dinámica atmosférica poniendo en juego, como en la actualidad, una inmensa cantidad de energía eléctrica;
- d) La radiación ultravioleta y la electricidad habrían impulsado reacciones químicas entre los compuestos citados provocando la formación de moléculas orgánicas sencillas en los mares primitivos; de ello existen hoy demostraciones experimentales;
- e) Habría también aportaciones de materia orgánica por parte de meteoritos y cometas; en la actualidad se han encontrado en ellos y se piensa que su aporte es, aún en la actualidad, de aproximadamente 300 toneladas de materia orgánica por año. Algunos investigadores consideran este aporte más significativo que el de la síntesis mencionada en el apartado anterior;
- f) El aporte constante de la energía citada habría provocado el rompimiento inmediato de la mayoría de estas moléculas permitiendo sólo la permanencia de las más estables. Este proceso de selección se conoce como **evolución prebiótica**;
- g) Mediante el proceso anterior se habrían constituido y seleccionado, entre otros, cuatro tipos de moléculas fundamentales: azúcares individuales (monosacáridos), ácidos grasos, aminoácidos y nucleótidos.
- h) Al quedar embebidas estas moléculas en minerales de las rocas costeras, particularmente en algunos como el caolín, éste, al actuar como promotor de reacciones

- químicas, habría provocado la unión de cada tipo de molécula con otras de su misma especie;
- i) Lo anterior habría sido el origen de los cuatro grandes tipos de Biomoléculas que constituyen a toda la materia viviente actual:
- i) Los **Glúcidos** (azúcares), con funciones energéticas y estructurales;
  - ii) Los **Lípidos** (grasas), con funciones energéticas y de aislamiento contra la desecación;
  - iii) Las **Proteínas** (cadenas de aminoácidos), que son de hecho las biomoléculas más variables y versátiles, con funciones enzimáticas, estructurales, portadoras, de movimiento, etc.;
  - iv) Los **Acidos Nucléicos** (unión de nucleótidos), con funciones en la codificación de las funciones celulares y en la transmisión de los caracteres hereditarios.
- j) Los cristales de caolín, siendo materia inorgánica, hoy se sabe que procesan energía, crecen, y se heredan las variaciones ("defectos") de su red cristalina;
- k) Se habría dado una evolución conjunta de los sistemas cristalinos del caolín con la materia orgánica;
- l) Sin embargo, dada la mayor flexibilidad de la materia orgánica, ésta habría rebasado evolutivamente a la inorgánica en las funciones citadas y se iría independizando de ella. A este fenómeno hipotético se le ha llamado **reemplazamiento genético**;
- m) Así se habría originado, pues, el primer ser viviente. Una entidad organizada, capaz de captar y procesar materia y energía y crecer; capaz de dar origen a otros seres semejantes a él mismo, más no idénticos. A esto último se le llama actualmente **variabilidad**.
- n) La acción selectiva de los distintos factores del medio ambiente no solo actuarían de aquí en adelante sobre la estabilidad de sus componentes moleculares, sino sobre la eficiencia del organismo en su conjunto y sobre su capacidad de reproducirse y de heredarle sus características a su descendencia. Esto hoy recibe el nombre de **selección natural**.
- ñ) Los proponentes originales de la **Teoría General de la Evolución Biológica** por **variabilidad vs. selección**

natural fueron los británicos Charles Robert Darwin y Alfred Russell Wallace, a mediados del siglo XIX;

- o) Dado que la vida se formó en una época en la cual todavía La Tierra estaba sujeta a grandes y más frecuentes colisiones asteroidales, se piensa que el proceso pudo haberse dado no una, sino varias veces.

## 5. EL ORIGEN DE LA VIDA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. DICKERSON, R. E. 1978. **Chemical Evolution and the Origin of Life.** *Scientific American.* 239:3:70-86. Sept.
- II. CAIRN-SMITH, A. G. 1985. **The First Organisms.** *Scientific American.* 252:6:90-100. Jun.
- III. CHYBA, C., 1992. **The Cosmic Origins of Life on Earth.** *Astronomy.* 20:11:28-35. Nov.
- IV. HORGAN, J., 1991. **In the Beginning...** *Scientific American.* 264:2:100-109. Feb.  
( 100/101 )
- V. HUYGHE, P. 1983. **New Recipe for Cosmic Soup.** *Science Digest.* 91;5:42-44.
- VI. LOVELOCK, J. 1988. **The Ages of GAIA. A Biography of Living Earth.** The Commonwealth Fund Book Prog.- W.W. Norton & Co. N. Y. Lond. 252 pp.
- VII. OPARIN, A. I. 1938. **El Origen de la Vida.** Ed. Grijalbo. 154 pp.
- VIII. SIQUEIROS-BELTRONES, D. A. & L. A. Herrera-Gil. 1986. **Y Surgimos de la Arcilla.** *Panorama.* UABCS. 28-34.

## 6. SURGIMIENTO DE LOS PRIMEROS TIPOS CELULARES

- a) Las entidades organizadas del subtema anterior, una vez libres y separadas del medio por una membrana semipermeable y selectiva, **habrían constituido las primeras células.** La evolución de estos primeros linajes de cas se puede visualizar mediante un discurso seriado según el registro fósil precámbrico (III);
- b) Los fósiles de células más antiguos tienen 3,000 millones de años de edad. Las hay esferoidales de 1 micrómetro de diámetro denominados *Archaeosphaeroides barbetonensis* y parecidas a los actuales bacilos coliformes, denominadas *Eobacterium isolatum* (I).

- c) Los microfósiles precámbricos como los citados se encuentran generalmente en **estromatolitos** fosilizados. Se trata de estructuras de tamaño y forma variables, finísimamente estratificadas, producto de la precipitación de carbonato de calcio provocada por la actividad metabólica de comunidades microbianas, predominantemente bacterianas y algales. Si bien los estromatolitos actuales son carbonatados, los estromatolitos fósiles precámbricos están generalmente reemplazados por óxido de sílice. Según lo muestra el registro paleontológico, durante todo el precámbrico los estromatolitos constituyeron los únicos sistemas arrecifales. Asimismo, a partir de este momento, la **Biósfera** comenzaría a cobrar cada vez más importancia en el ciclo del dióxido de carbono.
- d) El tamaño y la forma de los fósiles anteriormente citados confirmó la hipótesis de que las primeras células eran semejantes a las actuales bacterias; células relativamente sencillas y sin un núcleo delimitado por una membrana. A las células que presentan esta última característica se les denomina **procariotas**. Así, la primera gran radiación de seres vivientes, hace alrededor de unos 2000 millones de años, fué de células procariotas, que aumentaron en número y variedad de formas como se verá más adelante.
- e) La reproducción de las células Procariotas actuales es por un proceso de división relativamente sencilla de una célula madre en dos células hijas. El material hereditario, el ácido desoxirribonucléico (ADN), previamente duplicado, se reparte entre éstas últimas. A este proceso se le denomina **Fisión Binaria** y se piensa que es el tipo de reproducción que presentaban también los procariotas precámbricos.
- f) Sin embargo, dado el descubrimiento a últimas fechas de un tipo especial de ARN (ácido ribonucléico) denominado inicialmente **ribozima**, debido a sus propiedades semejantes a las de alguna enzimas y a la capacidad que tiene de autorreplicarse, se ha llegado a pensar que tal vez estas primeras células poseían originalmente un material nuclear hereditario de tipo ARN. Lo anterior, dadas las propiedades mencionadas y a que se trata de una sustancia más sencilla; esto es, se habría tratado de "riboorganismos" como se les ha dado en llamar. Se han publicado varios modelos metabólicos y reproductivos de este tipo de células basadas teóricamente en un material hereditario como el mencionado;
- g) Por otra parte, se piensa que estos primeros organismos se habrían alimentado en un principio de la materia

orgánica sintetizada abióticamente y que se encontraba en los mares primitivos en grandes concentraciones, es decir, eran **heterótrofos fermentadores**;

- h) Más adelante surgieron procariotas capaces de sintetizar sus propias sustancias alimenticias, es decir, eran **autótrofos**. Hasta entonces, todos los procariotas poseían rutas de metabolismo relativamente sencillas desarrolladas en una atmósfera prácticamente sin oxígeno. De hecho, a sus descendientes actuales el oxígeno les es altamente venenoso. A los organismos que no pueden vivir en presencia de oxígeno libre se les llama **anaerobios**.
- i) Actualmente se estudia un interesante grupo detectado al realizar estudios sobre las relaciones de parentesco a nivel molecular entre bacterias; este grupo posee el mismo grado de diferencia molecular con las bacterias a las cuales se asemeja en estructura superficial, que con las células nucleadas más complejas que mencionaremos más adelante. Se les denomina **Arquebacterias** y poseen, como característica especial, la capacidad de llevar a cabo sus funciones normales en ambientes de temperatura extrema, de alta salinidad o en medios excesivamente ácidos. Ninguna de estas especies soporta la presencia de oxígeno libre. Se ha especulado actualmente sobre la posibilidad de que se trate del grupo ancestral de procariotas, aún ajustado a las condiciones de la Tierra primigenia. A los restantes organismos bacterianos conocidos y distintos de las Arquebacterias se les ha denominado, para distinguirlos, **Eubacterias**, esto es, "bacterias verdaderas".
- j) Se piensa que los primeros procariotas generaron grandes cantidades de ácido sulfhídrico y gas metano. Este último, al incorporarse a la atmósfera actuó como un eficiente gas de invernadero, conservando durante mucho tiempo una temperatura relativamente benigna y estable.
- k) En aquella época surgieron por primera vez autótrofos que utilizaban la energía de la luz solar en la producción de sus alimentos. A éstos actualmente se les denomina **fotoautótrofos** ó **fotosintéticos**. Los procariotas fotosintéticos captan la energía luminosa utilizando como "antena" algún tipo de pigmento como la **clorofila**. Utilizan como materia prima algún compuesto que pueda donar hidrógeno y otro compuesto rico en carbono que lo acepte y fabrican así sus compuestos energéticos propios, principalmente azúcares.
- l) Un paisaje costero de esta época habría sido muy distinto al de uno reciente: habría habido playas con un oleaje y arenas de piritita (alias "el oro de los tontos") sin



oxidar; dada la composición de los gases atmosféricos, el sol habría tenido un color anaranjado más propio de un atardecer aún cuando estuviera en lo alto; el mar, por reflejo, tendría un color pardo rojizo. Las únicas señales de vida habrían sido los estromatolitos con formas diversas dependiendo de las condiciones energéticas de los cuerpos de agua correspondientes: en las zonas arenosas sujetas a la marea habrían tenido forma de hongos, serían cónicos en las aguas tranquilas y ramificados en las aguas agitadas. Los únicos ruidos habrían sido los del viento y del oleaje y los del burbujeo de gases en las matas de algas.

- m) Se tiene un registro fósil de hace aproximadamente 2,000 millones de años de la gran diversidad de formas de procariotas que entonces existían; formas unicelulares tales como *Eosphaera tyleri*, que es el registro más antiguo de una célula con la capacidad de poseer membranas internas; *Gunflintia grandis*, organismo pluricelular filamentosos semejante a las actuales cianobacterias; *Huroniospora* spp., muy semejante a las esporas de resistencia, de gruesas paredes, de los procariotas actuales; *Eoastrion simplex*, una colonia de filamentos y la célebre *Kakabekia umbellata*, un curioso organismo con apariencia de sombrilla. Aunque parezca asombroso, después de descubierto este último organismo al estado fósil, se han encontrado en la actualidad organismos vivos semejantes en varias partes del mundo; la mayoría habitantes de suelos húmedos, fríos y alcalinos, no puede tenerse aún la seguridad de que se trate con exactitud del mismo tipo de organismo que su contraparte fósil a nivel bioquímico, por ejemplo. Sin embargo, el parecido exterior es extraordinario y existe esta interesante posibilidad; el organismo actual, por ejemplo, soporta la presencia de oxígeno, pero no le es necesario para sobrevivir. *Kakabekia barghoorniana*, como se le ha llamado a la especie reciente en honor del descubridor de la especie fósil, es para muchos el género de "fósil viviente" más antiguo conocido (VI);
- n) Hace unos 1,400 millones de años, ciertos procariotas fotosintéticos comenzaron a utilizar el agua como sustancia donadora de hidrógeno, liberando así abundante oxígeno hacia la atmósfera. Estos primeros organismos aerobios debieron ser muy semejantes a las actuales algas azul verdes (un nombre más adecuado sería el de cianobacterias);
- ñ) Se ha postulado que las altas concentraciones de oxígeno produjeron extinciones masivas de procariotas heterótrofos y autótrofos anaerobios. Sus descendientes habitan ahora en sitios pobres en oxígeno como aguas

estancadas, lodos de pantanos, suelos de mar profundo, etc., y en el aparato digestivo de los animales "superiores" como insectos comedores de madera y nosotros mismos.

- o) Por otra parte, en las áreas "contaminadas" con excesos de oxígeno debieron proliferar una cierta variedad de tipos de procariotas capaces de soportar y aún de utilizar el oxígeno.
- p) Así, en el seno de estas comunidades, surgió la **respiración**, proceso que no sólo tolera el oxígeno, sino que lo utiliza logrando una mayor extracción de energía a partir de los alimentos. Así los heterótrofos y autótrofos aerobios habrían proliferado.
- q) La oxidación de los gases atmosféricos como el ácido sulfhídrico y el metano por el fenómeno anterior, trajo como consecuencia el "clareado" de la atmósfera y el paisaje comenzó a parecerse cada vez más al actual en cuanto a nitidez y coloración.
- r) Asimismo, se piensa que la degradación del metano, por ser gas de invernadero, provocó hace unos 2,300 millones de años la primera **glaciación** de que se tenga noticia. Esto es, La Tierra se ha visto sujeta en distintas ocasiones a estos eventos de enfriamiento climático global que provocan grandes acumulaciones de hielo y nieve en las masas continentales cercanas a los polos. Dado que estas acumulaciones se dan a expensas, en última instancia, del agua oceánica, durante los **períodos glaciales** se da una baja generalizada en el nivel del mar. A los períodos comprendidos entre dos glaciaciones sucesivas se le llama **período interglacial**.
- s) El aumento de la cantidad de oxígeno atmosférico trajo también como consecuencia el hecho de que, en las capas superiores de la atmósfera, la radiación ultravioleta lo ionizase y comenzase la formación de la actual **capa de ozono**. Esto permitió que la vida ocupase más cómodamente la parte superior del océano y posteriormente la tierra firme.
- t) Hace unos 1,200 millones de años, plenamente establecida la atmósfera oxidante, surgieron un nuevo tipo de células más complejas. Estas células se llaman actualmente **eucariotas**, y poseen un núcleo central delimitado por una membrana en que se encuentra el material hereditario y también presentan extranuclearmente organelos membranosos. Se piensa, así, que en este momento habrían quedado establecidos los tres grandes grupos de tipos celulares fundamentales: las arquibacterias, las

eubacterias y las células eucariotas;

- u) Los organelos respiratorios tales como las **mitocondrias**, los fotosintéticos como los **cloroplastos**, y los locomotores como los **flagelos** y **cilios** (**undulipodios**) son en realidad, según una teoría actual, bacterias respiradoras, cianobacterias y bacterias espiroquetas asociadas por mutuo beneficio con la célula más grande. A esta teoría, propuesta por la norteamericana Lynn Margulis, se le conoce como **Teoría General de la Simbiosis en la Evolución Celular**.
- v) La adquisición de núcleo por parte de la célula mayor pudo ser simultánea con la adquisición de los organelos o pudo haber sido previa. A esta fase anterior hipotética de una célula nucleada sin organelos se le ha llamado **Urcariota**.
- w) Dado todo lo anterior habrían quedado establecidos los primeros representantes de los actuales grupos de eucariotas unicelulares conocidos como protozoarios y algas unicelulares. De éstas últimas, poseemos además un rico registro, de hace 1,000 millones de años, de sus quistes celulares de carácter orgánico. Se los llama **acritarcas**. Los acritarcas sufrieron una gran reducción de especies hace unos 650 millones de años y es el registro más antiguo de **Extinción en Masa** de que se tiene noticia.
- x) La aparición de un núcleo bien definido y el hallazgo en Australia de fósiles de 1000 millones de años de células eucariotas, denominadas *Glenobotrydion aenigmatis*, en diferentes fases de división, indican la presencia de una reproducción más compleja que la simple bipartición de los procariotas; de hecho poseen características que indican la presencia de los dos tipos de reproducción que actualmente existen en los eucariotas: la **Mitosis** y la **Meiosis** (I).
- y) La presencia de Mitosis y Meiosis, es compatible con la presencia de **sexualidad**. La importancia de ello estriba en que implica intercambio y recombinación del material hereditario y por ende un aumento en la variabilidad de características, con el consiguiente aumento de materia prima sujeta a la selección natural.
- z) Como consecuencia de lo anterior, el proceso de evolución biológica aumentaría su ritmo. De hecho es notorio, entre los fósiles de hace 1,200 millones de años, el surgimiento y la rápida proliferación de aglomerados de células eucarióticas, probables precursores de los organismos pluricelulares posteriores tales como las

plantas y los animales.

6. SURGIMIENTO DE LOS PRIMEROS TIPOS CELULARES. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. BARGHOORN, E. S., 1971. *The Oldest Fossils. Scientific American.* 224:5:30-42. May.

( 31, 33, 36, 42 )

- II. GALSTON, A. W., 1978. *A Living Fossil. Natural History.* LXXXVII:2:42-44. Feb.

- III. KUMMEL, B. 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology.* Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

( 50/51 )

- IV. MARGULIS, L., 1971. *Symbiosis and Evolution. Scientific American.* 225:2:48-57. Aug.

- V. SCHOPF, W., 1978. *The Evolution of the Earliest Cells. Scientific American.* 239:3:84-102, Sept.

- VI. STANLEY, S. M., 1984. *Mass Extinctions in the Ocean. Scientific American.* 250:6:46-54. Jun.

- VII. RAUP, D. M. & S. M. Stanley. 1978. *Principios de Paleontología.* Ed. Ariel, Barcelona. 456 pp.

( 351 )

- VIII. VIDAL, G., 1984. *"The Oldest Eukaryotic Cells". Scientific American.* 250:2:48-57. Sept.

- IX. WOESE, C. R., 1981. *Archaeobacteria. Scientific American.* 244:6:98-122.

7. LA PROLIFERACION DE LA VIDA PLURICELULAR Y DE LOS PRIMEROS MICROORGANISMOS CON PARTES MINERALIZADAS.

- a) Hace alrededor de 700 millones de años, ciertas porciones de los conglomerados celulares complejos habrían sufrido un proceso de especialización por funciones, dando lugar a los primeros indicios de tejidos y órganos y surgiendo así los precursores de las primeras plantas y animales.

- b) El registro paleontológico de hace 700 millones de años nos demuestra la existencia de una primera fauna de animales pluricelulares de distribución cosmopolita, es decir, distribuída a nivel mundial. El primer registro

fué encontrado en Ediacara Hills, Australia, de ahí que estos organismos fósiles sean conocidos colectivamente como **Fauna de Ediacara**. Los fósiles nos indican que se trataba de animales que compartían un patrón biológico común: eran acuáticos marinos de cuerpo blando y de sólo unas cuantas células de grosor.

Aún cuando son en general pequeños y sencillos, estos animales ya muestran la simetría y la mayor parte de los hábitos de vida que presentan los animales acuáticos en la actualidad:

- Los había asociados al suelo marino; actualmente se les llama **bentónicos**. Algunos se encontraban fijos sobre el mismo, es decir, eran **sésiles**. Por ejemplo: los organismos bilaterales plumosos llamados *Rangea*, *Charnia* y *Charniodiscus* (VII).
- Otros animales bentónicos vivían desplazándose sobre el suelo marino, es decir eran **vágiles**. Tal es el caso de los organismos bilaterales segmentados y elipsoidales llamados *Dickinsonia*; de los organismos semejantes a gusanos bilaterales, planos, segmentados y con una cabeza definida llamados *Spriggina*; de los que poseían forma de escudo, también bilaterales, llamados *Parvancorina*, o de los organismos discoidales y con simetría trirradial, llamados *Tribrachidium* (VII);
- Asimismo había animales que vivían en el seno del agua, es decir, eran **pelágicos**. Dado que al parecer se encontraban a merced de los movimientos del aquélla, puede afirmarse que además eran **planctónicos**. Ejemplos de ello eran los animales radiales semejantes a medusas, denominados *Medusina*, *Spriggia* y *Cyclomedusa* (VII).

La fauna de Ediacara, poco después de su aparición, coexistió con los primeros animales capaces de fabricar conchas y otras estructuras, utilizando minerales. Muy pequeños, de sólo milímetros o fracciones de milímetro, y escasos al principio, fueron aumentando en variedad e importancia hacia finales del Precámbrico y principios del Cámbrico.

Los había en forma de diminutos tubos de carbonato de calcio con diferentes tipos de ornamentación, tales como *Cloudina* y *Sinobulites* y, más adelante, los primeros fósiles de fosfato de calcio como *Anabarites*, cuya forma es el de un pequeño cono trilobulado, y *Protohertzina*, fósil de gran interés, ya que su forma, un diente pequeño, curvado y agudo, constituyen los restos del más antiguo depredador conocido (V).

En el momento de la transición Precámbrico/Cámbrico, la mayor parte de las masas continentales se encontraban concentradas

en un gran supercontinente que comenzó a disgregarse. Muchos de los nuevos continentes estaban colocados en o cerca del ecuador Cámbrico. Asimismo, en lo que se refiere al clima, en nuestro planeta concluía un evento de glaciación. La disgregación continental y el término de la glaciación en la transición mencionada proveyeron a las floras y faunas con muchos kilómetros de líneas de costa con aguas someras y cálidas susceptibles de ser colonizadas.

La distribución de la vida estaría limitada a los océanos, mientras que las regiones continentales se encontrarían aún desprovistas de vida.

La biota marina ya constaba de los principales grupos de protozoos con partes mineralizadas que hoy forman parte del microplancton y el microbentos marino. Se trata de dos tipos de organismos amiboideos muy especializados y de gran utilidad en el fechado geológico, en paleoclimatología y en paleoecología:

- Los **Foraminíferos**, con testas orgánicas, aglutinadas o calcáreas cuyos fósiles acumulados a lo largo de millones de años cubren el 37 % del suelo oceánico con capas de varios metros de espesor y cuyas especies vivieron inicialmente en el bentos;
- Los **Radiolarios**, que poseen un esqueleto silíceo simétrico y bellamente configurado, y cuyas especies fueron, y actualmente son, exclusivamente planctónicas.

La importancia de los microorganismos con partes duras en los ciclos de minerales y gases de La Tierra se vió incrementada. Por ejemplo, los lodos calcáreos del fondo marino son introducidos vía las zonas de subducción de la corteza hacia el manto ígneo del interior de La Tierra y es transformado en el dióxido de carbono que emana de las dorsales y de los volcanes ( IX ). Se considera además que la temperatura promedio así obtenida para La Tierra, es tal que permite la coexistencia en equilibrio dinámico de agua en estado sólido, líquido y gaseoso.

#### 7. LA PROLIFERACION DE LA VIDA PLURICELULAR Y DE LOS PRIMEROS MICROORGANISMOS CON PARTES MINERALIZADAS. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. BOND, G. C., Nickerson, P. A. & M. A. Kominz., 1984. **Breakup of a Supercontinent between 625 and 555 Ma: New Evidence and Implications for Continental Histories.** Earth and Planetary Science Letters. 70:325-345.
- II. CLOUD, P., 1982. **The Ediacarian Period and System:**

**Metazoa Inherit the Earth. Science.**  
217:4562:783-792.

- III. GLAESSNER, M. F., 1961. **Pre-Cambrian Animals.** *Scientific American.* 204:3:72-78. Mar.
- IV. GOULD, S. J., 1984. **The Ediacaran Experiment.** *Natural History.* 93:2:14-23. Feb.
- V. KNOLL, A. H., 1991. **End of the Proterozoic Eon.** *Scientific American.* 265:4:42-49. Oct.
- ( 44/45 )
- VI. MacMENAMIN, M. A. S. 1984. **The Emergence of Animals.** *Scientific American.* 256:4:84-92. Apr.
- ( 96/97, 101 )
- VII. RAUP, D. M. & S. M. Stanley. 1978. **Principios de Paleontología.** Ed. Ariel, Barcelona. 456 pp.
- ( 354, 355 )
- VIII. SOKOLOV, B. S. & M. Fedonkin., 1984. **The Vendian as the Terminal System of the Precambrian.** *Episods.* 7:1:12-17.
- IX. TOON, O. B. & S. Olson., 1985. **The Warm Earth.** *Science '85.* 6;8;50-57. Oct.
- ( 54/55 )
- X. VALENTINE, J. W. editor., 1985. **Phanerozoic Diversity Patterns. Profiles in Macroevolution.** Princeton Univ. Press. San Francisco. 441 pp.

**8. SURGIMIENTO DE LOS PRINCIPALES TAXA MAYORES**

El Cámbrico es el primer período de la Era Paleozoica. Esta Era se caracterizó por la gran diversidad de patrones estructurales distintos que caracterizaron a los diferentes grupos biológicos en contraste con las pocas especies dentro de cada uno de ellos. En esta Era, pues, se estandarizaron los diferentes diseños de los grupos de seres vivientes que viven hoy en día y, ahora sí, con innumerables especies cada uno de ellos. Es por esto que a la Era Paleozoica se le ha llamado La Gran Era Experimental de la Naturaleza.

El inicio del período Cámbrico se ha fechado en unos 570 millones de años y se caracterizó, hecho relacionado con lo mencionado anteriormente, por el surgimiento y proliferación de muchos grupos de organismos complejos con partes

mineralizadas (conchas, corazas, testas, dientes, etc.). Debido al surgimiento de tantos grupos mayores en un lapso tan restringido, en una proporción no observada en ningún otro período geológico, se le ha denominado incluso el "Big Bang de la Evolución Animal". Surgieron a saber:

- **Las algas verdes calcáreas**, que adquirieron la capacidad de precipitar carbonato de calcio fuera y dentro de sus células. Las dos grandes familias de algas verdes marinas calcáreas aparecen, según sus fósiles, desde la base del Cámbrico;
- **Algas rojas** del grupo de las llamadas **coralinas ancestrales** que desarrollaron la capacidad de incorporar carbonato de calcio en sus paredes celulares y cuyo registro data de inicios del Cámbrico. Actualmente existen sus descendientes, las Algas Rojas Coralinas.
- **Arqueociátidos**, animales parecidos a las actuales esponjas cuyos restos se asemejan a pequeños cálices de carbonato de calcio a veces muy ramificados. Estos reemplazaron a los estromatolitos como los principales formadores de arrecifes en las aguas marinas someras en las vecindades del Ecuador Cámbrico. Se extinguieron poco antes de concluir el período.
- **Esponjas**, animales con organización tan sólo a nivel celular, sésiles y asimétricos o radiados, presumiblemente ya con una matriz de esponjina y espículas (pequeñas espinas) de carbonato de calcio ó de óxido de silicio. Esponjas con ambos tipos de espículas ya existían al iniciarse el período.
- **Braquiópodos**, animales semejantes a los moluscos bivalvos, pero sin relación directa con ellos. Se distinguen principalmente por sus conchas de carbonato ó fosfato de calcio simétricas, de tamaño desigual, y por poseer un orificio en el ápice de la valva más grande. Cohabitaron con los arqueociátidos, aunque también invadieron el ambiente areno-arcilloso de las plataformas continentales. Ambos tipos poseen representantes vivientes. Un género de braquiópodo digno de mención es *Lingula*, que es comestible y abunda en las costas del Japón actual. Este género ha sobrevivido desde el cámbrico sin grandes cambios biológicos.
- **Moluscos**: En la base de este período tenemos ya los primeros miembros del grupo. Los monoplacóforos, con concha pequeña y sencilla e indicios de cuerpo aún segmentado como en sus probables ancestros los gusanos anélidos. Se los encuentra en registros de aguas someras y arrecifes. Debe citarse a un fósil viviente de aguas



profundas, que vino a corroborar los datos en cuanto a segmentación del cuerpo: *Neopilina galathae*. Otro grupo surgido en la base del Cámbrico son los Gasterópodos o caracoles que viven aún hoy en día como uno de los grupos de moluscos más diverso y exitoso.

- **Trilobitas**, artrópodos (grupo al que pertenecen los actuales crustáceos, arácnidos, insectos, etc.) de dorso fuertemente carbonatado, segmentados y con el cuerpo dividido en tres regiones. Proliferaron en los arrecifes de arqueociátidos y en los más diversos ambientes marinos de todo el mundo. Fué la fauna más diversa del Cámbrico, entre los trilobitas se encuentran muchas especies índices para este período y para el resto de la Era Paleozoica. El grupo convivió en este período con muchos de sus grupos descendientes y sufrió una gran extinción de especies al cerrarse el mismo. Se le considera ancestro de todos los grupos de artrópodos superiores modernos. Como grupo tuvo una gran diversidad a lo largo de la Era Paleozoica (V), extinguiéndose totalmente al término de la misma.
  
- En este momento cabe mencionar a la fauna fósil de la localidad de Burgess Shale, del Cámbrico Medio, situada al oriente de Canadá. La localidad es importante por la abundancia, cosa rara en el registro fósil, de organismos de cuerpo blando preservados en ella; la mayoría de las especies representadas son de afinidad incierta. Entre los grupos que configuraban esta fauna se encontraban ya los primeros "grandes" depredadores como el afamado *Anomalocaris* spp., apodado "el Terror de los Trilobitas", ya que muchos de ellos muestran cicatrices de sus mordidas. Esta criatura, como muchas otras del Paleozoico, no poseen afinidad con ningún grupo viviente conocido. Las dos especies conocidas de anomalocaris tenían unos 40 cm. de largo, cuerpo largo y aplanado, dos series de aletas ventrolaterales, dos apéndices sujetadores flexibles, dos grandes ojos a los lados de una cabeza chata y ancha, y una boca circular parecida a una rebanada de piña con el borde interno dentado (III, VII);
  
- Los **Ostrácodos**, pequeños artrópodos ubicados dentro del grupo de los Crustáceos, son aún extraordinariamente diversos en la actualidad; considerado el grupo de crustáceos más importante en Paleontología como indicador paleoecológico y fechador estratigráfico a niveles regionales, los ostrácodos son animalillos generalmente microscópicos que han desarrollado a partir de su dorso una concha bivalva calcificada. Sus fósiles parecen, pues, pequeñas almejas con distintas formas y ornamentos. Actualmente viven en los medios ambientes más diversos,

desde las frías y oscuras zonas abisales hasta el suelo de los bosques, asimismo los hay planctónicos y bentónicos, etc.

- **Organismos horadadores** de diferentes tipos. El relleno petrificado de sus galerías se ha preservado mostrando una eficiencia progresiva en la explotación del sedimento. Algunas de dichas galerías son atribuibles, por su forma y tamaño, a gusanos del tipo de los Anélidos recientes.
- Algo parecido sucede con los organismos **comedores de deshechos** que barrían la superficie del suelo marino y cuyas huellas también se han conservado, mostrando también una eficiencia creciente.
- A mediados de este período se presentan por primera vez los **Conodontos**, microfósiles de composición fosfática semejantes a dientes ó mandíbulas diminutas, que a veces se encuentran ensamblados en arreglos con simetría bilateral. Si bien actualmente se conoce la apariencia de sus partes blandas (eran pequeños organismos alargados a modo de gusanos, sirviéndoles los conodontos como sostén para su aparato alimentario), no encajan en ningún filum del reciente. Son sin embargo de fundamental importancia como fechadores estratigráficos.

El registro paleontológico nos demuestra que, paralelamente con los grupos con partes duras, y mezclada con ella en diferentes grados, se desarrollaron una infinidad de grupos con cuerpos blandos que, por eso mismo, no poseen un registro tan completo como los anteriores. Asimismo, un sinnúmero de estos grupos existieron por lapsos cortos y no poseen representantes vivientes. Esto se repite a todo lo largo de la Era Paleozoica y parte de la Mesozoica, se trata, al parecer, de los "diseños fallidos" de la Gran Era experimental.

En el Período Ordovícico, cuyo inicio se ha fechado en 510 millones de años, las condiciones geológico-geográficas del planeta parecen haber sido muy semejantes a las del período anterior, sin embargo, en el Ordovícico surgieron y quedaron establecidos prácticamente todos los grupos básicos de animales que viven hoy en día.

Tal como es común en toda la primera mitad de la Era Paleozoica, la historia de las faunas está fuertemente sesgada hacia la historia del **ecosistema de arrecife**. Ello debido a que, al poseer sus organismos componentes partes mineralizadas, su registro fósil es con mucho, el más rico en especies. Por otra parte, la extinción de los arqueociátidos en la parte superior del Cámbrico, dejó abiertas las oportunidades ecológicas de colonización por otros grupos.

Así, surgieron los primeros dos grupos de cnidarios sésiles y radiados del tipo de los corales, que vinieron a recrear el sistema arrecifal:

- Los **corales rugosos** que podían ser solitarios ó coloniales. El nombre "rugosos" les viene de las pronunciadas líneas de crecimiento impresas en su habitáculo carbonatado, y que semejan fuertes arrugamientos.
- Los **corales tabulados**, exclusivamente coloniales cuyo nombre da a entender que separaban sus habitáculos mediante paredes transversales o "tábulas".

Otros grupos surgidos en este período se sumaron a la construcción de estos sistemas arrecifales.

- Los **estromatoporoides**, pequeños organismos incrustantes que habían sido de afinidad incierta, hasta que se encontraron especímenes vivos en las costas de la Isla de Jamaica. El hallazgo confirmó una de tantas hipótesis sobre su afinidad taxonómica: se trata de esponjas hipercalcificadas.
- Los **briozoarios**, animales exclusivamente coloniales que semejan superficialmente a los corales, siendo sus colonias más pequeñas y su organización interna mucho más compleja. Sus habitáculos carbonatados son más frágiles que los de aquéllos;
- Los **moluscos cefalópodos**. Sus representantes actuales más abundantes son los pulpos y calamares. Sin embargo en el Ordovícico aparecieron los **nautiloideos**, sus parientes y probables ancestros representados actualmente por un género único: *Nautilus*. Los nautiloideos cámbricos poseían una concha externa en forma de cono y, como en el nautilo reciente, dividida en cámaras. También como en su pariente actual, un pequeño tubo de tejido blando corría a lo largo de las cámaras permitiéndoles regular la cantidad de líquido y gas en ellas, aumentando o disminuyendo así su flotabilidad. Las primeras conchas de los nautiloideos eran cónicas rectas o cónicas curvadas. Más adelante irían adquiriendo la forma espiralada característica del nautilo actual y de sus descendientes a quienes mencionaremos más adelante. Se trataba de animales carnívoros, como lo muestran los hallazgos de mandíbulas mineralizadas semejantes al pico de los actuales.
- Los **crinoideos**, equinodermos (estrellas de mar, erizos, etc.) con esqueleto mineralizado, una base, un tallo articulado y un cáliz con brazos más o menos ramificados,

dependiendo de la especie.

- En este período surgieron también los **graptolitos**, organismos coloniales con cubiertas quitinosas ya extintos que merecen una mención especial por tratarse de excelentes fósiles índice para este período y de la mayor parte de la Era Paleozoica. Actualmente se les considera relacionados evolutivamente a ciertos tipos recientes de cordados sencillos.
- Acompañan a la fauna marina del Cámbrico una gran variedad de formas atribuibles a nuestro propio filum, el de los **cordados**. Entre ellos debió encontrarse el ancestro de los primeros **vertebrados** cuyos fragmentos se han encontrado en capas que van desde el Ordovícico Temprano al O. Tardío. Se trata de placas dérmicas de **agnatos**, es decir, organismos semejantes a pequeños peces que carecían de mandíbulas. Debido a lo fragmentario de este registro Ordovícico se desconoce su apariencia general.

#### 8. SURGIMIENTO DE LOS PRINCIPALES TAXA MAYORES. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. ALDRIDGE, R. J. & D. E. G. Briggs., 1989. **A Soft Body of Evidence. Natural History.** 6-11. May.
- II. BRIGGS, D. E. & H. B. Whittington., 1985. **Terror of the Trilobites. Natural History.** 94:12:34-39. Dec.
- III. GOULD, S. J., 1989. **Wonderful Life. The Burgess Shale and the Nature of History.** W. W. Norton & Company, N. Y. London. 347 pp.

( 205, 206, 207 )

- IV. HAQ, B. U., & A. Boersma. 1978. **Introduction to Marine Micropaleontology.** Elsevier Ed. New York. 379 pp.
- V. KUMMEL, B. 1970. **History of the Earth. An Introduction to Historical Geology.** Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

( 224 )

- VI. LEVINTON, J. S., 1992. **The Big Bang of Animal Evolution. Scientific American.** 267:5:52-59. Nov.
- VII. MacMENAMIN, M. A. S. 1984. **The Emergence of Animals. Scientific American.** 256:4:84-92. Apr.

- VIII. NEWELL, N. D. 1972. *The Evolution of Reefs. Scientific American*. 226:6:54-65. Jun.
- IX. STANLEY, S. M. 1989. *Earth and Life Through Time*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.
- X. TASCH, P. 1980. *Paleobiology of the Invertebrates. Data Retrieval from the Fossil Record*. J. Wiley & Sons. New York. 975 pp.
9. **LA GRAN EXTINCION DE FINALES DEL ORDOVICICO Y ALGUNOS SUCECOS IMPORTANTES EN LA EVOLUCION DE LA FAUNA MARINA Y DULCEACUICOLA DEL SILURICO Y PRINCIPIOS DEL DEVONICO**

A finales del Ordovícico es notoria una segunda extinción en masa que afectó a numerosas especies de corales, briozoarios, braquiópodos, nautiloideos, crinoideos, trilobites y graptolitos. Globalmente la diversidad se redujo en un 22 %, aproximadamente.

En el Período Silúrico, cuya fecha de inicio se ha fijado en unos 435 millones de años, continuaron enfatizándose la diversificación y abundancia de los grupos de animales marinos mencionados para el período anterior. Sin embargo, en este período aparecen registros que merecen nuestra atención porque se trata de la primera evidencia de ecosistemas extensivos que pueden considerarse cuando menos de transición a continentales.

El primero corresponde a ambientes de agua salobre o dulce, con rocas sedimentarias de origen predominantemente estuarino o lagunar, en los cuales se encuentran ya fósiles muy completos de un grupo muy diverso de agnatos. Sus formas nos indican que algunos eran buenos nadadores y otros habitaban en el fondo de los cuerpos de agua. Todos ellos se encontraban fuertemente protegidos por una cubierta de placas, e inclusive espinas dérmicas y presentan evidencias de un esqueleto óseo bien configurado; de ahí que se les conozca colectivamente con el nombre de **ostracodermos**. La presencia de estas defensas se explica por el hecho de que se los encuentra, en general, acompañados por un cierto tipo de depredadores: los **euriptéridos** (I). Estos carnívoros eran artrópodos acuáticos semejantes a los escorpiones actuales, algunos de ellos de gran tamaño. Por ejemplo, algunos llegaban a medir hasta 2.85 m de largo; sin embargo, se considera que entre los miembros menores de este grupo se encuentran los ancestros de los citados escorpiones del Reciente.

Asimismo, a finales de este período aparecieron las primeras formas de vertebrados pisciformes con verdaderas mandíbulas

yhábitos carnívoros: los acantodios y principios del período devónico, cuyo inicio se ha fechado en unos 410 millones de años, los placodermos. Los primeros con grandes espinas asociadas a cada una de sus aletas y los segundos con grandes y complejas placas dérmicas en la región anterior del cuerpo. Merece mención especial, por su tamaño espectacular, el placodermo *Dunkleosteus* (antes *Dinichthys*), un depredador que alcanzó los 9 m de largo. Ambos grupos desaparecieron antes de finalizar la Era Paleozoica.

Con un registro dudoso del Silúrico Tradío y seguro del Devónico Medio, aparecieron los primeros peces óseos verdaderos u osteictios, que dominan aún los mares del Reciente y es, en la actualidad, la clase de vertebrados más diversa. Asimismo, en el Devónico Medio aparecieron los condriictios, llamados así por haber perdido en gran medida la calcificación de sus esqueletos; este exitoso grupo lo constituyen los tiburones y rayas de la actualidad.

Otro evento digno de mención para el Devónico y que tuvo lugar en el seno de la fauna marina es el surgimiento de los amonitas a partir de sus ancestros los nautiloideos; ambos con conchas recurvadas en un principio, más adelante se espiralarían de manera muy semejante, aunque la concha de los amonitas siempre sería más sofisticada estructural y funcionalmente que la de los nautiloideos. Los amonitas son un grupo ya extinto pero de gran importancia geológica, ya que sus especies son fácilmente reconocibles, ampliamente distribuidas y de corta duración en términos de la Geología. Todo esto convierte al grupo en una excelente herramienta de fechado para los estratos rocosos que las contienen.

9. LA GRAN EXTINCION DE FINALES DEL ORDOVICICO Y ALGUNOS SUCESOS IMPORTANTES EN LA EVOLUCION DE LA FAUNA MARINA Y DULCEACUICOLA DEL SILURICO Y PRINCIPIOS DEL DEVONICO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

I. KUMMEL, B., 1970. History of the Earth. An Introduction to Historical Geology. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

( 233 )

II. NEWELL, N. D., 1972. The Evolution of Reefs. *Scientific American*. 54-65. Jun.

III. SEPKOSKI, J. J. Jr., 1982. Mass extinctions in the Phanerozoic Oceans: A Review. *Geol. Soc. of Amer. Special Paper* 190: 283-289.

IV. STANLEY, S. M., 1984. Mass Extinctions in the Ocean. *Scientific American*. 250:6:46-54. Jun.

V. STANLEY, S. M. 1987. *Extinction*. Scientific American Books Inc. New York. 242 pp.

#### 10. ESTABLECIMIENTO DE LAS PRIMERAS FLORAS DE AMBIENTES DE TRANSICION

Un ecosistema de particular interés para nosotros es el de la primera vegetación de tierra firme, surgida, todo parece indicar, a partir de algas verdes complejas de la zona de mareas. Esto marcó el inicio de la formación de la última esfera terrestre: la esfera de suelos o Pedósfera. En rocas de la parte superior del Silúrico, se encuentra el primer registro fragmentario de plantas diminutas y sencillas, sin hojas ni raíces verdaderas, pero con tejido conductor, con estomas y reproducción por esporas de resistencia encerradas en esporangios, todo ello como señal inequívoca de sus hábitos aéreos. El género mejor conocido de esta edad es *Cooksonia* spp. (III, IX).

Mas adelante, en las fases más tempranas del Devónico, se extendió por todos los márgenes continentales una flora de ambientes pantanosos con plantas ligeramente mayores y más variadas. La más abundante y mejor conocida de estas plantas es *Rhynia*, de ahí que a esta flora primigenia se le llame **Flora de Rhynia** (IX). Si bien pueden ya distinguirse a este nivel las dos grandes líneas de evolución de los vegetales terrestres (los lycopodios por un lado y todas las demás plantas por el otro), todas poseen en común una gran sencillez de organización y una reproducción por esporas de resistencia.

- Del grupo basal de los lycopodios merecen mención *Drephanophycus* y *Protolepidodendron*, plantas herbáceas, sin raíces verdaderas, de ramificación sencilla, y con las primeras hojas de que se tenga noticia; aunque a primera vista parecerían tan sólo diminutas escamas del tallo, ya poseían una pequeña vena central a veces bifurcada; asimismo, presentaban esporangios de posición lateral con respecto al tallo;
- El resto estaba constituido por otro tipo de herbáceas sin hojas ni raíces verdaderas, y con esporangios terminales. Como ejemplos de éstas últimas son la misma *Rhynia*, *Horneophyton* (III), planta muy semejante a la anterior con esporangios bifurcados, *Hicklingia* (V), también muy semejante a *Rhynia* aunque mucho más ramificada, y otras.
- Este último grupo es de importancia capital porque en él se encuentran los ancestros de toda la vegetación terrestre actual a excepción de los lycopodios ya mencionados.
- A diferencia de otros grupos biológicos, el aumento de

complejidad en las dos líneas evolutivas de plantas mencionadas en el punto anterior, puede seguirse hacia adelante en el tiempo, con incomparable continuidad, hasta desembocar en el surgimiento de los componentes actuales de las floras continentales; sólo existe una excepción: las plantas con flores.

Hacia finales de este período, grupos de todas las divisiones de plantas terrestres se habían complicado grandemente en estructura y muchas especies eran ya verdaderos árboles. Tal es el caso de las llamadas "progimnospermas", por ejemplo. Estas plantas ya poseían un tronco leñoso semejante al de las gimnospermas actuales, pero en las hojas retenían la condición sencilla de hoja compuesta de los helechos. El ejemplo mejor conocido es el género *Archaeopteris* sp. (II), del Devónico Tardío. En ese momento, grupos de todas las divisiones de plantas ya poseían estructuras reproductoras complejas precursoras, en muchos casos, de verdaderas semillas. En las estructuras que rodeaban a las semillas del Devónico Tardío es aparente ya una ruta evolutiva que llevaría a la producción de turbulencia a las corrientes de aire que pasasen a través de ellas, facilitando la llegada del polen al óvulo correspondiente (VIII).

El surgimiento de una flora en los márgenes continentales fue un hecho decisivo en la historia de la biósfera, ya que permitió el establecimiento de las primeras faunas terrestres. De hecho, en el registro de la Flora de *Rhynia* ya se encuentran animales fosilizados: dos especies de ácaros, *Protocarus* y *Palaeocharinoides* y una especie de colémbolo (un tipo de animales afines a los insectos, aunque mucho más pequeños y sencillos) denominado *Rhyniella* (IX). De modo que, como lo indica el registro, los primeros animales terrestres habrían sido artrópodos aunque, como siempre, cabe la posibilidad de que hubiese animales de cuerpo blando que por lo mismo, no habrían dejado registro.

#### 10. ESTABLECIMIENTO DE LAS PRIMERAS FLORAS DE AMBIENTES DE TRANSICION. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. BANKS, H. P., 1970. *Evolution and Plants of the Past*. Ed. Wadsworth. Belmont, Cal.
  - II. BIERHORST, D. W. 1971. *Morphology of Vascular Plants*. The McMillan Co, New York. 560 pp.
- ( 124 )
- III. BOLD, H. C., Alexopoulos, C. & T. Delevoryas., 1980. *Morphology of Plants and Fungi*. Fth. Ed. Harper & Row Publ. New York. Cambridge, Mass. 819 pp.



- IV. DELEVORYAS, T., 1977. *Plant Diversification*. Sec. Ed. Holt, Rinchart o Winston. new York. 144 pp.
- V. FOSTER, A. S. & E. M. Gifford, Jr., 1974. *Comparative Morphology of Vascular Plants*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 751 pp.

- VI. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.
- VII. MCKERROW, W. S., 1978. *The Ecology of Fossils: An Illustrated Guide*. The MIT Press. Cambridge, Mass. 383 pp.
- VIII. NIKLAS, K. J., 1987. *Aerodynamics of Wind Pollination*. *Scientific American*. 257:1:72-77. Jul.

- IX. SCOTT, A. C., 1984. *Historia Temprana de la Vida en Tierra Firme*. En: Weber, R. (Compilador), 1989. *Morfología, Reproducción y Evolución de las ARQUEGORNIAIDAS*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Máxico.

- X. VALENTINE, J. W. editor., 1985. *Phanerozoic Diversity Patterns. Profiles in Macroevolution*. Princeton Univ. Press. San Francisco. 441 pp.

## 11. LOS PRIMEROS ANFIBIOS

A fines del Devónico, los vertebrados pasaron a formar partes del medio ambiente terrestre. Sus ancestros fueron peces óseos con aletas lobuladas, es decir, con aletas alargadas y con una infraestructura de hueso, materia prima evolutiva de lo que más adelante serían las patas de sus descendientes.

Por otra parte, sus parientes actuales, los peces pulmonados, presentan un par de orificios o coanas que comunican con la cavidad bucal y son utilizados en la respiración aérea. Los peces que aquí nos ocupan también presentan coanas, por lo que se presume que también poseían respiración aérea y que se seleccionaron en llanuras continentales sujetas a inundaciones intermitentes. Habría sido en estos terrenos con numerosas charcas poco profundas y sujetas a una eventual desecación, en

donde estos animales habrían incursionado en el medio terrestre. Existen huellas fosilizadas de los paseos que efectuaban estos animales de charca en charca. Un ejemplo de estas formas es el pez fósil *Eusthenopteron* y su pariente lejano y único que ha sobrevivido hasta el reciente, el *Latimeria*, perteneciente al grupo de los celacantos. De la etapa transicional poseemos, desgraciadamente, tan sólo una porción de un cráneo. Sin embargo, el arreglo de sus huesos es notablemente intermedio entre los de los peces como el citado y las formas posteriores. Se le designa con el nombre genérico de *Elpistostege*. La forma que aparece en el registro a continuación ya puede ser determinada como un anfibio franco. Se trata de un animal de hasta 2 m de longitud aproximadamente; se le ha denominado *Ichthyostega* y presentaba cuatro extremidades cortas pero bien desarrolladas con cinco dedos bien definidos y sin uñas, un cuerpo ancho y aplanado, y en su cola presentaba radios semejantes a los de la aleta caudal de un pez (VIII). Asimismo, sus huesos craneanos corresponden a una ligera modificación de su ancestro mencionado, *Elpistostege*. Los dientes de todas estas formas nos indican que se trataba de carnívoros o, en su defecto, de insectívoros. Al Devónico, debido a la gran diversificación que experimentó este grupo se le ha llamado también **La Edad de los Anfibios**. Actualmente subsisten los grupos correspondientes a los anfibios sin patas o Apodos, los sapos y ranas o Anuros y las salamandras o Urodelos.

Debemos mencionar que la parte superior del Devónico está marcado por otra extinción masiva, la cual afectó principalmente al fitoplancton marino, a las esponjas y estromatoporoideos, a los corales tabulados y rugosos, a los braquiópodos, a los cefalópodos, a los crinoideos, y a los placodermos. Este último grupo desapareció totalmente. El proceso de extinción duró 10 millones de años aproximadamente.

#### 11. LOS PRIMEROS ANFIBIOS. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. CARROLL, R. L., 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W. H. Freeman and Co. New York. 698 pp.
- II. COLBERT, E., 1969. *Evolution of the Vertebrates. A History of the Backboned Animals Through Time*. Sec. Ed. J. Wiley & Sons. New York. 535 pp.
- III. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.
- IV. MOSSMAN, D. J. & W. A. S. Sarjeant., 1983. *The Footprints of Extinct Animals*. *Scientific American*. 248:1:64-74. Jan.

- V. MOY-THOMAS, J. A., 1971. **Paleozoic Fishes**. Sec. Ed. W. B. Saunders Co. Philadelphia. 259 pp.
- VI. YOUNG, J. Z., 1981. **The Life of the Vertebrates**. Th. Ed. Clarendon Press. Oxford. 645 pp.
- VII. ROMER, A. S., 1966. **Vertebrate Paleontology**. Th. Ed. Univ. of Chicago Press. Chicago and London. 468 pp.
- VIII. STANLEY, S. M. 1989. **Earth and Life Through Time**. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.

( 365 )

## 12. EL SISTEMA ARRECIFAL DEL CARBONIFERO

Los arrecifes en el inicio del Período Carbonífero, hace 355 millones de años, si bien estaba formado por los consabidos corales tabulados y rugosos de períodos anteriores, fueron aventajados en diversidad y abundancia por otros grupos, a saber:

- Los **crinoideos** o Lilias de Mar, que fueron particularmente diversos y abundantes en este período y construyeron literalmente arrecifes en los mares someros de este período (I);
- Los **brizoarios** ocuparon por primera y última vez un lugar relevante en la construcción de arrecifes. Tal es el caso de *Archimedes*, una forma de crecimiento espiralado cuyos fragmentos son fósiles indicadores de este período.
- Si bien no pueden ser considerados sistemas arrecifales por derecho propio, existieron en los fondos arenosos y someros de este período grandes y abundantes poblaciones de **braquiópodos** del grupo de los productoideos, particularmente del género *Productus*. De hecho, en los viejos textos de Geología Histórica se menciona a los mares Carboníferos como "Mares de *Productus*".
- Un suceso de gran importancia fué el surgimiento y auge, durante este período, de un grupo de foraminíferos gigantes, los llamados **fusulínidos**. El nombre les viene de poseer forma de huso, esto es, alargados, anchos en la parte media y estrechos en ambos extremos. Algunos llegaron a medir cerca de los 10 cm de largo. Estos foraminíferos son de particular utilidad en el fechado estratigráfico de los depósitos de fines de la Era Paleozoica, y se han establecido provincias oceánicas para la misma mediante la distribución de sus miles de

especies. El aporte de sus testas a los depósitos carbonatados de la época aventaja al de todo el resto de los demás grupos tomados en su conjunto.

## 12. EL SISTEMA ARRECIFAL DEL CARBONIFERO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

( 256 )

- II. MCKERROW, W. S., 1978. *The Ecology of Fossils: An Illustrated Guide*. The MIT Press. Cambridge, Mass. 383 pp.
- III. NEWELL, N. D., 1972. *The Evolution of Reefs*. *Scientific American*. 226:6:54-65. Jun.

## 13. LA FLORA CARBONIFERA

Al iniciarse el Carbonífero, se extendió por los márgenes continentales la llamada *Flora del Carbonífero*, cuyos restos constituyen los extensos depósitos de carbón mineral que le han dado su nombre al período. La fisonomía y composición de estos bosques era la siguiente:

- Las características de las rocas sedimentarias en que se encuentran las plantas fósiles, y los caracteres morfológicos de estas últimas, nos indican que en este período nuestro planeta poseía un clima bastante uniforme, lluvioso y cálido, con variaciones estacionales mínimas. Estas condiciones cambiaron al finalizar el período.
- El hallazgo de troncos enraizados aún en los sedimentos petrificados nos indican que la estructura del ecosistema era la de un bosque en galería; el estrato arbóreo lo constituían licopodios gigantes con estructuras reproductoras complejas semejantes a semillas que portaban en conos parecidos a las de las actuales coníferas. Algunos de estos árboles, con corteza vistosamente ornamentada por las cicatrices dejadas por sus hojas caedizas, llegaban a medir hasta 40 m como *Lepidodendron* spp. (el género más abundante), o 30 m como su pariente cercano *Sigillaria* spp. (II, X).
- Las copas de *Lepidodendron*, amplias y muy ramificadas, formaban el techo o dosel de estos bosques. Ello lo corrobora el hecho de que poseía hojas suculentas ajustadas a la retención de humedad aún cuando estuviesen

directamente expuestas al sol. Sin embargo, las raíces de estos árboles presentan espacios aéreos a todo lo largo, lo que indica que vivían habitualmente en suelos pantanosos con poco oxígeno. Otro árbol interesante es *Cordaites* spp. (IV), probable ancestro de las actuales coníferas. Su madera es casi idéntica a la de éstas últimas aunque sus hojas y la organización de sus estructuras reproductoras es mucho más sencilla; al parecer crecían en suelos más secos.

- Los estratos inferiores de la vegetación estaban constituidos por helechos arborescentes como *Psaronius*, que alcanzaba los 8 m de altura y en los suelos inundados crecían colas de caballo, también arborescentes. Estos árboles con troncos y ramas articulados, semejantes a versiones gigantes de sus parientes actuales los equisetos, alcanzaban los 10 m de altura; un género muy común fué *Calamites*, las ramas y el follaje sueltos reciben el nombre de *Annularia* spp. (IV).
- El estrato arbustivo y herbáceo estaba constituido por especies de licopodios, colas de caballo y helechos con formas y tamaños más semejantes a los que éstos grupos presentan por lo común en la actualidad.
- Es importante destacar, asimismo, el surgimiento de los Musgos y las Hepáticas en este período;
- Un grupo por demás interesante son las pteridospermas o "helechos con semillas", plantas arbóreas, arbustivas ó trepadoras que combinaban en su estructura hojas muy parecidas a las de los helechos con la presencia de semillas verdaderas. Se les considera el grupo ancestral de las cícadas y cicadeoides que dominaron gran parte de la era siguiente.
- Esta diversa y abundante flora albergaba una fauna de millones de arácnidos e insectos. Entre éstos últimos merecen mención las cucarachas ó blátidos, abundantes y mucho mayores que las de hoy en día, y las libélulas gigantes (grupo de los odonatos) tales como *Meganeura* que alcanzaban los 65 cm de envergadura.

### 13. LA FLORA CARBONIFERA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. BANKS, H. P., 1970. *Evolution and Plants of the Past*. Ed. Wadsworth. Belmont, Cal.
- II. BIERHORST, D. W. 1971. *Morphology of Vascular Plants*. The McMillan Co, New York. 560 pp.

- III. BOLD, H. C., Alexopoulos, C. & T. Delevoryas., 1980. **Morphology of Plants and Fungi**. Fth. Ed. Harper & Row Publ. New York. Cambridge, Mass. 819 pp.
- IV. COX, C. B., Healey, I. N. & P. D. Moore., 1976. **Biogeography. An Ecological and Evolutionary Approach**. Blackwell Science Publications. Oxford., 194 pp.
- V. DELEVORYAS, T., 1977. **Plant Diversification**. Sec. Ed. Holt, Rinchart o Winston. new York. 144 pp.
- VI. FOSTER, A. S. & E. M. Gifford, Jr., 1974. **Comparative Morphology of Vascular Plants**. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 751 pp.
- ( 384 )  
( 233, 234, 235 )
- VII. HALLAM, A., 1973. **Atlas of Paleobiogeography**. Elsevier Science Pub. Co. New York. 531 pp.
- VIII. KUMMEL, B., 1970. **History of the Earth. An Introduction to Historical Geology**. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.
- IX. MCKERROW, W. S., 1978. **The Ecology of Fossils: An Illustrated Guide**. The MIT Press. Cambridge, Mass. 383 pp.
- X. SEYFERT, C. K. & L. Sirkin., 1979. **Earth History and Plate Tectonics. An Introduction to Historical Geology**. Sec. Ed. Harper & Row, Publ. San Fco. 600 pp.

( 361, 362 )

#### 14. LA COALESCENCIA DE PANGEA Y EL SURGIMIENTO DE LOS REPTILES

Otro evento de importancia para la Biósfera ocurrido más o menos a mediados del Carbonífero, hace unos 320 millones de años, fué el término de la siguiente coalescencia de las continentales en un sólo supercontinente, el primero en haber sido reconocido como tal, que ha sido denominado por los geólogos como Pangea. De hecho, un fenómeno por demás interesante ocurrió con las faunas marinas fósiles de agua somera del Cámbrico Tardío y del Ordovícico Temprano del este norteamericano y del oeste europeo: su diferencia en composición de especies fué disminuyendo hasta desaparecer en el momento citado, indicando el cierre y drenado de lo que hoy conocemos como Atlántico Norte.

Se reconocen, según su separación posterior (IX), dos grandes áreas subcontinentales:

- Una región al norte, constituida por lo que ahora serían Eurasia, Norteamérica y Groenlandia llamada **Laurasia**;
- Otra región situada al sur constituida por lo que ahora serían Australia, India, Madagascar, Africa, Sudamérica y Antártida, denominada **Gondwana**.

Estas dos grandes áreas estuvieron separadas en gran parte por un área oceánica que actualmente constituye el Mar Mediterráneo, al cual se le denomina **Mar de Tethys**; al océano global para ese tiempo se le denomina **Panthalassa**.

Al contrario de lo que ocurre hoy en día, la mayor parte del área continental se encontraba situada al Sur del ecuador. La formación de Pangea trajo como consecuencia, según lo muestran modelos climáticos para ese lapso, el hecho de que, a la larga, se estableciesen en él ciclos estacionales mucho más extremos que los que ahora operan en nuestro planeta.

Se piensa que este deslizamiento de climas cálido-húmedos relativamente uniformes a climas extremos en que hubiese sobre todo fases muy cálidas y secas, tuvieron una influencia decisiva en la evolución de la flora y de los vertebrados terrestres. Por ejemplo, se argumenta que las áreas sujetas a fuertes sequías periódicas fueron los sitios en que ciertos grupos de anfibios dieron lugar a los primeros reptiles. Estos anfibios, ajustados a una vida en los bosques cálido-húmedos del Carbonífero temprano poseían una piel desnuda y húmeda, y debían regresar a algún cuerpo de agua líquida para depositar sus huevos envueltos en una sustancia gelatinosa, tal como lo hacen la inmensa mayoría de los anfibios actuales. Probablemente en las zonas extremas anteriormente mencionadas es que algunos anfibios del Carbonífero Medio adquirieron una piel escamosa y sin poros, a prueba de desecación, y comenzaron a poner huevos con cubiertas gelatinosas ricas en sales minerales, configurando poco a poco la cáscara típica del huevo reptiliano, a la vez que iba adquiriendo una serie de envolturas membranosas:

- Una membrana general envolvente en contacto directo con la cáscara de carácter poroso y encargada del intercambio de gases para la respiración, el **corion**;
- Otra que conservase al embrión húmedo y protegido, el **amnios**;
- Otra que lo alimentase, el **saco vitelino**;
- Una más que se encargase de sus deshechos, el **alantoides**.

Todas ellas en plenas funciones hasta que el individuo estuviese en condiciones de salir del huevo.

Este tipo de huevo que comparten actualmente los reptiles, algunos mamíferos y las aves recibe el nombre de **huevo amniótico**. Dado que estos cambios se dieron fundamentalmente en partes blandas que no son normalmente preservables al estado fósil, existe de todo el proceso sólo una evidencia de tipo indirecto: los huevos fosilizados más antiguos de que se tiene noticia, del Carbonífero Medio y los esqueletos de algunos vertebrados contemporáneos de aquéllos, cuyas características son tan ambiguas que resulta muy difícil clasificarlos, ya sea como anfibios avanzados, o como reptiles primitivos. Tal es el caso del género *Seymouria*, por ejemplo.

Inmediatamente, los reptiles se diversificaron y se convirtieron en la fauna terrestre dominante de la parte superior del Carbonífero y son una fauna importante aún en la actualidad. Al grupo primordial de reptiles se le denomina **cotilosaurios** o **Reptiles Troncales**, porque de ellos se desprendieron abundantes líneas evolutivas. Es aquí donde utilizaremos la clasificación secuencial de las faunas de vertebrados propuesta por R. T. Bakker en fechas recientes y que consideramos de gran utilidad para entender los patrones evolutivos globales de las mismas: las **Megadinastías**. La **Megadinastía I** la constituyen, a manera de grupo predominante, los **pelicosaurios** o "reptiles con vela" (VIII) de la parte alta del Carbonífero. Frecuentemente confundidos con dinosaurios, muchos pelicosaurios presentaban una vela de piel a lo largo de la columna vertebral sostenida por prolongaciones óseas de las vértebras mismas, de ahí su nombre. Se piensa actualmente que la vela de estos animales poseía funciones en la regulación térmica, como se verá más adelante; los pelicosaurios poseían además, a manera de novedad, una fosa entre los huesos temporales a cada lado de la cabeza, con lo cual se aumentaba el área para la sujeción de los músculos de la mandíbula; con ello dicho músculo podía ser más grande y la mordida más poderosa. Por su tamaño y aparato mandibular, los carnívoros más poderosos eran las especies del género *Dimetrodon*, que depredaban sobre otros reptiles y sobre los grandes anfibios de la época tales como *Eryops* (VII). *Dimetrodon* y sus semejantes, poseían dientes largos y puntiagudos; esto, aunado al mecanismo mandibular mencionado anteriormente, nos indica que habrían sido los primeros carnívoros terrestres capaces de desgarrar a sus presas en lugar de tragarlas enteras como hacían sus contemporáneos, los anfibios depredadores como el mismo *Eryops*. Entre los pelicosaurios herbívoros podemos citar al género *Edaphosaurus*, que también poseía una vela en el dorso y a *Diadectes*, el herbívoro más extendido de su tiempo. Esta megadinastía era de baja diversidad comparada con las demás y ello se debe, al parecer, a que estaba constituida por



animales de "sangre fría". Esto es, todos dependían del calor que pudieran recibir del entorno (luz solar, atmósfera, etc.), condición que se conoce como **ectotermia**. Se piensa que los pelicosaurios con vela podrían haber reducido el tiempo de adquisición de calor exponiendo la gran área de las mismas de manera perpendicular a los rayos solares, obteniendo con ello una ventaja sobre el resto de los tetrápodos que no la tenían. Aún así, en ausencia de una fuente de calor, la temperatura corporal de todos estos animales podía variar grandemente, condición que, en general, se conoce como **poikilotermia**. Los reptiles y anfibios típicos de la actualidad son ectotermos y poikilotermos.

Los pelicosaurios, antes de extinguirse a mediados del siguiente período, dieron origen a la fauna de vertebrados dominante del mismo: la **Megadinastía II**.

**14. LA COALESCENCIA DE PANGEA Y EL SURGIMIENTO DE LOS REPTILES. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. CARROLL, R. L., 1988. **Vertebrate Paleontology and Evolution**. W. H. Freeman and Co. New York. 698 pp.
- II. CROWLEY, T. J., Hyde, W. T. & D. A. Short., 1989. **Seasonal Cycle Variations in the Supercontinent of Pangea**. *Geology*. 17:5:457-460. May.
- III. HALLAM, A., 1972. **Continental Drift and the Fossil Record**. *Scientific American*. 186-195. Nov.
- IV. HALLAM, A., 1973. **Atlas of Paleobiogeography**. Elsevier Science Pub. Co. New York. 531 pp.
- V. KUMMEL, B., 1970. **History of the Earth. An Introduction to Historical Geology**. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.
- VI. McELHINNY, M. W. & D. A. Valencia Edit., 1981. **Paleoreconstruction of the Continents**. Geodyn. Series Vol. 2. Amer. Geophys. Union, Geol. Soc. of Amer. Publ. Washington, D. C. & Boulder, Colorado., 194 pp.
- VII. PAUL, G. S., 1988. **Predatory Dinosaurs of the World**. New York Academy of Sciences Book, N. Y. 464 pp.
- VIII. STANLEY, S. M. 1989. **Earth and Life Through Time**. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.

( 50 )

( 402, 403 )

- IX. WATERS, T., 1992. **Greetings from Pangea**. *Discover*. 13:2:38-43. Feb.

( 40/41 )

15. **LA PRESENCIA DE FORAMINIFEROS FUSULINIDOS PERMICOS REDEPOSITADOS EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA**

La mayor parte de las rocas que configuran la península de Baja California son relativamente "nuevas". Hasta la fecha son raros los reportes de rocas del Paleozoico. Tal es el caso de algunos cantos rodados contenidos en depósitos de canal del Jurásico Medio (que abordaremos más adelante), y cuyo origen se encuentra en rocas que actualmente forman parte del macizo continental. Estos fragmentos de roca redondeados encontrados en depósitos peninsulares del Paralelo 30, contienen foraminíferos fusulinidos del Período Pérmico, último período de la Era Paleozoica y cuyo inicio se ha fechado en 290 millones de años aproximadamente. La especie ha sido determinada provisionalmente como *Parafusulina kummeli*. Los cantos rodados con fusulinidos que aquí nos ocupan constituyen una de las múltiples evidencias de que la península de Baja California estuvo alguna vez unida al macizo continental.

15. **LA PRESENCIA DE FORAMINIFEROS FUSULINIDOS PERMICOS REDEPOSITADOS EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. GASTIL, R. G.; Lemone, D. V.; and Stewart, W. J., 1973. **Permian Fusulinids from near San Felipe, Baja California**: American Association of Petroleum Geologists. Bulletin, 57(4), p. 746.
- II. GASTIL, G. et al., 1988. **The Relation Between the Paleozoic Strata on Opposite Sides of the Gulf of California**. San Diego St. Univ. San Diego, Cal.
- III. HAQ, B. U., & A. Boersma., 1978. **Introduction to Marine Micropaleontology**. Elsevier Ed. New York. 379 pp.
- IV. TASCH, P., 1980. **Paleobiology of the Invertebrates. Data Retrieval from the Fossil Record**. J. Wiley & Sons. New York. 975 pp.

16. **LA BIOTA PANGEANA DEL PERMICO**

Al irse agudizando el clima extremoso hacia finales del período, y al irse perfilando una glaciación que afectó sobre todo a la porción sur de Pangea en la primera parte del Pérmico, la Flora del Carbonífero experimentó un corrimiento hacia la zona equatorial, donde el clima se conservaba más cálido; las lepidodendrales y los calamites comenzaron a

menguar mientras que las pteridospermas y nuevos grupos de gimnospermas cobraban gran importancia; estos grupos nuevos fueron: las *Cícadas* que aún existen en la actualidad, plantas semejantes a las palmas actuales, sin ser sus parientes, con hojas compuestas como las de algunos helechos pero de consistencia coriácea (es decir, semejante al cuero) y con semillas verdaderas las cuales se producen en conos especializados parecidos a los de las coníferas; sus parientes más complejos, los extintos *Cicadeoides*, con hojas semejantes pero con una variedad de formas arbas y arbustivas y cuyos conos eran más sofisticados; los primeros *Ginkgos*, árboles con la simetría de los pinos actuales pero con hojas en forma de abanico con venación radial y, por último las *Coníferas* verdaderas ancestrales a los actuales pinos, araucarias, cipreses, etc. El sitio ocupado previamente por la flora del carbonífero sería ocupado por estas floras en las latitudes elevadas antes de que aquélla desapareciera a mediados de este período.

La vegetación de Pangea en el Pérmico fué muy característica. Por ejemplo, por los terrenos de Gondwana se extendió la Flora de *Glossopteris*. *Glossopteris* es una pteridosperma de hojas lanceoladas y venación compleja cuyos restos están siempre asociados a rocas originadas a partir de depósitos glaciares. Sin embargo, los marcadísimos anillos de crecimiento en la madera fósil que acompaña a *Glossopteris*, nos indica una estacionalidad bastante severa en esta región durante esa época. El que los fósiles de *Glossopteris* se encuentren distribuidos en todos los continentes gondwánicos, se utiliza como una evidencia más de la unión que existía entre los mismos en ese momento.

A finales de este período, al volverse el clima más benigno, se extendió, a partir de las zonas tropicales, la *Flora de Dicroidium*, llamada así por un género de hojas de gimnospermas muy frecuente en los depósitos correspondientes; la Flora de *Dicroidium* dominaría el paisaje hasta la parte alta del siguiente período.

Como se habrá de notar más adelante, los cambios en la vegetación se vieron acompañados por cambios correspondientes en la fauna.

El estado de unión de las masas continentales se refleja también en la fauna continental. Por ejemplo, *Mesosaurus*, un pequeño reptil de dos metros de longitud, piscívoro y de hábitos semiacuáticos-dulceacuícolas del Pérmico Temprano, se lo encuentra como fósil en la parte sureste de Sudamérica y en la parte suroeste de África. Ello se interpreta como evidencia de la unión existente entre estas dos grandes masas continentales.

En lo que respecta a las faunas de vertebrados dominantes, las huellas fosilizadas de la parte temprana del Pérmico constituyen un registro fascinante. Además de las huellas de los consabidos anfibios, pelicosaurios, etc., existen huellas de otras criaturas aun desconocidas en cuento a restos esqueléticos; notables son algunas huellas de criaturas aparentemente bípedas y algunos rastros cortos de otras que aparentemente despegaron del suelo y echaron a volar! (XIV).

Los pelicosaurios, por su parte, dieron lugar al grupo que constituye la **Megadinastía II**: los **terápsidos**, grupo de tetrápodos ya en muchos aspectos semejantes a los mamíferos y entre los cuales se encuentran los ancestros de los mismos (XIII).

La distribución actual de las especies fósiles de terápsidos son una de las mejores evidencias de que los continentes actuales estuvieron unidos durante ése período. Los terápsidos dominaron el paisaje del Pérmico. Veamos algunas de sus características:

- Presentaban un cráneo con fosas temporales más grandes;
- A diferencia de los reptiles típicos que tienen dientes iguales en tamaño y forma, los terápsidos ya poseían colmillos diferenciados y molares e incisivos en proceso de diferenciación;
- Presencia de un paladar semejante al de los mamíferos actuales con dos vías, una para la respiración y otra para la alimentación;
- Extremidades colocadas por debajo del cuerpo y no a lados como en los reptiles típicos. Fué un grupo de **cuadrúpedos**, en el que nunca se dió el **bipedismo**;
- La estructura de sus cuerpos y las características internas de sus huesos nos sugieren que ya poseían la capacidad de producir una cantidad apreciable de calor interno, (condición denominada **endotermia**) y de mantener una temperatura corporal más o menos constante (**homeotermia**), es decir que eran animales de "sangre caliente", como los mamíferos y aves de hoy en día; se piensa que esta característica evolucionó por la presión selectiva de los extremos climas presentes particularmente en el área sur de Pangea;
- Al advenimiento de la endotermia y la homeotermia en los vertebrados se conoce como la **Revolución Kazaniana**, debido a que los primeros indicios de este tipo de animales aparece en un piso estratigráfico, el **Kazaniano**, de este período;

- La diversidad de formas biológicas de los terápsidos era muy amplia, los había del tamaño de ratones y ardillas, del de gatos y perros, y hasta del tamaño de rinocerontes (XI); asimismo los había herbívoros, carnívoros y omnívoros (esto es, que se alimentaban tanto de plantas como de animales).

## 16. LA BIOTA PANGAICA DEL PERMIANO. BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA.

### FLORA

- I. BANKS, H. P., 1970. **Evolution and Plants of the Past**. Ed. Wadsworth. Belmont, Cal.
- II. BIERHORST, D. W., 1971. **Morphology of Vascular Plants**. The McMillan Co, New York. 560 pp.
- III. BOLD, H. C., Alexopoulos, C. & T. Delevoryas., 1980. **Morphology of Plants and Fungi**. Fth. Ed. Harper & Row Publ. New York. Cambridge, Mass. 819 pp.
- IV. DELEVORYAS, T., 1975. **Mesozoic Cicadophytes**: IN: Campbell, K. S. W. editor., 1975. **Papers from Third International Gondwana Symposium** Canberra, Australia, 1973. Australian National University Press, Canberra. Section 2. Gondwana Flora 15:173-191.
- V. DELEVORYAS, T., 1977. **Plant Diversification**. Sec. Ed. Holt, Rinehart & Winston. New York. 144 pp.
- VI. FOSTER, A. S. & E. M. Gifford, Jr., 1974. **Comparative Morphology of Vascular Plants**. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 751 pp.
- VII. HALLAM, A., 1973. **Atlas of Paleobiogeography**. Elsevier Science Pub. Co. New York. 531 pp.
- VIII. VALENTINE, J. W. editor., 1985. **Phanerozoic Diversity Patterns. Profiles in Macroevolution**. Princeton Univ. Press. San Francisco. 441 pp.

### FAUNA

- VIII. BAKKER, R. T., Ph. D. 1986. **The Dinosaur Heresies**. Zebra Books, Kensington Publishing Corp. 481 pp.
- IX. CARROLL, R. L., 1988. **Vertebrate Paleontology and Evolution**. W. H. Freeman and Co. New York. 698 pp.

- X. COLBERT, E., 1969. *Evolution of the Vertebrates. A History of the Backboned Animals Through Time*. Sec. Ed. J. Wiley & Sons. New York. 535 pp.
- XI. HALLET, M., 1982. *Class Struggle: The Rise of the Mammal*. *Science Digest*. 90:11:65, 105. Nov.
- ☞ ☞ ☞ ☞ ☞
- XII. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.
- XIII. STANLEY, S. M. 1989. *Earth and Life Through Time*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.
- ( 404, 405 )
- XIV. STEWART, D., 1992. *Petrified Footprints: a Puzzling Parade of Permian Beasts*. *Smithsonian*. 23:4:70 - 79 Jul.
- ( 74 )

17. LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE PERMICO-TRIASICO (P/T)

La glaciación fué menguando conforme transcurría la primera mitad del Pérmico. Sin embargo al final de este período está marcado por una gran extinción masiva que afectó principalmente a los ecosistemas marinos. Estos últimos perdieron globalmente el 50 % de sus familias taxonómicas en el transcurso de unos 15 millones de años. Los grupos del medio marino desaparecidos en este momento fueron:

- La totalidad de las especies de fusulínidos;
- La totalidad de los corales tabulados y rugosos;
- La totalidad de los trilobitas.

Otros grupos fuertemente afectados por el evento mencionado fueron:

- Las comunidades microbianas constructoras de estromatolitos;
- Las algas verdes coralinas;
- Los estromatoporoideos;
- Los briozoarios;
- Los braquiópodos;

- Los moluscos gasterópodos;
- Los amonitas;
- Los moluscos bivalvos;
- Los crinoideos;

En el medio continental desaparecieron la mayor parte de las familias de anfibios y de reptiles.

En este momento es que se ha establecido el cambio tanto de Período como de Era. Estaríamos entrando así en el **Triásico**, primer período de la era siguiente, la **Era Mesozoica o de la Vida Media**. Esta transición se ha fechado en unos 250 millones de años.

El registro geológico-paleontológico del Triásico nos indica que en este período predominaron climas paulatinamente más cálidos y secos que en los períodos previos.

**17. LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE PERMICO-TRIASICO (P/T). BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. NEWELL, N. D., 1972. *The Evolution of Reefs. Scientific American.* 226:6:54-65. Jun.
- II. SEPKOSKI, J. J. Jr., 1982. *Mass extinctions in the Phanerozoic Oceans: A Review. Geol. Soc. of Amer. Special Paper* 190:283-289.
- III. STANLEY, S. M., 1984. *Mass Extinctions in the Ocean. Scientific American.* 250:6:46-54. Jun.
- IV. STANLEY, S. M., 1987. *Extinction. Scientific American. Books Inc. New York.* 242 pp.

**18. LA RECUPERACION DEL SISTEMA ARRECIFAL EN EL TRIASICO**

Los arrecifes de pequeña extensión fueron muy comunes durante la parte temprana y media del Triásico y estaban constituídos principalmente por algas coralinas, esponjas y briozoarios.

Un evento de importancia fundamental fué la aparición, hacia finales de este período, de los corales escleractínidos o hexacorales. Con su aparición la construcción de arrecifes se vió, en adelante, grandemente reforzada. De hecho son los componentes fundamentales de los arrecifes en la actualidad.

Un grupo que surgió a finales de este período y que posee una gran importancia como fechador estratigráfico es el de los **belemnites**. Se trata, según impresiones encontradas, de

cefalópodos semejantes a los actuales calamares, pero con una sólida concha carbonatada interna que semeja un cigarro puro. Este grupo se diversificó y fué particularmente abundante a lo largo de toda la era mesozoica ( II ).

**18. LA RECUPERACION DEL SISTEMA ARRECIFAL TRIASICO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

I. HAQ, B. U., & A. Boersma., 1978. **Introduction to Marine Micropaleontology.** Elsevier Ed. New York. 379 pp.

II. KUMMEL, B., 1970. **History of the Earth. An Introduction to Historical Geology.** Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

( 346 )

III. NEWELL, N. D., 1972. **The Evolution of Reefs.** *Scientific American.* 226:6:54-65. Jun.

IV. TASCH, P., 1980. **Paleobiology of the Invertebrates. Data Retrieval from the Fossil Record.** J. Wiley & Sons. New York. 975 pp.

**19. LA FLORA CONTINENTAL DEL TRIASICO**

Dada la dominancia de climas áridos durante este período la vegetación del Triásico tuvo un deslizamiento global hacia la dominancia por parte de las gimnospermas, plantas con un mayor potencial de ajuste a climas secos, y a una declinación paulatina de las especies de licopodios, colas de caballo y helechos, plantas que aún hoy en día poseen mayores requerimientos de humedad ambiental. Así por ejemplo, las coníferas, el grupo de gimnospermas más exitoso de la actualidad, evolucionó inicialmente en los climas áridos y semiáridos del Triásico. Mas adelante, en los oasis de este período dominaron pues, las coníferas, los ginkgos, las cicadales, los cicadeoides, y, como flora acompañante, encontramos a versiones reducidas de las lepidodendrales, los calamites y los helechos arbóreos paleozoicos. Desde estos oasis, radiaría la vegetación dominante de la parte alta de este período reemplazando finalmente a la Flora de *Dicroidium* y extendería esta dominancia hasta el final del período siguiente.

**19. LA FLORA CONTINENTAL DEL TRIASICO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

I. BERRY, K. D. & Peter L. Miller., 1984. **Mesozoic Biostratigraphy, Vizcaino Peninsula and Cedros Island, Baja California Sur, México: IN: Geology of the Baja California Peninsula Field Trip Guidebook.**



(Frizzell, Virgil A., editor), Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Los Angeles, CA., 39:67-87.

II. STANLEY, S. M. 1989. *Earth and Life Through Time*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.

## 20. LA FAUNA DE REPTILES CONTINENTALES TRIASICOS Y EL ORIGEN DE LOS MAMIFEROS

La fauna de reptiles triásicos se diversificó llenando nuevamente los espacios ecológicos dejados por la gran extinción P/T. En un principio la fauna estuvo dominada por **terápsidos herbívoros especializados**, semejantes a versiones reptilianas de hipopótamos, de los cuales un género importante como indicador de unión continental es *Lystrosaurus*. Un nuevo grupo de reptiles depredadores, los **tecodontos**, al principio semejantes en forma y hábitos a los actuales cocodrilos, aparecieron y se volvieron paulatinamente más importantes. Entre los terápsidos depredadores se encuentran ya muchas especializaciones; entre ellos se encontraban los primeros cazadores que podían literalmente correr detrás de sus presas, que podían masticar verdaderamente su alimento y los había con colmillos acanalados y comunicados con sus cavidades de almacenamiento respectivas, indicando el uso de venenos en la cacería; inclusive los había con colmillos desmesuradamente desarrollados que en mucho recuerdan a los "Tigres-Dientes-de-Sable" que aparecerían mucho después.

En un cierto grupo de terápsidos carnívoros, los **cynodontos** ("dientes de perro"), los caracteres mamiferoides se fueron acentuando grandemente hasta que, a fines del período, dieron origen a los primeros **mamíferos verdaderos (IV)**. Un ejemplo clásico de cynodonto, de apariencia marcadamente mamiferode, es *Cynognathus* spp., de hasta dos metros de largo y grandes colmillos, cuyos fósiles se encuentran frecuentemente en grupos, por lo que se piensa que estos carnívoros cazaban en manadas. Es también un género indicador de unión continental.

Un ejemplo de los primeros mamíferos verdaderos sería el *Morganucodon*, un animalito del tamaño de una musaraña juvenil y con su misma apariencia exterior, aún cuando sus caracteres internos recordasen aún a los de un reptil.

Sin embargo los terápsidos sufrieron una gran extinción a finales del Triásico Medio y en la parte superior del Triásico las oportunidades ecológicas abiertas por la extinción total de los terápsidos fué aprovechada por los descendientes de los tecodontos que constituirían la **Megadinastía III: los Dinosaurios**. Apparentemente, debido a la superioridad biológica de éstos últimos, los primeros mamíferos, descendientes y herederos únicos de los terápsidos, quedaron en un papel

marcadamente marginal dentro de los ecosistemas mesozoicos subsiguientes. Los dinosaurios fueron las formas de vertebrados dominantes durante los siguientes 140 millones de años. Las primeras formas de dinosaurios eran bípedas y carnívoras de sólo unos dos metros de largo. Ejemplo de éstas es el esbelto y ágil género *Coelophysis* spp. Recientemente se han encontrado formas con características tales que permiten considerar a las dos líneas en que se divide al grupo de manera tradicional, los *Saurisquios* o "dinosaurios con pelvis de reptil" y los *Ornitisquios* o "dinosaurios con pelvis de ave", como un grupo evolutivamente único. Ejemplo de estas formas sería el género *Anchisaurus*, un herbívoro con ancestros bípedos, capacidad que retenía parcialmente, cuyo notable medio de defensa era una poderosa uña en forma de hoz en cada uno de sus pulgares. Otros grupos importantes serían de reptiles surgidos en este período tales como las **tortugas** o **quelonios**, los **cocodrilos verdaderos** y las **lagartijas** o **lacertilios**.

Sin embargo el mundo geológico del Triásico Tardío se alteró de manera radical hace unos 180 millones de años al establecerse la fragmentación de Pangea. En primera instancia la separación se dió a nivel del Mar de Tethys, originándose así los dos grandes subcontinentes de *Laurasia* y *Gondwana*, situados al Norte y al Sur respectivamente. El proceso continuó acentuándose durante toda la Era Mesozoica, perfilándose así la distribución actual de océanos y continentes. Es notoria la influencia que tuvo, sobre la evolución de la biota terrestre, el aislamiento geográfico en solo dos grandes masas continentales como se verá más adelante.

## 20. LA FAUNA DE REPTILES CONTINENTALES TRIASICOS Y EL ORIGEN DE LOS MAMIFEROS. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. CARROLL, R. L., 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W. H. Freeman and Co. New York. 698 pp.
- II. COLBERT, E., 1969. *Evolution of the Vertebrates. A History of the Backboned Animals Through Time*. Sec. Ed. J. Wiley & Sons. New York. 535 pp.
- III. HALLET, M., 1982. *Class Struggle: The Rise of the Mammal*. *Science Digest*. 90:11:65, 105. Nov.
- IV. PAUL, G. S., 1988. *Predatory Dinosaurs of the World*. New York Academy of Sciences Book, N. Y. 464 pp.

( 52 )

## 21. LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE TRIASICO-JURASICO (T/J)

La biota marina y continental del límite T/J se encuentra marcada por otra gran extinción masiva que, en comparación con las demás, se encuentra menos estudiada. En este evento desaparecieron el 20 % de las familias de animales marinos. Entre los Invertebrados resultaron afectados en gran medida los braquiópodos, los amonitas, los moluscos gasterópodos y los moluscos bivalvos.

Los peces óseos primitivos o **condrósteos**, grupo al que pertenecen los esturiones actuales y que dominaron los mares del Triásico, comenzaron a declinar, cediendo su lugar a formas más avanzadas: los **holósteos**. Otros grupos de vertebrados fuertemente afectados por la gran extinción fueron los reptiles marinos.

La extinción masiva de las especies marinas parece, de manera curiosa, haber sido algo posterior a la gran extinción de organismos terrestres citada anteriormente. Un grupo que desapareció totalmente en el transcurso de esta gran extinción fué el de los **conodontos**.

## 21. LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE TRIASICO-JURASICO (T/J). BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. NEWELL, N. D., 1972. **The Evolution of Reefs.** *Scientific American.* 226:6:54-65. Jun.
- II. SEPKOSKI, J. J. Jr., 1982. **Mass extinctions in the Phanerozoic Oceans: A Review.** *Geol. Soc. of Amer. Special Paper* 190: 283-289.
- III. STANLEY, S. M., 1984. **Mass Extinctions in the Ocean.** *Scientific American.* 250:6:46-54. Jun.
- IV. STANLEY, S. M., 1987. **Extinction.** *Scientific American.* Books Inc. New York. 242 pp.
- V. VALENTINE, J. W. editor., 1985. **Phanerozoic Diversity Patterns. Profiles in Macroevolution.** Princeton Univ. Press. San Francisco. 441 pp.

## 22. ALGUNOS EVENTOS IMPORTANTES EN EL SENO DE LA BIOTA MARINA DEL JURASICO

En las fases tempranas del Período Jurásico, cuyo inicio se ha fechado en unos 205 millones de años, surgió un importante grupo de microalgas, los **cocolitoféridos**. Estos poseen representantes actuales y son importantes constituyentes del fitoplancton marino. Se trata de diminutas células con una gran complejidad interna y se caracterizan por segregar pequeñas escudillas calcáreas llamadas **cocolitos** arreglados esféricamente hacia la periferia celular. Al ser depredados

por las especies del zooplancton, los cocolitos, envueltos en pequeñas escretas fecales, se depositan a grandes profundidades formando grandes depósitos de lodo calcáreo. Actualmente son importantes como fósiles indicadores en el fechado estratigráfico.

Asimismo, en el Jurásico Tardío surgieron las primeras especies de foraminíferos de hábitos planctónicos, de inmensa utilidad de aquí en adelante, en lo que se refiere a fechado geológico y la interpretación de paleoclimas.

Los peces Holósteos, grupo al cual pertenece el pez caimán de la actualidad, declinaron a fines del Jurásico cediendo su sitio a los peces óseos de tipo moderno o teleósteos. Estos se diversificarían grandemente a partir de finales del período y principios del siguiente, hasta convertirse en el grupo de vertebrados mas diverso de la actualidad.

**22. ALGUNOS EVENTOS IMPORTANTES EN EL SENO DE LA BIOTA MARINA DEL JURASICO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

I. COLBERT, E., 1969. *Evolution of the Vertebrates. A History of the Backboned Animals Through Time.* Sec. Ed. J. Wiley & Sons. New York. 535 pp.

II. HAQ, B. U., & A. Boersma., 1978. *Introduction to Marine Micropaleontology.* Elsevier Ed. New York. 379 pp.

**23. LA RADIACION EVOLUTIVA DE LOS AMONITAS JURASICOS Y ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS AMONITAS JURASICOS PENINSULARES**

El grupo de los amonitas, después de la segunda gran extinción sufrida por un sinnúmero de sus especies a finales del Triásico, se vió reducido a sólo dos subórdenes. Sin embargo, siendo un grupo que se caracterizó a lo largo de toda su historia por su gran potencial evolutivo, se diversificó rápidamente al iniciarse el Jurásico recuperando con creces su esplendor anterior. En la Península de Baja California poseemos fósiles de amonoideos de este período.

En rocas de la Formación Gran Cañón en Isla de Cedros, Baja California, se encuentran fósiles de amonitas de los géneros *Oppelia*, *Lytoceras* y *Phylloceras*; sin embargo, el fechado lo proporciona la presencia del bivalvo *Bositra buchii*, que indica una edad del Jurásico Medio para la roca tobácea que contiene sus restos fósiles. También existen reportes de amonitas Jurásicos para las vecindades de Bahía Magdalena, Baja California Sur.

**23. LA RADIACION EVOLUTIVA DE LOS AMONITAS JURASICOS Y ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS AMONITAS JURASICOS PENINSULARES. BIBLIOGRAFIA**

DE CONSULTA.

- I. KILMER, F. H., 1979. *A Geological Sketch of Cedros Island, Baja California, Mexico*: IN: Abbot, P. L. & R. G. Gastil ed., 1979, *Baja California Geology, field guides and papers*. Publ. prepared for Field Trips. Geol. Soc. of Am. Annual Meeting, Nov. '79. Financed by Dep. of Geol. Science San Diego St. Univ. San Diego, CA. 228 p.
- II. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.
- III. TASCH, P., 1980. *Paleobiology of the Invertebrates. Data Retrieval from the Fossil Record*. J. Wiley & Sons. New York. 975 pp.
24. **COEVOLUCION DE LA FLORA Y FAUNA EN EL AMBIENTE CONTINENTAL DEL JURASICO, DADO EL AUUGE DE LOS DINOSAURIOS RAMONEADORES ALTOS**

Al iniciarse el Jurásico, la separación entre Gondwana y Laurasia era ya definitiva. El Océano Indico y el Atlántico Norte se habían abierto considerablemente, mientras que comenzaba la apertura del Atlántico Sur. El clima que reinó durante todo el Jurásico, fué uniformemente cálido, húmedo y con una estacionalidad muy reducida. El aumento del volúmen de agua líquida dada la consiguiente reducción de los hielos polares provocó la formación de mares someros sobre grandes áreas de los continentes. Estos mares, llamados **mares epicontinentales**, dividieron a Eurasia durante este período y a Norteamérica y al norte de Africa durante el siguiente.

Por esta benignidad de condiciones, a este período y al siguiente se les ha denominado en su conjunto la "Edad de la Leche y la Miel".

Los grupos de plantas dominantes en los ambientes continentales fueron: las **cicadas**, con representantes vivientes en todos los continentes y cuya distribución tan fragmentaria nos habla de una anterior distribución mundial; los **cicadeoides** o **benetiales**, que alcanzaron gran diversidad de formas y tallas y las **coníferas**. Todos ellos acompañados por la flora de criptógamas vasculares correspondiente: licopodios herbáceos, colas de caballo y helechos de distintas tallas y hábitos.

Para Isla de Cedros, Baja California, poseemos reportes de fósiles de plantas terrestres. Se trata de hojas muy mal preservadas, que apenas si permiten su determinación. Se trata de *Zamites*(?), un cicadeoide y de *Pagiophyllum* (?), una conífera, y hojas de probables helechos. Los fósiles se

encuentran en las rocas de la la Formación Gran Cañón, del Jurásico Medio, presentes en la Isla.

En el medio continental los vertebrados dominantes, la **Megadinastía III**, fueron los dinosaurios (XVI). Como se mencionó anteriormente, los mamíferos ocuparon sólo nichos marginales mientras duró la dominancia de aquéllos, siendo animalillos del tamaño y apariencia de musarañas jóvenes, la mayoría probablemente de hábitos nocturnos.

Los principales grupos de dinosaurios, salvo uno de ellos, quedaron establecidos durante este período, a saber:

Los **fitodinosaurios**, que incluye a todas las formas herbívoras los cuales, a su vez, se pueden dividir en:

- Los **saurópodos** ó grandes cuadrúpedos y de cuello largo (vgr. *Apatosaurus* (= *Brontosaurus*), *Barosaurus* (XIII) y *Brachiosaurus*). Aquí se incluyen los vertebrados terrestres más masivos que se conocen: el "Ultrasaurus", pariente cercano del *Brachiosaurus* que alcanzaba, al parecer, los 15 m de altura (VIII) y el "Seismosaurus" o "lagarto de los sismos", pariente masivo, de unas 90 toneladas, de otro de los saurópodos más conocidos: el *Diplodocus*;
- Los **hipsilofodóntidos**, pequeños herbívoros bípedos, que a su vez eran corredores de alta velocidad;
- Los **iguanodóntidos**, grandes herbívoros bípedo-cuadrúpedos parecidos en los dientes a las iguanas actuales;
- Los **hadrosáuridos** o dinosaurios bípedo-cuadrúpedos sofisticados y con "pico de pato" descendientes de los anteriores. Algunas de las últimas formas portaban en sus cabezas una cierta variedad de crestas óseas;
- Los **paquicefalosáuridos** ó dinosaurios bípedos con huesos craneales grandemente engrosados o con "cabeza de cúpula";
- Los **estegosáuridos** o dinosaurios cuadrúpedo-bípedos con placas a lo largo del dorso y grandes espigones defensivos en el extremo de la cola. La pelvis y las vertebras reforzadas asociadas a la misma, han llevado a pensar que los estegosaurios podían adoptar una postura de "trípode", asentados sobre su cola, de manera que podían alcanzar zonas relativamente elevadas del follaje. Sin embargo, ésta fué la primera gran categoría de dinosaurios en desaparecer, a finales del este período;
- Los **anquilosáuridos** o dinosaurios y cuadrúpedos

acorazados que vinieron a sustituir a los estegosaurios.

- Los **terópodos**, dinosaurios carnívoros de los cuales, los más conocidos son el subgrupo de los **aveterópodos** que incluye a los carnívoros de peso ligero más avanzados, vgr. *Ornitholestes* spp. y a los grandes carnívoros, vgr. *Allosaurus* spp. (VII). Dentro de los aveterópodos se encuentran, se piensa actualmente, los ancestros de las aves actuales;

Durante el Jurásico, los herbívoros dominantes fueron, con mucho, los saurópodos. Según lo muestra el registro de **gastrolitos o piedras de la molleja** de los saurópodos, estos se alimentaban fundamentalmente del follaje de las coníferas.

Se piensa que ello resultó en un aumento correspondido entre la estatura de estas plantas, y el largo del cuello de estos dinosaurios, así como de la capacidad de muchas especies saurópodos de sentarse sobre las patas de atrás y su cola, tal como lo hacían los estegosaurios. A su vez, se desarrolló, en las patas delanteras de éstos, una larga uña ganchuda que les permitía sujetarse del tronco de estos árboles. Dado que el ramoneo no implicaba la muerte de los árboles, el ciclo vital de éstos no sufrió prácticamente ningún efecto evolutivo en su duración.

Como dato adicional, los saurópodos, como otros tipos de dinosaurios, daban cuidado a sus crías y migraban en grupos organizados, con los individuos menores situados al centro de la formación, como lo muestran sus huellas fosilizadas.

Acompañaron a los dinosaurios los **pterosaurios** o "reptiles" voladores, que, ahora se sabe, tenían la piel recubierta de pelo, eran a todas luces homeotermos y practicaban el vuelo activo, propio de las aves actuales, más que el planeo que se les atribuye tradicionalmente (XII). Las formas iniciales eran, en promedio, más pequeñas y con colas más largas que sus descendientes del período siguiente. Un ejemplo clásico de éstos sería el género *Ramphorhynchus*, piscívoro cuya cola larga y rígida terminaba en un timón en forma de diamante. Sin embargo existieron formas muy variadas y de gran sofisticación a lo largo de la historia del grupo en general. Otro grupo que merece mención son los **Mosasaurios**, lagartijas marinas gigantes cuya forma recuerda a la de las fabulosas "Serpientes de Mar" de las leyendas antiguas. Las conchas de amonitas mordidas por ellos, indican que éstas constituían su alimento habitual. Un registro de este tipo se ha encontrado en la localidad de El Rosario, Baja California.

Otros grupos contemporáneos de los anteriores y de gran importancia, fueron los **ictiosaurios** (IX). Surgidos en el Triásico y dotados de formas nadadoras-ondulantes en un

principio, las formas más avanzadas poseían forma de pez; habitaban en el medio marino y los había de tamaños diversos, entre ellos se encontraba el *Shonisaurus*, el vertebrado marino más grande de su tiempo (de los 210 a los 230 millones de años), que alcanzaba los 10.20 m de longitud. También en el Mesozoico existieron los plesiosaurios, también marinos y con aletas, pero de cuello grandemente alargado, y los pliosaurios, también marinos, pero muy fuertes y resistentes y de cuellos cortos. Todos estos grupos eran carnívoros y su dentición nos indica que se alimentaban primordialmente de peces y moluscos de cuerpo blando.

**24. COEVOLUCION DE LA FLORA Y FAUNA EN EL AMBIENTE CONTINENTAL DEL JURASICO, DADO EL AUGE DE LOS DINOSAURIOS RAMONEADORES ALTOS. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. BAKKER, R. T., 1971. *Ecology of the Brontosaurus*. *Nature*. 229:172-174.
- II. BAKKER, R. T., 1978. *Dinosaur Feeding Behaviour and the Origin of Flowering Plants*. *Nature*. 274:661-663.
- III. BAKKER, R. T., Ph. D. 1986. *The Dinosaur Heresies*. Zebra Books, Kensington Publishing Corp. 481 pp.
- IV. DELEVORYAS, T., 1975. *Mesozoic Cicadophytes*: IN: Campbell, K. S. W. editor., 1975. *Papers from Third International Gondwana Symposium Canberra, Australia, 1973*. Australian National University Press, Canberra. Section 2. *Gondwana Flora* 15:173-191.
- V. DELEVORYAS, T. & R. C. Hope., 1976. *More Evidence for a Slender Growth Habit in Mesozoic Cicadophytes*. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 21:93-100.
- VI. DIETZ, R. S. & C. Holden., 1970. *The Breakup of Pangea*. *Scientific American*. 223:4:30-41. Oct.
- VII. COX, B. C., Healey, I. N. & P. D. Moore., 1976. *Biogeography, An Ecological and Evolutionary Approach*. Sec. Ed. Blackwell Science Publ. London., 194 pp.
- VIII. GORE, R., 1989. *Extinctions*. *National Geographic Magazine*. 175:6:662-699. Jun.  
( ~~1989~~ ~~1988~~ incluido )
- IX. KILMER, F. H., 1979. *A Geological Sketch of Cedros*



Island, Baja California, Mexico: IN: Abbot, P. L. & R. G. Gastil ed., 1979, *Baja California Geology, field guides and papers. Publ. prepared for Field Trips. Geol. Soc. of Am. Annual Meeting, Nov. '79.* Financed by Dep. of Geol. Science San Diego St. Univ. San Diego, CA. 228 p.

- X. MASSARE, J., 1992. *Ancient Mariners. Natural History.* 101:9:48-53. Sept.  
( 48/49, 53 )
- XI. McELHINNY, M. W. & D. A. Valencio Edit., 1981. *Paleoreconstruction of the Continents.* Geodyn. Series Vol. 2. Amer. Geophys. Union, Geol. Soc. of Amer. Publ. Washington, D. C. & Boulder, Colorado., 194 pp.
- XII. MOSSMAN, D. J. & W. A. S. Sarjeant., 1983. *The Footprints of Extinct Animals. Scientific American.* 248:1:64-74. Jan.
- XIII. NORELL, M., 1991. *Barosaurus on Central Park West. Natural History.* 36-41. Dec.  
( portada, 40, 41 )
- XIV. NORMAN, D., 1985. *The Illustrated Encyclopedia of Dinosaurs.* Crescent Books. New York. 208 pp.
- XV. PADIAN, K., 1988. *The Flight of Pterosaurs. Natural History.* 97:12:58-65. Dec.
- XVI. RICE, J., 1987. *Evolving Views of Dinosaurs. Natural History.* 96:12:46-55. Dec.  
( 46, 49, 50,  
53, 55 )
- XVII. WELLNHOFER, P., 1991. *The Illustrated Encyclopedia of Pterosaurs.* Crescent Books. New York. 192 pp.

## 25. EL ORIGEN DE LAS AVES

A últimas fechas se ha citado el hallazgo de restos esqueléticos de apariencia asombrosamente aviana en rocas de unos 225 millones de años, lo que correspondería al período Pérmico; se le ha denominado *Protoavis*. Sin embargo, la mala preservación y el argumento por parte de algunos investigadores sobre el hecho de que los huesos podrían pertenecer a individuos de grupos taxonómicos diferentes, han arrojado una fuerte sombra de duda sobre este espécimen (VIII).

Según la versión más ampliamente documentada, las aves parecen haber surgido de un grupo de pequeños dinosaurios coelurosáuridos. De hecho, los fósiles de las primeras aves conocidas han sido ocasionalmente confundidos, previamente al descubrimiento de su plumaje, con este tipo de dinosaurios.

A la fecha, siete ejemplares de la especie más antigua conocida de esta clase de vertebrados han sido encontrados en las calizas litográficas del Jurásico Superior de la Formación Solnhofen, en la provincia alemana de Bavaria. Se lo ha denominado *Archaeopteryx lithographica*.

Los esqueletos fosilizados de esta especie poseen caracteres reptilianos tales como una cola larga, garras en las extremidades anteriores y dientes en ambos maxilares; sin embargo, los esqueletos también presentan el "hueso de la suerte" (fúrcula) típico de las aves y que resulta de la fusión de las clavículas; asimismo sus maxilares tienen la forma de un pico aviano, y presentan las inequívocas impresiones de plumas cuya forma y patrón de distribución son los mismos que en las aves voladoras actuales. El arqueoptérix era del tamaño de un cuervo grande.

Según lo muestra el registro fósil, una vez aparecido este novedoso grupo experimentó una gran radiación a finales de este período y en el siguiente, como podrá notarse más adelante.

En este apartado merecen mención especial los dinosaurios terópodos pequeños del cretácico llamados **dromeosáuridos**. Su anatomía nos indica que se trataba de carnívoros depredadores extremadamente activos y ágiles, probablemente homeotermos, con características **asombrosamente avianas**, tanto que algunos investigadores consideran que **sus ancestros podrían haber sido voladores**. Por ejemplo, la especie mejor conocida y más representativa del grupo, el *Velociraptor antirrhopus*, (antes *Deinonychus antirrhopus*) (V, VI) parece una versión aumentada hasta los 2.5 m del *Archaeopteryx lithographica*. De hecho, algunos investigadores piensan que los ancestros de esta especie pudieran haber sido voladores! Para darnos una idea del gran sentido del equilibrio de estos bípedos, puede mencionarse que su cola era rígida, a manera de un balancín, y que su principal arma de ataque, una enorme uña en forma de hoz, se encontraba en cada una de sus patas traseras. Por otra parte, después de realizar estudios extensivos de características compartidas entre los dinosaurios y las aves, algunos investigadores han llegado a afirmar que "las aves son dinosaurios en la misma medida que los humanos somos mamíferos" (1).

## 25. EL ORIGEN DE LAS AVES. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I.       BAKKER, R. T., 1975. **Dinosaur Renaissance.** *Scientific American*. 17 pp. Apr.
- II.       BAKKER, R. T., Ph. D. 1986. **The Dinosaur Heresies.** Zebra Books, Kensington Publishing Corp. 481 pp.
- III.      FEDUCCIA, A., 1980. **The Age of Birds.** Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass., and London, Engl., 196 pp.
- IV.      NORMAN, D., 1985. **The Illustrated Encyclopedia of Dinosaurs.** Crescent Books. New York. 208 pp.
- V.        PAUL, G. S., 1988. **Predatory Dinosaurs of the World.** Simon & Schuster, N. Y. 464 pp.
- ( 172 )
- VI.      RICE, J., 1987. **Evolving Views of Dinosaurs.** *Natural History*. 96:12:46-55. Dec.
- ( 46 )
- VII.     WELLNHOFER, P., 1990. **Archaeopteryx.** *Scientific American*. 262:5:42-49. May.
- ( 44 )
- VIII.    ZIMMER, C., 1992. **Ruffled Feathers.** *Discover*. 13:5:44-54. May.
- ( 44/45 )

## 26. LOS AMONITAS CRETACICOS PENINSULARES

El Período Cretácico, cuyo inicio se ha fechado en unos 135 millones de años, fué el período de formación de la gran cadena de cuerpos de roca granítica que actualmente sirve de principal basamento a las formaciones rocosas de la península de Baja California. De las porciones expuestas de estos cuerpos se erosionaron, al parecer, sedimentos que dieron origen a rocas sedimentarias de esta edad que afloran actualmente en la Península de Vizcaíno y de manera muy fragmentaria en el márgen noroeste de la Península de Baja California en general. Asimismo, en rocas de esta edad alrededor de todo el mundo se han encontrado amonitas fosilizados (I), el registro peninsular mencionado no es la excepción. A continuación se comenta sobre este registro en particular.

Los amonitas de este período son, con mucho, los más sofisticadas en la historia evolutiva del grupo. Algunas de sus especies alcanzaron también las más grandes tallas observadas.

En rocas ubicadas en las vecindades de Bahía Asunción, al sureste de la Península de Vizcaíno, se encuentran afloramientos de la parte inferior de la Formación Valle. El fechado como del límite Cretácico Inferior/Cretácico Superior, está dado precisamente por la presencia de amonitas cuyos géneros son índices de dicha edad. Estos son *Diploceras* spp., *Mariella* spp. y *Submorticeras* spp.

Son también de llamar la atención los amonitas gigantes de la localidad de Santa Catarina, B. C. Se trata de un redepósito, es decir, los especímenes se encuentran en grandes nódulos de roca caliza bastante dura, resultado de la erosión de la roca original en que se encontraban contenidos. El redepósito estuvo sujeto a una fuerte selección de tamaño de modo que solo se encuentran amonitas grandes, de alrededor de 1 m de diámetro, muy bien preservados. de hecho, conservan gran parte del nácar original de sus conchas. La especie predominante en el yacimiento está reportada como *Parapachydiscus catarinae*, según Walker, 1948.

Debemos decir que en nuestra propia visita a esa localidad encontramos un molde interno de la "cámara vital" de uno de estos amonitas con un contenido de conchas pequeñas, lo cual podrá arrojar alguna luz sobre la fauna que acompañaba a estos organismos en los mares del Cretácico Tardío. También se encuentran en la localidad los fósiles de otros grandes amonitas y los de algunos nautiloideos.

## 26. LOS AMONITAS CRETACICOS PENINSULARES. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

I. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

( 342 )

II. TASCH, P., 1980. *Paleobiology of the Invertebrates. Data Retrieval from the Fossil Record*. J. Wiley & Sons. New York. 975 pp.

III. WALKER, L. W., 1948. *Fossil Hunters at Catarina: Desert Magazine*, 11:7:24-26, May.

## 27. LOS RUDISTAS DE BAJA CALIFORNIA

Otra fauna fósil interesante es la que encontramos en "El Rincón de la Ballena", B. C. Se trata de un depósito con fósiles de rudistas, moluscos bivalvos cuya forma de crecimiento atípica les permitió la construcción de arrecifes en los mares someros del Jurásico Tardío y del Cretácico. En distintas partes del mundo algunos de los arrecifes fósiles de

rudistas han servido como "trampas" naturales para depósitos de petróleo. Los rudistas de la localidad mencionadas pertenecen a estratos de la Formación Rosario del Cretácico Superior y corresponden a la especie *Coralliochama orcutti* (Marinovich, 1973). Esta especie posee una de sus valvas modificada en la forma de un cono, lo que lo hace asemejarse a un coral solitario del extinto orden Rugosa del Paleozoico. No parecen encontrarse en posición de crecimiento lo que hace pensar en un depósito alóctono, esto es, se trata de restos transportados a cierta distancia de su lugar de origen.

**27. LOS RUDISTAS DE BAJA CALIFORNIA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. TASCH, P., 1980. *Paleobiology of the Invertebrates. Data Retrieval from the Fossil Record.* J. Wiley & Sons. New York. 975 pp.
- II. MARINOVICH, L., 1973, *Coralliochama orcutti* White; Morphology and Mode of Life of a Late Cretaceous Rudist Bivalve: *Echo*, No. 5, p. 55-65.

**28. COEVOLUCION DE LA FLORA Y FAUNA EN EL AMBIENTE CONTINENTAL DADO EL AUGE DE LOS DINOSAURIOS RAMONEADORES BAJOS Y ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS DINOSAURIOS CRETACICOS PENINSULARES**

Los grupos mayores de vertebrados continuaron durante este período, sin embargo es notoria la importancia creciente de los hadrosaurios o dinosaurios de "pico de pato". A mediados del período surgió el último gran grupo de fitodinosaurios, los Ceratopios, cuyas formas más avanzadas eran grandes cuadrúpedos con escudos óseos en la parte posterior del cráneo y cantidades y formas variables de cuernos (XVII). Un ejemplo clásico del grupo es el famoso género *Triceratops*. Otro grupo que creció en abundancia y diversidad fué el de los anquilosaurios, sin embargo, la dominancia creciente de los hadrosaurios fué patente desde el inicio del período. Un hecho de grandes consecuencias es que todos estos herbívoros se alimentaban a poca distancia del suelo, es decir, eran "ramoneadores bajos", lo cual contrasta fuertemente con los saurópodos y los estegosaurios del período anterior. Ello trajo como consecuencia, según algunos investigadores, un cambio drástico en la composición y el perfil de la vegetación dominante. Algún grupo de plantas superiores de las zonas sujetas a intenso ramoneo, sufrió una reducción en el tiempo de su ciclo vital, convirtiéndose, a la larga, en especies anuales. Estas plantas experimentaron modificaciones notables en sus estructuras reproductivas que aceleraron y eficientizaron el proceso de polinización: algunas tuvieron cambios en la forma y coloración de las hojas asociadas a los receptáculos de los óvulos originándose así las primeras flores verdaderas capaces de atraer insectos polinizadores; otras, con diminutas flores en espigas, eran al parecer

polinizadas por viento. Los ceratopsios, dados los estudios refinados de su biomecánica mandibular, parecen haberse alimentado de material vegetal de extrema dureza y fibrosidad, no descartándose la idea de que se alimentasen de hojas de palmas, plantas con flores ya muy comunes y abundantes durante el auge de este grupo de dinosaurios a finales del período.

Como dato de interés, se ha demostrado que los hadrosaurios y los ceratopsios, entre otros tipos de dinosaurios, nidaban en grupos y daban cuidado a sus crías después de nacidas. Los grupos de hadrosaurios constaban a veces de varios miles de individuos, asimismo, se ha demostrado que los ceratopsios, al igual que otros grupos de dinosaurios, realizaban migraciones grupales de cientos de kilómetros (VI). Ambos grupos se encontraban en pleno auge de su dominancia y diversificación a finales del cretácico.

Tal vez una de las faunas fósiles más sorprendentes de la península de Baja California sea la de Dinosaurios de la Formación Rosario del Cretácico Superior, de la localidad de "El Rosario", B. C. Las formas representadas en estos depósitos, al parecer lacustres, son ornitíscidos herbívoros de tipo hadrosaurino (Dinosaurios con "pico de pato") relacionados con el género *Lambeosaurus*. Sin embargo, este espécimen es mayor que el promedio general conocido para este género. Mientras que los especímenes encontrados hasta ese momento rara vez pasaban de los 9 m, el espécimen encontrado en esta localidad alcanza los 15 m. En fechas recientes, hemos participado en las excavaciones llevadas a cabo por paleontólogos de la UABC en un depósito, localizándose lo que parece ser una mandíbula de un espécimen joven. También se han recuperado dientes aislados y porciones craneales de un gran carnosaurio relacionados con el género *Albertosaurus* (antes *Gorgosaurus*) que alcanzaba los 9 m de largo. Esta era una forma esbelta de carnosaurio que, se piensa, estaba especializada en la cacería de hadrosaurios. Una forma estrechamente relacionada con ésta fué el *Tyrannosaurus rex*, la especie de carnosaurio más grande y robusta conocida a la fecha, especializada probablemente en dar caza a los grandes ceratopsios; medía hasta 15 m de largo. Se agregan al interés de esta localidad fósiles de cocodrilidos afines a los actuales aligatores, mandíbulas de pequeños mamíferos y un hueso de ave; por otra parte el registro de madera fosilizada es de singular abundancia.

Aquí cabe mencionar a un grupo de dinosaurios cretácicos pequeños, de tan sólo unos 2.5 m de longitud, cuya característica más notable es la haber igualado la capacidad cerebral relativa de los mamíferos que les eran contemporáneos. Estos dinosaurios poseían la locomoción bípeda, las proporciones y las garras típicas de sus parientes carnívoros, pero carecían de dientes, por lo que deben haber

tragado enteras a sus presas. Otros detalles de gran interés son sus ojos situados al frente de la cabeza, lo que los dotaba de visión estereoscópica y sus garras delanteras, dotadas de tres dedos, con uno de ellos, el dedo del extremo superior, oponible a los otros dos. Esto ha llevado a pensar a algunos investigadores en la interesante posibilidad de que, de no haber desaparecido con los demás dinosaurios, éstos "primates" dinosaurianos podrían haber desarrollado algún tipo de inteligencia; de hecho, a uno de ellos, el *Stenonychosaurus* (X), se le aplicaron, a manera de un ensayo teórico, las mismas modificaciones sufridas por nuestros ancestros primates y se obtuvo a un ser inteligente hipotético, el Dinosaurioide (X), cuyo modelo a tamaño natural se exhibe en un museo canadiense. Otro dinosaurio "inteligente" perteneciente a este grupo es el *Saurornithoides*, muy semejante al *Stenonychosaurus*.

Por otra parte, a finales de este período aparecieron las formas más grandes de pterosaurios. Por una parte el género *Pteranodon* (XIX), cuyas especies eran ictiófagas y de hábitos costeros con envergadura de hasta 6 m y, por otra parte la criatura voladora más grande conocida hallada en el estado de Texas, E. U. A. Se le denomina *Quetzalcoatlus northropi* y su envergadura promedio se ha estimado en 11.5 m.

La fauna de vertebrados que acompañaron a los dinosaurios de finales del cretácico podría parecernos de alguna manera bastante moderna. Por ejemplo, fué en este período cuando surgieron las primeras serpientes. Los mamíferos, por su parte, ya habían experimentado la división en las tres grandes subclases que los constituyen: los **prototerios** o **monotremas**, de los cuales conocemos actualmente sólo al equidna y al ornitorrinco; los **metaterios** o **marsupiales**, de los cuales el tlacuache o zarigueya ya merodeaba por esos tiempos y los **euterios** o **placentarios**, ancestros de la gran mayoría de las especies actuales incluidos nosotros mismos. Asimismo, las aves ya se encontraban representadas por muchos grupos perfectamente reconocibles hoy en día: había gaviotas, golondrinas de mar, garzas, patos, somorgujos, flamencos, martines pescadores, chorlitos y búhos.

La distribución de las masas continentales a finales del cretácico nos muestra ya el Atlántico Sur completamente abierto por la separación de Africa y Sudamérica. Asimismo Madagascar se ha separado ya de Africa y se inicia la escisión de Groenlandia. El Mar Mediterráneo comienza a adoptar su forma actual.

En cuanto al clima, éste comenzó a hacerse globalmente más frío a partir del cretácico tardío y al crecer las masas polares, los mares epicontinentales que dividieron a Norteamérica y el norte de Africa a lo largo de prácticamente

todo el período desaparecieron casi totalmente, mientras que el de Eurasia se vió grandemente reducido.

**28. COEVOLUCION DE LA FLORA Y FAUNA EN EL AMBIENTE CONTINENTAL DADO EL AUGE DE LOS DINOSAURIOS RAMONEADORES BAJOS Y ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS DINOSAURIOS CRETACICOS PENINSULARES. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. BAKKER, R. T., 1978. Dinosaur Feeding Behaviour and the Origin of Flowering Plants. *Nature*. 274:661-663.
- II. BAKKER, R. T., 1989. How Dinosaurs Invented Flowers. *Natural History*. 95:11:30-38. Nov.
- III. BAKKER, R. T., Ph. D. 1986. *The Dinosaur Heresies*. Zebra Books, Kensington Publishing Corp. 481 pp.
- IV. CREPET, W. L., 1984. Ancient Flowers for the Faithful. *Natural History*. 4:39-45. Apr.
- V. COX, B. C., Healey, I. N. & P. D. Moore., 1976. *Biogeography, An Ecological and Evolutionary Approach*. Sec. Ed. Blackwell Science Publ. London., 194 pp.
- VI. CURRIE, P. J., 1989. Long Distance Dinosaurs. *Natural History*. 60-65. Jun.  
( 60/61, 64/65 )
- VII. DIETZ, R. S. & C. Holden., 1970. The Breakup of Pangea. *Scientific American*. 223:4:30-41. Oct.
- VIII. DILCHER, D. & P. R. Crane., 1984. In Pursuit of the First Flower. *Natural History*. 93:3:56-61. Mar.
- IX. DOYLE, J. A., 1978. Origin of the Angiosperms. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 9:365-92.
- X. HECHT, J. & G. Williams III., 1982. Smart Dinosaurs. *OMNI*. 4:8:48-54. May.  
( 48, 50 )
- XI. HORNER, J. R. & J. Gorman., 1998. *Digging Dinosaurs. The Search that Unraveled the Mystery of Baby Dinosaurs*. Harper & Row, Publishers. New York. 210 pp.
- XII. KUMMEL, B., 1970. *History of the Earth. An Introduction to Historical Geology*. Sec. Ed. W. H.



Freeman & Co. San Francisco. 707 pp.

- XIII. MARSHALL, L. G. et al., 1982. Mammalian Evolution and the Great American Interchange. *Science*, 215:4538:1351-1357. Mar.
- XIV. McELHINNY, M. W. & D. A. Valencio Edit., 1981. Paleoreconstruction of the Continents. Geodyn. Series Vol. 2. Amer. Geophys. Union, Geol. Soc. of Amer. Publ. Washington, D. C. & Boulder, Colorado., 194 pp.
- XV. MICKEY, M. B., 1970. Notes on the Biostratigraphy of the Upper Cretaceous Rosario Formation in Northwestern Baja California, Mexico: IN: Pacific Slope Geology of Northern Baja California and Adjacent Alta California. Santa Fe Springs, Ca. Mobil Oil Corp. 53-68.
- XVI. MULCAHY, D., 1981. Rise of the Angiosperms. *Natural History*. 90:9:30-35. Sept.
- XVII. NORMAN, D., 1985. The Illustrated Encyclopedia of Dinosaurs. Crescent Books. New York. 208 pp.
- XVIII. OSTROM, J. H., 1964. A Functional Analysis of Jaw Mechanics in the Dinosaur *Triceratops*. Postilla 88, Peabody Museum of Natural History, Yale Univ. 35 pp.
- XIX. PADIAN, K., 1988. The Flight of Pterosaurs. *Natural History*. 97:12:58-65. Dec.

( portada, 58/59 )

- XX. PAUL, G. S., 1988. Predatory Dinosaurs of the World. Simon & Schuster, N. Y. 464 pp.
- XXI. PREISS, B. Ed., 1981. The Dinosaur Book. Bantam Books. N. Y. No page numbers.

( 72/73 )

- XXII. WELLNHOFER, P., 1991. The Illustrated Encyclopedia of Pterosaurs. Crescent Books. New York. 192 pp.

## 29. LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO (K/T)

El Límite Cretácico-Terciario ha sido fechado en unos 64.4 millones de años. El Período Terciario es el primero de la Era Cenozoica o Era de La Vida Nueva, que es también la nuestra.

Este límite está caracterizado por la extinción en masa más controvertida y espectacular de las registradas a la fecha.

Los grupos mayores que desaparecieron totalmente en el medio marino fueron:

- Los belemnites y amonitas;
- Los rudistas;
- Los plesiosaurios;
- Los Ictiosaurios;
- Los Mosasaurios;

Los grupos mayores desaparecidos en el medio continental fueron:

Entre las plantas:

- Los cicadeoides;

Entre los vertebrados:

- Los pterosaurios;
- Los dinosaurios;

Los grupos fuertemente afectados en general fueron:

- Los foraminíferos bentónicos y planctónicos, por la desaparición de la mayor parte de los géneros existentes y notándose en los planctónicos una reducción global de la talla de las especies sobrevivientes en la fase media del evento;
- Los coccolitofóridos que quedó reducido a sólo cuatro ó cinco especies;
- Las esponjas, habiendo desaparecido 15 de 65 familias;
- Los corales escleractínidos, habiendo desaparecido más del 60% de los géneros de entonces;

Desaparecieron asimismo: 11 familias de gasterópodos, 8 familias de equinoideos ó erizos de mar y 6 familias de peces óseos.

La causa de esta gran extinción ha sido muy discutida y existen diversas hipótesis y teorías al respecto. La evidencia crece, sin embargo, en el sentido de que pudo haberse debido

a las consecuencias inmediatas, de corto, mediano y largo plazo, de la colisión de La Tierra con un cuerpo cometario o asteroidal.

- a) La evidencia se inició con el hallazgo, por parte del físico español-norteamericano Luis H. Alvarez, de una capa de sedimento de aproximadamente dos centímetros de grosor con más de un 60% de iridio en el límite K/T de una localidad determinada;
- b) El iridio es un metal raro en la corteza terrestre pero abundante en los cuerpos meteoríticos y asteroidales, de ahí la sospecha de que la capa mencionada fuesen restos de algunos de estos cuerpos;
- c) La extensión de la capa permitió estimar el diámetro mínimo del cuerpo en unos 10 Km;
- d) De aquí en adelante la búsqueda de la capa mencionada a nivel mundial rindió 80 localidades alrededor del mundo en las cuales se encuentra presente;
- e) Asimismo, se encontraron capas semejantes en los límites de otras épocas y edades geológicas. Cabe aquí aclarar que dichos límites se han definido, de hecho, con base en los cambios en la diversidad de lo viviente, es decir, extinciones masivas o muy extensivas de especies y su reemplazo subsiguiente. A las capas ricas en iridio localizadas en diferentes niveles de los sistemas geológicos, se les denomina "anomalías de iridio"
- f) El motivo de la gran extinción no ha sido atribuido al impacto mismo sino a la secuela de eventos posteriores al mismo. Se pensó en un principio que, por probabilidad, el impacto ocurrió en el océano. Así, en un primer momento, la combustión del cuerpo asteroidal al ingresar a la atmósfera y acercarse a la superficie habría provocado incendios forestales extensivos representados por capas de carbón y otros compuestos asociadas con la anomalía de iridio. El impacto mismo habría lanzado, a su vez, vapor de agua y grandes cantidades de polvo y cenizas a lo alto de la atmósfera y habrían obliterado la luz solar con la consiguiente baja en la productividad primaria de los ecosistemas terrestres y oceánicos. A la baja de diversidad y abundancia de los productores, es decir, plantas y demás organismos fotosintetizadores, le habría seguido la baja de los consumidores, esto es, los animales y sus semejantes. A esto debe agregarse la evidencia de lluvias ácidas y el pronunciado enfriamiento por la falta del calor solar, lo cual también habría contribuido a estos efectos (II);

- g) El hallazgo de una amplia área de impacto de 180 Km. de la misma edad que las anomalías de iridio con su centro en Puerto Chicxulub al norte de la península de Yucatán (I), corroboran la idea de un impacto en el océano. Otros candidatos de la misma edad en lugares tan distantes como Iowa, E. U. A. y Siberia, se han agregado a la argumentación. Un dato de apoyo más, es la coincidencia de un amplio depósito de escombros marinos que afectó la costa sureste de los E.U.A., el cual se ha interpretado como el residuo de una gran ola de tipo *tsunami* provocada por el impacto;
- h) Por su parte los astrónomos han aportado la evidancia de un cabeceo residual en el movimiento del eje terrestre a partir del momento del supuesto impacto. Esto por su parte coincide con la pronunciada pérdida de velocidad en el giro terrestre a partir de ese momento, según se encuentra registrado en las líneas de crecimiento de organismos carbonatados marinos;
- i) Más adelante se argumentó sobre la posible periodicidad de los eventos de extinción en masa, cada 23-28 millones de años, y sobre el hecho de que podrían deberse a lluvias periódicas de cometas a causa de perturbaciones gravitacionales provocadas a la Nube de Oort por un planeta aún desconocido (Hipótesis del "Planeta X") o por un cuerpo estelar, esto es, una estrella ya fría y oscura, compañera del sol (Hipótesis "Némesis" o de "La Estrella de la Muerte"; no existe a la fecha evidancia conclusiva respecto a estas hipótesis;

**29. LA GRAN EXTINCION DEL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO (K/T).  
BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. BEATTY, J. K., 1991. Killer Crater in the Yucatán?.  
*Sky & Telescope*. 82:1:38-40. Jul.  

( portada, 39 )
- II. GORE, R., 1989. Extinctions. *National Geographic Magazine*. 175:6:662-699. Jun.  

( 686, 687 )
- III. HSU, K. J., 1986. *The Great Dying*. Ballantine Books. N. Y. 288 pp.
- IV. RENSBERGER, B., 1986. Death of the Dinosaurs. *The True Story? Science Digest*. 94:5:28-35, 77-78.
- V. RUSSELL, D., 1982. The Mass Extinctions of the Late Mesozoic. *Scientific American*. 246:1:48-55. Jan.
- VI. SEPKOSKI, J. J. Jr., 1982. Mass extinctions in the

**Phanerozoic Oceans: A Review.** Geol. Soc. of Amer. Special Paper 190:283-289.

- VII. SILVER, L. T. & P. H. Schultz. Editors., 1981. **Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth.** Sp. Papers. The Geol. Soc. of America. 528 pp.
- VIII. STANLEY, S. M., 1984. **Mass Extinctions in the Ocean.** *Scientific American*. 250:6:46-54. Jun.
- IX. STANLEY, S. M., 1987. **Extinction.** Scientific American Books Inc. New Yorkaw242 pp.
- X. VALENTINE, J. W. editor., 1985. **Phanerozoic Diversity Patterns. Profiles in Macroevolution.** Princeton Univ. Press. San Francisco. 441 pp.

### 30. RADIACION EVOLUTIVA DE AVES Y MAMIFEROS EN LA ERA CENOZOICA

Al parecer, ningún vertebrado terrestre cuyo peso adulto rebasase los 25 Kg sobrevivió a la gran extinción del límite K/T.

Las oportunidades ecológicas dejadas vacantes por esta fauna de la era anterior propiciaron una gran diversificación de los que sería la **Megadinastia IV: Los Mamíferos**. Los herederos únicos de los dinosaurios habrían sido las **Aves**, que habrían disputado inicialmente, según se piensa, la supremacía a los mamíferos.

A la larga, la ruta evolutiva general de las aves fué la de completar la dominancia del medio arbóreo y aéreo-diurno, antes compartido con los pterosaurios; los mamíferos, por su parte, adquirieron la dominancia del medio terrestre y aéreo-nocturno. Asimismo, ambos grupos produjeron ramas que invadieron el medio acuático, tanto marino como dulceacuícola. Las únicas áreas en que las aves se convirtieron en los vertebrados dominantes en tierra y aire, fué en algunas islas de Oceanía en las cuales quedaron a resguardo de la competencia por parte de los mamíferos.

En la primera mitad del Terciario, las aves produjeron algunas formas notables por su tamaño. Tal es el caso del género *Diatryma*, del Eoceno de Nuevo México, de hábitos terrestres, (tenía las alas muy reducidas) y una cabeza muy grande con un pico de gran capacidad. Poseía patas muy largas y fuertes con grandes garras, por lo que se piensa que era un ave carnívora que, por carecer del pico típicamente ganchudo de las aves de presa, debió tragarse enteros a los animales que cazaba. Los especímenes adultos alcanzaban los 2.15 m de altura. En Sudamérica, dado su aislamiento geográfico durante todo el

Terciario, y ante la ausencia de mamíferos carnívoros avanzados que compitieran con ellos, se desarrollaron y extendieron grandemente las especies del género *Phorusrhacos* (antes *Phororhacos*). Se trataba de aves también carnívoras, con grandes picos ganchudos, patas largas y fuertes terminadas en garras. Llegaban a medir también 2.15 m de altura y vivieron desde el Oligoceno hasta hace un millón de años, a principios del Pleistoceno. Es notable que, al establecerse el Puente Centroamericano durante el Plioceno, estas aves pasaron a formar parte de la fauna del sur norteamericano antes de extinguirse totalmente (VI).

En cuanto a los mamíferos es de mencionarse que, mientras que los reptiles mesozoicos se diversificaron produciendo aproximadamente 9 órdenes en 140 millones de años de dominancia, los mamíferos, en tan sólo 65 millones de años, produjeron 18; es decir más del doble de órdenes, en menos de la mitad del tiempo. En la actualidad ya no se piensa en una explicación en cuanto a la superioridad biológica de éstos últimos, sino al hecho de que, mientras que los reptiles se diversificaron en tan sólo dos grandes masas continentales, Laurasia y Gondwana, produciendo formas equivalentes para cada una de ellas, los mamíferos se diversificaron en más del doble de masas continentales, tomando en cuenta, por ejemplo, que el puente centroamericano no existió a lo largo de todo el terciario (V). Como ejemplo de la convergencia biológica de formas, según el medio ambiente, podemos citar la generación de faunas de ungulados (ésto es, mamíferos con pezuñas) en las vegetaciones dominadas por pastos que mencionamos con anterioridad:

**Surgieron:**

En las estepas del norte asiático, los **burros** y los **onagros**;

En la savana africana: las **cebras**, las **gacelas** y los **antílopes**;

En las praderas norteamericanas: principalmente, los **caballos** y los **bisontes**;

En las pampas sudamericanas: los **notoungulados** y **litopternos** (formas extintas, semejantes a caballos y camellos).

En los pastizales australianos: la mayor parte de las especies de **canguros**.

Por otra parte, la fauna de mamíferos placentarios de Norteamérica y Eurasia estuvieron en constante intercambio migratorio, principalmente vía el ahora **Estrecho de Bering**, que entonces constituía un puente entre ambos continentes al que se le denomina **Beringia**. Merecen mención especial por su

diversidad de formas, su espectacularidad y sus complejos movimientos migratorios el grupo de los actuales **elefantes o proboscídeos**, el de los **rinocerontes** y algunos grupos de **carnívoros**. Derivados de pequeños ungulados cuyo registro más antiguo se encuentra en sudáfrica, el grupo de los elefantes se extendió a los largo de esta Era por todos los continentes, con excepción de Australia y Antártida; los rinocerontes, por su parte, se diversificaron grandemente en formas produciendo lo mismo especies poco más grandes pero igual de esbeltas y ágiles que los caballos ancestrales de su época que formas semejantes a hipopótamos. Dentro del grupo de los rinocerontes merece mención una forma del Oligoceno porque se trata del mamífero más grande conocido: propio de Eurasia, y con la apariencia de una gigantesca y robusta girafa, el *Paraceratherium* (antes *Baluchitherium* o *Indricotherium*) alcanzaba hasta los 5.5 m de altura en los omóplatos (XI). Merecen también mención varios linajes de carnívoros que desarrollaron grandemente sus caninos; el más famoso de estos linajes es probablemente el más cercanamente relacionado con los actuales felinos, los denominados "Tigres-Dientes-de-Sable"; el género más conocido es probablemente el género *Smilodon* spp. del Pleistoceno norteamericano (VIII). Un hecho interesante es que, entre otros, un grupo de marsupiales carnívoros sudamericanos desarrolló una morfología extraordinariamente parecida a la de estos placentarios. Ejemplo de ellos es el género *Thylacosmilus* spp. (VII, VIII). Por su parte, la fauna de mamíferos de Sudamérica, aislada desde el Cretácico Tardío por la ausencia del puente centroamericano, se constituyó predominantemente por mamíferos marsupiales, desdentados, y algunos placentarios. Asimismo, en Africa se desarrolló una fauna propia, debido a un aislamiento en parte geográfico y en parte climático. En Australia, a pesar de la presencia recientemente demostrada de placentarios, que se pensaba eran competitivamente superiores a los marsupiales, se desarrolló en este continente un sistema constituido principalmente por éstos últimos.

Al establecerse a finales del Plioceno, el Puente Centroamericano, Sudamérica y Norteamérica se vieron sujetos a un intercambio de especies bastante simétrico. Sin embargo, las especies norteamericanas, al parecer por motivos climáticos, lograron diversificarse mejor en el sur que las sudamericanas en el norte.

El Oligoceno y el Mioceno en particular resultan interesantes debido a que fueron los períodos en que muchos grupos de mamíferos se extendieron grandemente en los medios acuáticos, particularmente en el medio marino. En los apartados siguientes se abordan algunos de los temas generales y particulares más espectaculares o interesantes en la evolución de estos mamíferos cenozoicos.

**30. RADIACION EVOLUTIVA DE AVES Y MAMIFEROS EN LA ERA CENOZOICA.  
BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. BARNES, L. G., Domning, D. P. & E. R. Clayton., 1985. **Status of the Studies on Fossil Marine Mammals.** *Marine Mammal Science.* 1:1:15-53. Jan.
- II. COLBERT, E., 1969. **Evolution of the Vertebrates. A History of the Backboned Animals Through Time.** Sec. Ed. J. Wiley & Sons. New York. 535 pp.
- III. FOLGER, T., 1990. **The Terror Bird.** *Discover.* 11:11:23. Jan.
- IV. GOULD, S. J., 1982. **Free to be Extinct.** *Natural History.* 91:8:12-16. Aug.
- V. KURTEN, B., 1969. **Continental Drift and Evolution.** *Scientific American.* 220:3:54-64. Mar.

( 55, 59, 63 )

- VI. PAUL, G. S., 1988. **Predatory Dinosaurs of the World.** New York Academy of Sciences Book, N. Y. 464 pp.

( 84 )

- VII. RADINSKY, L. & S. Emerson., 1982. **The Great Late Sabertooths.** *Natural History.* 91:4:50-57. Apr.

( 57 )

- VIII. ROMER, A. S., 1966. **Vertebrate Paleontology.** Th. Ed. Univ. of Chicago Press. Chicago and London. 468 pp.

( 234, 203 )

- IX. SIMPSON, G. G., 1965. **The Geography of Evolution.** Chilton Books Publ. Phil. N. Y. 249 pp.

- X. SEYFERT, C. K. & L. Sirkin., 1979. **Earth History and Plate Tectonics. An Introduction to Historical Geology.** Sec. Ed. Harper & Row, Publ. San Fco. 600 pp.

- XI. STANLEY, S. M. 1989. **Earth and Life Through Time.** Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.

( 2 )

**31. LA FLORA CONTINENTAL DEL CENOZOICO**



Si bien la fauna se vió grandemente afectada por la gran extinción del límite K/T, la flora sufrió cambios apenas perceptibles. Sin embargo, dado el enfriamiento climático global iniciado a finales del cretácico, la flora sufrió cambios en su distribución, conforme la estacionalidad iba volviéndose más marcada y se iban definiendo los cinturones climáticos que conocemos hoy en día. Así, la flora de angiospermas herbáceas y arbustivas, los musgos y los líquenes afines a los climas helados, invadieron el norte de Eurasia y Norteamérica constituyendo las **tundras**. Los bosques de coníferas, desplazados por las competitivas angiospermas, quedaron restringidas a las zonas templadas por encima de ambos trópicos e invadieron las zonas más altas y frías del relieve continental rumbo al ecuador. Las angiospermas, por su parte, dominaron casi totalmente los distintos tipos de selvas en las zonas cálido-húmedas en las vecindades del ecuador y las zonas semiáridas a distintas latitudes. Las cicadales, por su parte, quedaron distribuidas fragmentariamente y sólo en las zonas tropicales. Un evento evolutivo de importancia capital, fué el surgimiento e inmediato auge de las gramíneas durante el Mioceno. Ello amplió los espacios abiertos de las selvas bajas y tuvo una influencia decisiva sobre la fisonomía de las faunas continentales de aquí en adelante. De esta manera se formaron:

En el norte de Asia, las **estepas**;

En Africa, las **savanas**;

En Norteamérica, las **praderas**;

En Sudamérica, las **pampas**;

En Australia, los **pastizales**.

La influencia específica de cada una de ellas se analizará más adelante.

### **31. LA FLORA CONTINENTAL DEL CENOZOICO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. Cox, B. C., Healey, I. N. & P. D. Moore., 1976. **Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach**. Sec. Ed. Blackwell Science Publ. London., 194 pp.
- II. Valentine, J. W. editor., 1985. **Phanerozoic Diversity Patterns**. Profiles in Macroevolution. Princeton Univ. Press. San Francisco. 441 pp.

### **32. LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS GIGANTES DEL EOCENO PENINSULAR**

Para su estudio, el período terciario se ha dividido en cinco diferentes épocas. A continuación se proporcionan sus nombres

y fechas de inicio en millones de años: Paleoceno 64.4, Eoceno 53, Oligoceno 36.5, Mioceno 23.7 y Plioceno 5.3.

El último período de la Era Cenozoica, es el Período Cuaternario, cuyo inicio se ha fechado en 1.6 millones de años con la época llamada Pleistoceno. Se reconoce una segunda época, el Holoceno ó Reciente, cuyo inicio se ha delimitado al término del último período glacial hace unos 10,000 años, lo cual concuerda más ó menos con el inicio de la evolución cultural de nuestra especie, el *Homo sapiens*.

El registro fósil del Eoceno Peninsular es poco conocido. Aún así, existe un registro fósil interesante de foraminíferos bentónicos propios de la Formación Tepetate. Se piensa que estos depósitos poseen un intervalo estratigráfico que va desde el Cretácico Tardío hasta el Eoceno según lo describe Heim (1922). Estos foraminíferos poseen formas diversas aunque los de forma discoidal son, con mucho, los más abundantes y son relativamente grandes. Las áreas en que los hemos observado son el arroyo de "El Conejo", "Las Pocitas", a un lado del Km. 73 carretera transpeninsular al N, "La Trinidad" en las vecindades de San Ignacio, B. C. S. y en "La Fortuna del Bajío", B. C. S. En ésta última localidad se trata de un interesante evento de redepósito. En la localidad del arroyo de "El Conejo", parecen haberse depositado después de un evento de arrastre bastante enérgico hacia el mar profundo, a unos mil metros de profundidad, según un estudio llevado a cabo por el Dr. Carlos Galli-Olivier y un grupo de estudiantes de nuestra universidad en 1986 aunque en opinión del Dr. Luis Rafael Segura Vernis, también profesor-Investigador de T. C. de nuestra Institución, podría tratarse también de un depósito de tormenta en alguna playa del Eoceno peninsular. Un hecho notable es que algunas porciones de la roca en las paredes del arroyo están compuestas casi exclusivamente por las testas de estos foraminíferos. En fechas recientes encontramos personalmente a estos foraminíferos redepositados en nódulos sedimentarios que contienen esqueletos de mamíferos marinos en San Juan de la Costa, B. C. S., inclusive rellenando uno de sus cráneos.

La especie dominante en todos estos depósitos es un foraminífero discoidal determinado provisionalmente como *Pseudophragmina cloptoni*.

## 32. LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS GIGANTES DEL EOCENO PENINSULAR. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. ABBOT, P. L. y R. G. Gastil ed., 1979. Baja California Geology, Field Guides and Papers. Publ. prepared for Field Trips. Geol. Soc. of Am. Annual Meeting, Nov. '79. Financed by Dep. of Geol. Science San Diego St. Univ. San Diego CA. 228 p.

II. GALLI-OLIVIER, C., et al., 1986. Estructuras Sedimentarias Primarias y Litofacies de Corrientes Densas de un Paleocambiente de Talud, El Conejo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, UABC, 12(2):7-15(9).

III. HEIM, A., 1922. The Tertiary of Southern Lower California. *Geological Magazine*, 59 p., 529-547.

33. **SOBRE LA PRESENCIA DEL REPRESENTANTE MAS ANTIGUO DEL LINAJE DEL CABALLO ACTUAL EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA.**

En la actualidad, uno de los mamíferos mejor conocido por el hombre es el caballo, científicamente denominado *Equus caballus*. Cuando el registro fósil de los mamíferos terciarios fué suficientemente conocido, pudieron trazarse los linajes de mamíferos ungulados, es decir con pezuñas en las extremidades de los dedos, y, particularmente el linaje del caballo y sus parientes cercanos. El árbol familiar del *Equus caballus* y de sus parientes cercanos es muy ramificado y complejo (IV) pero puede seguirse la línea individual de su linaje hasta un ancestro tradicionalmente considerado como tal, perteneciente al Eoceno. Se trata de un pequeño mamífero del tamaño de un conejo, de lomo arqueado y de dientes pequeños, acostumbrados a masticar la suave vegetación herbácea y arbustiva de los bosques de entonces. Tenía cuatro dedos en las patas de adelante y tres en las de atrás, en contraste con el dedo único de las cuatro extremidades de su pariente actual; tenía además pezuñas pequeñas y suaves a diferencia de las del caballo reciente, que son muy amplias y reforzadas. A este animalito se le denomina *Hyracotherium* (antes *Eohippus*, "caballo de la aurora"). Curiosamente, el registro más antiguo de *Hyracotherium* corresponde a la Península de Baja California; dientes de este pequeño mamífero han sido encontrados en la localidad de Punta Prieta, al sureste de B. C. en rocas atribuibles incluso al Paleoceno Tardío. Esto apoya una hipótesis según la cual, el linaje de estos animales no se habría originado en América del Norte como tradicionalmente se afirma, sino que se habría originado en regiones más al sur y habría migrado hacia el norte en tiempos posteriores.

33. **SOBRE LA PRESENCIA DEL REPRESENTANTE MAS ANTIGUO DEL LINAJE DEL CABALLO ACTUAL EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

I. León-Diez, C., 1990. Baja California desde el Principio. Depto. Editorial y Diseño Gráfico. U. A. B. C., B. C., México. 51 pp.

II. Morris, W. J., 1966. Fossil Mammals from Baja

**California: New Evidence on Early Tertiary Migrations.** *Science.* 153:3742:1376-1378. Sept. 16.

- III SEYFERT, C. K. & L. Sirkin., 1979. **Earth History and Plate Tectonics. An Introduction to Historical Geology.** Sec. Ed. Harper & Row, Publ. San Fco. 600 pp.
- IV . STANLEY, S. M., 1989. **Earth and Life Through Time.** Sec. Ed. W. H. Freeman & Co. N. Y. 689 pp.

( 15 )

#### 34. EL PROTOGOLFO DE CALIFORNIA

Geológicamente, podríamos llamar al Oligoceno y al Mioceno "La Epoca en que Todo Pasó en Baja California".

Esto es, durante el Oligoceno Tardío, Baja California era una plataforma continental estable asociada a la mitad noroeste de lo que ahora sería la República Mexicana. Fué en esta plataforma que se depositaron las formaciones rocosas de origen marino. Merecen mención la Formación Gregorio, fechada como del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano, en la cual se encuentran los yacimientos de fosforita, tan importantes para la economía actual de B. C. S., y la Formación Isidro, fechada como del Mioceno Temprano, que sobreyace a aquélla y cuya parte superior marca el inicio del volcanismo terciario, uno de los eventos más importantes y significativos en la Geología Histórica de la Península.

A este registro de areniscas volcanoclásticas (es decir, aquéllas cuyos granos están constituidos por fragmentos de roca volcánica) y conglomerados también volcánicos que dominan el paisaje del Estado Sur, se le ha denominado Formación Comondú.

La faja de actividad volcánica que originó estas rocas, experimentó una migración hacia el oeste que elevó los terrenos del depósito, evitando así que fuese cubierto a su vez por los sedimentos provenientes de la Sierra Madre situada al este del mismo. Además, este proceso provocó la configuración de lo que podría llamarse un "Protogolfo" de California, de forma y longitud muy semejantes al golfo del Reciente, al iniciarse los procesos tectónicos que darían origen al golfo actual. La existencia de este protogolfo ha sido fechado en unos 13 millones de años.

Por otra parte, debe mencionarse que el registro fósil de invertebrados peninsulares (particularmente el de moluscos gasterópodos y bivalvos) de las Formaciones Isidro (Mioceno), Salada y Trinidad (Plioceno), mantuvieron hasta fines del

Pacífico mexicano y con la costa del Caribe. Esto último tomando en cuenta que, como ya se ha mencionado repetidas veces, no existió el istmo de Panamá a lo largo de todo el Terciario y ello mantenía en contacto a las mencionadas faunas de moluscos (Smith 1988, en prensa).

#### 34. EL PROTOGOLFO DE CALIFORNIA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. ANDERSON, D. L., 1971. *The San Andreas Fault. Scientific American.* 225:52-68. Nov.
- II. HAUSBACK, B. P., 1984. *Cenozoic Volcanic and Tectonic Evolution of Baja California Sur, Mexico: IN: Frizell, V. A., Jr., editor., 1984. Geology of Baja California Península.* San Diego, Pacific Section, Sections S.E.P.M., v. 39, p. 219-236.
- III. MOORE, D. G. & J. R. Curray. *Geologic and Tectonic History of the Gulf of California.* Init. Repts. Scripps Inst. of Ocean., La Jolla, Cal. 69:1279-1293.
- IV. SMITH, J. T. 1991. *Cenozoic Marine Mollusks and the Paleogeography of the Gulf of California: IN: Dauphin, J. P. editor., 1991. Peninsular Province of the Californias: Amer. Assoc. of Petroleum Geologists Mem.* 52 pp.

#### 35. LA BIOTA PENINSULAR DEL OLIGOCENO/MIOCENO (O/M)

Dentro del paisaje geológico mencionado anteriormente, el O/M peninsular aporta registros fósiles de un gran interés. De hecho son las rocas en que se encuentran los depósitos de fosforita, tan importantes para la economía del actual Estado Sur. En el Estado existen dos Formaciones Geológicas importantes contemporáneas y de equivalencia e identidad controvertidas: la Formación San Gregorio y la Formación El Cien.

La localidad de San Juan de la Costa, asentamiento de la empresa paraestatal RoFoMex (Roca Fosfórica Mexicana), ha sido estudiada por el equipo de paleontología de nuestra universidad y ha rendido importantes especímenes fósiles de invertebrados y vertebrados marinos, y también de plantas terrestres. Todo este material se encuentra en los estratos de la Formación San Gregorio.

El registro de vertebrados nos indica depósitos en aguas de una cierta profundidad, un depósito de plataforma probablemente. Esto nos lo indica la presencia de dientes fosilizados de tiburón tigre, y la presencia de cetáceos (ballenas, delfines, etc). Dentro de éstos últimos merece

mención la presencia de aetiocetos. Los aetiocetos se encuentran clasificados como ballenas barbadas por sus características craneales, sin embargo, poseen una dentición bien desarrollada y una desarticulación frontal de las mandíbulas, lo cual indica que podían alimentarse alternativamente, mediante la depredación o como suspensívoras. Se trata pues de organismos de hábitos intermedios entre los cetáceos con dientes ancestrales o **arqueocetos** y los cetáceos con barbas o **misticetos**. Se tiene también la presencia de **cetotéridos**, las primeras ballenas barbadas exclusivamente suspensívoras, esto es, ya sin dentición. Existen, asimismo, fragmentos de esqueletos de delfines.

El depósito tiene una fuerte influencia, y probable vecindad, con aguas someras. Esto nos lo indica la presencia de huesos de **sirénidos** (manatíes, etc.), **pinípedos** (leones marinos, etc.) y de huesos de animales costeros: **desmostilidos** y un **hueso de ave**. Los desmostilidos merecen especial atención por su singularidad y el hecho de ser un grupo extinto. Poseen una ancestría común con los sirénidos y con los elefantes; eran mamíferos herbívoros y cuadrúpedos de hábitos costeros que se encontraban distribuidos por las costas del Pacífico Norte. La rara asociación faunística de esta localidad tal vez se deba a una plataforma asociada a los ambientes mencionados por una pendiente pronunciada, como parece indicarlo el estado fragmentado, con fuertes señales de transporte, de los organismos costeros y de agua somera, y la alta frecuencia de esqueletos articulados de cetáceos. La edad Oligoceno-Tardío-Mioceno Temprano para la Formación San Gregorio podría caer más adelante en tela de duda, dado que la fauna de vertebrados presenta, a manera de una primera apreciación, una apariencia evolutivamente derivada con respecto a la del Oligoceno Tardío ya conocida de otras localidades.

Debemos hacer notar que en las capas superiores de esta formación encontramos **ramas y troncos de plantas terrestres** de la familia de las **leguminosas** reemplazados por sílice con un detalle excelente. Como dato curioso, están aparentemente depositadas en ambiente marino, sin embargo esto indica una influencia continental aún más acentuada. Como se ve, los depósitos en general van de aguas profundas a mar somero ó playa y finalmente a ambiente continental, indicando una elevación regional del terreno, una baja del nivel del mar o ambas cosas a la vez.

Una especie marina indicadora del Mioceno, digna de mención por su espectacularidad, es la asignada a los dientes aislados de cierto tipo de tiburones gigantes. Se los encuentra en diversos afloramientos peninsulares de dicha época y se les denomina *Carcharodon sokolowi*. Estos dientes llegan a medir hasta 15 cm de longitud. No obstante, la longitud estimada del

animal completo ha sido muy debatida: se habla en la literatura de longitudes de entre 15 y 23 m.

**35. LA BIOTA PENINSULAR DEL OLIGOCENO/MIOCENO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. APPLGATE, S., 1986. *The El Cien Formation, Strata of Oligocene and Early Miocene Age in Baja California Sur*. U.N.A.M., *Revista del Instituto de Geología*, Revista, vol. 6:2:145-162.
- II. CARROLL, R. L., 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W. H. Freeman and Co. New York. 698 pp.
- III. HAUSBACK, B. P., 1984. *Cenozoic Volcanic and Tectonic Evolution of Baja California Sur, Mexico*: IN: Frizell, V. A., Jr., editor., 1984. *Geology of Baja California Peninsula*. San Diego, Pacific Section, Sections S.E.P.M., v. 39, p. 219-236.

**36. LOS VERTEBRADOS TERRESTRES PENINSULARES DEL PLIOCENO**

Un evento de capital importancia en la Geología del Plioceno, es el surgimiento tectónico del Istmo de Panamá, también denominado Puente Centroamericano. La diversidad de invertebrados marinos fósiles muestra una creciente influencia del Indopacífico, y un decremento de las especies de origen panámico-caribeño.

Por otra parte, los eventos tectónicos del Plioceno son de interés capital para la Geología de nuestra Península, ya que incluye una compleja reorganización de los límites entre la Placa Norteamericana, de carácter continental, y la Placa del Pacífico, de carácter oceánico. Hace entre 4 y 6 millones de años, este evento imprimió un movimiento adicional al protogolfo en desarrollo, provocando un movimiento hacia el noroeste que trajo consigo la separación del basamento de la península de la placa norteamericana suturándola, por otra parte, a la Placa del Pacífico. La velocidad actual con la cual se da la separación de la Península ha sido estimada en 6 cm por año aproximadamente.

En cuanto al registro paleontológico, un registro interesante del Plioceno Tardío lo constituye la tafofauna de vertebrados ubicada en la localidad de "Las Tunas" en las cercanías de San José del Cabo, B. C. S. Se trata de un depósito de origen continental, producto, al parecer, de una lenta corriente fluvial. En estos sedimentos aún no muy consolidados, han sido encontrados fósiles fragmentarios de ranas, tortugas de agua dulce, iguanas, serpientes, cocodrilos; liebres, ardillas, ratas, delfines de agua dulce, hienas, gatos, maquerodos, proboscídeos, camellos, caballos, antilocaprinos y halcones.

El depósito sobreyace las capas superiores de la Formación Salada descrita por Heim (1922) y los fósiles fueron estudiados por W. E. Miller y numerosos colaboradores durante 1976-77 y el trabajo fué publicado en 1980.

### 36. LOS VERTEBRADOS TERRESTRES PENINSULARES DEL PLIOCENO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. ANDERSON, D. L., 1971. *The San Andreas Fault. Scientific American.* 225:5:48-57. Nov.
- II. HAUSBACK, B. P., 1984. *Cenozoic Volcanic and Tectonic Evolution of Baja California Sur, Mexico: IN: Frizell, V. A., Jr., editor., 1984. Geology of Baja California Peninsula. San Diego, Pacific Section, Sections S.E.P.M., v. 39, p. 219-236.*
- III. HEIM, A., 1922. *The Tertiary of Southern Lower California. Geological Magazine,* 59 p., 529-547.
- IV. MILLER, W. E., 1980. *The Late Pliocene "Las Tunas" Local Fauna from Southernmost Baja California, México: Journal of Paleontology.* 54:4:762-805.
- V. MOORE, D. G. & J. R. Curray. *Geologic and Tectonic History of the Gulf of California. Init. Repts. Scripps Inst. of Ocean., La Jolla, Cal.* 69:1279-1293.

### 37. EL PAISAJE TERRESTRE DEL RANCHOLABREANO PENINSULAR

Debemos hacer notar que es precisamente en el Plioceno Tardío que se inicia la separación de la península del macizo continental. Consecuentemente, la fauna de invertebrados marinos de agua somera de la costa peninsular y de la costa continental, presentan desde entonces una marcada afinidad en composición de especies debido a lo reciente de la apertura del actual golfo y a la cercanía de ambas. Esto explica el porqué resulta tan difícil interpretar la sucesión de la fauna mencionada en los depósitos fosilíferos de las abundantes terrazas marinas del Plio-Pleistoceno, tan abundantes en diferentes puntos de la costa peninsular.

El **Pleistoceno**, cuyo inicio se ha fechado en 1,600,000 años aproximadamente, se caracteriza por una alternancia de glaciaciones y períodos interglaciales más cálidos. Al parecer, la porción sur de la Península de Baja California padece un régimen de baja precipitación desde finales del lapso denominado **Rancholabreano**, del Rancho la Brea, California, localidad con depósitos de la misma edad. La presencia de otros depósitos semejantes en otras partes del mundo a la misma latitud y de edades también semejantes,



indican que se trata de un evento que fué de carácter global; paradójicamente, es gracias a ésto que poseemos el registro fósil citado. Un régimen de lluvias más pronunciado lo habría destruído por erosión. El inicio del rancholabreano posee un fechado incierto de entre 200,000 y 55,000 años. Sin embargo, el término posee un fechado algo más preciso de entre 12,700 y 7,000 años.

Un registro continental de gran interés lo constituye la tafofauna de "El Carrizal", B. C. S. Se trata de sedimentos de tres grandes abanicos aluviales que gradan a partir de la parte superior de la Formación Salada del Plioceno. Estos depósitos de calizas de origen marino que subyacen al aluvi6n, combinado con la actividad de la llamada "Falla de El Carrizal", ubicada en el área, provocaron a su vez la formación de depósitos de travertino (lodo petrificado rico en carbonato de calcio) de origen hidrotermal (Gaitán-Morán, 1987). Estos depósitos se explotan por su contenido de cal. Tanto en la cal como en el aluvi6n se encuentran fósiles fragmentarios de una fauna de vertebrados terrestres que habitaron la localidad en el Rancholabreano. El clima en esos tiempos era, a todas luces, mucho más húmedo que en la actualidad. Así lo indican los grupos de vertebrados encontrados en la localidad. Son ubicuos los restos de tortugas terrestres gigantes y ratones; hay restos de mamíferos propios de ambientes de planicie: venados, berrendos, camellos, caballos, bisontes; otros propios de zonas arboladas: mastodontes(?), mamutes; carnívoros: coyotes, lobos, tigres dientes de sable; algunas aves: pavos, y halcones. (S. Appelgate 1988, comunicación personal).

### 37. EL PAISAJE TERRESTRE DEL RANCHOLABREANO PENINSULAR. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. GAITAN-MORAN, J., 1986. On Neotectonic Evidences in the Southern Peninsular Region, Baja California Sur, México. ITC., (inédito), 110 pp.
- II. HSU, K. J., 1986. The Great Dying. Ballantine Books. N. Y. 288 pp.
- III. LUNDELIUS, E. L. (JR.), et al., 1987. The North American Quaternary Sequence: IN: Woodburne, M. O., editor., 1987. Cenozoic Mammals of North America. University of California Press Ltd. Berkeley and Los Angeles, Ca. 336 pp.

### 38. EL ORIGEN DEL HOMBRE

Este tema es, por la importancia que reviste para la especie humana, uno de los más extensivamente tratados, ilustrados (III, IX, XII, XV) y controvertidos en todo tipo de

publicaciones. Asimismo, puede ser abordado mediante un discurso seriado:

- Debemos partir, por decir algo, de la morfología general de los mamíferos placentarios cretácicos semejantes a las actuales musarañas. Este grupo, el de los **tupaidos**, se considera el grupo basal de los actuales **primates**, orden de mamíferos al que pertenece nuestra especie.
- Si bien entre ellos encontramos algunas formas muy especializadas, los tupaidos recientes poseen una morfología muy generalizada. Semejantes a ratones diminutos, presentan una predominancia del sentido del olfato sobre el de la vista. Son en general de hábitos nocturnos y arborícolas, y no presentan garras tan grandes y agudas como otros pequeños mamíferos arbóreos. La gran semejanza morfológica con sus parientes cretácicos obliga a pensar que tenían hábitos parecidos;
- Se piensa que fué precisamente en el medio arbóreo, al iniciarse el Terciario, que el grupo dió origen a formas semejantes a los actuales **lémures**. En ellos el olfato ha perdido importancia, misma que la visión ha ganado, y ya poseen extremidades prensiles;
- En el Oligoceno se presentan ya las primeras formas de **monos** verdaderos que se extienden prácticamente por todos lo continentes incluyendo Europa y Sudamérica, esta última, a pesar de su pronunciado aislamiento geográfico a lo largo de todo el Terciario. En ellos, ya las extremidades son sujetadoras, y los centros olfativos del cerebro están muy reducidos. El morro, por ende, se ha reducido también dando lugar a un aplanamiento del rostro. Los ojos ya se encuentran al frente del rostro mismo, permitiendo así una visión en tres dimensiones, tan útil en un medio como el arbóreo;
- En el Mioceno, cuando en las latitudes medianas de los continentes los tipos de vegetación dominados por las gramíneas o pastos, comenzaron a generar espacios abiertos en colindancia con zonas arboladas, en el Africa Central y en el sur de Asia proliferaron formas de primates que se fueron configurando a estas nuevas condiciones limítrofes. Se trataba de formas ya muy semejantes a los **simios** o **antropoides** actuales, los primates vivientes más semejantes al hombre. Un género representativo de esta temprana división es *Proconsul* spp. que existió en el Mioceno Temprano, hace unos 18 millones de años, en las vecindades del Lago Victoria, Africa (XIV). El chimpancé y el gorila de hoy en día son ejemplos de antropoides;

- Se piensa que algunas de las formas que se habituaron al ambiente de las selvas bajas originaron a los primeros miembros de nuestra propia familia, los homínidos. Un homínido se define como un primate que camina ergido. Los primeros homínidos inequívocos son los especímenes clasificados como australopitécidos, literalmente "monos del sur". Se piensa que ya se desplazaban en grupos organizados socialmente;
- Existen varias especies clasificadas como pertenecientes al género *Australopithecus*. La que se piensa que puede fungir como nuestro ancestro directo es la especie *A. afarensis*. Se conocen varios especímenes, de los cuales el más afamado es una hembra de 1.10 m de estatura conocida informalmente como "Lucy" encontrada en 1969 por Donald Johanson en una localidad llamada el Triángulo de Afar, Africa, de donde la especie toma su nombre. Excepcionalmente, este ejemplar representa el 40 % del esqueleto de un individuo único, por lo que se han podido llevar a cabo análisis detallados del esqueleto han demostrado, por ejemplo, que Lucy era, al momento de su muerte, una anciana reumática de aproximadamente 20 años de edad. Esta especie era incluso, según pruebas ingenieriles y de biomecánica, más erguida y se encontraba mejor ajustada a caminar en dos pies que nosotros mismos. Este hecho lo corroboran incluso huellas de sus pisadas preservadas en ceniza volcánica petrificada cuyo hallazgo se llevó a cabo en Laetoli, Tanzania por la famosa paleoantropóloga Mary Leaky. Sin embargo, su cráneo era prácticamente el de un simio más primitivo que el actual chimpancé. Vivió durante el Plioceno, desde 3.8 hasta hace 2.8 millones de años;
- De aquí en adelante se desarrollaron un cierto número de ramas paralelas de australopitécidos que pueden agruparse a *grosso modo* en los australopitecos "gráciles", formas pequeñas y esbeltas cuya dentición nos indica una dieta omnívora tales como *A. africanus* y los australopitecos "robustos", tales como *A. aethiopicus*, *A. robustus* y *A. boisei*, todos ellos con grandes molares planos, fuertes mandíbulas y crestas óseas craneales grandemente desarrolladas, muy semejantes éstas últimas a las que poseen los gorilas de hoy en día y que proporcionan área de sujeción para los grandes músculos mandibulares. Su dieta era, a todas luces, de materiales muy duros y abrasivos, probablemente semillas, raíces y otras materias vegetales. Las relaciones evolutivas entre estas formas robustas es todavía objeto de muchas controversias. Es en el seno de esta diversificación en que comienza a haber líticos (instrumentos variados hechos de piedra) reconocibles, aunque no se conozca con certeza cuales de estas especies los elaboró en primera

instancia;

- La especie que sigue a *A. afarensis*, según un cierto número de investigadores, ya puede ser clasificada dentro de nuestro propio género *Homo*. Se trata del *Homo habilis*, que vivió desde 2.2 hasta hace 1.6 millones de años, precisamente hasta el inicio del Cuaternario. Su capacidad craneana era ya de 500 a 800 cc. contra los 450 típicos de los australopitécidos avanzados. De aquí en adelante, al iniciarse el ensanchamiento del canal de nacimiento dada la cabeza cada vez más voluminosa de los bebés, hubo de sacrificarse algo de la eficiencia en el andar en dos pies (VIII);
- Una forma por demás interesante es el *Homo erectus*, antes llamado *Pitecanthropus erectus*. Vivió de los 1.6 millones de años hasta hace 400,000. Fué la primera especie de homínido en abandonar África hace un millón de años aproximadamente. Ya conocía el fuego, elaboraba herramientas de piedra y organizaba excursiones cooperativas de caza mayor como lo muestra un yacimiento en el Valle de Ambrona, España que contiene líticos (puntas de lanza hechas de piedra, en este caso) asociadas con depósitos extensivos de huesos de elefantes con evidencias contundentes de haber sido desarticulados con toda intención. Los fósiles de estos hombres se han encontrado además en China y en la Isla de Java. Su capacidad craneana era ya de 900 a 1,200 cc, dentro del rango de capacidad del hombre moderno. Su promedio de estatura era, al parecer, más elevado que el nuestro según lo muestra el hallazgo, por Richard Leakey, de un esqueleto casi completo de un *H. erectus* adolescente (unos 12 años de edad, según se calcula) de 1.60 m de estatura en la orilla oriental del Lago Turkana, África (VII). La importancia capital de *H. erectus* es que algunos investigadores le consideran como ancestro directo de nuestra propia especie, esto es, al invadir Asia y Europa habría comenzado a diferenciarse en las distintas razas tal como las conocemos actualmente;
- La especie surgida a continuación es, pues, ya nuestra propia especie, aunque se la ha subdividido en tres subespecies. La primera fué el *Homo sapiens neanderthalensis*, u **Hombre de Neanderthal**, por haber sido hallada en primera instancia en el Valle de Neander, Alemania. Alguna vez se pensó en él como en un bruto simioide. De hecho, era mucho más fuerte y robusto que nosotros, poseía un cráneo chato y alargado hacia la parte posterior, arcos protuberantes sobre los ojos y prácticamente carecía de mentón. Sin embargo, ahora sabemos que era mucho más parecido a nosotros de lo que pensábamos. Estos hombres poseían un volumen craneal 10%

mayor que el nuestro, cuidaban de sus minusválidos, enterraban a sus muertos con ofrendas y rituales complejos, asimismo, el hallazgo reciente de un hueso hioideo en uno de sus fósiles ha desatado la controversia acerca de si poseían o no un lenguaje articulado. El hueso hioideo en nosotros mismos sirve de zona inserción a los músculos basales de la lengua y la interconecta con la laringe; su función nos es indispensable para articular las palabras. Los neandertalenses ya dominaban el fuego y elaboraban herramientas. Sin embargo, dichas herramientas no variaron en lo más mínimo durante su historia ni regionalmente y carecían de cualquier tipo de arte. Al parecer estos hombres casi carecían de la inventiva y de la capacidad de innovación que caracterizan al hombre moderno. El hombre de neandertal estuvo distribuido en Europa, el oeste de Asia y el norte de Africa durante la última Edad de Hielo, desde hace 130,000 hasta hace 32,000 años. Algunos hallazgos de cráneos neandertalenses con algunas características semejantes a las nuestras en el centro de Europa, de unos 40,000 años de antigüedad, han llevado a algunos investigadores a plantear la hipótesis de que podrían ser ancestros del hombre moderno;

- La aparición de el siguiente tipo de hombre, el *Homo sapiens cromagnoniensis* u Hombre de Cro-Magnón, se vió acompañada por el advenimiento del arte rupestre y la constante innovación y refinamiento de sus herramientas y utensilios. Se piensa que desplazó competitivamente a los neandertalenses. Se piensa que esta subespecie apareció hace unos 30,000 años y dió como resultado al *Homo sapiens sapiens*, nosotros mismos, por una evolución racial y cultural simultáneamente.
- A últimas fechas ha ocupado gran cantidad de páginas escritas una hipótesis novedosa y fuertemente controversial derivada de estudios genéticos. La "Hipótesis de Eva". El discurso seriado de esta hipótesis sería como sigue:
  - a) Las células humanas, como todas las células eucariotas conocidas, posee mitocondrias, organelos mencionados con anterioridad, encargados del suministro energético celular;
  - b) La confección de estos organelos no está codificada en el núcleo de la célula, sino que tienen su propio material genético, ADN, y se reproducen por bipartición poco antes de la división de la célula misma y se reparten por igual entre las células hijas;

- c) Al momento de la fecundación, los óvulos humanos no reciben mitocondrias de los espermatozoides que los fertilizan, de modo que la descendencia siempre recibe las mitocondrias por línea materna. Esto implica una "corriente genética" continua en el tiempo a través de los linajes humanos en su conjunto. El ADN mitocondrial es, por otra parte, más sencillo que el del núcleo y por tanto más fácil de analizar;
- d) Dado que la frecuencia de mutación de este ADN, según los proponentes de la hipótesis, sigue un ritmo constante (mutaría en un 2 a 5 % cada millón de años) constituyéndose en un "Reloj Genético", es estudiando la similitud genética del ADN mitocondrial en mujeres de todos los continentes como podría darse "marcha a atrás" a este reloj y encontrar no sólo la constitución genética original común a todas ellas, sino la fecha en la cual se inició el linaje de la humanidad actual;
- e) A esta hembra ancestral hipotética se le denominó "Eva", en referencia a la mujer bíblica original;
- f) El grupo con el ADN más modificado, el que habría sufrido más mutaciones y que por lo tanto sería el más antiguo, fué el de Africa. Así, el linaje original de la humanidad actual tendría que haber partido de ese continente. El fechado obtenido resultó ser de 200,000 años, lo cual implicaría que nuestro linaje sería descendiente de un linaje único que partió de Africa en esa fecha y reemplazó a los descendientes de *Homo erectus* (XVI).
- g) Dado que esto cambia totalmente las concepciones en cuanto al origen de nuestra especie, la Hipótesis de Eva es objeto de un muy fuerte debate en la actualidad, mismo que parece lejos de quedar asentado en fechas próximas;

- Por otra parte, los métodos de fechado para los yacimientos del Pleistoceno siempre han sido problemáticos y sujetos a una cierta incertidumbre sobre todo a lo que concierne al millón y medio y los cuarenta mil años, periodo crítico en la evolución de nuestra especie. Estos métodos se han visto sujetos recientemente a revisión y se han propuesto métodos nuevos que han modificado, a veces en mucho, el fechado de muchos de los yacimientos mencionados. Cabe citar, a modo de ejemplo, el fechado controversial de un yacimiento africano que muestra utensilios de una elaboración semejante a la de los europeos de hace 14,000 años, de una edad conocida

como Paleolítico Superior, que parecerían tener hasta cinco veces, esta edad.

Por todo lo anterior, los años siguientes serán de suma importancia para el campo de la Pleontropología.

### 38. EL ORIGEN DEL HOMBRE. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. DIAMOND, J., 1989. **The Great Leap Forward.** *Discover.* 10:5:50-60. May.
- II. DIAMOND, J., 1990. **How to Speak Neanderthal.** *Discover.* 11:1:52.
- III. INTRODUCTORY EDITORIAL (Anonymous). 1992. **Where Did Modern Humans Originate?** *Scientific American.* 266:4:20-21. Apr.

( 20/21 )

- IV. JOHANSON, D. M. & M. Edey., 1981. **Lucy: The Beginings of Humankind.** Simon & Schuster. New York.
- V. JOHANSON, D. M. & J. SHREEVE., 1989. **Lucy's Child. The Discovery of a Human Ancestor.** William Morrow and Co. Inc. New York. 318 pp.
- VI. LEAKY, R., 1981. **El Origen del Hombre.** Ed. CoNaCyT. México. 283 pp.
- VII. LEAKY, R. & A. Walker., 1985. **Homo Erectus Unearthed.** *National Geographic Magazine.* 168:5:625-629. Nov.

( 629 )

- VIII. LOVEJOY, C. O., 1988. **Evolution of Human Walking.** *Scientific American.* 259:5:82-89. Nov.

( 89 )

- IX. RENSBERGER, B., 1984. **Bones of Our Ancestors.** *Science '84.* 5:3:28-39. Apr.

( 28 - 39 )

- X. SHREEVE, J., 1990. **Argument over a Woman.** *Discover.* 11:8:52-59. Aug.
- XI. SHREEVE, J., 1992. **The Dating Game.** *Discover.* 13:9:76-83 Sept.
- XII. TATTERSALL, I., 1992. **Evolution Comes to Life.**

*Scientific American*. 267:2:62-69. Aug.

( 68, 69 )

XIII. THORNE, A. G., 1992. *The Multiregional Evolution of Humans*. *Scientific American*. 266:4:28-33. Apr.

XIV. WALKER, A. & M. Teaford., 1989. *The Hunt for Proconsul*. *Scientific American*. 260:1:58-64. Jan.

( 59, 62 )

XV. WEAVER, K., 1985. *The Search for Our Ancestors*. *National Geographic Magazine*. 168:5:560-623, Nov.

(portada, 560-577,  
582/583, 586/587,  
592/593, 594, 598,  
600, 601/602, 604,  
607, 615, 616/617,  
620/621)

XVI. WILSON, A. C., 1992. *The Recent African Genesis of Humans*. *Scientific American*. 266:4:22-27. Apr.

( 23 )

### 39. EL ORIGEN DEL HOMBRE AMERICANO

Como se ve, el hombre habría surgido en el Viejo Mundo, pero sólo muy recientemente. La fecha de arribo de los primeros seres humano al Continente Americano es en la actualidad un tema de mucha controversia. La gran mayoría de los investigadores apoya la idea de un promedio entre lo 12,000 y los 20,000 años; no obstante algunos manejan fechados aún mayores.

Se piensa que los amerindios, población humana del Continente Americano al momento de la Conquista, son descendientes de grupos asiáticos que cruzaron el ahora Estrecho de Bering durante la última Era Glacial, este dato se apoya en estudios lingüísticos y arqueológicos. El nivel del mar, que alcanzó varias veces los 100 m por debajo del nivel actual debido a la incorporación de agua a los casquetes polares durante los correspondientes períodos glaciares, facilitó, se piensa, que la cadena de islas llamadas Aleutianas, constituyesen entonces un acceso hacia las regiones de lo que hoy es Alaska. Las semejanzas anatómicas y los grupos sanguíneos actuales de ambos grupos corroboran en gran medida el parentesco citado. Existe debate sobre los hábitos de estos primeros pobladores. Es decir, si se trataba de cazadores nómadas que atravesaron



el paso mencionado en seguimiento de la caza mayor, o si fueron pueblos de pescadores que se difundieron hacia América por las zonas costeras situadas al sur del paso. Asimismo, en la actualidad no solo el fechado, sino la identidad de otros grupos antiguos de nuestro continente, sobre todo los sudamericanos, siguen siendo objeto de dudas y grandes controversias.

#### 39. EL ORIGEN DEL HOMBRE AMERICANO. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- I. DIAMOND, J., 1990. *The Latest of the Earliest. Discover.* 11:1:50
- II. GONZALEZ JACOME, A. Compiladora., 1988. *Orígenes del Hombre Americano (Seminario)*. Ed. S.E.P. 359 pp.
- III. GREENBERG, J. H. & M. Rhulen., 1992. *Linguistic Origins of Native Americans. Scientific American.* 267:5:60-65. Nov.
- IV. LAUGHLIN, W. S., 1988. *The First Americans. The Sciences.* Jul-Aug.

#### 40. EL ORIGEN DEL HOMBRE PENINSULAR

Las evidencias más antiguas de hombres en nuestra península datan de más o menos 7,000 años y al llegar encontraron remanentes de la fauna del Pleistoceno tardío, parte de la cual utilizaron como alimento. (G. Velázquez, 1988 comunicación personal). Se piensa que los diferentes grupos humanos podrían haber llegado desde el norte por vía terrestre, a partir del macizo continental, atravesando el Golfo de California o incluso, se sigue mencionando en la actualidad, que los grupos humanos más meridionales de la Península podrían haber llegado de la Polinesia. El argumento que se dá para esto último es la semejanza de los esqueletos de ciertos grupos indígenas con los de los polinesios nativos de la actualidad y semejanzas en grupos sanguíneos. Sin embargo la idea de migraciones por el Océano Pacífico presenta fuertes objeciones debido a la inmensa distancia y a la tecnología elemental de navegación de los nativos de las islas del Pacífico en general.

Pero lo anterior es campo de estudio para los arqueólogos, antropólogos, etc. De manera que parecería un tanto arbitraria, en Paleontología se restringe el campo de estudio a evidencias directas o indirectas de vida pasada cuya antigüedad sea mayor a los 10,000 años. Fué precisamente para no interferir en sus campos de estudio que se fijó el límite arbitrario de antigüedad que hemos mencionado. Ello no quita, sin embargo, que colaboremos con frecuencia. Sin embargo

pensamos que a ellos corresponderá el darnos una mejor respuesta.

**40. EL ORIGEN DEL HOMBRE PENINSULAR. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.**

- I. AUTORES VARIOS., 1984-85. Memoria VI, VII y VIII Semanas de Información Histórica de Baja California Sur. Edición: Gobierno del Estado de B. C. S., U.A.B.C.S. , H. Ay. de La Paz, B. C. S., Progr. Cult. de las Fronteras. 138 pp.

--- ooo o000o ooo ---

**APENDICE 1. LOS REINOS DE LO VIVIENTE.** (Según MARGULIS, L. & K. V. Schwartz., 1982. Five Kingdoms. W. H. Freeman & Co. N. Y. 376 pp.) Se incluye el término formal y el término españolizado correspondiente a cada grupo taxonómico hasta nivel de Phylum. Asimismo, se incluye el nombre común entre paréntesis cuando éste existe en general o es de uso en el campo de la Biología.

<b>REINO:</b>	<b>PROKARYOTAE (MONERA)</b>	<b>Procariotas</b>
SUBREINO:	ARCHAEBACTERIA	Arqueobacterias
SUBREINO:	EUBACTERIA	Eubacterias (Bacterias)
<b>REINO:</b>	<b>PROTOCTISTA</b>	<b>Protoctistas</b>
PHYLUM:	CARYOBLASTEA	Carioblastea
PHYLUM:	DINOFLLAGELLATA	Dinoflagelata (Dinoflagelados)
PHYLUM:	RHIZOPODA	Rizópoda (Amibas)
PHYLUM:	CHRYSOPHYTA	Crisofita (Crisofitas)
PHYLUM:	HAPTOPHYTA	Haptofita (Cocolitofóridos)
PHYLUM:	EUGLENOPHYTA	Euglenofita (Euglenas)
PHYLUM:	CRYPTOPHYTA	Criptofita (Criptofitas)
PHYLUM:	ZOOMASTIGINA	Zoomastigina (Zoomastiginos)
PHYLUM:	XANTHOPHYTA	Xantofita (Xantofitas)
PHYLUM:	EUSTIGMATOPHYTA	Eustigmatofita
PHYLUM:	BACILLARIOPHYTA	Bacilariofita (Diatomeas)
PHYLUM:	PHAEOPHYTA	Feofita (Feofitas, algas pardas o algas cafés)
PHYLUM:	RHODOPHYTA	Rodofita (Rodofitas o algas rojas)
PHYLUM:	GAMOPHYTA	Gamofita
PHYLUM:	CHLOROPHYTA	Clorofita (Clorofitas o Algas verdes)
PHYLUM:	ACTINOPODA	Actinópoda (Radiolarios)
PHYLUM:	FORAMINIFERA	Foraminífera (Foraminíferos)
PHYLUM:	CILIOPHORA	Ciliófora

		(Cilióforos o ciliados)
PHYLUM:	APICOMPLEXA	Apicomplexa (Esporozoarios)
PHYLUM:	CNIDOSPORIDIA	Cnidosporidia
PHYLUM:	LABYRINTHULOMYCOTA	Laberintulomicota
PHYLUM:	ACRASIOMYCOTA	Acrasiomicota (Acrasiomicetos)
PHYLUM:	MYKOMYCOTA	Mixomicota (Mixomicetos)
PHYLUM:	PLASMIDIOPHOROMYCOTA	Plasmodioforomicota
PHYLUM:	HYPOCHYTRIDIOMYCOTA	Hipoquitridiomicota
PHYLUM:	CHYTRIDIOMYCOTA	Quitridiomicota (Quitridiomicetos)
PHYLUM:	OOMYCOTA	Oomicota (Oomicetos)
<b>REINO:</b>	<b>FUNGI</b>	<b>Hongos</b>
PHYLUM:	ZYGOMYCOTA	Zigomicota (Zigomicetos)
PHYLUM:	ASCOMYCOTA	Ascomicota (Ascomicetos)
PHYLUM:	BASIDIOMYCOTA	Basidiomicota (Basidiomicetos)
PHYLUM:	DEUTEROMYCOTA	Deuteromicota (Deuteromicetos)
PHYLUM:	MYCOPHYCOPHYTA	Micoficofita (Líquenes)
<b>REINO:</b>	<b>ANIMALIA</b>	<b>Animalia (Animales)</b>
PHYLUM:	PLACOOZA	Placozoa
PHYLUM:	PORIFERA	Porifera (Esponjas)
PHYLUM:	CNIDARIA	Cnidarios (Celenterados)
PHYLUM:	CTENOPHORA	Ctenófora (Ctenóforos)
PHYLUM:	MESOOZA	Mesozoa
PHYLUM:	PLATYHELMINTHES	Platihelminthes (Platelmintos)
PHYLUM:	NEMERTINA	Nemertina (Nemertinos)
PHYLUM:	GNATHOSTOMULIDA	Gnatostomúlidos
PHYLUM:	GASTROTRICHA	Gastrotricha (Gastrotricos)
PHYLUM:	ROTIFERA	Rotífera (Rotíferos)
PHYLUM:	KINORHYNCHA	Quinorrinca (Quinorrincos)
PHYLUM:	LORICIFERA	Loricífera
PHYLUM:	ACANTHOCEPHALA	Acantocéfala

		(Acantocéfalos)
PHYLUM:	ENTOPROCTA	Entoprocta (Entoproctos, Briozoarios)
PHYLUM:	NEMATODA	Nemátoda (Nemátodos)
PHYLUM:	NEMATOMORPHA	Nematomorfa (Nematomorfos)
PHYLUM:	ECTOPROCTA	Ectoprocta (Ectoproctos, Briozoarios)
PHYLUM:	PHORONIDA	Forónida (Forónidos)
PHYLUM:	BRACHIOPODA	Braquiópoda (Braquiópodos)
PHYLUM:	MOLLUSCA	Molusca (Moluscos)
PHYLUM:	PRIAPULIDA	Priapúlida (Priapúlidos)
PHYLUM:	SIPUNCULA	Sipúncula (Sipuncúlidos)
PHYLUM:	ECHIURA	Equiura (Equiuroideos)
PHYLUM:	ANNELIDA	Anélida (Anélidos)
PHYLUM:	TARDIGRADA	Tardígrada (Tardígrados)
PHYLUM:	PENTASTOMA	Pentastoma (Pentastómidos)
PHYLUM:	ONYCHOPHORA	Onicófora (Onicóforos)
PHYLUM:	ARTHROPODA	Artrópoda (Artrópodos)
PHYLUM:	POGONOPHORA	Pogonófora (Pogonóforos)
PHYLUM:	ECHINODERMATA	Equinodermata (Equinodermos)
PHYLUM:	CHAETOGNATHA	Quetognata (Quetognatos)
PHYLUM:	HEMICHORDATA	Hemicordata (Hemicordados)
PHYLUM:	CHORDATA	Cordata (Cordados)
<b>REINO:</b>	<b>PLANTAE</b>	<b>Plantae ó Plante (Plantas)</b>
PHYLUM:	BRYOPHYTA	Briofita (Musgos, Hepáticas y Antocerotales)
PHYLUM:	PSILOPHYTA	Psilofita (Psilofitas)
PHYLUM:	LYCOPODOPHYTA	Licopodofita

PHYLUM:	SPHENOPHYTA	(Lycopodios) Esfenofitas
PHYLUM:	FILICINOPHYTA	(Colas de Caballo) Filicinofita
PHYLUM:	CYCADOPHYTA	(Helechos) Cicadofita
PHYLUM:	GINKGOPHYTA	(Cicadofitas) Ginkgofita
PHYLUM:	CONIFEROPHYTA	(Ginkgos) Coniferofita
PHYLUM:	GNETOPHYTA	(Coníferas) Gnetofita
PHYLUM:	ANGIOSPERMOPHYTA	Angiospermofita (Angiospermas, plantas con flores).

--- ooo o000o ooo ---



**Nota:** En norteamérica se denomina Misisípico y Pensilvánico a la secuencia que en Europa se llamó originalmente Carbonífero. En el presente trabajo se utiliza el nombre europeo para hacer notar la coincidencia entre éste y lo que se describe como el principal suceso, esto es, la depositación de los extensos yacimientos de carbón, en ese período.

--- ooo o000o ooo ---