

TEMA 8.

ADAPTACIONES:

Las adaptaciones permiten a los organismos condicionarse a un ambiente. Las morfologías son todas funcionales, adaptativas. Es posible la aparición de morfologías no funcionales, algo muy difícil de demostrar.

Terminología de Skelton (1990):

–**Def adaptación:** características o conjunto de ellas que presenta un grupo de organismos y que les permite una mayor eficacia biológica, es decir, ser más competitivos. Las adaptaciones serían la consecuencia de la selección natural, y son perfeccionadas por esta.

–**Preadaptaciones (antes):** es la característica o conjunto de ellas que teniendo y otra función o apareciendo a lo largo de los procesos evolutivos de manera fortuita, o como un subproducto construccional (de crecimiento), que permite realizar funciones nuevas a los descendientes evolutivos que la posean, convirtiéndose de esa manera en una nueva adaptación. Un ejemplo son las extremidades anteriores y posteriores de los primates que les permite moverse por los árboles, al convertirse en bípedos la función ya no es la misma, las extremidades estarían preadaptadas a la función de hoy en día. Otro ejemplo sería la sutura del cráneo preadaptada para el parto. Otro ejemplo son las protuberancias nasales de la filogenia de los titanotielios, un subproducto construccional con ventajas en la evolución.

Otros términos: Gould&Veha:

–**Adaptación:** conjunto de características que sirven para realizar una determinada función.

–**No adaptación:** características que aparecen durante el crecimiento, pero que en principio no tendrían ninguna función, dos variantes:

***Adaptación:** características morfológicas que han sido modeladas directamente por la selección natural para cumplir una cierta función.

***Exaptación:** características que no han sido producidos directamente por la selección natural, sino que después a lo largo de la evolución esas características han tenido una determinada función. Ejem: manos de los homínidos.

Conceptos generales:

1.La evolución ha actuado durante miles de años y ha dado lugar a millones de especies, cada una de ellas vivió de manera diferente de los demás, representan sólo en parte diferentes modos de vida.

Convergencia evolutiva: Hay diferentes especies que se han adaptado a vivir en los mismos ambientes que otras dando morfologías similares.ejem: vertebrados voladores con diseños similares. Ictiosaurios y delfines.

Divergencia evolutiva: una misma especie que se ha adaptado a vivir en ambientes diferentes dando morfologías distintas.

El número de especies diferentes producidas por la evolución es mucho mayor que el número de nichos ecológicos (modos de vida).

2. La idea antigua del mecanismo permite establecer muchas analogías entre los animales y las máquinas, hoy en día se siguen considerando válidas. Ambos están formados por piezas altamente integradas y por tanto hay que entenderlos como un conjunto. La evolución de los seres vivos actúa sobre esas máquinas perfeccionándolas, y por eso llegan a ser tan complejas.

Los avances en la tecnología son cambios bruscos, esta analogía también se aplica a los seres vivos. La selección natural ajusta esos diseños, cambios en el ambiente, pero el gran salto evolutivo no puede explicarse. Estos cambios se pueden explicar en algún caso por causas microevolutivas. Ejem: bivalvos infaúnicos y posterior aparición de los epifaúnicos, proceso que se fue diversificando a partir de una pequeña especie infaúnica.

Los grandes cambios macroevolutivos dependen de causas microevolutivas en algunos casos.

Las heterocronías están en la base de muchos saltos evolutivos, de echo muchas adaptaciones aparecen en las larvas.

La duplicación genética es importante (fragmentos de ADN que se repiten en el cromosoma). También son importantes los elementos transponibles (elementos de ADN que saltan de unos cromosomas a otros)

3. Direccionalidad de las adaptaciones: las adaptaciones se producen al azar? Hay morfologías que se han dado muchas veces y otras que no volvieron a aparecer, esto indica que las adaptaciones no son al azar. También se puede hacer analogía con las máquinas. Existe una direccionalidad en las adaptaciones, aparecen morfologías concretas que son las que tienen éxito evolutivo. Esta direccionalidad se estudia mediante un método gráfico, **Jewell Wright:**

la gráfica recuerda a un mapa de curvas de nivel (topográfico), por eso se llaman Paisajes adaptativos. Las zonas donde hay mayor densidad de puntos corresponden con las cumbres, esto representa combinaciones de los dos parámetros, que son los más populares, el diseño más habitual. Aquellas condiciones de esos dos parámetros que han dado mejores adaptaciones con más éxito evolutivo.

Los Valles adaptativos son el número de combinaciones entre especies, escasas combinaciones de menor éxito evolutivo.

Combinando ambos parámetros salen todas las combinaciones posibles del organismo. La línea que aparece corresponde a la expresión $W=I/D$, desde esa línea hacia fuera cambia el tipo de concha en el ejemplo de la fot 29,30. se usan datos de 450 géneros de amonoides.

La selección natural actúa favoreciendo a el grupo de individuos que está más cerca del pico adaptativo. Hay picos adaptativos que han sido ocupados por esas poblaciones, esto es debido al azar.

En las poblaciones A y B hay divergencia morfológica, mientras que en la B y C hay convergencia.

Una vez llegado al pico adaptativo ocurrirá que ya no podrá desplazarse a otro pico más eficaz porque tendría que pasar por el valle adaptativo (morfologías menos adaptadas). Esto implica que la evolución no está prefijada porque hay componentes de zar muy importantes. La selección natural nunca hará que las poblaciones bajen a los valles adaptativos.

Este modelo de paisaje adaptativo tiene muchas aplicaciones en muchos aspectos de la paleontología evolutiva.

Cuando las especies alcanzan el pico evolutivo no implica que adquiera la mejor adaptación posible, puesto

que se produce al azar, no se alcanza El Óptimo, se alcanza Un óptimo.

Cuando se alcanza un pico adaptativo la evolución se detiene? En teoría si, pero en la práctica las especies siguen evolucionando, son causa de lo siguiente:

- No ha habido tiempo suficiente para que todas las especies hayan alcanzado un óptimo (no es cierto, no posible)
- Las condiciones ambientales al condicionar las adaptaciones, y estas estar en continuo cambio, por tanto los paisajes adaptativos también están cambiando, no pudiendo llegar a un óptimo.

Si la especie se encuentra en un valle adaptativo bien puede extinguirse o reanudarse otra tendencia evolutiva en sentido morfológico (reanudación de la evolución).

Realmente la evolución no se realiza en un sistema bidimensional, el número de parámetros que se pueden utilizar son numerosísimos, n dimensiones. La evolución sería un espacio adaptativo complejísimo. Ejem. Fot 29 baja.

TEMA 10.

MORFOLOGÍA FUNCIONAL:

UTILIDAD DE LA MORFOLOGÍA:

Más complicado en organismos fósiles.

2 métodos:

- cuando los fósiles tienen representantes actuales se pueden comparar sus morfologías por el principio de similitud, cabe suponer que sirven para lo mismo.
- Cuando los fósiles no tienen representantes actuales se plantea un problema, se utiliza el método del PARADIGMA, que es un diseño teórico al cual se le asocia una función. Si el paradigma no se cumple habrá que plantear otra hipótesis.

EJEMPLOS: Rudwick?–paradigma.

- **morfología funcional de un braquiópodo** del paleozoico llamado Prorichtofenia, distinto al tipo de braquiópodos normal. Tiene forma de copa, de coral, no tiene braquideo (soporte mineralizado del lofoforo). Como no existe nada parecido en la actualidad utilizó este grupo para aplicar el método paradigmático. Los fósiles de esta clase están conservados en sílice.

En la parte superior aparece una especie de lámina que cierra la parte superior y que está perforada.

La función de la concha de un braquiópodo normal es la de protección. En este caso la misma función ??:

- ♦ **1er paradigma:** si la concha es para protegerse deberá cumplir unas condiciones: tiene que ser completamente externa a todas las partes blandas y se tiene que ajustar perfectamente. Al estudiarlo se observa que la valva dorsal no ajusta perfectamente y que las impresiones que deja el manto recubre por dentro la concha, pero sale por fuera. No se cumple el primer paradigma.
- ♦ **2 paradigma:** la valva dorsal o branquial servía para alimentar al animal mediante un movimiento repetido de apertura y cierre de la valva, generando una serie de corrientes que permitieran alimentar al animal sin tener que salir fuera el lofoforo. Las condiciones serían:

las espinas que poseen nunca impiden que la valva pueda subir, la charnela tiene una forma parecida a una visagra y permite un movimiento completo hacia arriba, muy ligera, la posición de las impresiones musculares también indican la posibilidad de que la valva estuviera abriéndose y cerrándose. Este paradigma es correcto, por lo que la valva generaría corriente para permitir la entrada de alimento.

El segundo paso es la reconstrucción de un modelo a escala físico dentro de un recipiente con agua teñida con aceite de colores.

Para que servía el tamiz de la parte superior?

Hay dos especies: P. Uddeni y P. Permiana. en la primera el tamiz está formado por orificios y en la segunda hay unas ranuras dispuestas en zig-zag.

P.Uddeni: paradigma de protección: las condiciones que debería cumplir serían que los orificios no deberían sobrepasar un determinado tamaño y las zonas entre estos deberían estar reforzadas, además tiene que ajustar perfectamente al borde de la valva. Este paradigma si se cumple.

P.Permiana: los surcos tienen que tener una anchura fija, entre medias tiene que estar reforzada y tiene que ajustar perfectamente en el borde de la concha. Este paradigma de protección también se cumple.

Hay estructuras similares en una esponja actual Euplectella, esponja silicea.

2–Moluscos, cefalópodos, ammonoideos. Morfología funcional de la sutura, comparación con nautiloideos.

Características: la concha de los ammonoideos es mucho más delgada, ambos tienen una concha tabicada producidas por una secreción del manto, ambos viven en la última cámara y poseen una unión del tabique con la concha línea de sutura, en los ammonoideos esa línea de sutura es cada vez más compleja a medida que crece el animal (en la ontogenia aumenta la complejidad en la línea de sutura). La forma de la sutura es diferente en las distintas especies de ammonoideos, cambia con la evolución. Los nautiloideos poseen un sifón central y los ammonoideos ventral. A medida que crece la concha el espesor crece más despacio en a ammonoideos (crecimiento alométrico). La forma de los tabiques en nautiloideos tienen la concavidad hacia la cámara de habitación y en ammonoideos es la convexidad. En ammonoideos sobretodo, los tabiques en un mismo sector hay mayor número (se aprietan), proporcionalmente disminuye la distancia entre ellos a medida que va creciendo al animal. Los nautiloideos son más antiguos (antepasados), de manera que las conchas de ambos serían estructuras homólogas.

Función de los repliegues de los tabiques en nautiloideos:

Vida de los Nautiloideos: cámaras llenas de gas, la presión no es la misma en todas las cámaras, en las más externas hay menor presión y están parcialmente llenos de líquido y las más internas están libres de líquido, con el sifón se regula la flotabilidad, el gollete es el soporte mineralizado.

Como construyen los tabiques: introduce agua entre el último tabique y el manto, el cuerpo se va desplazando hacia delante, una vez desplazado dejando el espacio correspondiente en la superficie del manto se produce la calcificación del nuevo tabique, y esta nueva cámara estará llena de agua que empieza a ser bombeada. Las cámaras tienen que aguantar la presión externa, se rompen a unas 60atm (600m de profundidad), a esa profundidad llegan los nautiloideos actuales. Ambas especies debieron funcionar de manera similar.

Para que servía las suturas tan complejas de los ammonoideos??

Varias hipótesis:

- esa forma tan replegada sirvió para aumentar la resistencia de la concha a la presión:

condiciones de los repliegues: 1. Se debe procurar la máxima resistencia con el mínimo material. 2. Si las suturas sirven como soporte estructural deben dar una resistencia adecuada a todos los puntos de la superficie externa de la concha.

Los tabiques y cámaras tienen que estar seguidos. Para conseguir que esta distancia se reduzca hay que replegar esos tabiques rectos.

Sería necesario hacer más resistente el tabique? No, bastaría con replegarlo, haciendo que los puntos más débiles tengan cerca el tabique.

Es necesario replegar el centro del tabique o sólo los bordes? Sólo los bordes. Si el diámetro de la concha crece más deprisa que el grosor cabe esperar que a medida que crezcan los tabiques en proporción estén más juntos.

Parece que este paradigma se cumple: disminuye la distancia entre tabiques, son muy replegados, etc. Esto se puede comprobar midiendo la longitud de la última línea de cada tabique en las 5 especies (fot 34)

La longitud de la sutura crece más rápido que el diámetro, esto demuestra el paradigma, en todos los casos ocurre lo mismo, la última línea más complicada crece más rápido porque tienen que soportar una superficie mayor y por tanto una mayor presión.

Consecuencias del paradigma: también se puede hacer frente a la presión por la forma del propio tabique.

Qué tabique es más eficaz, el de los ammonites o nautiloideos? (concavidades o convexidades hacia la cámara de habitación). La convexidad hacia fuera es más eficaz (ammonoideos, tabiques opistocólicos) ya que la presión se distribuye hacia los márgenes.

A qué profundidad vivían los ammonoideos? A mayor profundidad diseños muy eficaces frente a la presión.

La sutura de los ammonoideos es diferente de unos grupos a otros y dentro de los grupos también hay suturas diferentes. **Cómo explicar esas diferencias de unos a otros?** Varias explicaciones:

1. La evolución tiene componentes de azar en la que un grupo de ammonoideos puede salir a un pico adaptativo y otro grupo a un pico adaptativo distinto.

2. la diferencia entre los grupos es que están adaptados a vivir a distintas profundidades.

3. secciones de vuelta diferente en los distintos grupos (morfologías conchas K), este tipo de diseño requiere distintos tipos de sutura.

- El animal poseía una serie de músculos muy desarrollados que coincidían con los entrantes y salientes que moverían el cuerpo hacia delante dejando un espacio vacío que permitirían empujarlo y regular la flotabilidad. Los músculos de las sillas lo moverían hacia delante y los lóbulos hacia atrás.

Nunca se han encontrado procesos de impresiones musculares en las sillas y lóbulos al ser muy fuertes, por lo que este paradigma no se cumple.

- La forma ondulada de los tabiques sería consecuencia del ondulamiento del manto, y este se debería a la necesidad de aumentar su superficie para hacerse más eficaz fisiológicamente. El manto muy replegado es más eficaz.

Si fuera esta causa el repliegamiento del manto se tendría que sufrir en toda la superficie del manto, no sólo en los bordes, por tanto este paradigma tampoco se cumple.

EJEMPLO 3. ARTROPODOS. TRILOBITES. VISIÓN.

Los trilobites poseen ojos compuestos (no todos) por numerosos ojos simples dispuestos en hileras dando lugar al máximo empaquetamiento. Cada ojo simple está formado por una lente y debajo de esta hay una especie de estructura cilíndrica, en la base de esta hay unas células fotorreceptoras. Estos ojos son todos de calcita, están mineralizados y no han vuelto a aparecer en la evolución.

Cómo veían? El autor Clarkson empezó midiendo la orientación de los ejes cristalinos de cada uno de los ojos simples, para ello situó ejemplares de trilobites en un microscopio petrográfico, de manera que el eje óptico se podía identificar. Midió los ángulos de cada ojo respecto al eje del animal y el ángulo respecto del ángulo horizontal del ojo, de manera que cada eje óptico de cada ojo simple se definiría por dos ejes simples, uno horizontal y otro vertical. Los proyectó por un sistema estereográfico, en el que no se conserva la forma pero sí los ángulos. En conjunto con los dos ejes los trilobites verían 360°, alrededor de ellos. La dirección del campo visual estaría entre 10° (abajo) y 20° (arriba), verían los movimientos de los objetos, de donde venían, la altura y la velocidad a la que vienen.

Otra consecuencia de esto sería que el cefalón tendría que estar arqueado, porque si no lo estuvieran los ángulos harían zonas de sombra donde no verían nada, de forma arqueada visualizaban 360° (alrededor).

En los grupos enrollados si se aprecia el cefalón arqueado, los demás grupos el cefalón aparece aplanado en el registro fósil, por lo que los grupos enrollados dieron a la luz esta característica.

Estructura de las lentes: ejemplo de la optimización de una estructura óptica.

Cada lente tiene dos partes, la parte superior es convexa y la inferior es más compleja. La lente superior se parece mucho a un tipo de lentes creadas por físicos del S.XVIII (aplanáticas), cuya finalidad es corregir las aberraciones ópticas. Al ser muy similares hay que pensar que la lente superior sería usada para corregir las aberraciones esféricas. La 2ª pieza no está en los diseños humanos porque estas lentes estaban pensadas para funcionar en el aire, en medio acuático no funcionan, para que funcionen es necesario otra lente en la parte inferior, es decir, las lentes de los trilobites son una adaptación muy complicada de lentes ya complejas. Las lentes son de calcita, este hecho es una gran ventaja para un animal acuático, porque una de sus características ópticas es un índice de refracción muy alto, permite aprovechar al máximo la luz. Pero la calcita tiene un inconveniente, es birefringente (capacidad óptica de ver doble), ocurre porque los índices de refracción de luz dependen de los ejes ópticos (por donde entra la luz). Pero resulta que esta birefringencia no se produce a lo largo del eje óptico principal del cristal, si la luz coincide con el eje óptico no hay birefringencia. Las lentes de los trilobites están construidas de esta manera, el eje óptico principal coincide con el eje óptico. La selección natural originó un sistema óptico altamente desarrollado. También se puede aplicar el método paradigmático (al revés).

EJEMPLO 4. VERTEBRADOS. VELA DE LOS PLECOSAURIOS.

Grupo de los sinápsidos, cráneo con dos ventanas temporales. Otro grupo era los Terapsidos (antepasados mamíferos, no son dinosaurios). El género Dimetrodon vivió en el Pérmico (250.300 m.a), todavía no existen dinosaurios.

Sus vertebras presentan unos soportes con forma de abanico donde se sitúa la vela.

Cual era la función de la vela del pelicosaurio?

Paradigma: hipótesis de regulador térmico. El animal si necesita calentarse expone la vela al sol y si tiene calor la expone al viento, ya que contiene muchos vasos sanguíneos.

Condiciones: si la vela tiene que calentar o enfriar el cuerpo su crecimiento tendrá que ser proporcional a su volumen, mientras que la pérdida o ganancia de calor se hace a través de la superficie, por tanto el área de la vela será proporcional al volumen del cuerpo. Relación volumen y área del cuerpo:

Hay varias especies de dimetrodón, las más evolucionadas son de varios metros de longitud y tienen una vela enorme.

El autor Romer establece la siguiente relación: $A(\text{vela})=A \text{ cuerpo}$

El **paradigma es válido**

EJEMPLO 5. INVERTEBRADOS. BRAQUIOPODOS.

Rudwich estudió ciertas convergencias evolutivas en especies de braquiópodos. No vivieron a la vez pero la morfología es muy parecida.

Función de la concha en estos casos:

En ambas especies presentan 4 repliegues que se prolongan. **Para que servirán estos pliegues?**

Se rechaza el paradigma de que sirvieran para aumentar el área del manto o reforzar la concha.

La **hipótesis correcta** es que servirían como soporte de prolongaciones del propio manto, teniendo una función de tipo sensorial, algo similar a las antenas de los artrópodos, esto explicaría que la separación entre los repliegues es siempre la misma y hay una separación angular igual, permitiendo una misma detección en todas direcciones.

Por qué no hay prolongaciones en sentido contrario? Al vivir someramente esa posición sería la adecuada.

EJEMPLO 6. DINOSAURIOS.MECÁNICA DE LA MANDÍBULA DE TRICERATOS.

Dinosaurios del cretácico, Ceratopsidos, triceratos (fot 36)

En general la mandíbula de vertebrados funciona siguiendo las leyes de las palancas. Se puede reconstruir mediante las impresiones de los músculos en función del área de inserción, también comparándolas con las formas actuales.

Sus dientes no son típicos de un herbívoro, tiene superficies cortantes que actúan como zizallas, no trituran, cortan. Los músculos masticadores (aductores), el punto donde está fijo es una protuberancia en la mandíbula inferior. El punto de apoyo de la mandíbula (fulcro) es el punto de articulación de una palanca de tercer grado o género, por lo que el momento de la palanca en este caso es:

La potencia se ejerce perpendicular al eje de la palanca, si no se ejerce de este modo sino con un ángulo de 90° , P.b.sen $45^\circ = R.a.$ cuanto menos grado la potencia–momento de la palanca será menos eficaz, por tanto la capacidad de masticación se reduce a medida que la potencia se va haciendo más oblicua.

Para ser lo más eficaz posible el diseño de la mandíbula sería que la potencia fuera perpendicular al eje (mandíbula inferior) y que aumente el valor de b , es decir, igual cuanto más lejos del punto de la articulación esté el músculo con más capacidad. Ese diseño crearía gravísimos problemas a un animal, los músculos tendrían que estar en la parte frontal del cráneo, es un diseño no funcional. Cuanto más te alejas del fulcro la velocidad del movimiento es menor.

Solución: los músculos aductores se sitúan en una zona que está elevada con respecto a la mandíbula, lo que ocurre es que la resistencia sería:

$$R.(a_1+a_2)=P.b.\text{sen}80^\circ$$

- esta solución permite aprovechar casi al máximo la potencia de los músculos aductores, se eleva el punto de aplicación.
- de acuerdo con la fórmula podemos establecer la distribución de los esfuerzos de masticación a lo largo de la mandíbula. Los cálculos establecen que en los extremos frontales aproximadamente el esfuerzo es de un 30% de la potencia que genera el músculo aductor, hacia la mitad es del orden de un 50% y en las zonas más próximas al fulcro se llega a transmitir una capacidad de masticación de 250–300%.

QUÉ COMÍAN?

El movimiento de la masticación actúa como una zizalla, los músculos aductores eran muy potentes, se sabe gracias a las impresiones musculares. Según esto cabría esperar que comían algún tipo de vegetales muy resistentes. A partir de un cierto punto es donde aparecen los dientes, la parte anterior de la mandíbula actúa como pico, que serviría para cortar los vegetales y la parte posterior de los dientes para triturar el alimento.

En la vegetación de la época eran frecuentes ciertos tipos de palmeras, cortarían los frondes con la parte anterior y con la posterior los trituraría. No eran herbívoros, serían fitófagos (vegetales).

Sus dientes no son típicos de un carnívoro y las características del esqueleto indican que no tenían la agilidad necesaria para un predador. Tendrían una vida similar a los rinocerontes actuales.

EJEMPLO 7. VERTEBRADOS.PTEROSAURIOS, ORDEN PTEROSAURIA.

En la fase de la vida en la que se conquista el medio aéreo hay episodios importantes en que distintos grupos lo alcanzan, los primeros son los insectos (300–350 m.a) después otros grupos también lo harán, dentro de los tetrápodos hay 3 grupos independientes: pterosaurios (230 m.a), aves (180 m.a) y mamíferos quirópteros (50 m.a), todos con soluciones diferentes e independientes.

Los pterosaurios no son dinosaurios, pero son contemporáneos a ellos, algunos **aspectos concretos:**

Morfologías homólogas con los tetrápodos (húmero, metacarpianos, tibia, etc), pero hay un hueso que no es homólogo, se llama Pteroides, está en conexión con los metacarpianos (mano). El ala está formada por las falanges muy desarrolladas del 4º dedo (anular), el 5º dedo no existe y los tres 1ºdedos forman una especie de garra bastante desarrollada. Este diseño no se parece a los quirópteros ni aves . el ala además está formada por una membrana.

En la distribución en el tiempo los primeros aparecen a mediados del Triásico (230 m.a), se van extinguiendo progresivamente y los últimos grupos llegan hasta el Cretácico, Terciario. En total viven un intervalo de 165 m.a aproximadamente.

ORIGEN DEL VUELO: 2 hipótesis.

- las especies originarias serían algún tipo de reptil arborícola, las primeras formas desarrollarían membranas entre las extremidades (formas paracaídas), el siguiente paso sería la aparición de las formas planeadoras y la 3ª fase sería la aparición de voladores activos.
- los antepasados serían algún tipo de reptil corredor y que esas estructuras membranosas servirían para estabilizar la carrera.

No está claro que los antepasados fueran arborícolas, por eso hay dudas en el origen del vuelo. Fue un proceso muy rápido, y en ese momento durante el Triásico aparecen toda una serie de morfologías adaptadas al vuelo, teniendo éxito el de los pterosaurios.

ALGUNOS DISEÑOS: dragones voladores (actual), en el Triásico hay toda una serie de morfologías, en todos los casos son prolongaciones de las vértebras, pero no están ligadas a las extremidades.

A partir de 250 m.a los pterosaurios se desarrollan y aparecen una serie de morfologías enormemente variadas. El Pteranodon no tenía dientes, otros poseían protuberancias en la cabeza, etc, todo debido al tipo de alimentación y forma de vida. También había de todos los tamaños, el **Pterodactylus** poseía una morfología pequeña (pequeño como un gorrión) mientras que el **Quetzalcoathus** media aproximadamente 11m de altura, esta clase desaparece cuando cae el meteorito. Sus características aeronáuticas son importantes para los ingenieros actuales a la hora de fabricar aviones.

CUESTIONES:

- **El área del ala, la sección de los huesos y la de los músculos plantean el problema del aumento de superficie para que pudieran volar:**

En aves corrigen esto gracias a las plumas huecas (sacos aéreos) y secciones donde el hueso se ahueca o aligera.

Hay que plantear si realmente los pterosaurios volaban. Por el principio de similitud se piensa que si volaban.

- **Como volaban?**

♦ **Primero** se hicieron estudios en lo que se denomina **túneles de viento**,

un diseño aeronáutico compuesto por un motor con hélice, una rejilla que origina un régimen laminar y el objeto (ala, etc) a estudiar dispuesto después de ambos. El primer tunel de viento fue fabricado por los hermanos Wright.

Se situaron modelos a escala de pterosaurios para ver como se comportaban en un tunel de viento.

Brammell y Whitfield (1974) obtuvieron los siguientes resultados: aparecen una serie de curvas (curvas polares) caracterizadas por un punto máximo que corresponde con la velocidad máxima de vuelo. La velocidad óptima es en la que menor tasa de descenso se produce. El **Pteranodon** tiene menor velocidad de vuelo con respecto a los otros ejemplos, alcanzan los $8 \text{ m/s} = 29\text{Km/h}$, que es su velocidad óptima de vuelo. Si aumenta la velocidad de vuelo la tasa de descenso también aumenta. Si sigue disminuyendo la velocidad de vuelo cuando vaya bajando habrá un momento en que no habrá sustentación, se desplomará, a esta velocidad se la llama **velocidad de entrada en pérdida** que es igual a $6,7 \text{ m/s} = 24\text{Km/h}$. A menor velocidad mejor diseño, la menor velocidad también es del Pteranodon. La **velocidad máxima** es $\approx 14 \text{ m/s} = 54\text{Km/h}$. Si la velocidad del viento es mayor indica que con solo desplegar las alas pueden planear.

Hay trabajos que han hecho estudios parecidos– STEIN: estimó la **velocidad de entrada en pérdida** = $4,5 \text{ m/s} = 16 \text{ Km/h}$. Y la **velocidad máxima** = 54Km/h

Stein intentó estimar cual sería la potencia necesaria para despegar, en un Pteranodon = 0,07 CV.

A partir del estudio de la sección del área de los músculos pudo estimar cuanta potencia generaban de acuerdo con su estructura muscular, que equivalía a 0,1 CV, ligeramente superior a la potencia necesaria para despegar. Según sus datos es muy probable que pudieran despegar del suelo.

En los primeros Pterosaurios se descubren en el año 1874 en Italia, el paleontólogo en principio no sabía muy bien lo que era hasta que lo explicó Cuvier. Se pensaba que eran reptiles de sangre fría, por lo que no tendrían la energía necesaria para volar activamente, no despegarían, se tirarían de superficies elevadas, esto era lo que se pensaba entonces.

♦ **El segundo paso** fue construir modelos a escala e intentar volarlos:

El modelo en un avión consta de tres movimientos básicos, uno para subir y bajar (**cabeceo**) que se controla mediante los llamados timones de profundidad, el giro alrededor del eje longitudinal llamado **movimiento de alabeo** que se realiza mediante unas piezas situadas en las alas llamadas alerones, bajándolos y subiéndolos, por último el **giñada** que se hace por el timón de dirección que está en la cola, el avión gira en el eje vertical, sobre sí mismo.

El primer intento de construir un pterosaurio lo llevó a cabo un alemán en 1956 llamado Van Holst, construyó con las técnicas de aeromodelismo un modelo de **Rhamphorhynchus**, y además consiguió que batiera las alas 2 o 3 veces por segundo, y lo hacía mediante un motor de gomas.

Una característica de la especie era una larga cola con una estructura membranosa a final en forma de rombo. **Para que servía esa estructura membranosa?**

- cómo timón de dirección. Si era vertical.
- función de timón de profundidad si era horizontal, dando cabeceo.

Estas membranas se conservan en el registro fósil, sus impresiones, pero aparecen planas en el plano de estratificación.

Construyó un modelo para ver cual era la posición correcta: el horizontal más o menos inclinada el modelo aleteaba mientras en si era vertical se estrellaba. La conclusión es que la estructura membranosa tenía la función de controlar el cabeceo en el vuelo, subir y bajar.

Pasan los años y otro aeromodelista y paleontólogo inglés llamado Stephen Winkworth durante 1978 y 1985 construye toda una serie de modelos de pteranodon de diferentes tamaños con madera de balsa. En principio se pensaba que eran planeadores y el tipo de vuelo era en ladera, haciendo 8 a lanzarse de un precipicio, cañon, etc. El tamaño más grande es de 4 m y pico.

Años después son los americanos los que construyen otro modelo a escala, un ingeniero aeronáutico llamado Paul Macready en 1984–1986, un modelo de **Quetzalcoatlus Nothopi**, el más grande hasta 11m, pero lo construyeron a una escala 1/2 (5,5m), el modelo pesaba 20 kg, por lo que se estima que la especie viviente pesaría como mucho 80 kg, el modelo podía batir las alas, mover la cabeza, etc. La velocidad máxima era de 50 km/h batiendo las alas. Llevaba 8 canales de radio, 3 sensores para los 3 movimientos básicos, giroscopio, recubierto con fibra óptica, etc. El despegue era un problema ya que era un desplazamiento de tipo bípedo, tenían que hacerlo despegar con un torno, motor con cable muy largo que se recogía. También poseía una especie de cola para controlar el vuelo, luego esa estructura se soltaba con un paracaídas.

En conclusión parece que los grandes pterosaurios planeaban y volaban muy bien, otros eran capaces de despegar batiendo las alas. Las formas más pequeñas indican que fueron voladores activos e incluso más

eficaces que las propias aves, por ejemplo, el Rhanphorhynchus tenía un peso de unos 0.5kg y una gaviota de 1,5kg, esto indica que la carga alar, relación entre superficie y peso de la máquina, cuanto más carga más rápido tiene que volar y peor, etc.

A que se debe que fueran tan eficaces como máquinas voladoras?

Gracias a las características morfológicas y fisiológicas. Un organismo para poder volar de manera activa debe ser animales de sangre caliente, hay indicios que lo confirman:

- **Características del cerebro:** el cual es muy grande y muy parecido a l de las aves. Algunos grupos de pterosaurios conservan impresiones de la piel con pelaje.
 - **Características de los huesos:**
 - ◆ Del tronco: desarrollan cavidades huecas (huesos neummatizados)
 - ◆ De las alas:
 - ◆ Los proximales (húmero) están también huecos, son muy finos y además están reforzados internamente.
 - ◆ los distales de las falanges son macizos y con forma de T en sección, es mucho más resistente a la flexión que un tubo circular.
 - ◇ **Características de la membrana alar:** eran muy finas pero muy resistentes. Para evitar las vibraciones existen una serie de varillas que al extenderse el ala se disponen perpendicularmente. La membrana también tiene numerosas fibras musculares. Eran capaces de cambiar el perfil alar en vuelo.
 - ◇ **La función del hueso Pteroides:** su función era soportar una estructura membranosa que está por delante del ala (protopalagio). Cuando el animal extiende el ala la membrana se abre. Podían orientar las alas hacia atrás o hacia delante (tenían una geometría alar variable) .Es una característica exclusiva de esta especie.
- Este grupo desarrolló un sistema óptimo de estructuras esqueléticas y musculares y se consiguió una optimización de la estructura orgánica.

¿Por qué desaparecieron?

Hay una extinción paulatina. Los voladores activos desaparecieron por competencia con las aves. Mientras, los más grandes y planeadores desaparecieron como consecuencia del cambio climático en el Cretácico, se va haciendo más frío y los vientos son más fuertes y los planeadores funcionaban bien con las corrientes ascendentes térmicas no con los vientos fríos y fuertes por lo que la especie se va reduciendo.

TEMA 9

MORFOLOGÍA TEÓRICA Y CONTRUCCIONAL:

Catálogo para comparar especies antiguas con las actuales. Las técnicas para contruir esos catálogos se engloba en la morfología teórica.

Hay especies fósiles que se conocen suficientemente bien para construir catálogos. El grupo más clásico son los invertebrados que poseen conchas enrolladas en espiral, que aparecen en organismos muy diferentes (foraminíferos, braquiópodos, bivalvos, gasterópodos,etc)

Básicamente una concha enrollada en espiral, su geometría básica es un cono en el que el crecimiento se produce en sus márgenes por acreción, y a l no ser igual en todas las partes del cono el resultado es un crecimiento en espiral alrededor de un eje imaginario (eje de

enrollamiento). En cada grupo tiene una función distinta y han aparecido de manera independiente conchas con esas morfologías.

La morfología teórica nos indica como construir todas las conchas matemáticamente, únicamente se pueden construir 4 parámetros básicos:

Los factores que explicarían la forma de los organismos sería la analogía entre un edificio y el crecimiento de los seres vivos. Estas analogías lo estudia la morfología construccional. Ejem: en un equinodermo la estructura en placas recuerda a una cúpula.

Factores que justifican la forma de un edificio:

- ◆ conjunto de características (entorno urbanístico) previas a la construcción del edificio.
- ◆ destino del edificio (función)
- ◆ ajustarse a las leyes de los espacios y los volúmenes (la anchura de puertas y ventanas tiene que ser adecuada)
- ◆ decidir si las ventanas tienen ventanas (factores ambientales) diseño tejados, canalización, etc
- ◆ cuestiones relacionadas con el azar (si queremos un color de ladrillo y no está tenemos que ponerlo de otro color)
- ◆ errores en la construcción (ladrillos rotos,etc)
- ◆ deterioro del edificio con el tiempo y el uso.

Factores que justifican la forma de un organismo (análogos):

- ◆ factor histórico–filogenético. Características heredadas de los antepasados evolutivos sin ningún tipo de variabilidad genética y que condicionan la morfología de la nueva especie. También se llaman constricciones en ucofilogenéticas. Ejem: el modo de crecimiento ,(los vertebrados nunca crecen por mudas), la composición de los esqueletos, etc
- ◆ factores funcionales, causan las adaptaciones, selección natural. La forma de los organismos está condicionada por la forma que va a tener.
- ◆ factores estructurales. Estas morfologías no tienen valor taxonómico (formas poligonales de los corales)
- ◆ factores ecofenotípicos. Factores externos que influyen sobre los fenotipos modificándolos (en humanos la aparición de callos en las manos según la profesión)
- ◆ factores aleatorios. Una especie puede evolucionar por azar hacia un pico adaptativo o hacia otro.
- ◆ errores programáticos. Procesos adaptativos debidos a errores en el programa de desarrollo ontogénico. Puede dar lugar a grupos taxonómicos nuevos (mutaciones somáticas)
- ◆ factores madurativos y degenerativos. Aspectos de la forma pueden deberse a la edad o a enfermedades (desgaste en los dientes en herbívoros, fractura dientes, caries,etc)

TEMA 11.

LA ESPECIE:

◇ **ESPECIE BIOLÓGICA:** según E.Mayr es el conjunto de poblaciones real o potencialmente fecundadas entre si y que están aisladas reproductivamente de otros conjuntos parecidos en condiciones naturales. La interfecundación será potencial en poblaciones alopátricas. El aislamiento reproductivo será real en poblaciones simpátricas.

Si se cruzan dos especies distintas la descendencia será inviable o estéril (caballo+asno= mula estéril)

METODOS PARA SEPARAR ESPECIES:

- ◇ Observar la capacidad de interfecundación.
- ◇ Se recurre a distintas morfologías, fisiológicas, ecológicas, etc. En poblaciones simpátricas si tienen descendencia estéril sabremos que son especies distintas. En poblaciones que no sean simpátricas el experto del grupo del organismo que estudiamos puede tener una idea de que los criterios morfológicos se pueden establecer para separar las especies. El conocimiento adquirido por el experto es muy importante para saber separar las especies y saber cual es la variabilidad interespecífica esos criterios sólo servirán para ese grupo de organismos. Los zoólogos usan aspectos fenotípicos para describir las especies.

EL PROBLEMA DE LA ESPECIE EN PALEONTOLOGÍA:

La mayor parte de paleontólogos están de acuerdo en aplicar el concepto de especie biológica a la paleontología. Se pierden muchos aspectos morfológicos, fisiológicos, de comportamiento y biogeográficos. No hay registro fósil si no hay registro geológico. No en todas las zonas en las que vivieron los organismos hubo registro geológico (por la erosión, afloramientos ,etc). El trabajo con especies en paleontología es más fácil si cumplieron los requisitos cuando estaban vivos. Se aplican criterios morfológicos, si las especies pertenecen a grupos que existen hoy en día, y si el grupo de organismos no existe en la actualidad se hace uso de phylums próximos.

Puede haber mismas especies que viven en el mismo sitio pero adaptados a nichos ecológicos distintos (unos ratones viven en el suelo y otros en árboles) presentando distintas morfologías.

Las distribuciones geográficas y la geocronología son importantes, las poblaciones de épocas geológicas distintas son distintas especies.

Las diferencias fenotípicas, cualitativas y cuantitativas (se comparan en una curva y si hay diferencias significativas indica que son especies distintas). Otro criterio serían las curvas de supervivencia–mortalidad (estrategia de k y r), si las curvas son parecidas serían la misma población de una especie (en la misma localidad).

El aspecto evolutivo de las especies en paleontología hay que abordarlo de distinta manera según el modelo de especiación que se considere como válido:

Si consideramos válido el modelo Darwinista (gradualista) la evolución se puede considerar como un árbol ramificado de manera que las especies actuales serían un punto de esos linajes evolutivos.

Se plantea un problema a lo largo de la línea filética ¿ Cómo establecemos las líneas entre especies? Los límites entre paleoespecies serían arbitrarias. En la realidad se resuelve por si solo. En el registro fósil vamos a encontrar conjuntos disjuntos, el continuo morfológico lo consideramos una especie.

Si consideramos válido el modelo puntuacionista la especiación no se produce de manera gradual. En poblaciones muy pequeñas y condiciones rápidas nos aparece una especie B. la separación de especies viene dada por el mismo proceso evolutivo.

PROCESOS DE ESPECIACIÓN:

Según Darwin la evolución de una especie a otra se producirá de una manera gradual a través de unos pasos imperceptibles, actuando la selección natural de una forma gradual, lenta, las especies naturales irían cambiando las secuencias genéticas. Hay dos procesos distintos:

1.Transformación filética (lineal):

Si este fuera el único mecanismo alguna especie podría extinguirse y no seguirían especies nuevas, la diversidad de los seres vivos iría bajando con el tiempo.

Dibujo

2.Desdoblamiento de estirpes:

La evolución no es constante va sufriendo oscilaciones. Se produce un incremento de la diversidad, habiendo oscilaciones en esta a lo largo del tiempo geológico.

Dibujo

Según este modelo Darwinista el registro fósil esperable sería que en las distintas capas encontraríamos una serie de poblaciones unidas entre sí por pasos imperceptibles que irían cambiando de forma gradual.

Otros científicos en el siglo XIX piensan que esas variaciones graduales no aparecían en el registro fósil, había rupturas morfológicas importantes. Lyell lo interpreta como lagunas estratigráficas, etapas de erosión, sedimentación ,etc. Muestras registradas que incluirían esas formas intermedias.

Todas estas ideas se incluyen en el **Gradualismo o especiación filética.**

En los años 40 hay un cambio en la teoría evolutiva y se incluyen nuevas ideas de la genética y genética poblacional. Los paleontólogos recurren a las ideas darwinistas y desarrollan la Teoría sintética de la Evolución o Neodarwinismo.se sigue considerando válido el gradualismo filético, el desdoblamiento de estirpes que se produce de manera simpátrida.

E.Mayr introduce un nuevo modelo de especiación, Especiación alopátrica:

Había muchas poblaciones de una especie viviendo en un área, en zonas extremas del área de distribución las condiciones ambientales no eran las mismas, no se daba el promedio. Las especies podrían evolucionar por selección natural en un tiempo geológico corto dando lugar a una nueva especie que podría volver a ocupar el territorio anterior , de manera que lo más probable es que no se encontrase en el registro fósil, lo más probable sería encontrar la especie A y B sin intermedios y en consecuencia habría rupturas morfológicas. Esto permitiría explicar las lagunas en el registro fósil.

Esta teoría neodarwinista se considera válida hasta principios de los 70. en 1972 se publica un trabajo de un par de paleontólogos muy conocidos, Eldredge y Gould, que plantean un nuevo modelo de especiación . **Puntuacionismo o Modelo de los equilibrios interrumpidos o puntuados:**

Se partiría de una especie y muchas poblaciones, y en zonas periféricas del área de distribución con distintas condiciones promedio del ambiente. Pequeñas poblaciones quedarían aisladas geográficamente y a su vez sufrirían un aislamiento reproductivo, pero no

por los mecanismos de selección natural, sino por otro tipo de mecanismos, cambios genéticos mucho más importantes (cromosomas, etc). Se produciría en un tiempo ecológico corto por acciones muy diferentes una nueva especie, y a partir de ese momento sobre la nueva especie actuaría la selección natural ajustando las secuencias génicas a las condiciones ambientales y ralentizándolas si el ambiente no cambia.

Con estas ideas las especies serían estables en el tiempo, a esto se le llama **Homeostasis Morfológica**: de manera puntual irían apareciendo momentos de especiación que darían lugar a especies nuevas en un tiempo ecológico muy corto, no habiendo registro de las formas intermedias. Puntualmente las especies están en equilibrio con el ambiente y a su vez se producen momentos de especiación originando especies nuevas.

Consecuencias:

1. Especies estables en el tiempo.
2. Puntuado en la especiación.
3. Se produciría un desacople entre los mecanismos que actúan a nivel micro y macroevolutivo, se darían por procesos distintos.

EJEMPLOS.

1. MODELO BÁSICO DE ELCHAGE Y GOULD:

poblaciones de gasterópodos terrestres Pulmonada. *Poecilozonites bermudensis zanatus*, especie característica de las Bermudas.

Aparecen en sedimentos del Pleistoceno (1.800.00–10.000 años), estudian los sedimentos de los últimos 30.000 años.

Se tiene en cuenta que en los últimos 2 m.a hubo cambios climáticos en la Tierra, grandes etapas glaciares. Las etapas glaciares e interglaciares se detectan muy bien en los sedimentos.

Se pueden correlacionar varias especies de P.B.Z que vivieron contemporáneamente.

Se encuentran pruebas de altos grupos de esas poblaciones de esta especie en dos conjuntos, unos que viven en la parte occidental de la isla y otro grupo en la parte oriental. Ambos se diferencian por los patrones de coloración. Los autores encuentran que en las zonas extremas del área de distribución de las dos zonas a lo largo de los 30.000 años aparecen nuevas morfologías que consideran subespecies.

En la parte occidental aparece la P.B. *Siegmundi* y en la oriental la P.B. *Siliglindae*, P.B. *bermudensis* y P.B. *Fossoti*.

P.B. *Siegmundi* son formas pseudomórficas del PB. *Tanatus* occidental. Las otras 3 formas son pseudomórficas del tronco oriental. Aparecen de forma brusca y luego se extinguen. Son adaptaciones a donde hay poco calcio, la selección natural favorece a los que alcanzan la madurez sexual con poco tamaño. Se plantea la existencia de un mecanismo distinto a la especiación, que los mecanismos de especiación filética no sean los que expliquen la evolución. Se empieza a restudiar procesos evolutivos de otro grupo de organismos, siendo el modelo puntuacionista el más viable.

2. TRABAJO SOBRE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS (Halurgen, Bergen y Lohman, 1983):

Estudian el linaje de 3 especies de foraminíferos planctónicos:

–Globurolalia Mesotucuida.

–GBR.Plesiotucuida.

–GBR.Tucuida.

Esta evolución se produce a lo largo de 10 m.a corresponde al Mioceno superior y llega a la actualidad. Estudian la transición de GBR Plesiotucuida a GBR Tucuida.

Los autores trabajan con muestras extraídas del océano Índico, la tasa de sedimentación en esta zona es de 1–2 cm/1000 años. Estas condiciones no han cambiado en los últimos m.a, obtienen un testigo de 10 m.a.

Los autores utilizan una técnica estadística, aplican un análisis multivariable (eigen suave), que permite estudiar los cambios morfológicos. No se ve un gran cambio morfológico, sino que va cambiando poco a poco. En la transición si que se observan cambios. El cambio afecta a toda la población y no hay coexistencia de especies. Lo que encontramos no se ajusta a ninguno de los dos modelos de especiación.

Los autores plantean un nuevo modelo distinto a los anteriores, **El Gradualismo Puntual**, se podría incluir como una variable del modelo puntuacionista.

Cuando se empieza a enfriar el clima los foraminíferos viven flotando pasivamente, en los enterrados a una profundidad si el agua se enfría aumenta su densidad y viscosidad, un foraminífero quedará más alto en la columna de agua.

Si la especie era plana, irá hacia formas redondas y tamaños más grandes. Habrá una fuerte prueba de selección hacia las morfologías con mayor velocidad de hundimiento.

También hay ejemplos de gradualismo bien documentado.

Estudiaron un foraminífero del Pérmico, los autores toman muestras en nuevas localidades y miden 9 variables y ven que 5 características no cambian nada, las otras algo pero solo hay uno que presenta un cambio claro.

El carácter que cambia es el diámetro de la cámara embrionaria. **¿Es un cambio suficientemente importante como para un cambio de especie?** Los autores establecen 3 subespecies cuyos límites son arbitrarios. Han pasado 15 m.a y se ha visto un cambio gradual pero no tan importante como para originar especies nuevas.

El gradualismo es un fenómeno que existe pero se necesita mucho tiempo para dar lugar a nuevas especies. El modelo más frecuente es el puntuacionista.

TEMA 12.

PALEOECOLOGÍA.

DEF: Rama de la paleontología que tiene por objeto el estudio de los ecosistemas del pasado. Dentro de la geología estudia la Tierra a lo largo de la historia.

El conocimiento de los ecosistemas del pasado es parcial porque el registro geológico tiene interrupciones. El número de trabajos que existe hoy día son bastante numerosos para tener una idea general.

Existe un problema de tipo metodológico, la aplicación del actualismo porque no es una ley de la naturaleza sino un principio metodológico, solo se aplica a las propiedades inmanentes de la naturaleza. Los procesos geológicos que se basan en leyes si que se puede aplicar el actualismo (sedimentología).

Son muy importantes los estudios previos taxonómicos: factores bioestratinómicos, fosildiagénesis, ejemplares autóctonos o alóctonos.

Hay que estimar que nos ha llegado del antiguo ecosistema, el registro de un ambiente en el pasado da lugar a **facies**, que son un conjunto de características litológicas y paleontológicas de ese estrato. Es lo que nos llega del pasado.

Quedan reflejadas:

◇ Litofacies: conjunto de características litológicas y sedimentológicas (caract. Físico-químicas)

◇ Biofacies: conjunto de características paleontológicas del estrato.

Litofacies+biofacies= facies.

VÍAS DE ESTUDIO PARA RECONSTRUIR LOS MODOS DE VIDA DEL PASADO.

2.Comparación con organismos similares actuales:

ejem: ammonoideos tenían un modo de vida similar a los nautiloideos actuales.

Función del caparazón de las tortugas fósiles con las actuales.

3.Los grupos que no tienen representantes actuales se usa el método paradigmático:

Ejm: una especie de braquiópodos con forma semiesférica poseían unas estructuras espinosas para fijarse al fondo fangoso, las formas juveniles no tienen esa estructura espinosa sino que en la parte frontal presenta una especie de espinas convergentes.

Hipótesis: la usaban para fijarse sobre objetos por encima del sustrato. Como son suspensivos las formas pequeñas al estar sobre el sedimento fangoso cualquier agitación haría que el sedimento entrase por la comisura ahogando al braquiópodo.

4.Estudio de las señales dejadas por la actividad vital de los organismos:

Algunos aspectos;

. **Estudio de los coprolitos:** (excrementos fosilizados) dan información porque se pueden encontrar datos de los hábitos alimenticios (carnívoros, herbívoros, etc) sabiendo el tipo de vegetales o animales que comían.

La forma de los excrementos también nos da información del tipo de aparato digestivo, si el individuo era rumiante, carnívoro, etc.

. **Marcas de predación:** ejem; yacimientos de vertebrados que aparecen con marcas de carroñeros, los naticidos gasterópodos que empezaban a girar sobre el bivalvo haciendo una perforación circular, ictiosaurios que se alimentaban de ammonoideos porque hay yacimientos que aparecen con orificios alienados cuya forma corresponde con la forma de los dientes de ciertos ictiosaurios, peces malacofaros que comían moluscos bivalvos en general que aparecen con mordeduras, también aparecen Nummulites (foraminíferos) mordisqueados por los laterales quedando sólo la parte central, hojas con índice de predación de insectos, etc.

. **Paleoicnología:** pistas, pisadas fósiles, etc.

El padre de esta rama es Richter, estudió una pista llamada Helminhoidea Laberíntica, la interpretó como producida por un anélido que vivía en fondos marinos con escasa materia orgánica, por lo que aprovecharía la búsqueda de alimento al máximo. Richter intentó reconstruir con ordenador esa pista basándose en 4 reglas sencillas: movimiento en un plano, se recorre una distancia y luego se gira 180°, el movimiento se hace al lado de tramos ya recorridos y cada tramo está siempre a una distancia constante de los tramos anteriores.

El comportamiento estaría modificado genéticamente.

También se hicieron diseños de galerías de tipo Chondrites y Zoophycus y de pisados de homínidos.

CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DONDE VIVÍAN:

En los ambientes actuales sus características condicionan que pueda vivir o no una especie determinada, a esto los ecólogos lo llaman Factores limitantes, que son factores ambientales que condicionan la distribución de las especies.

Factores en ambientes acuáticos: T^a , cantidad de oxígeno, salinidad, profundidad, tipo de fondo (sustrato), alimento disponible.

Factores en ambientes terrestres: T^a , humedad, grado de insolación, etc.

Estos factores debieron de existir igual en los ambientes del pasado.

ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES LIMITANTES ACUÁTICOS:

T^a : condicionada por el clima, el cual está condicionado por la latitud a gran escala. A menor escala tenemos los grandes cambios de T^a (gradientes), como los ambientes intermareales con diferencias entre el día y la noche. Los factores ligados a la T^a son la humedad, profundidad, etc.

Para estimar las **PALEOTEMPERATURAS** hay un método basado en los isótopos del oxígeno, O^{16} y O^{18} , resulta que esta proporción en el agua cambia en función de la temperatura, porque aquellas moléculas de agua que tienen O^{16} se evaporan con más facilidad, eso quiere decir que el agua de las zonas cálidas tendrá más proporción de O^{18} que en aguas frías.

Los organismos al segregar las conchas de $CaCO_3$ incorporan el isótopo en la proporción que

está en el medio, de manera que si cogemos ejemplares y mediante un espectrómetro de masas podemos establecer la proporción de los isótopos y tener una idea de la paleotemperatura de aquel medio.

Ejem: Rostrum de un Belemunites, que cada uno de los anillos indica una temperatura distinta, hay contrastes estacionales.

OXÍGENO: su circulación es muy importante por los fondos oceánicos originados en los polos, el agua muy fría cargada de sal se hunde en profundidad y circula por el fondo, la circulación es bastante compleja.

Los fondos oceánicos hoy día son oxigenados, esto no ha sido siempre así, en otras épocas ha habido fondos anóxicos sin circulación.

En el caso de los mares cerrados (Negro, Báltico, los epicontinentales, etc) hay zonas en que no hay circulación, las masas de agua están ordenadas estratigráficamente por densidades, y en esas condiciones los fondos marinos son anóxicos.

El resultado es que se produce un gradiente de diversidad desde la costa hacia zonas más profundas, a medida que disminuye el oxígeno disminuye la diversidad. En general hay una disminución de los organismos con esqueleto carbonatado (a menor oxígeno Ph más ácido). El gradiente influye de manera que disminuye antes los macroventos que los microventos (animales pequeños).

Hay especies que son características de ambientes anóxicos como los foraminíferos que viven hoy día, como el género Bolivina y Brizalina, estas especies en el registro fósil están asociadas con una cantidad de materia orgánica muy elevada, estas se repiten en el registro dando muestras de ambientes parecidos. Las reconstrucciones en función de la diversidad que aparece pueden tener aplicaciones en la geología.

PROFUNDIDAD: parámetro muy importante pero difícil de cuantificar en antiguos ambientes de sedimentación (antiguas batimetrías).

Las partes esqueléticas no suelen verse afectadas por la profundidad (presión elevada) mientras que a las blandas les afecta un poco más. Realmente influye a través de otros parámetros que dependen de ella:

- **Tª:** disminuye con la profundidad. Hoy en día las mismas especies que viven en zonas templadas y cálidas viven en profundidades distintas dependiendo de la latitud (Tropical, Ecuatorial, etc) porque la temperatura varía de unas zonas del globo a otras.
- **Alimento:** disminuye sustancialmente por debajo de lo que se llama la Zona Fóptica (zona iluminada) donde se realiza la fotosíntesis. Por debajo de esta zona disminuye mucho el aporte de alimento y por tanto disminuye la diversidad. Esto también se observa en el registro fósil de sedimentos marinos muy profundos, ambientes tranquilos. También cambia como se suministra el alimento, en zonas profundas se encuentra en el sedimento, no hay suspensión en el agua por lo que los organismos son sedimentarios, en cambio en las zonas someras el oleaje puede influir por lo que nos encontramos con organismos suspensivos (bivalvos, etc)
- **Luz:** a mayor profundidad menor cantidad de luz, hasta los 200m llega algo de luz. La luz no llega por igual al fondo, la de onda larga se detiene antes

(roja, infrarroja) al llegar a menor profundidad, en cambio la de onda corta (violeta, ultravioleta, etc) llega a mayor profundidad. La vegetación tampoco las absorbe en la misma proporción, las algas verdes (clorofitas) absorben la de onda larga y las rojas (rhodophytas) las de onda corta, por lo tanto las algas verdes vivirán en zonas poco profundas y las rojas en zonas más profundas. En ambos tipos de alga sus barillas poseen esqueletos de CaCO_3 conservándose en el registro fósil, por lo que si encontramos fósiles de algas rojas o verdes sabremos la profundidad de ese ambiente del pasado, son indicadores **PALEOBATIMÉTRICOS**.

Ejemplos de indicadores paleobatimétricos:

–Ciertos grupos de corales dentro de los actuales (escleractinia) los hay coloniales (hermatípicos) que presentan simbioses, las zooxantellas del grupo de las clorofitas que determinan la profundidad de los corales. Si encontramos este tipo de coral nos indicaría profundidades de ese orden, hasta 200m o más.

En cambio, los corales Ahermatípicos (solitarios la mayoría) no tienen zooxantellas, por lo que pueden vivir a cualquier profundidad.

Se han estudiado los sedimentos con corales del Paleozoico e indican ambientes someros, poco profundos.

–Las esponjas, las primeras que construyen el esqueleto de CaCO_3 y otras de sílice (SiO_2). Las esponjas calcáreas de hoy día viven a menos de 100m, mientras que las silíceas alcanzan 300m, son bastante más profundas. A partir de la sedimentología sabemos que las esponjas del pasado vivían en ambientes similares.

–Los foraminíferos, hacia la costa predominan especies arenáceas que cementan partículas del fondo y que suelen ser más abundantes en ambientes salobres, mientras que las especies carbonatadas disminuyen su abundancia.

En mar abierto:

- ◆ Aumenta la diversidad
- ◆ aumentan las formas carbonatadas y estas a su vez van aumentando de tamaño
- ◆ si son arenáceas aumenta la complejidad interna.
 - ◇ La relación entre formas plantónicas y ventónicas también es distinta, en mar abierto habrá más plantónicas y conforme aumenta la profundidad se mezclarán con los ventónicos. Por encima de los 100–200m la relación puede ser de un 90–10%.

–LA SALINIDAD:

- ◆ Dulce: 0–0.5%
- A.Salobre 0.5–30%
- A.Marina 30–40%
- A.Hipersalinas: 40–80%
- Salmueras: +80%

Según la tolerancia de las especies a la salinidad se pueden agrupar en dos conjuntos:

–**Estenohalinas**: las que aguantan mal los cambios de salinidad.

–**Eurihalinas**: las que aguantan bien amplios cambios de salinidad.

La mayor parte de la fauna marina es estenohalina, si encontramos en un yacimiento fósil formas de estos grupos indica que el ambiente donde vivían era de salinidad normal. En cambio los eurihalinos es frecuente que presenten a su vez formas de ambientes normales pero que se estén adaptando a vivir en ambientes costeros, estas especies son estrategias de R, es decir, poseen gran abundancia numérica y un número bajo de especies.

Si comparamos poblaciones, las de ambiente salobre suelen ser de menor tamaño, menor ornamentación y con conchas más finas, estos procesos también se repiten también en el registro fósil. A menor salinidad menor dureza de las conchas, menor tamaño y ornamentación. Ejem: albuferas.

En el caso de la salinidad se ha observado que para una temperatura dada también influye en la proporciones isotópicas de O16/O18, de manera que podemos establecer zonas de mayor o menor salinidad en ambientes del pasado, pero sin saber la cantidad exacta.

Fot 41: se cuentan el número de costillas promedio de cada población en función de la salinidad, se muestra por puntos mientras que las líneas indican el índice de salinidad.

–**EL SUSTRATO**: las características físico–químicas se reflejan en la litofacies (sed). El estudio de la litofacies es importante a la hora de reconstruir los antiguos ambientes de sedimentación.

Las características importantes de los sedimentos son: tamaño del grano(arena, limo, arcilla, bloques, gravas,etc), la composición del sedimento (detrítico, de origen químico carbonatado, fosfático,etc), las estructuras sedimentarias , la distribución espacial (dentro de una cuenca de sedimentaria dependiendo de la energía del medio), etc. Todas estas características nos darán información de los parámetros ambientales de ese antiguo ecosistema. De todos estos parámetros parece que el más influyente es:

- **Tamaño del grano**: la relación entre este y los seres vivos el factor más importante tiene que ver con los modos de alimentación. En fondos fangosos tranquilos, sedimentos por debajo del tamaño arena que al consolidarse reciben el nombre de lutitas, implica muy poca energía, poco transporte, el alimento estará en el propio sedimento no en suspensión, por lo que predominarán los organismos sedimentívoros. En cambio si tenemos un sedimento tamaño arena eso implica mucha más energía para se transportado el alimento, estando este en suspensión, por lo que predominan los organismos suspensívoros (corales, bivalvos, con sifones, etc), no hay turbidez en el agua, sino los sifones se taponarían. Esta relación entre sedimento y tipo de alimentación también aparece en el registro fósil. Ejem: Nuculacea organismos sedimentívoros, en el Paleozoico aparecen con morfologías similares a las especies actuales.

También el sustrato influye en las formas de fijación y mecanismos de desplazamiento: **4 tipos de fondo marino**:

–**Rocosos (duros)**: predominan las formas epifaúnicas (sobre el fondo), muy raros los infaúnicos a menos que vivan en cavidades.

–**Blandos arenosos:** será difícil que vivan las especies epifaúnicas, por lo que predominan los infaúnicos, sobretodo los escavadores.

–**Blandos fangosos:** hay pocos epifaúnicos que puedan vivir allí, los infaúnicos también tendrán dificultades. Fot 42, hay una relación entre la cantidad de lodo y especies que viven allí.

–**Blandos mixtos:** fondos muy estables. Los infaúnicos tienen facilidad para mantener las valvas verticales y reabrir las con mucus, en estos fondos la estabilidad será mayor porque hay que aportar menor cantidad de mucus.

Ejem: Braquiópodos y el tipo de sustrato, trabajo de un danés llamado Surlich. Estudia un sedimento llamado Creta formado por piezas que poseen una serie de organismos que forman parte del fitoplacton y tenían dos fases, se llaman Cocolitos, plaquitas de CaCO_3 de pocos mm con un color blanco muy característico. Toma muestras del orden de 5 kg, disgrega las muestras y saca 50.000 ejemplares de braquiópodos que pertenecían a 43 especies distintas. Lo primero que observó es que eran pedunculados, los únicos puntos de fijación eran otros organismos que eran fragmentos de briosos, habiendo una estrecha relación entre briosos (sustrato duro) y la existencia de braquiópodos.. también había una relación entre el tamaño de los fragmentos de briosos y la cantidad de braquiópodos. Estableció 4 grandes grupos según su modo de vida:

1. Los que viven fijos al sustrato mediante un pedúnculo. Hay 24. dentro hay subgrupos de organismos muy pequeños que se fijan a pequeños sustratos. Todas estas especies presentan una elevada mortalidad juvenil, porque al caer sus larvas al fondo se quedarían enterrados en el sedimento y morirían, son estrategias de R.

2. Especies que viven en fragmentos grandes, menos numerosos. 3 especies. Estas son más grandes, sin pedúnculo, viven directamente flotando sobre el fondo. Cabría esperar una morfología espinosa y de barca. Durante la ontogenia el momento más peligroso será en la comisura de las valvas, por lo que tendrán una ontogenia muy rápida, es decir., crecen muy deprisa.

3. una única especie que hay desarrollado una adaptación capaz de fijarse con un pedúnculo especial directamente al sustrato. El pedúnculo posee unas estructuras como filios que permiten fijarse a pequeñas piezas de los cocoditoforios. Viven enterrados y están adaptados a sedimentos finos.

4. Especies que viven cementadas. 8 especies. 2 a sustratos muy pequeños y 6 a fragmentos más grandes.

Es un ejemplo de cómo estudiar en el registro fósil la relación entre el modo de vida y el tipo de sustrato.

–**APORTE DEL ALIMENTO:** en general en los ecosistemas acuáticos hay varios modos de alimentación: predadores, saprófagos, suspensívoros (comen microorganismos o detritos en suspensión), sedimentívoros (detritos o microorganismos engullidos junto con el sedimento), los paceroles que van por el fondo escogiendo partículas o microorganismos de fondos duros.

El ambiente favorecerá unos tipos de alimentación u otros en función de la Energía del ambiente. Si tiene una energía elevada el alimento estará en suspensión (ambientes poco profundos) predominando los organismos suspensívoros. En cambio si la energía es baja

corresponderá con ambientes profundos y tranquilos por lo que el alimento estará dentro y en la superficie del sedimento, por tanto predominarán los organismos sedimentívoros.

En el caso de ecosistemas terrestres los modos de alimentación son diferentes: hay carnívoros, saprófagos o carroñeros, fitófagos (comen vegetales) entre los que se citan: paceroles que comen hierba o plantas del suelo, los ramoneadores (comen hojas de arbustos o árboles), granívoros (semillas), fructívoros (frutos) y roedores (vegetales leñosos).

El modo de alimentación se puede deducir por la morfología de los dientes, son criterios que también se usan en los fósiles.

PARES DE RECIPROCIDAD:

Son las relaciones que se dan entre pares de elementos de un ecosistema. Hay 3 grandes grupos:

–**COACCIÓN:** se incluyen las relaciones entre pares de especies. Ejem: casos de parasitismo como los Richtophenidos, braquiópodos que crecían en el interior de otros, ejemplos de comensalismo donde una especie aprovecha los mecanismos de alimentación de otra especie y casos de simbiosis como las Zoosantelas que viven junto con los corales escleractinia (actuales).

–**REACCIÓN:** relación entre un organismo y el ambiente, es decir, como actúa un organismo sobre el ambiente. Ejem: bivalvos que viven sobre sustratos duros y segregan un ácido para hacer cavidades, son perforantes y se llaman Lithodomus

–**ACCIÓN:** se produce una influencia del ambiente sobre los organismos. Ejem: invertebrados que construyen sus conchas de CaCO_3 incorporando los isótopos de oxígeno que hay en el medio ($\text{O}16/\text{O}18$). Los ostreidos adoptan su forma con el hueco correspondiente.

Lo normal es que haya muchas especies en un ecosistema, estas se asocian en lo que se llama **COMUNIDAD:** asociación natural de especies que viven en un área determinada de un ecosistema.

COMUNIDADES FÓSILES:

IDEAS IMPORTANTES DE ECOLOGÍA DE COMUNIDADES:

–Las comunidades suelen vivir en ambientes que van cambiando con el tiempo, de manera que no suelen ser estables, hay zonas en la Tierra en que los ambientes cambian con rapidez y estos cambios se reflejan en que las comunidades presentan una **SUCESIÓN ECOLÓGICA**. En los ambientes continentales y marinos costeros es donde se produce con más rapidez esos cambios ambientales, mientras que en los marinos profundos los ecosistemas cambian a muy largo plazo, son más estables.

Ejem: retroceso del mar por levantamiento del continente: en esas condiciones lo primero que aparecen son las comunidades estrategas de R, llamadas Pioneras y que aprovechan todos los recursos que hay, pero presentan baja diversidad, habrá pocas especies pero estas tendrán un elevado nº de individuos. A medida que el mar vaya retrocediendo la influencia cada vez será menor y empezarán a aparecer estrategas de K, más eficaces que aprovecharán mejor los recursos, serán más especializados y las comunidades irán cambiando poco a poco hasta que

se llegue a una situación en que todas las especies estén en equilibrio unas con otras. Esta comunidad no cambiará a menos que cambie el ambiente, es lo que se llama **COMUNIDAD CLIMAX**, pero esto no indica que sea la más diversa.

–**Comunidades Recurrentes:** son comunidades que se repiten en la naturaleza muchas veces, tanto en el espacio como en el tiempo. Están formadas por especies adaptadas a nichos ecológicos similares, encontrando esas asociaciones en muchas localidades distintas. El concepto de comunidad recurrente se introdujo a partir del siglo XX por estudios del mar del Norte, en fondos fangosos–arenosos, donde aparecían grupos de especies en forma de manchas disjuntas (comunidades dispersas en grupos) ocupando áreas separadas, este echo se repite muchas veces.

EJEMPLOS DE COMUNIDADES FÓSILES:

–**ARRECIFALES:** def arrecife: estructura orgánica que se desarrolla sobre el fondo del océano hasta el nivel del oleaje.

El estudio de arrecifes tiene mucha importancia por varias razones:

- desde el punto de vista económico constituyen **rocas almacén** o trampas para el petróleo gracias a su estructura porosa..
- También son muy importantes desde el punto de vista científico porque alteran profundamente el medio marino en el que se desarrollan. Si crece mucho constituye un obstáculo para la marea, oleaje, entonces los aportes del continente quedarán anulados por el arrecife, habiendo una sedimentación, esta zona se llama LAGOON. Por otro lado, en el arrecife habrá una actividad erosiva muy grande por el oleaje cayendo los fragmentos al talud, etc. Esta cantidad de energía se traduce en una serie de especies que se distribuyen formando franjas de menor a mayor energía, con morfologías distintas, etc. Los arrecifes al llegar a la superficie ya no crecen más.

Las construcción de una estructura arrecifal puede durar miles de años.

Desde el punto de vista paleoecológico tienen ventajas:

- Están formados por esqueletos mineralizados, por lo que se conservan bastante bien, la fauna asociada se suele conservar en el sitio en que vivió ya que no hay transporte.
- Los arrecifes fósiles que crecen continuamente desde el fondo hacia arriba dejan registrada la sucesión ecológica, es uno de los pocos casos en los que se puede estudiar esto.

Ejem: fot 43. arrecifes del Silúrico (400m.a), se han podido reconocer 3 estadios en el desarrollo: la comunidad pionera, los de ambientes profundos donde influye poco el oleaje, etc. Aparentemente hay mayor diversidad en la comunidad pionera que en la climax.

Ejem: 3 secuencias ecológicas de arrecifes formados por Rhudystas (bivalvos verticales) que competieron con los corales, importantes durante el Cámbrico.

La comunidad climax está formada por especies competitivas que van expulsando a las demás especies, disminuyendo la diversidad.

–C. FONDOS BLANDOS:

FOT 44. Silúrico de Gales, se identifican 4 comunidades diferentes y todas ellas se repetían en el espacio pero también en el tiempo en sucesivos niveles. El autor las define con el nombre de los géneros abundantes en la comunidad:

- ◆ C. De Ligula.
- ◆ C. De Eocaelia
- ◆ C. De Pentamerus (forma alada)
- ◆ C. De Cotistricklandia.
- ◆ C. De Clorinda.

Se repiten en la misma composición faunística y en la misma posición paleogeográfica. En la antigua costa se encuentran distribuidas las 5 comunidades de menor a mayor profundidad. En la zona más profunda se encuentra una especie llamada Graptolites, en fondo fangoso. En muchos puntos vemos como se repiten las comunidades.

Ejem: La comunidad de Ligula es la más próxima a la costa:

Braquiópodo articulado que vive en ambientes poco profundos y salinidad variable, ejemplo de fósil viviente. En ese momento también vivía en ambientes parecidos.

Composición faunística de Ligula:

- ◆ Braquiópodo suspensívoro epifaunal fijo mediante el pedúnculo. Especie más abundante hasta un 60% de la fauna. Probablemente la más eficaz que puede competir con las otras especies del mismo modo de alimentación. Es la especie dominante.
- ◆ Infaúnico. 12–13%
- ◆ Bivalvo, género que pertenece a un grupo de la familia Nuculacea, sedimentívoro, infaúnico, respiran por los sifones. 12–13%
- ◆ Bivalvo epifaúnico y suspensívoro. Competidor directo de la especie A. 3%
- ◆ Grupo exclusivamente fósil, dudas de si eran cnidarios o moluscos. Sedimentívoros. Proporciones bajas
- ◆ Otra Ligula. Infaúnico, modelo similar al primero. 1/3 menos que la otra Ligula.

Las tres primeras especies son las más abundantes con más de un 85% de la fauna, corresponden a sistemas tróficos distintos, es decir, diferentes modos de alimentación. Las otras 3 especies serían las que competirían con las anteriores estando en proporción inferior.

Conclusión: se trata de una comunidad con una diversidad muy baja, ambientes inestables con salinidad anormal, T^a, etc. Probablemente muchos de ellos fueran estrategias de R.

La formación del gran supercontinente ocurre 150ma después. Qué había en el lado opuesto? La costa occidental estaba constituida por lo que es hoy en día la cordillera de los Apalaches. En esa época de nuevo nos aparecen las mismas asociaciones. El tipo de ambiente era de islas barrera, una zona más protegida de sedimento fangoso, una zona de arcillas y entre ambas una barrera.

–COMUNIDADES TERRESTRES, VERTEBRADOS:

El estudio tiene sus ventajas e inconvenientes, el inconveniente básico es que son bastante escasos los fósiles y además los restos suelen ser poco numerosos (fragmentos) raramente están completos, sólo en yacimientos extraordinarios se han podido encontrar.

Las ventajas es que los modos de alimentación, de desplazamiento, relación depredador–presa, son características que se conocen mejor en vertebrados que en muchos grupos de invertebrados.

EJEM DINOSAURIOS: El autor Bakker, estudió las relaciones entre predador–presa en dinosaurios, las pirámides tróficas. Llegó a la conclusión de que estos eran animales de sangre caliente (homeotermos) en lugar de sangre fría. Porqué? Tenía la idea de que un animal endotérmico necesita mantener su T^a cte, por tanto necesita un aporte de alimento muy alto, en cambio un predador ectodérmico (sangre fría) necesita un suministro mucho menor. Es decir, que si relacionamos la biomasa del predador frente a la de las presas nos saldrá una pirámide trófica en que hay mayor número de presas para alimentar al predador.

La relación en aves y mamíferos actuales es la siguiente:

Biomasa predador/ biomasa presas= 3–5/100, que serían 100kg de presas que alimentarán a 5kg de predadores.

Si hacemos estudios sobre reptiles del Permico y anfibios nos sale una relación de

40–60/100

en cambio, unos reptiles del Triásico que presentaban caracteres parecidos a los mamíferos llamados Terapsidos, presentaban heterodoncia (dif. Dental), indicios de que serían cubiertos de pelo y una cierta homeotermia. Su relación era de

10–20/100kg, situación intermedia entre mamíferos y reptiles. Esto indica que tenían cierta regulación de la T^a .

Los dinosaurios tienen una relación de: **3–5/100kg**, muy próximos a las pirámides tróficas de aves y mamíferos.

Hay más pruebas de que los dinosaurios fueron animales de sangre caliente:

–Los reptiles de sangre fría, el crecimiento de sus huesos depende de la T^a del medio, por lo que suelen presentar anillos de crecimiento en los huesos, en cambio esto no pasa en los mamíferos. Los dinosaurios y reptiles Terapsidos no presentan anillos de crecimiento, pero si son ricos en canales de Havers, conductos donde se introduce el sistema circulatorio, estos son muchísimo mayores en animales de sangre caliente.

–Hace 15 años se descubre en Alaska un yacimiento de dinosaurios en donde había un género llamado Anatosaurus (pato–lagarto), con la mandíbula plana, eran herbívoros, muy abundantes en el sur y oeste de EEUU. Cuando vivían, en el Cretácico Alaska estaba en una posición similar, se han encontrado además yacimientos de rastros de dinosaurios en que una gran cantidad de pisadas van en la misma dirección y en el siguiente estrato en otra. Era un comportamiento similar a la de los bisontes, los cuales emigraban en verano. La presencia de Anatosaurus en el Sur y en Alaska indica que realizaban migraciones anuales, comportamiento exclusivo de animales de sangre caliente.

–Fauna en el Cretácico superior (80–90ma) en Australia. En ese momento está muy cerca del Polo Sur, estaba dentro del círculo polar Antártico. Hay yacimientos muy importantes caracterizados porque todos presentan grandes ojos (orbitas oculares) y además muy desarrollados. Los lóbulos cerebrales donde se sitúa la visión (occipitales) etc indicarían una

gran agudeza visual, por lo que vivirían en un ambiente con poca luz, y a esa T^a es necesario una T^a corporal cte, lo que indicaría que fueran animales de sangre caliente.

TEMA 14

BIOGEOGRAFÍA.

DEF: ciencia que estudia la distinta geografía de animales y plantas.

La distribución de las especies guarda poca relación con las condiciones biográficas actuales, es reflejo de las condiciones del pasado.

Los procesos biológicos y su historia es la que permite explicar la distribución de los seres vivos.

La Tierra es un planeta activo y por tanto está en cambio continuo, por lo que la corteza continental y oceánica cambian continuamente y como consecuencia también cambia la distribución de los seres vivos. No se puede estudiar por separado la biogeografía y la paleobiogeografía.

ASPECTOS:

Uno de los factores más importantes en la distribución de los seres vivos es el clima, y una consecuencia de este sobre la distribución de faunas y floras es la aparición de Gradientes de diversidad taxonómica, la situación más importante es el Gradiente latitudinal (en función de la latitud). En general desde altas a bajas latitudes hay un aumento de la diversidad, en principio parece que el número de nichos ecológicos aumenta con la T^a.

CÓMO PODEMOS DEDUCIR CUALES ERAN LOS CLIMAS DEL PASADO:

INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS:

–TIPO PALEOBOTÁNICO:

la vegetación está íntimamente ligada con el clima de la Tierra, de manera que cuando hay un cambio la vegetación también cambia. Ejem: ciertos grupos especialmente de angiospermas (con flores) son indicadores de climas cálidos. Otro ejemplo serían los anillos de crecimiento en los árboles, aquellos que se desarrollan en climas tropicales no se identifican bien, en cambio en climas templados con variaciones estacionales si hay líneas de crecimiento.

Fot 45: grupo parecido a las palmeras, la Cycathaceas que siempre viven en ambientes muy cálidos.

–**Forma de las hojas:** es frecuente encontrar hojas en los yacimientos, sus distintas morfologías nos dan una idea del clima que había antes. Ejem fot 45

. Dentadas.

Ambas predominan en clima frío

. Lobuladas

.Borde continuo: climas cálidos.

. Grandes y gruesas: clima tropical.

.Con la venación ramificada pinnada: clima tropical.

. Venación radial palmeada: climas algo más fríos.

. Hojas compuestas: climas tropicales.

.Con punto de goteo: climas muy húmedos

–El **polen y las esporas** son muy estables y se conservan bien en el registro fósil. El polen de épocas pasadas nos permite reconstruir la flora en muchas localidades. Fot 47, podemos reconstruir las asociaciones florísticas para reconstruir los grandes cambios climáticos.

–CRITERIOS FAUNÍSTICOS:

Muchos invertebrados son buenos indicadores ambientales:

como los **corales** hermatípicos con Zooxanthelas que viven en climas cálidos de unos 30° y aparecen hace 230 m.a

En **moluscos** la línea de crecimiento puede ser más o menos gruesas en función de que viven en un clima templado o con estaciones. También influye en la ornamentación, en climas templados o fríos son conchas más finas y menos ornamentadas, en climas cálidos son más gruesas y ornamentadas con espinas grandes, etc

El **plancton**, se ha visto en función de la Tª ciertos foraminíferos planctónicos que se desarrollan hacia la izquierda o derecha, sus desplazamientos en el océano tienen que ver con la posición de las isothermas.

Una especie conocida. **Cloborotalia Menardii**, las isothermas bajan por una etapa glaciaria y esta especie de clima templado baja hacia el sur.

Las proporciones de los **isótopos de oxígeno** al incorporarse en los esqueletos de CaCO₃ también permiten deducir la Tª.

–CRITERIOS SEDIMENTOLÓGICOS:

características de los ambientes de sedimentación.

.Indicadores de **clima glaciario**, dejan marcos muy acusados en la superficie de la roca, estrias que indican la dirección del movimiento de hielo y su sentido, etc. También los sedimentos glaciares de las morrenas Till con características heterométricas que van desde tamaños de partícula hasta bloques erráticos de mucho peso. Cuando los sedimentos se consolidan se originan las tillitas.

. En **climas tropicales** se produce la **Laterización**, proceso edafogénico de suelos rojos de climas cálidos y lluviosos que se forman a partir de rocas plutónicas donde se produce una hidrólisis de los feldspatos (silicatos), el suelo se lava mucho y quedan suelos formados por residuos de óxidos e hidróxidos de Fe y Al, lateritas. Estas piedras indicarían este tipo de

clima. También está relacionado con la aparición de Caolín, mineral que se forma por la hidrolización de ciertos silicatos por este clima.

. En **climas semiáridos** (Valencia): aparecen costras calcáreas llamadas Caliches, formadas por el arrastre del calcio por la lluvia, cuando el agua se evapora sube por capilaridad y a cierta profundidad deja costras de CaCO_3 .

. Los **climas desérticos** se caracterizan por la aparición de minerales y rocas evaporíticas. Las lagunas endorreicas dan lugar a la formación de sal, también puede haber sulfato de calcio o magnesio, etc. También es normal niveles de areniscas transportadas por el viento, proceso que se llama Reg, en el caso de que el viento sea suficientemente intenso encontramos hanada, son superficies cubiertas de cantos con faceta de desgaste con caras pulidas, se llaman cantos facetados, su presencia nos indicará la presencia de un desierto de piedra o Dreikanter. La característica de la superficie y el ángulo nos dirán si esas rocas eran transportadas por el viento o el agua.

. En **ambientes marinos** cuando encontramos sedimentos con un espesor considerable de carbonatos pensaremos que son ambientes cálidos, puesto que hay poco CO_2 , y el CaCO_3 precipita con facilidad en ambiente cálido. En ambientes marinos de aguas frías habrá menos CaCO_3 por lo que permitirán sedimentos detríticos.

–PROBLEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ORGANISMOS FÓSILES, CONCEPTOS BÁSICOS:

el estudio de la distribución Hoy en día de las faunas y floras ha permitido establecer lo que en biogeografía se llama **Provincias Biogeográficas**, son áreas extensas ocupadas por un tipo de fauna y flora característico. Puede tener especies que sólo viven allí, se denominan **Endémicas** o pueden tener especies que son comunes a varias provincias o que viven en todo el mundo, a estas se las denomina **Cosmopolitas**.

Los límites de las provincias se llaman **Barreras biogeográficas**, son cambios en las características ambientales o límites físicos, que en ocasiones hacen que las especies no puedan emigrar a otras zonas donde potencialmente si podrían vivir. Ejem: desiertos, cordilleras, brazos de mar, etc. Fot 45.

Un **Corredor biogeográfico** es una vía sin obstáculos para la emigración de la fauna y flora.

Una **Isla biogeográfica**, es aquella zona del planeta que quedan aisladas durante periodos de tiempo importantes. Lo que suele ocurrir es que la evolución sigue actuando y se desarrolla un tipo de flora y fauna endémicas. Ejem: lagos asiáticos (mar caspio, etc), Australia, Sudamérica.

Un **Centro de dispersión** es una región en la que un grupo taxonómico inicia su desarrollo y se va extendiendo. La primera consecuencia es que en zonas alejadas del centro el grupo taxonómico tendrá menor diversidad y serán los más antiguos. Ejem: diversidad de corales coloniales (hermatípicos), las más alejadas del centro serán más antiguas, la edad media será más alta de los que se encuentran dentro del centro de dispersión. Fot 49.

HISTORIA DE LA TIERRA: ver fotocopias 65, 66,67, etc.

Ideas fundamentales:

–Clima condicionado por la tectónica de placas.

–Los movimientos de separación de dos placas conlleva una unión por la parte opuesta, los movimientos de estas llevan siempre a que estén unidos en un momento. Se da un ciclo de Wilson cada 300m.a se forma un supercontinente, luego se vuelve a romper y pasan otros 300 m.a.

–Sabido la posición de los continentes antiguamente, podremos reconstruir las corrientes eólicas y oceánicas y por tanto el clima.

TEMA 15.

PALEONTOLOGÍA EVOLUTIVA:

La evolución actúa a nivel de poblaciones, lo que se denomina Microevolución, un segundo nivel es el específico y supraespecífico en la evolución de las especies, es lo que llamamos Macroevolución en la que se pueden abordar diversos aspectos:

1. Procesos de especiación.
2. Extinciones.
3. Tasas evolutivas.
4. Tendencias evolutivas.
5. Pautas o patrones evolutivos.

COMENTARIOS GENERALES:

Cuando se introduce el concepto de evolución moderno (Darwin) los paleontólogos tienen que responder a una serie de cuestiones que se plantean al registro fósil y que hoy día se responden de la misma manera. Hay 3 preguntas básicas:

♦ La evolución, el cambio orgánico, sigue una dirección preferente o es el reflejo de un equilibrio dinámico?

Los paleontólogos adoptan dos posturas, **Direccionalistas** como Darwin donde piensan que la vida sí que sigue una direccionalidad y los **no direccionalistas** como Lyell, donde la vida refleja un equilibrio dinámico.

♦ ¿Cuál es el motor de la evolución?:

Dos respuestas:

- ◊ autores que piensan que los cambios se deben a una dinámica interna de los organismos, es decir, tienen algo dentro de ellos que les hace evolucionar, se llaman **Internalistas**. Esto origina una corriente de pensamiento llamada **Ortogenesis** que tuvo mucha importancia en el último tercio del S.XIX y primera mitad del XX. Un ejemplo de un autor es Theillana de Chardin que intentó asociar la evolución con las ideas de la Iglesia, Dios pone una serie de motores que hacen evolucionar a los seres vivos, etc, toda evolución está dirigida a la aparición del hombre.

◇ Otros piensan que los seres vivos evolucionan debido a la influencia del ambiente, se llaman **Ambientalistas**, un ejemplo es Darwin.

◆ **El cambio es brusco o gradual?**

2 respuestas:

–Gradualistas.

–Puntuacionistas (Gould, Stanley,,etc), es la teoría correcta.

Las respuestas a estas preguntas dan muchas combinaciones. Ejemplos:

Darwin: direccionalista, ambientalista y gradualista.

Actuales: direccionalistas, ambientalistas y puntuacionistas.

El cambio orgánico en ocasiones presenta unas características u otras según los procesos que estudiemos las respuestas pueden cambiar. Ejem: la especiación el cambio más frecuente parece ser el puntuacionismo.

MACROEVOLUCIÓN.

EXTINCCIONES:

La extinción de las especies fue un problema tan importante o más que la propia aparición de los mismos. Hay dos tipos de extinciones:

- ◇ **Extinción de fondo:** se producen como consecuencia de los procesos evolutivos (nuevas especies y desaparición de otras). Se produce por 4 factores básicos:
 - **Competición entre especies.** Ejem: marsupiales en América contra mamíferos.
 - **Predación:** si el predador se alimenta de diferentes tipos de presa, si esta es poco frecuente puede producir su desaparición. En cambio si se alimenta de un solo tipo de presas se produce un equilibrio dinámico, oscilaciones cíclicas.
 - **Factores ambientales limitantes.** Ejem: O₂, T^a, salinidad, etc. Cambios sustanciales de los parámetros pueden producir la extinción de especies.
 - **Factores aleatorios (de azar):** importante en especies que han sido diezmadas por los anteriores procesos. Especies con pocas poblaciones y pocos individuos. En esas condiciones los factores aleatorios pueden originar muertes accidentales y extinguir una especie. Fot 42–52.

◇ **Factor importante relacionado con la extinción de fondo:**

El autor Van Valen estudió en el registro fósil un detalle de las extinciones de fondo y concluyó esta afirmación: dentro de lo que se llama una zona adaptativa la tasa de extinción de fondo es más o menos constante a lo largo del tiempo geológico. *Zona adaptativa: conjunto de nichos ecológicos ocupados por especies de un taxón elevado o grupo taxonómico. Ejem: aves predatoras diurnas, erizos infaúnicos,etc.d

Van Valen para explicar su afirmación plantea lo que se llama la Hipótesis de la reina roja, según el aumento del éxito evolutivo de una especie dentro de la zona adaptativa se hace siempre a expensas de otras especies de la misma zona adaptativa.

La tasa de extinción es más o menos constante, siendo diferente dependiendo del nicho.

- ◇ **Extinciones masivas o catastróficas:** causadas por procesos ajenos a la biosfera, producen la desaparición generalizada de la fauna y flora. Las causas que las producen son muy discutidas:
 - tipo geológico (Pangea, etc) que conlleva cambios climáticos muy extremos, unión entre especies, etc lo que hace disminuir la diversidad
 - transgresión o regresiones marinas.
 - Acontecimientos extraterrestres (meteoritos)

Las extinciones masivas más importantes son 9 (fot51) pero explicaremos 2 de orden de más moderno a más antiguo.

LÍMITE CRETÁCICO–TERCIARIO (CENOZOICO):

Se produce hace 65 m.a , de manera brusca desaparecen todos los ammonoideos, venemlites, gran número de bivalvos, casi todos los braquiópodos, gran número de foraminíferos ventónicos, prácticamente todo el plancton calcáreo, en cambio el siliceo es poco afectado, también desaparecen vertebrados marinos, grandes reptiles marinos. En ambiente terrestre pasa igual, desaparecen grandes reptiles, pterosaurios, todas las formas que pesan más de 25kg, también hay indicios de una destrucción masiva de la flora.

Es un proceso que se produce de una manera prácticamente instantánea. Las localidades donde se estudia con detalle son sedimentos marinos profundos, encontrándose una fauna marina normal del Cretácico y en un momento hay una pequeña plaquita de 5–10cm de arcillas puras sin fauna ni carbonatos, más abajo hay una línea color rojizo, a partir de aquí hacia arriba hay fauna terciaria. (Valencia, Murcia, costa Vasca, Francia, Dinamarca, etc)

Características del nivel de arcillas:

– Hay elevadas proporciones de un elemento químico poco frecuente en la Tierra, el Iridio (Ir^0), proporciones miles de veces superiores a las que aparecen en cualquier ambiente marino normal.

- ◇ Además aparecen cristales muy pequeños de cuarzo en cuya estructura cristalina deformada indica que fueron sometidos a una presión elevadísima.
- ◇ Además en muchas localidades del mundo también aparecen pequeñas partículas de carbón, hollín, producido por un incendio.
- ◇ Las proporciones de isótopos de O^{16}/O^{18} nos indica que al comienzo hubo una disminución de la T^a pero por encima de los niveles indica un aumento de la T^a .
- ◇ Las proporciones del C^{13} en abundancia indican la actividad fotosintética, y las proporciones encontradas indican un descenso enorme de la actividad orgánica.
- ◇ El hecho de que haya $CaCO_3$ indica una clara desaparición de su precipitación, no se forman calizas. La recuperación de carbonatos se produce miles de años después.
- ◇ Los datos de fauna.–flora indica que desaparecen 3 especies de cada 4, en cuanto a familias de organismos desaparecen un 15%

HIPÓTESIS: el iridio no está presente en la superficie del planeta, es abundante en el manto, sólo ciertas erupciones volcánicas pueden llevarlo a la superficie.

- O se produjo una gran erupción volcánica
- O ciertos tipos de meteoritos, esta es la idea más aceptada.

En cuanto a los organismos vivos hay una representación de los foraminíferos plantónicos fot 50–51.

CAUSAS DE LA EXTINCIÓN: hay muchas hipótesis, las más probables son:

- ◇ La abundancia de iridio es un parámetro difícil de explicar, de manera que si la extinción se hubiera producido por vulcanismo este era del manto, algo poco probable.
- ◇ El iridio podría proceder de un meteorito. Esa cantidad de iridio sólo podía explicarse por un meteorito del orden de 10–15 km de diámetro desplazándose a 88.000km/h. Los datos geológicos nos indican que en la época anterior y posterior al límite no hay grandes cambios climáticos, no hay un continente único, ni grandes plegamientos, ni regresiones, etc. No hay causas geológicas y climáticas evidentes. La energía liberada por un impacto de ese tipo tendría que haber dejado un cráter, ¿dónde? Se encontró por unos petroleros mexicanos, en México en la Península de Yucatán de 160km de diámetro, en parte cubierto por el mar y en parte cubierto por selva. El meteorito cayó en corteza continental, muy importante porque está constituido por 3km de rocas basálticas y luego 45 km de roca granítica. El meteorito influye hasta los 20 km de profundidad.

A continuación en los primeros 3–4 segundos se producen 2 enormes bolas de fuego formado por materiales del propio meteorito que se han volatilizado, también materiales de la corteza volatilizados más polvo del meteorito y polvo de las rocas superficiales. Luego se produce una segunda bola de fuego formada por la vaporización de rocas sedimentarias más profundas, habiendo una emisión importante de CO₂ y H₂O, y como afecta también a la capa granítica se produce una emisión de cristales de cuarzo. Las nubes de polvo suben centenares de km. Alrededor del impacto una gran parte de las rocas se funden y desbordan olas de lava de manera radial alrededor del cráter a decenas de km.

La onda de choque producirá en las zonas próximas al impacto un aumento brusco de la T^a en la plataforma continental, produciendo el incendio de todos los bosques en centenares de km , y además como cae sobre la plataforma continental se produce un gigantesco tsunami de 500–600m de altura (Texas y Caribe hay sedimentos depositados de un gigantesco tsunami)

Las toneladas de polvo en la atmósfera y de hollín se quedarán suspendidas en la estratosfera donde hay corrientes verticales, distribuyéndose homogéneamente en las capas de la atmósfera produciendo una disminución de la radiación solar que llega a la superficie, lo que implica que caiga la fotosíntesis, rompiendo las cadenas tróficas marinas y continentales, esto también implica un descenso sustancial de la temperatura (invierno nuclear).

Las partículas más grandes de polvo caerán antes, distribuyéndose el iridio por todo el planeta, la segunda nube debió llegar a menor altura porque los granos de cuarzo caerían antes, hacia la derecha, y menor cantidad hacia la izquierda, siendo trozos más grandes y gruesos de cuarzo porque la Tierra gira hacia el Este. Irán cayendo poco a poco y la radiación solar volvería a ser normal.

La gran emisión de CO₂ producirá un gran efecto invernadero que dura varias decenas de miles de años, esto se sabe gracias a los datos de los isótopos de O₁₆/O₁₈.

Los mamíferos aguantan hasta los 50° y los reptiles hasta 40°. La abundancia de CO₂ también implica la precipitación de carbonatos. El nivel de arcillas se depositaría en 10–12 años.

PEGAS A LA HIPÓTESIS:

. Hay muchos grupos de organismos que parecen que se van extinguiendo poco a poco antes del límite, esto puede deberse a la poca precisión en el registro fósil.

. Determinados grupos de organismos sobrepasan la extinción sin problema (tortugas, cocodrilos, reptiles actuales, plancton silíceo, tiburones, etc), este tema está sin resolver. También se produciría mucha emisión de NO que se combinaría con el agua dando ácido nítrico (NO₃H), lo que provocaría lluvia ácida y un pH muy ácido que afectaría mucho al plancton calcáreo.

El planeta se recuperaría decenas de miles de años después.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA, VULCANISMO:

Se apoya en que ciertos grupos tienen una extinción progresiva explicable por la existencia de un vulcanismo muy importante. Este vulcanismo si existió y se produjo en una región de la India llamada Decan donde hay una enorme cantidad de lavas basálticas. Era un vulcanismo con características peculiares, un vulcanismo fisural (dorsales) que duro bastantes miles de años. Los autores plantean una emisión importante de CO₂ y SO₂ que se combina con el agua originando ácido sulfúrico (SO₄H₂), enfriando el planeta, lluvia ácida, etc explicando en parte la abundancia de iridio (Ir^o). Una de las pegas es que se ha comprobado que el vulcanismo aparece antes del momento del límite.

HIPÓTESIS DONDE SE COMBINAN LAS ANTERIORES:

Aproximadamente el punto de impacto está en las antípodas de la India, se produciría una alteración importante en la corteza terrestre ya que convergerían las líneas de impacto, y si en esa zona ya existía un vulcanismo se produciría un vulcanismo fisural muy importante + las ondas expansivas.

EXTINCIÓN PÉRMICO–TRIÁSICO:

Es la más importante de todo el Fanerozoico (540m.a). Existieron dos momentos de extinción:

- ◆ Final del Pérmico Medio (Gualadpiense, 258m.a): desaparecen el 50% de los géneros de organismos marinos.
- ◆ En el Pérmico Superior (Lopingiense, 250 m.a): se extinguen el 82% de los géneros de organismos marinos.

Si nos centramos en el n° de especies los datos del registro fósil indican que entre los dos desaparecen el 96% de las especies marinas. Si nos centramos en familias se extinguen el 35% de organismos marinos, desaparecen todos los trilobites, cnidaria (rugosa y tabulata), la mayoría de cefalópodos paleozoicos, mayoría de braquiópodos paleozoicos, gran n° de equinodermos, foraminíferos ventónicos, etc.

En la flora desaparecen los grandes helechos (pteridospermas), hay una destrucción generalizada de la flora, especialmente importante en el 2° evento.

Las capas que corresponden con la extinción aparecen con una enorme abundancia de esporas de hongos (especies oportunistas, carroñeras y saprófagas). En todo el mundo aparece siempre estos niveles de esporas de hongos en gran cantidad, el nivel de desarrollo de los hongos empieza y finaliza bruscamente.

En los niveles de extinción se observa un descenso muy elevado del isótopo de C¹³, lo que indica un descenso de la actividad orgánica que se da en las dos etapas.

Son procesos que corresponden con unos pocos millones de años, son fenómenos muy rápidos.

CAUSAS:

HIPÓTESIS CLÁSICA:

Causas de tipo geológico, formación de Pangea (supercontinente)

Consecuencias sobre la fauna y la flora:

- ◆ si se unen los continentes que han estado separados durante millones de años, cuando entran en contacto unas faunas con otras habrá una enorme competencia produciendo extinciones, el resultado sería una homogenización a nivel de Pangea.
- ◆ El clima sería muy frío al norte y al sur, habiendo enormes desiertos en la parte central de Pangea. Habría glaciares en la parte Sur en el Pérmico Inferior. Todos estos efectos climáticos también producirían destrucción de fauna y flora.
- ◆ En las faunas marinas si se unen los continentes las líneas de costa desaparecerían, la plataforma continental desaparece con miles de hábitats costeros.
- ◆ las dorsales dejan de abrirse o se amortiguan, y ocurre que si ya no actúa el aporte de corrientes de convección disminuirá el aporte de calor. Si se contrae 1km (se enfria) supone que el fondo del mar aumenta un poquito su profundidad, el nivel del mar baja produciendo una regresión marina en todo el planeta, y esto aumenta aún más la extinción en los hábitats costeros.
- ◆ se desarrolla una anoxia en el océano a gran escala, no hay circulación y el agua se estratifica por densidades. Hay muchos datos que indican que en el Pérmico Superior hay una situación de anoxia a nivel global, llegando a subir hasta la zona de las plataformas, afectando a las faunas de este hábitat. Este proceso dura bastantes millones de años con consecuencias a largo plazo.

XQ SE PRODUCE LA ANOXIA GENERALIZADA?

El clima se ha hecho tan cálido en el Pérmico Superior que han desaparecido los glaciares, causantes de las corrientes oceánicas cálido-frío, por lo que la circulación de fondo disminuye o desaparece.

OTRO EPISODIO RELACIONADO CON LA PANGAEA: LUPINGINESE

Se produce un vulcanismo generalizado (muy intenso) en la zona que hoy día es Siberia, de tipo areal, emitiendo entre 1,5–2,5. 10⁶ km³ de lava, lo que equivale a cubrir toda la Tierra con 5–6m de lava. Se produce en unos 900.000 años y coincide hacia los 250m.a

CONSECUENCIAS DEL VULCANISMO:

Emisión muy elevada de polvo volcánico lanzado a la estratosfera, lo que producirá una disminución de la radiación solar y actividad fotosintética, etc. Esto explicaría el descenso del C13. otros autores también plantean que el enfriamiento provocaría el desarrollo de nuevos casquetes glaciares, bajando más el nivel del mar (se acusa más la regresión) pero no hay tillitas de esa época (sed.glaciares).

La emisión de SO₂ reaccionaría con el agua formando ácido sulfúrico, produciendo lluvia o nieve ácida que originaría la destrucción de la vegetación a corto plazo.

El CO₂ produciría un efecto invernadero aumentando las temperaturas 6–10° medias de los océanos, el fenómeno se refuerza por un aporte de CO₂ procedente de la destrucción de materia orgánica. El resultado sería que durante miles de años habría un efecto invernadero que a su vez contribuiría a disminuir la circulación del océano aumentando la anoxia de los fondos oceánicos.

La corteza continental disipa peor el calor que la corteza oceánica, como el manto genera calor este se acumula debajo de los continentes convirtiéndose en vulcanismo, este recalentamiento de los supercontinentes permite que se vuelvan a abrir los continentes a largo plazo, pero antes generaría un calor intenso produciendo vulcanismo en la zona de Siberia.

Geólogos japoneses (Kaiho) planteó que hay dos métodos de extinción separados por 8 m.a, pero la causa de esos de esos dos eventos estaría en el impacto de dos meteoritos.

Q Pasa? El primer meteorito afectaría a la biosfera, en 8 m.a no da tiempo a que esta se regenere entonces cae el 2° meteorito provocando una segunda extinción con transcendencia intensa.

XQ piensan que eran meteoritos? Parece que las relaciones entre dos isótopos de S (S³²/S³⁴) salen unas proporciones que indican que proceden del manto terrestre y no por un proceso de vulcanismo. Los autores estiman que el diámetro del 1° era de 10km y del segundo entre 20–21km. Impacto 9 veces más grande que el del Cretácico con cráter mucho más grande.

2ªHIPÓTESIS:

El impacto se produjo en corteza oceánica. Hay una emisión de cristales de cuarzo de la corteza continental, no hay cristales de cuarzo deformados en la capa, esto de muestra que el impacto fue en corteza oceánica. Dato: las rocas ácidas tienen más cristales de cuarzo que las básicas.

La influencia fue sobre 20 km de profundidad (corteza oceánica =10km) afectando a la corteza oceánica y a parte del manto superior, etc. Esto explicaría el aporte de azufre que no aparece de esa importancia en el límite Cretácico–Terciario. Tampoco hay hollín en los niveles, esto se explica porque cae en medio del océano y no hay incendios.

En estos niveles tampoco hay iridio, por lo que los meteoritos tendrían otra composición,(hay tres tipos de meteoritos)

Donde están los cráteres?

Su tamaño sería entre 100–200km, hoy día no aparecen. Si caen en corteza oceánica esta se destruye en la zona de subducción, los suelos de los océanos son relativamente jóvenes, la edad de los más antiguos es de 180 m.a

CONSECUENCIA DE LOS IMPACTOS:

- ◆ El azufre emitido a la atmósfera se oxidaría dando dióxido de azufre SO₂, el cual combinado con el agua daría lugar a ácido sulfúrico, originando lluvias o nieves ácidas. Hay más azufre que en la otra extinción.
- ◆ la emisión del polvo en suspensión en la estratosfera produciría un enfriamiento general del planeta, disminuyendo la radiación solar provocando la destrucción de las cadenas tróficas.

- ◆ la destrucción de la biosfera produciría un aumento de CO₂, originando a largo plazo un intenso efecto invernadero entre 100.000 años, evaporándose grandes cantidades de agua que harían el efecto invernadero aún más intenso.
- ◆ la destrucción de la flora terrestre produciría una acumulación masiva de materia vegetal en putrefacción, lo que explicaría la gran abundancia de esporas de hongos.
- ◆ el efecto invernadero también tendría consecuencia en la circulación de las corrientes oceánicas, produciendo una anoxia muy intensa.

Muchas de las consecuencias de ambas hipótesis son las mismas. La biosfera pasó hace 250m.a por una crisis que la llevo prácticamente a la desaparición, de cada 100 especies desaparecen 96.. la importancia de esta extinción se demuestra en el echo de que la recuperación de la biosfera se produce mucho tiempo después, las condiciones ambientales serían perjudiciales para la vida durante millones de años.

TAXONES LÁZARO: taxones que vuelven a aparecer después de una extinción, la supervivencia es en números muy pequeños y en regiones reducidas. Estos taxones son muy numerosos en muchos grupos de organismos.

La recuperación de fauna y flora terrestre es más rápida que la de la fauna marina ventónica. En todos los casos las faunas que desaparecen después de la extinción son cosmopolitas, poco especializadas y que formaban comunidades con baja diversidad específica, especies estrategias de r.

El estudio de las diferentes extinciones ha llegado a plantear que las extinciones masivas fueran cíclicas, el autor de la idea fue Raup Sepkoski, cuyo ciclo era de 26 m.a y había dos interrupciones sin extinciones.

Hipótesis: el Sol sería un sistema binario, la compañera del Sol la llamaban Nemesis, hay dos estrellas girando una alrededor de la otra. La Tierra pasaría cerca de muchos meteoritos en este ciclo, cayendo meteoritos de gran tamaño de forma cíclica, esto explicaría la ritmicidad de las extinciones. Otros dicen que esta ritmicidad no existe.

Las extinciones tanto masivas como de fondo hay que considerarlas como algo natural y además como algo muy positivo porque permite la aparición de nuevos grupos de organismos, y esto permite que la evolución presente mejores adaptaciones. Gracias a las extinciones la evolución es más rápida y creativa, sin extinciones la vida aún estaría en los estadios más primitivos.

TASAS EVOLUTIVAS:

Los paleontólogos se dieron cuenta de que los cambios evolutivos tenían una intensidad que variaba con el tiempo, se pueden dar dos situaciones:

- ◆ Parecen tasas bajas de evolución y de extinción (más normal)
- ◆ hay muchas tasas de aparición de nuevos taxones (radiación evolutiva) o momentos en que hay una desaparición muy rápida de muchos taxones.

Hay tres modos de calcular tasas evolutivas:

- ◆ **Tasas de cambio morfológico:**
 - Filéticas: se pueden medir como cambian las morfologías (fot 52) aumento 6,4%/m.a,(fot 53) aumento de tamaño de un 20%/m.a

· Filogenéticas: en líneas evolutivas. (fot 53) la tasa evolutiva no sería cte, correspondería con el valor de la derivada en cada punto.

· **Tasas de cambio taxonómico:**

Estimamos a partir de datos del registro fósil, la duración promedio de los taxones que nos interesa estudiar, si la duración promedio de una especie es de 4 m.a significa que cada 4m.a la especie cambia. Tasa de cambio = tasa renoviación.

· **Tasas de frecuencias taxonómicas:**

Miden el grado de diversificación que toman los cambios evolutivos. Miden el número de nuevas direcciones que toman los cambios evolutivos. Hay varias formas:

En un intervalo de tiempo geológico, miramos los géneros nuevos que aparecen de un grupo (género/m.a), el método más usado es el siguiente:

Tasa neta = Tasa aparición – Tasa extinción taxones

Nuevos taxones

Incremento taxones

Cuando aparece una especie nueva se añade a los demás organismos. Se ajustaría a las leyes de crecimiento exponencial. Se le resta las especies que se extinguen:

rt

$N_t = N_0 \cdot e^{rt}$, cte t tarda en duplicarse la población

Fot55: no crece porque el número de nichos ecológicos vacíos no aumenta.

El crecimiento exponencial sólo será posible al principio de una radiación evolutiva.

Para calcular la tasa neta en incremento de taxones miramos el registro fósil, fot 52.

En mamíferos el número de especies se duplica cada 3,15 m.a, para los bivalvos marinos el periodo de duplicación es de 11 .m.a. Para los mamíferos sale una tasa de 0.22 sp/m.a, en los bivalvos es de 0.06 sp/m.a. la tasa de extinción de los taxones se puede calcular por dos procedimientos: fot 54

. Cogemos un intervalo de tiempo y miramos las especies que se extinguen en ese intervalo (0.2 sp/m.a)

. Tenemos un momento geológico a referencia y un grupo de organismos de hoy día. Vamos al registro fósil y retrocedemos cierta q. las especies que viven en un momento dado, la mitad lleguen hasta hoy. Este tiempo será la mitad de la duración promedio de las especies de ese grupo.

Para los mamíferos el 50% de las especies se extinguen en 0.75 m.a, el 100% de las especies duran 1,5 m.a, en 1 m.a se extinguen 0.66 especies/m.a, la tasa de sustitución sería 0.66 m.a. la tasa de aparición será = 0.88sp/m.a

En los bivalvos, el 50% de las especies tardan en extinguirse 5 m.a, el 100% en 10 m.a, en 1 m.a se extinguen 0.1 especies, la tasa de sustitución = 0.1sp/m.a, la tasa de aparición será = 0.16 sp/m.a

La tasa de especiación de lo mamíferos es mucho más alta.

Las tasas evolutivas disminuirían, apoyarían el modelo gradualista, si aumentan apoyan al modelo puntuacionista.

RELACIÓN ENTRE TASAS EVOLUTIVAS Y MODELOS EVOLUTIVOS:

Los datos de tasas evolutivas del registro fósil nos pueden dar una idea de cual de los dos modelos es más frecuente. Las tasas evolutivas bajas pueden apoyar el modelo gradualista mientras que las altas apoyan al puntuacionista (especies estables en el tiempo).

La existencia de grupos de organismos que no evolucionan nada durante largos periodos de tiempo apoya las ideas del puntuacionismo, esto quiere decir que se mantienen estables durante mucho tiempo.

En el registro fósil existen bastantes grupos de organismos que no han evolucionado a penas, son los llamados fósiles vivientes. Ejem: peces pulmonados, ornitorrinco, ginkgo (árbol chino), cangrejos cacerola, dragón de comodo, etc. La evolución muy rápida de ciertos grupos también apoyaría el modelo puntuacionista (equinodermos, mamíferos)

TENDENCIAS EVOLUTIVAS, 5 PROCESOS BÁSICOS:

Def: cambios morfológicos persistentes en una dirección determinada que se produce a lo largo del tiempo geológico. Estas tendencias son cambios a gran escala, ya se observan a principios del S XIX.

¿Cómo se han explicado las tendencias evolutivas? Los primeros evolucionistas eran finalistas (direccionalistas) e internalistas, defendían la idea de que las tendencias evolutivas se producían de una manera lineal por una fuerza interna en ellos y por tanto esto haría que la evolución llevara a esos grupos a poseer morfologías no adaptativas, de esta manera ese grupo llegaría a la extinción, a este proceso se le llama **Ortogénesis** (ejen fot 56):

- La última especie desaparece por que la curvatura de la valva es tan grande que impide la abertura de la otra y el animal no se puede alimentar.
- Titanoterios, relación entre tamaño de los cuernos/cuerpo, la última especie se extingue porque el cuerno es tan grande que no puede mover la cabeza y muere.
- Arce gigante irlandés, se extingue porque las astas son tan grandes que tampoco puede mover la cabeza.

- Dientes de sable, extinción de la última especie porque sus caninos son muy grandes.

Trabajos posteriores permitieron comprobar que estas tendencias no llevaban a tendencias evolutivas, no eran correctas, en el caso de las valvas al limpiarlas se vio que tenían una articulación.

Los defensores de la ortogénesis pensaban que la evolución era lineal, etc, esto tampoco es cierto, si esta existía esta debía deberse a cambios adaptativos.

Ley de COPE: había una tendencia lineal al aumento de tamaño, pero también pueden existir tendencias evolutivas hacia enanismo, por lo tanto no existe esta linealidad en la evolución.

Hay **dos grupos de tendencias:** las tendencias evolutivas tendrán un componente de azar muy importante.

- **FILÉTICAS:**

cambios en un sentido dado dentro de esa especie. Son difíciles de probar en el registro fósil porque necesitan un registro continuo muy bueno. En ocasiones se han dado como tendencias filéticas casos que son cambios morfológicos debidos a cambios ambientales, pero las tendencias son irreversibles. Ejem fot 56,11–23, mamuts en etapa interglaciar y glaciario, hay cambios en las extremidades anteriores como consecuencia del cambio de clima de más a menos frío, el aumento de tamaño supone una menor pérdida de calor por la superficie de la piel, pero en periodo frío sobreviven los que tengan que alimentarse menos, es decir, los más pequeños. El resultado son poblaciones donde predomina la forma pequeña, no es una tendencia evolutiva.

- **FILOGENÉTICAS:**

Son tendencias a gran escala, generales. Ejem: ostreidos branquiiformes, evolución caballos y titanoterios, fot 25.

Cómo se explican? Suponiendo que el puntuacionismo es válido, una de sus características es que el proceso de especiación se produce al azar, que cada proceso de especiación se produce en una dirección morfológica aleatoria. El concepto de la selección natural de las especies se puede introducir dentro de los procesos macroevolutivos, este concepto es análogo al de la selección natural de Darwin, se puede establecer un paralelismo entre ambos casos.

Esquema:

PROCESO	SUJETO SELECCIÓN	FUENTE DE VARIABILIDAD	TIPO DE SELECCIÓN
Microevolución	Individuo	Mutación Recombinación	Selección natural –Supervivencia–mortalidad –tasa de reproducción
Macroevolución	Especie	Especiación	Selección natural de las especies

			-Supervivencia-extinción
			- Tasa de especiación

Por qué hay tendencias al aumento de tamaño?

La explicación de las tendencias a este nivel hay que explicarlas con la morfología funcional. La tendencia a aumentar de tamaño no es una regla de la evolución, pero si que es bastante frecuente en muchas especies: arce gigante irlandés, pterosaurios, dientes de sable, foraminíferos Nummulites,etc

Ejem: fot 57 evolución de los équidos (caballos). Su tendencia evolutiva general está relacionada con la reducción del número de dedos, un cuello cada vez más largo, aumento de tamaño corporal y una tendencia a molares cada vez más complejos. Estas tendencias se explican porque existe un cambio en el tipo de alimentación, los más primitivos eran ramoneadores (hojas de arbustos,etc), pasan a alimentarse de hierba en extensiones al descubierto en un intervalo de 55 m.a. , esto supone que son vistos por los depredadores por lo que tendrán que defenderse siendo más grandes y tener menos dedos para ser más eficaces al correr, el cuello largo implica que no tienen que agacharse para comer, también hay un aumento del cerebro que los hace más listos.

También hay tendencias evolutivas a formas enanas.

Por qué ocurre esto?

En general parece que el tener tamaños grandes proporciona muchas ventajas a los organismos (ejem: el arce gigante es una especie adaptada a ambientes muy fríos, su aumento de tamaño implica menor pérdida de calor y el aumento de tamaño de la cornamenta que crece proporcionalmente, le resulta ventajoso para el éxito en la reproducción).

Si hay cualquier cambio ambiental importante se llega al límite de lo que puede ser las relaciones funcionales entre superficies y volúmenes, se llega a una situación en que ya no se alcanzan tamaños más grandes porque no son viables, es un Callejón evolutivo sin salida, son especies que estaban muy adaptadas a ese ambiente y la evolución es irreversible, por lo que ya no pueden disminuir de tamaño.

Después de la extinción Triásico-Cretácico sobreviven las especies más pequeñas y menos especializadas, luego comienza otra vez a diversificarse, y de nuevo irán apareciendo especies nuevas cada vez más grandes y especializadas..

Muchos de los cambios macroevolutivos tenían que ver con secuencias en los genes de los organismos. El estudio de las tendencias filogenéticas aporta mucha información sobre que mecanismos han actuado sobre esas tendencias.

Ejem: amonites con tendencias que aparecen en sucesivas especies, presentan rasgos juveniles en las conchas de las especies antepasadas (heteromorfosis),

sabiendo el tipo de heterocronía.

RADIACIONES O PAUTAS EVOLUTIVAS:

Def: distintas configuraciones de las filogenias. Hay básicamente 6:

1.RADIACIONES ADAPTATIVAS:

Episodios evolutivos en los que se produce una rápida proliferación de un grupo de organismos determinados con la aparición de numerosos taxones nuevos, esto implica una elevadísima tasa de especiación. Hay dos mecanismos por lo que se produce:

Ambos mecanismos son el origen de categorías taxonómicas superiores.

- **Ruptura evolutiva:** ejem, extinción masiva en la que después hay muchos nichos ecológicos vacíos y poco a poco se van ocupando. Ejem: mamíferos después de la extinción donde se diversifican
- **Aparición de innovaciones adaptativas importantes,** algo que les hace muy eficaces. ejem: mamíferos, aparición de un grupo que les permite aprovechar vegetales leñosos, dando lugar a una enorme variedad de roedores. Otro ejemplo son los anfibios capaces cubrir el embrión en una especie de bolsa aislada. En el Cámbrico (240m.a) aparecen la mayoría de invertebrados con esqueleto mineralizado, lo que les da una gran ventaja adaptativa ante los depredadores. Un ejemplo vegetal en angiospermas es la gran complejidad de la forma de los pólenes, hay coevolución entre el desarrollo de las angiospermas y los insectos polinizadores, la forma de las hojas también se hace más compleja. (fot 59)

Velocidad de las radiaciones evolutivas: si estudiamos las tasas evolutivas a nivel de familia se comprueba que estas se producirían después de los órdenes, es decir, en categorías taxonómicas superiores, especie nueva, género nuevo y familia nueva. Esta situación sólo puede explicarse con el modelo puntuacionista, si fuera gradualista cabría esperar la situación inversa. Las velocidades son mayores en las categorías inferiores, se dan antes.

2.DESPLAZAMIENTO ECOLÓGICO:

Se produce cuando un grupo de organismos da lugar a una innovación adaptativa importante y entra en competencia con otro grupo de organismos que vivía en ambientes o hábitats o que tengan comportamientos parecidos.

Ejem, peces fot 58. primero aparecen los peces sin mandíbula (ostracodermos) que son sustituidos por los peces con mandíbula (placodermos), luego aparecen los peces cartilaginosos y desaparecen los placodermos, por último aparecen los peces óseos (3grupos) en donde se produce la extinción de unos grupos de óseos por otros, etc.

3.CONVERGENCIAS EVOLUTIVAS:

DEF: parecido morfológico que puede presentar dos grupos taxonómicos

distintos pero que vivieron en hábitats parecidos. Ejem: delfines e ictiosaurios.

Homeomorfos: parecidos morfológicos entre distintos grupos de taxones.

2 tipos:

– **C. heterocromas**: los dos homeomorfos no convivieron en el tiempo geológico.

– **C.isocroma**: los dos homeomorfos fueron o son contemporáneos.

Ejem: marsupiales con especies parecidas a placentados (diablo de tazmania). Fot 61, bivalvos adaptados a distintos tipos de fondos, cada género tiene un homeomorfo de familias distintas.

4.PARALELISMO:

También produce homeomorfía, en este caso es porque tienen un antepasado común cercano. Ejem: dos especies a cada lado por el levantamiento de Panamá?

5.REEMPLAZAMIENTO ECOLÓGICO:

Aquí si que hay competencia. Cuando se produce una radiación evolutiva, un determinado grupo de organismos empieza a diversificarse o a ocupar una zona adaptativa en la que sus nichos ecológicos estarían vacíos, si el grupo candidato tiene las adaptaciones adecuadas irá ocupando esos nichos.

Si los nichos no estuvieran vacíos el grupo candidato se podrá desarrollar? No, aunque el grupo candidato fuera mejor adaptado si tenemos nichos ocupados por una especie anterior ya muy especializada el resultado es que los candidatos no podrán ocupar la zona adaptativa, sólo si desapareciera la especie anterior el nuevo grupo podría adaptarse a los nichos vacíos, esto es lo que se denomina reemplazamiento ecológico, ocupación de nichos vacíos por nuevos grupos. Ejem: mamíferos ocupan los nichos vacíos al extinguirse los dinosaurios.

Si el candidato vive en otra zona del nicho donde no esta la especie previamente establecida si que podrá diversificarse, si llegan a la competencia estos si que podrán realizarla, dando lugar a un desplazamiento ecológico. Ejem: la conexión entre placentados y marsupiales implica la extinción de predadores marsupiales.

6.EVOLUCIÓN HIPERATIVA: (Q SE REPITE)

Esquema fot 59.

Tronco común (un grupo de organismos) que a partir de él se van produciendo sucesivos taxones, y al cabo del tiempo el mismo tronco produce un taxón B, extinguiéndose el anterior y así sucesivamente. Ejem fot 60 y 62.

COMENTARIO GENERAL: Los seres vivos parece que tienen un potencial evolutivo limitado, muy grande. Hay toda una serie de condicionantes como constricciones histórico-genéticas, físicos, ecológicos, etc

La evolución dará lugar a que el grupo de organismos evolucione con unas determinadas limitaciones, siguiendo distintas vías posibles.

Hay un componente de azar muy importante, la evolución no es prefijada puede seguir una de las muchas vías que puede presentar.

La evolución en realidad se produce en n dimensiones.

TEMA 16:

PRINCIPALES EVENTOS DE LA HISTORIA DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA:

Mirar fotocopias 65,66,67, cuadros importantes para exam.

Origen de Pangea hace 4600m.a (Proterozoico)

La vida aparece muy pronto, indicios en las primeras rocas sedimentarias conocidas de 3800m.a. Cómo se forma? Hay dos hipótesis:

1.Clásica: (Parin, Urey, Millar): en una atmosfera anóxica reductora que es secundaria en la que la primitiva parece irse eliminando en las primeras fases de la formación del planeta, la segunda atmosfera es producto de la desgasificación del manto superior. A partir de rayos ultravioleta esta atmosfera y descargas eléctricas,etc había una síntesis inorgánica de compuestos orgánicos. Estos primitivos organismos serían heterótrofos, se alimentarían de compuestos orgánicos sintetizados posiblemente en las capas altas de la atmosfera. Este mecanismo debió ocurrir antes de 3800m.a. Aparecen restos de estromatolitos (bacterias cianofíceas) de esa edad. Si eran heterótrofos dependerán mucho del ambiente, entonces sería necesario mucho tiempo para que por evolución dieran organismos autótrofos, por eso se piensa que esta hipótesis no sería válida, porque no había tiempo suficiente.

2.hip: la vida primitiva serían organismos autótrofos pero no fotosintéticos, sino quimiosintéticos, aparecerían en océanos muy profundos ligados a dorsales oceánicas donde hay humos negros con aporte importante de compuestos químicos en los planos deslizantes del rift rellenos de agua (sugerencias hidrotermales). Estos organismos estarían protegidos de los rayos ultravioleta, de esta forma serían menos influidos por el medio.

Una de las características de los seres vivos es hacer copias imperfectas de si mismos, no pueden ser iguales, sino no habría evolución. Hoy día la molécula que ejerce esa función es el ADN, y de forma más simple el ARN, algunos piensan que fue el ARN el iniciador de los primeros momentos de la vida antes de aparecer el ADN ya que el ARN es bastante inestable. Se piensa que en los organismos más primitivos hubo un mecanismo de

transición de información más primitiva todavía:

–Hipótesis de Cairós–Smith:

Plantea que en su origen hubo un mecanismo de transmisión de información muy sencillo basado en los minerales de arcilla. Los silicatos poseen una química muy compleja. Plantea que las moléculas orgánicas se unen a los radicales libres y los silicatos pueden actuar como un modelo de copiado de baja tecnología. Las sustituciones isomórficas alteran la disposición de los radicales libres, entonces esa secuencia se modifica, sería una mutación, por este mecanismo se produciría la evolución de los organismos más primitivos.

A partir del ARN los otros grupos irían desapareciendo

A partir de los 3800 m.a durante miles de años la vida se va desarrollando, siguen apareciendo estromatolitos de organismos unicelulares. **El siguiente gran evento ocurre hacia los 2000 m.a:**

–Aumenta el gradiente geotérmico, por lo que hace más calor.

–Ya empieza a haber O₂ libre en la atm, esto se sabe por varias razones:

*Porque en ambientes terrestres resulta que deja de aparecer pirita y uraminita (sulfuro de uranio), si no hay O₂ libre la pirita no se oxida y a partir de los 2000m.a la pirita aparece oxidada.

*Antiguas superficies (paleosuelos) aparecen colores rojizos de compuestos oxidados (Red beds). En el océano desaparecen los BIF(formaciones de hierro bandeado), en las que aparecen alternando capas de óxido ferroso y óxido ferrico, formado por la actividad de bacterias productoras de O₂ como material de desecho. Esta colonia bacteriana no puede crecer si algo no absorbe el oxígeno, y este es el Fe, cuando no hay más hierro la bacteria sigue produciendo O₂ y la colonia desaparece por lo que el hierro disuelto precipitará en forma de óxido ferroso muy soluble.

Cuando aparece el metabolismo sin molestias del O₂ la cantidad de O₂ expulsada por la colonia da igual, el ambiente se vuelve oxigenado por lo que esas formaciones bandeadas ya no se vuelve a producir.

A partir de este momento la vida se desarrolla mucho, aparece el fitoplancton y sigue creciendo la cantidad de O₂ en la atm.

El tercer evento se produce hace 600–570m.a:

Aparecen por primera vez organismos macroscópicos, la famosa fauna de Ediacara que viven durante los primeros 30m.a en Australia. Son organismos cosmopolitas, alguno llega al metro de largo, a parecen en forma de impresiones en sedimentos detríticos gruesos, eso quiere decir que sus tegumentos son gruesos y no tienen esqueleto mineralizado, no hay indicios de órganos u apéndices, hay mucha diversidad con cadenas tróficas cortas, eran de ambientes marinos someros. Se llaman Vendobionta, este grupo se extingue hacia los 570m.a. 2 hipótesis:

- ◆ Antepasados de los filums actuales.
- ◆ Otros autores lo consideran un reino a parte. Se alimentaban y respiraban a partir del tegumento.

Entre los 570 y 540 m.a no aparecen restos orgánicos, pero si sedimentos con bioturbación, eso sólo puede ser producido por organismos.

Hacia los 540 m.a (Fanerozoico)

Cambriaco:

La mayor parte de los filums actuales aparecen en ese momento de repente, infaúnicos, epifaunicos, arrecifes, invertebrados,etc, de manera independiente muchos grupos desarrollan los esqueletos mineralizados.

Hay una radiación evolutiva enorme entre todos estos grupos, empieza a evolucionar la vida rápidamente.

La gran radiación evolutiva de organismos con esqueleto mineralizado puede estar relacionado con el aumento de CO2 libre en la atm, un umbral fisiológico por encima del cual desde el punto de vista metabólico puede producir esqueletos mineralizados.

ORDORÍFICO: aparecen los primeros vertebrados acuáticos (peces)

TERRESTRALIZACIÓN: conquista del medio terrestre en varias etapas:

- ◆ **500 m.a: Desarrollo de suelos vegetales en sentido edáfico.** Después hacia los 460m.a aparecen los primeros briófitos y luego hacia los 425–410 (Silúrico al Devónico inferior) los primeros helechos (Criptogamas vasculares)
- ◆ Detrás de los vegetales terrestres se produce el **desarrollo de las faunas**, los primeros organismos terrestres son invertebrados del grupo de los artrópodos. También aparecen de repente con modificaciones importantes en las estructuras (cutícula, órganos respiratorios, sistema traqueal, sistema óptico cambiado,etc)
- ◆ **400 m.a (Devónico inferior):Desarrollo de vertebrados terrestres**, los tetrápodos. Hay cambios importantes en las estructuras esqueléticas, tegumentos, sistemas ópticos, respiratorios, etc, pero los anfibios siguen dependiendo del agua. En la 2ª fase de los tetrápodos (300m.a) se produce la aparición del amnios membrana que envuelve al embrión, pudiendo estos independizarse del agua, de esa manera en el Carbonífero aparecen los reptiles.
- ◆ **Conquista del medio aéreo en varias fases:**
 - primeros artrópodos en el Devónico (360m.a), mecanismos muy rápido
 - tetrápodos en tres fases:

.230 m.a—— Pterosaurios.

.180ma———Aves

45 m.a---Quirópteros

En el registro fósil aparecen 3 etapas básicas de cada adaptación:

- formas paracaídas
- planeo corto
- formas de vuelo libre activo
- fase de grandes planeadores en aves y pterosaurios.

APARICIÓN DE ORGANISMOS CON CONSCIENCIA:

Los primates más antiguos datan de hace 65m.a en Montana (EEUU) algo antes de que cayera el meteorito. Eran formas insectívoras, arborícolas. Después de la gran extinción hay un enorme desarrollo de esa fauna en África, Asia y Europa.

En la superfamilia hominoidea se incluyen el gorila, chimpancé, orangután y todos los antepasados de los homínidos. Los hominoidea tienen en común el desarrollo de un mecanismo para desplazarse por los árboles, llamado braquiación, se desplazaban de rama en rama con los brazos, lo que implica cambios muy importantes en la estructura de los brazos, concretamente en el húmero.

El antecesor común a todos los hominoidea vivió aproximadamente hace 24m.a y pertenece al género Procónsul, a partir de él se diversifican muy rápido. En Asia por ejemplo está el *Silapithecus*, en África el *Kenyapithecus*, *Afropithecus*, *Morotopithecus* y en Europa el *Pryopithecus*.

En África alrededor de los **7–4.5m.a** hay una cierta laguna de información, a partir de un antepasado desconocido hay una diversificación, se separan orangutanes, chimpancés y los primitivos homínidos. La primera forma de hominoidea que se conoce data aproximadamente de **4.4m.a** el ***Ardipithecus ramidus***?, una forma de ambiente arbóreo, selva, etc, dentadura similar a los chimpancés, pequeños, con poco esmalte, y hay indicios de que ya eran bípedos.

Sobre los **4.2–3.9 m.a** aparece el ***Australopithecus anamensis***, en él hay cambios muy importantes en cuanto al modo de vida, el hábitat es una sabana arbolada, poseen esmalte grueso lo que indica que se alimentaban de vegetales más resistentes, esto indica que el ambiente se está haciendo más cálido, además también hay datos que hacen sospechar que este grupo también era bípedo.

Sobre los **3.9–2.9 m.a** aparece el ***A. Afarensis***, especie muy abundante, aparece en toda Etiopía, (famoso ejemplar de **Lucy**), el tamaño del cráneo es de 300–400cm³, estatura 1.30m. En general el volumen del cráneo es algo mayor porque existe un acusado dimorfismo sexual, las hembras son más pequeñas que los machos, estos pesarían alrededor de 270kg mientras que las hembras 230kg. La longitud de las extremidades anteriores y posteriores son típicamente de simios (brazos más largos que piernas), en cambio las extremidades posteriores, la forma del pie es idéntica a la especie actual, esto se sabe gracias al descubrimiento de un yacimiento de estas huellas en África

que datan de hace 3.7m.a, conservadas en carbonitas de origen volcánico.

En teoría se piensa que la homonización empieza por los pies, el bipedismo aparece sobre los 5m.a. el bipedismo se produce en un contexto climático de enfriamiento global del planeta que comienza 10m.a antes, este ambiente favorece a este grupo de simios.

CONSECUENCIAS Y VENTAJAS DEL BIPEDISMO:

- ◆ Cambios en la pelvis, el pulgar del pie deja de ser oponible, se arquea, cambia la posición del cráneo en relación con la columna vertebral, permitiendo el aumento del cerebro debido a la potencia muscular.
- ◆ Las manos se liberan sirviendo para llevar a las crías, cargar comida, etc, lo que supone una ventaja adaptativa.
- ◆ La postura erguida preserva de la insolación, en espacios abiertos favorece la visión de los predadores.
- ◆ Los dientes tienen un poco más de esmalte, lo que indica una alimentación de vegetales más fuertes e indicios de ser en parte omnívoros.
- ◆ Todavía no hay indicios de herramientas.

A partir de los **2.9–3m.a** otras formas de Australopithecus como el A.Africanus, aparece otro género, el grupo de los **Parantropus**, con varias especies (robustus, etc) son formas más grandes que las anteriores que vivieron entre los **2.5–1m.a**, su cerebro media del orden de 550cm³, son especies muy adaptadas a un ambiente de sabana más árido que los anteriores, hay un gran desarrollo de la mandíbula y los dientes, parece que por la forma de las falanges podrían utilizar herramientas, como huesos, piedras, etc lo que implicaría cierto desarrollo de la inteligencia, este grupo se extingue hace 1m.a.

Hay otro grupo que toma la delantera, el género **Homo** hace **2.5m.a** los cuales comienzan a diversificarse y son contemporáneos con los Parantropus.

H.HEIDELBERGENSIS: no se ha definido en Atapuerca, se conocía de antes en una colonia alemana, aparece junto a los restos aparece un hacha lítica

H.NEANDERTALENSIS: nueva especie en Europa, sus características fundamentales son: aparecen sobre los 20000 años y duran hasta los 30000, capacidad craneana mucho mayor, supera los 1500cm³, superior a la especie actual, frente curvada, barbilla reducida, en el último diente aparece un hueco en la mandíbula, dientes robustos, cierto grado de pragmatismo (mandíbula hacia delante), las órbitas oculares son circulares, la estructura alrededor de 1.70 es similar a la nuestra pero los huesos son mucho más robustos, lo que indicaría un gran fortaleza física, peso de unos 90–100kg, adaptación típica a un ambiente muy frío (época de las glaciaciones). Desarrolla una nueva técnica de construcción de armas con hojas de sílex más largas, muy diversificadas, lo que se llama industria Munsterience, también hay herramientas de hueso, cuernos, restos de lanzas de madera de 2m que afilaban y endurecían la punta calentándola al fuego. Por primera vez empiezan a vivir en cuevas, usaban vestidos, curaban a enfermos y heridos,

también hay indicios de ritos funerarios. Eran grandes cazadores nómadas, también recolectores de frutos, etc. Hace 30.000 años desaparecen bruscamente.

H.SAPIENS PRIMITIVOS O PRESAPIENS: aparecen en África a partir del H. Antecesor hace unos 300.000 años. La morfología no ha cambiado hasta ahora, características neoténicas concretamente de H. Antecesor. Nosotros somos formas pedomórficas de las especies anteriores.

Eran cazadores y recolectores, por primera vez hay indicios de alimentación de pescado. Desarrolla una industria lítica (sílice) más sofisticada llamada Magdaleniense, fabrica recipientes para cocinar, hacen ritos funerarios sofisticados, uso de colores, pensamiento religioso, vida media más alta, empieza a aparecer por primera vez la actividad artística, etc.

Hace 40.000 años las poblaciones africanas emigran hacia Europa, Oriente medio y Asia, se encuentran con H. Neandertalensis y H. Erectus, conviven pero estas últimas acaban desapareciendo casi a la vez, no hay indicios de lucha, se produce un desplazamiento ecológico.

El H. Sapiens se sigue expandiendo, también hacia América aprovechando el bajo nivel del mar en la época de las glaciaciones.

Hacia los 10.000 años hay un cambio muy importante en la industria donde las herramientas están pulidas (Neolítico), se comienza a desarrollar la agricultura y ganadería lo que implica una vida sedentaria. Cuando pasan a ser agricultores y ganaderos hay un cambio importante en el impacto ambiental, en el registro fósil se ve que el polen cambia cuando empieza el Neolítico, como consecuencia empieza la acumulación de riqueza lo que conlleva a la aparición de los primeros conflictos bélicos (aparecen flechas en los huesos)

Entre los 500.7000 años comienza el uso de los metales, cobre, hierro, en ese momento se desarrollan las primeras culturas asirias, sumarias, persas, egipcias, etc entrando en la prehistoria.

IDEAS GENERALES:

1. La evolución humana parece ser un ejemplo muy bueno de los mecanismos de especiación puntuacionista. Las formas más antiguas de H. Sapiens son iguales a nosotros lo que indica una estabilidad morfológica.
2. Parece haber un centro de dispersión de los homínidos en África.
3. La estructura de la filogenia es la típica de la evolución hiperativa.
4. Los últimos cientos de miles de años han convivido con varias especies de humanos inteligentes.
5. Hacia los 40.000 años hay una última emigración ocupando los Sapiens el resto del planeta, produciéndose un desplazamiento ecológico de las otras especies inteligentes.