

La Vida y las Grandes Extinciones

Qué son extinciones en masa?

Los desastres naturales que hasta hoy hemos discutido han matado individuos de una o más especies. No son considerados eventos que provoquen una extinción.

- Extinción: mueren tantos individuos que hace que la reproducción falle.
- Extinción en Masa: todos los miembros de una o más especies mueren repentinamente o dentro de un periodo relativamente corto de tiempo. Además, una extinción masiva que involucra muchas especies puede ser provocada por la exterminio de tan solo un miembro en la cadena alimenticia (p.e., hervivoros de gran tamaño).

oy en día, más del 99% de todas las especies que han existido están extintas.

Por qué la Tierra tiene Vida - Astronomía

La Tierra está ubicada en el sistema solar en una posición única para tener las condiciones justas:

- La distancia de la Tierra al Sol permite mantener una atmósfera a una temperatura soportable
- La cercanía de la Tierra al Sol permite que reciba una cantidad de luz solar para temperaturas soportable y para que el agua esté presente en forma líquida
- La Luna es un satélite relativamente grande que contribuye a una estabilidad relativa de los parámetros orbitales
- los cambios en los parámetros orbitales de la Tierra son relativamente pequeños, generando cambios climáticos blandos (ver ciclos de Milankovitch).
- comparación con Marte:
 - La distancia de Marte al sol es de 1.52 AU (unidades astronómicas; distancia promedio Tierra-Sol)
 - La eccentricidad de la Tierra es del 1-5%, la de Marte es de 9.3%
 - Oblicuidad de la Tierra (inclinación del eje de rotación) cambia entre 21.5 y 24.5°; la de Marte es actualmente de 25.3° pero varía sustancialmente con el tiempo
 - atmósfera de Marte: constituyente principal es CO₂; no hay efecto de invernadero por que la atmósfera es muy delgada
- comparación con Venus:

- La distancia Venus al Sol es 0.72 AU
- La eccentricidad de la orbita de Venus es de 0.7%, no es muy anómala
- La oblicuidad de Venus es de 177.4°, así que la revolución alrededor del sol es retrógrada (rotación y revolución de la orbita tienen sentidos opuestos); prácticamente no tiene estaciones
- La duración de un día en Venus es de 243 días en la Tierra; e periodo de la órbita de Venus es de 225 días en la Tierra; un año en Venus es más largo que un día en Venus
- La atmósfera de Venus: constituyente principal CO₂; extremadamente densa causando una presión atmosférica muy grande (92 veces la de la Tierra); efecto de invernadero extremadamente fuerte generando temperaturas en la superficie de 450°C (las rocas en la superficie brillan de color rojo)

Por qué la Tierra tiene Vida - Bioquímica

El origen de la vida implica una secuencia de muchas etapas complicadas, pero la Tierra tiene todos los ingredientes químicos para la formación de vida. Algunos se muestran acá:

- después del enfriamiento inicial, la Tierra temprana tenía trazas de CH₄, NH₃, H₂ y - sobre todo - H₂O
- experimentos de laboratorio muestran que al exponer esta mezcla a la acción de rayos se genera condensación de compuestos orgánicos (hechos de C, N, H)
- la adición de agua es el siguiente paso para la formación de aminoácidos y otros bloques fundamentales de la vida
- la polimerización genera la formación de macromoléculas como las proteínas, ácido nucleicos, polisacáridos.
- tres condiciones adicionales: 1) existencia de moléculas autoproducidas; 2) la copia de estas moléculas debe estar sujeta a errores (mutación); 3) presencia perpetua de energía libre y aislamiento parcial del entorno general (membranas)
- eventualmente se forma el DNA (proteína, molécula hereditaria) a partir de "proto" RNA (ácido nucleico)

Clasificación de seres vivos

Las diferentes formas de vida en la Tierra están clasificadas como un árbol genealógico (family tree). La vida en la Tierra tiene 5 (o 6) reinos, los cuales se ramifican en subcategorías (phyla, clase, orden, familia, género y especie).

Ejemplos:

- reino: animal, plantas, fungi, protista (eucariotes), monera (procariotes). Los monera estan a veces subdivididos en dos reinos: Eubacteria (bacteria verdadera) y arqueobacteria (bacteria antigua)
- phylum: p.e. el reino animal de ramifica en vertebrados (chordata) e invertebrados.
- clase: p.e., el filum vertebrados se ramifica en: mamíferos, peces, dinosaurios (que incluye las aves en una subclase), anfibios y reptiles

La palabra protista viene de la palabra griega *protos* que significa primera. Protista incluye todas las formas simples unicelulares.

Por ejemplo, para seguir el linaje de los humanos hoy en día a través del árbol de la vida → reino:animal; phylum:vertebrados; clase:mamífero; orden:primates; familia:hominidos; genero: homo; especie: homo sapiens

Algunas formas básicas de vida

La diferencia entre procariotes y eucariotes se debe a si la célula tiene un núcleo o no (del griego *karion* que significa nuez).

- Procariotes: del griego *pro* para antes; no tienen núcleo; básicamente toda la bacteria (reino: monera); ADN como cadenas en el citoplasma; dos subcategorías principales que a veces son divididas en dos reinos distintos
 - Archaeobacteria: puede vivir en ambientes extremos, p.e., en la Tierra a varios km de profundidad en un ambiente caliente, anaeróbico tales como conductos activos en dorsales meso-oceánicas. De hecho, el O₂ mata archeobacteria y su vida en cambio está basada en S (azufre). Los procesos que utiliza para recoger y usar energía son relativamente ineficientes.
 - Eubacteria: algunas eubacterias son capaces de hacer fotosíntesis, p.e., cyanobacteria o *alga verde-azul* (de hecho este nombre no es correcto ya que la cyanobacteria no es una alga).
- Eucariotes: la célula posee un núcleo en donde se guarda el ADN; reino protista y arriba; cell has a nucleus in which DNA is stored; kingdom protista and higher; varios *órganos* distribuidos por la célula llevan a cabo varias funciones; p.e., cloroplasto (fotosíntesis); mitocondria (fuente de energía)
- virus: en la clasificación tradicional no están incluidos. Los virus son básicamente cadenas de DNA simples entrelazadas formando proteínas; no pueden vivir de manera independiente y muchas veces necesitan de un hospedador para reproducirse. A diferencia de las bacterias, los virus no pueden ser cultivados en medios artificiales. Muchos virus pueden ser inactivados por el calor. Tienen una tasa de mutación muy alta (p.e., el

virus del polio muta 2% durante su paso de 3 días por el sistema intestinal humano; a los humanos nos tomó 8 millones de años tener ese nivel de mutación). Las bacterias producen una nueva generación cada 20 min, los virus tardan menos tiempo.

- prión: no está incluido en la clasificación tradicional. Un ejemplo es el agente causante del BSE (bovine spongiform encephalopathy o enfermedad de las vacas locas). Son proteínas dobladas en una forma anormal. NO hay reproducción tradicionales. Vuelven otras proteínas en priones al contacto. NO genera una respuesta inmunológica en los cuerpos infectados. Resistente al calor, UV, radiación, esterilización.

Línea de tiempo de la vida Temprana

Cerca de 3/4 partes de la existencia de la Tierra se vio *vda simple*. Solamente en los últimos 600 millones de años aproximadamente es que vida compleja, multicelular se formó (la vida como la conocemos). Línea de tiempo aproximada de la formación de la vida temprana:

- Hace 3.5 billones de años: aparición de la Archeobacteria
- poco después: aparición de Eubacteria (algunas haciendo fotosíntesis)
- Hace 1.1 billones de años: simples eucariotes; organismos unicelulares con un núcleo

Fotosíntesis y respiración

La fotosíntesis es el proceso más importante por medio del cual la atmósfera terrestre ganó oxígeno (ver apéndice B). Los seres vivos absorben energía de algún tipo y la guardan por medio de algún tipo de metabolismo para su uso posterior cuando sea necesario. Algunos organismos recogen energía a través de la fotosíntesis. Este proceso fue particularmente importante durante la Tierra temprana porque proporcionó el oxígeno que hoy en día tiene la atmósfera. Los organismos intolerantes al oxígeno usan un proceso menos efectivo llamado la quimiosíntesis (usado por archeobacterias).

La respiración es un proceso en el cual los azúcares de la fotosíntesis son transformados en energía almacenable en forma de enlaces de fosfato. La fermentación es un proceso similar de respiración que no requiere del oxígeno y es mucho más ineficiente (usado por muchas bacterias).

- Fotosíntesis: utiliza la luz solar, C_2 y H_2) para producir azúcares/celulosa y O_2
- Quimiosíntesis: utiliza H_2S en vez de H_2O para producir S en vez de O_2 ; metabolismo más lento y menos eficiente que la fotosíntesis

- Respiración: use enzimas y O₂ para a partir de los azúcares almacenar energía en forma de enlaces de fosfato; CO₂ y H₂O son los productos derivados. Con respecto al oxígeno este proceso es el reverso de la fotosíntesis, sin embargo la respiración típicamente no requiere tanto oxígeno como el que es producido durante la fotosíntesis.
- Fermentación: proceso de baja eficiencia equivalente a la respiración; no requiere de O₂; produce alcoholes como paso intermedio

Oxígeno atmosférico a través del tiempo

Table 1: Línea de tiempo aproximada

Tiempo antes del presente	Cantida de Oxígeno
3.5 - 2 billones de años	prob. menos de 1%
2 - 1.5 billones de años	aumento significativo (prob. hasta 5%) Eucariotes (requieren ambiente aeróbico) formación capa de ozono
1.5 billones de años	nivel de oxígeno cerca de 5%
0.6-0.4 billones de años	aumento fuerte de nivel de oxígeno (> 30%)
0.3 billones de años	nivel de oxígeno cerca del actual (> 80%)

Cómo lo sabemos? Algunas evidencias en Apéndice C.

Evolución de la Vida y la escala del tiempo geológico

Si la evolución de la vida en la Tierra se proyectara en una hora, entonces la vida sin o con poco oxígeno toaría aproximadamente 30 minutos. La vida basada en el oxígeno bajo una capa protectora como la de ozono solo fue posible en los últimos 20 min. Vida multicelular marina empezó hace aproximadamente 660 millones de años, justo antes del cámbrico, con criaturas invertebradas que dejaron pequeñas trazaas como prueba. Este representa los últimos 8.5 min. La vida como la conocemos hoy en día, con criaturas con partes duras no empezó sino hasta el Cámbrico, hace 550 Ma, los últimos 7.5 min. Durante este tiempo muchas especies han evolucionado y muerto como parte de alguna extinción de fondo o como parte de una extinción masiva. Los dinosaurios que reinaron durante el Triásico hasta el Cretácico vivieron durante los últimos 3min20s, para morir después de 2.5min. Los últimos 52 segundos corresponden al Cenozoico, el Terciario y el Cuaternario, que empezaron hace 65 Ma.

Y, los ancestros de los humanos aparecieron en los últimos 3 segundos mas o menos, hace 3.5 Ma. El Homo-sapiens ha estado presente por los últimos 1.5Ma, o 1.3 segundos.

Table 2: Tabla del tiempo geológico (simple)

Intervalo Tiempo (Mill años antes del presente)	Eon	Era	Period	Ppal aparaciones
2.6 - 0			Cuaternario	Humanos (1.0)
65 - 2.6		Cenozoico	Terciario	Ancestro Humano (3.5)
142 - 65			Cretácico	
206 - 142			Jurásico	aves
251 - 206		Mesozoico	Triásico	dinosaurios y mamiferos
290 - 251			Permico	
354 - 290			Carbonifero	Reptiles (325)
417 - 354			Devoniano	Amphibians
443 - 417			Ordovicico	Land Plants
495 - 443			Silúrico	
544 - 495	Fanerozoico	Paleozoico	Cambrico	vertebrados; Paces
2500 - 544			Proterozoico	reproducción sexual (1000)
4000 - 2500	Precambrico		Arqueano	fósil más viejo (3600); roca más vieja (4000)
4570 - 4500	Hadean			

- 3 grandes faunas han dominado la vida: Cámbrico, Paleozoico, Moderno
- solo la explosión de vida del Cámbrico trajo consigo nuevos linajes, mientras que los otros solo aumentaron el número de especies.
- tamaño y complejidad de los organismos ha aumentado
- los depredadores se han vuelto más eficientes
- extinciones inducidas por los humanos usualmente afectaba a los grandes animales, pero ahora ya empieza a afectar escalas microscópicas.

Ideas básicas de evolución

Cambios en las especies vienen a través de la evolución a medida que intentan adaptarse a los cambios en el medio ambiente. Para más detalles ver apéndice D. Algunos puntos principales:

- cambios en las especies a través de la adaptación/sobrevivencia del más fuerte
- selección natural no es proceso al azar
- cambios al *pool* de genes puede ser al azar pero es un proceso raro.

- se necesita que pool de genes para poder sobrevivir (p.e., para preservar las características de la especie)
- la evolución puede ser un proceso largo (p.e., la evolución Mesonychia al basilosaurus, el ancestro de la ballena, tomo desde hace 55 millones hasta hace 42 millones de años)

La explosión de vida en el Cámbrico

Una explosión en los cambios evolutivos que duró cerca de 40 millones de años. La naturaleza experimentó que especies podían sobrevivir. Muchas murieron después de un corto tiempo mientras que otras sobrevivieron. Los animales empezaron a tener partes duras (vertebrados) y de esa manera es más fácil su preservación. Esto simplifica tremendamente el trabajo de los paleontólogos para seguir el trazo de la vida en el pasado. Ejemplos de especies que aparecieron incluyen el Lapworthellido (como culebra) y el Trilobite que vino en varios tamaños, desde 1mm hasta 72 cm.

Vida en periodos Carbonífero hasta el Cretácico

- (edad en millones de años antes del presente) Carbonífero (354 - 290): relativamente frío; grandes glaciares en Gondwanaland; pantanos en los trópicos (helechos); depósitos de carbón mundialmente, primeros tetrápodos; reptiles; libélulas gigantes con alas de 60 cm. Las libélulas son depredadores!!
- Permiano (290 - 251): Pangea; más enfriamiento; nivel del mar cae; más reptiles que anfibios; linaje de mamíferos a partir de los reptiles; peces con huesos
- Triásico (251 - 206): ranas, tortugas, dinosaurios; coníferos, helechos con semillas; un ejemplo es el Pterodactylo (lagarto volador) y otros.
- Jurásico (206-142): peces con huesos, salamandras; lagartos, reptiles voladores, depredadores bípedos y herbívoros cuadrúpedos; mamíferos. Un ejemplo incluye la Amonita, una criatura marina que nos dejó bellos fósiles en forma de caracol. Mosquitos preservados en ámbar. Esto llevó a la idea detrás de Jurassic Park, donde el ADN de los dinosaurios es extraído de los mosquitos. Es esto científicamente posible? Mirar lectura recomendada abajo.

Un relicto del Jurásico es el Coelacanto, un pez que vive en el mar Índico y que se pensaba extinto hasta que fue redescubierto por un pescador en 1939.

- Cretácico (142 - 65): alto nivel del mar; diversificación de invertebrados marinos; culebras; plantas con flores; muchos mamíferos pequeños; algunos de los dinosaurios más grandes incluyendo el supersauro (30m de alto) y

el seismosauro (36 m de alto); el depredador Tyrannosaurus Rex vivió en el Cretácico Tardío.

Posibles causas de las extinciones en Masa - Antes de los Humanos

Procesos Geológicos

- cambios climáticos (calentamiento al igual que enfriamiento, pero parece que más extinciones están relacionadas con calentamiento)
- grandes impactos: enfriamiento global (aerosoles bloquean luz solar), fuego, tsunami y terremotos.
- vulcanismo for vulcanismo (flood basalt): cambios en la química de la atmósfera →, enfriamiento global (SO₂) y calentamiento (CO₂).
- cambios en el nivel del mar: tanto descenso como aumento tiene un impacto en arrecifes coralinos y los mares.
- expansión del suelo oceánico: cambios en el nivel del mar y expulsión de gases volcánicos → clima, química oceánica.
- tectónica de placas: geometría (tamaño y localización) de continentes influyen las corrientes oceánicas y el clima
- cambios en procesos oceánicos y química oceánica; p.e., acidificación lleva al colapso de corales y especies con conchas; pérdida de la mezcla de océano profundo/pérdida de oxígeno en el océano profundo.
- liberación de metano/hidratos en forma de gases → calentamiento acelerado

Procesos relacionados con las especies

- interrupción de cadena alimenticia
- nuevo depredador o competidor
- nueva enfermedad
- pérdida de hábitat

Las cinco mas grandes extinciones y el porque ocurrieron

Los geólogos diseñaron la escala del tiempo geológico de tal manera que sus límites fueran marcados por grandes cambios en los perfiles estratigráficos. Algunos

de estos cambios fueron extinciones masivas. Las extinciones ocurren todo el tiempo como parte de un fondo natural (background) en el cual alrededor del 10% del genero desaparece. En extinciones en masa cerca del 65% de los generos desaparecen. En total. el 99% de todas las especies que han vivido están extintas. En el libro del curso se dice que el 99.9% de las especies animales y de plantas (sin incluir a los otros 3 reinos) están extintas. Las 5 extinciones mas grandes en el eón Phanerozoico fueron: al final del Ordovícico, Devónico, Pérmico, Triásico y Cretácico. El más devastador fue el final del Pérmico.

La discusión sobre si un impacto o la actividad volcánica pueden provocar una extinción en masa todavía está abierta. Evidencia de ambos proviene de la aparición súbita de Iridio, un elemento extremadamente raro. Iridio en la superficie de la Tierra viene o de un impacto de meteorito o de las profundidades de la Tierra por medio de extenso vulcanismo de grandes provincias ígneas (flood basalts).

Un interesante resumen de las cinco extinciones en masa se encuentra en el libro de texto de Biología *Life* (ver referencia abajo).

- Ordovícico: la vida marina con más de 600 familias diferentes estaba destinada a desaparecer;

Posibles causas incluyen fuerte enfriamiento global y disminución en la precipitación (de acuerdo a libro de texto); caída significativa del nivel del mar hasta de 330 m (de acuerdo a Atlas en las referencias); transición a una era de hielo; mares someros en plataformas continentales se vuelven planicies secas

- Devónico: *la edad de los peces* aceleró la evolución; presencia de abundante diversidad en las formas de vida acuáticas; helechos arborescentes; primeros suelos de bosques.

Posibles causas: razón de la extinción on es clara. hubo un periodo largo donde gran cantidad d especies mueren; algunos impactos; caída del nivel del mar hasta de 100m; destrucción de mares someros por colisión de continentes

- Pérmico: Periodo cuando se formó la Pangea; clima frío; extinción en masa más seria. 90% de las especies mueren ((63% tetrápodos, 33% anfibios, 60% de la vida marina incluyendo los trilobites, diversidad marine reducido de 250,000 especies a apenas 10,000);

Posibles causas: nivel del mar baja, dejando al descubierto la mayoría de arrecifes coralinos, es el punto más bajo en los últimos 545 Ma y por debajo del nivel del mar actual; calentamiento del clima al final del Pérmico aunque se reduce la precipitación (Fig 10.25); posible impacto; grandes flood basalts en Siberia (los más grandes del mundo); nuevas evidencias sugieren liberación de burbujas de metano por fuerte extremecimiento del fondo del océano causando calentamiento global.

- Triásico: Posibles causas: no es claro, no hay ningún crater de impacto que se haya encontrado hasta ahora; la presencia de Iridio parece sugerir causa

volcánica; caída del nivel del mar; leve enfriamiento pero probablemente no suficiente como para una extinción en masa

- Cretaceous: La extinción en masa en el límite K-T (Cretácico terciario, aunque la K viene del alemán Kreide que quiere decir talco) es una de las más fuertemente debatidas. Presencia de Iridio y la imagen recientemente obtenida de un cráter de impacto en Chicxulub sugieren muerte por impacto; pero los flood basalts masivos de Deccan Trap en India también se formaron en ese tiempo, sugiriendo que la muerte se debió por una combinación de los dos factores; nivel del mar baja fuertemente justo antes y la temperatura y precipitación aumentan después del impacto propuesto.

La era de hielo y extinciones más recientes

Extinciones recientes muy probablemente son causadas por la interacción humana. Muchas especies no sobrevivieron la última era de hielo como por ejemplo

- mamuts lanudos
- mastodontes (relacionados con el elefante)
- rinocerontes lanudos
- gran perezoso de suelo (vivía en Suramérica)
- buey almizclero
- tigres dientes de sable
- leones de cueva
- osos de cueva
- ciervo gigante
- bisonte de estepas
- caballos salvajes
- scrats (criaturas como ratas)

Nota: el mustang *salvaje* en Norteamérica fue reintroducido por los españoles.

- Aunque hay también componentes naturales, los humanos hemos tenido un papel importante en la reducción de los mamuts. En Eurasia los mamuts eran cazados para construir chozas (los huesos de cerca de 80 mamuts eran necesarios para una choza). Estudios recientes sugieren que los cambios climáticos (y cambios en la fuente de la comida asociados) también tuvo algún impacto.

- Aves de No Vuelo: Una buena parte de las víctimas de las extinciones recientes han sido las aves no voladoras. Los humanos o las cazaban por alimento, placer o moda o introdujeron nuevos depredadores como gatos y mangostas (un gran problema en Hawaii hoy en día!). Grandes aves han desaparecido de Madagascar (ave elefante; 3.4m de alto; peso 500 kg) y Nueva Zelanda (moa, 4m de altura), mientras que primos más pequeños aún sobreviven en Africa (avestruz), Austria (emu) y suramérica (ñandu).

Fuente wikipedia, el DODO en Muritania: un ejemplo particularmente triste es el del DODO, un ave no voladora en Mauritania en el mar Indico. El DODO tenía una altura de 60 cm. En la película Ice Age podemos ver la última hembra saltar al precipicio (terminando la reproducción) pero el ave murió mucho más tarde. Fue descubierto en Mauritania en 1598 por marineros y fue extinto en menos de 100 años (1681) por caza y la introducción de depredadores.

Posibles causas de extinciones en masa - Inducidas por humanos

- cambios climáticos
- caza excesiva, overhunting/overharvesting
- interrupción de la cadena alimenticia
- introducción de depredador o nuevo competidor (p.e., gatos, ratas, conejos)
- introducción de enfermedades, pestes, venenos
- destrucción de habitat

Extinciones en curso

Extinción de especies está ocurriendo virtualmente en todos los continentes y en los océanos. Algunos ejemplos:

Bufalo (extinto en libertad; depende de esfuerzos por conservación): Un ejemplo reciente en norte américa es el Bufalo americano (bisonte). En algún momento había 50 millones de bufalos. Para 1875 estaban virtualmente extintos. Ahora hay 2 lugares con BUfalos, parque Yellowstone y Wood Buffalo (CN) donde pueden estar libres en un área pretegida.

Rinoceronte Negro (en peligro de extinción): sus ancestros vivían en este planeta por los últimos 50 Ma; a comienzos de 1900 había unos 100,000 en Africa; para 1960 todavía había 100,000; para 1995 solo había 2410; los rinocerontes fueron decimados en los 70s y 80s por sus cuernos. el rinoceronte negro del oeste tiene solo 10 individuos y ha sido declarado extinto; el rinoceronte blanco del

norte está declarado extinto, con tan solo 4 individuos. El número de especies ha disminuido de 30 a 5.

Kiwi (Vulnerable) El pajarito nacional de Nueva Zelanda (en peligro): pajarito no volador que tiene una vida de aproximadamente 40 años; la única ave con nariz para olfatear a los gusanos; nocturno, muy vulnerable a depredadores (95% de los bebés son muertos por gatos). Hace 1,000 años había 12 millones de Kiwis, para 1923 el número era de 5 millones; 70,000 cerca de 1990. Según un reporte por la BBC el ave ya desapareció de la isla norte y se predice que estará extinta para 2010.

La extinción de especies se ha acelerado recientemente y se estima que si la tasa de extinción de los últimos 200 años continúa por 200 años más, estaríamos frente a la más grande extinción masiva que la Tierra haya visto.

Gambler's Ruin, La ruina del apostador

Abbott argumenta que la extinción no necesariamente conlleva a la muerte de todos los animales. Un modelo estadístico llamado *Gambler's Ruins* muestra que la *extinción* del dinero de un apostador es segura hasta que llega a cierto nivel límite. La pregunta es si esta teoría también aplica a la vida ya que la evolución no es un proceso aleatorio.

La presencia de solo un número pequeño de individuos proporciona una fuente muy pequeña de genes (ver apéndice D) y hace que los esfuerzos para reintroducir la especie sean problemáticos. Pequeños cambios en el ambiente pueden causar la extinción si el animal ha perdido los *rasgos* para sobrevivir que hubiesen podido estar ahí con una mayor cantidad de genes disponibles. Por lo tanto es mucho mejor prevenir un cuello de botella en la población (reducción de la población que hace perder algunos rasgos).

Literatura Recomendada

- "Atlas of the Prehistoric World" by Douglas Palmer, 1999, Discovery Books, ISBN: 1-56331-829-6; some pictures shown in class come from this references
- "Life: The Science of Biology" by Purves, Sadava, Orians and Heller, 2001, Freeman & Co., ISBN: 0-7167-3873-2; some comments on evolution and life come from this comprehensive college textbook
- "The Science of Jurassic Park and the Lost World" by Rob DeSalle and David Lindley, 1998, Harper Perennial, ISBN: 0-465-07279-4; can dinosaurs be "revived" from Mosquitos preserved in amber?
- "Secret Agents: the menace of emerging infections" by Madeline Drexler, 2003, Penguin Books, ISBN: 0-1420.0261-5; interesting read on bacteria, viruses and prions

APÉNDICE A: Trazas de formas de vida temprana

Trazas de bacterias pueden ser examinadas bajo el microscopio (muchas veces productos de bacterias, no ¡as bacterias en sí!). Los geólogos en el campo se basan en estromatolitos que son características macroscópicas que son dejadas por colonias de bacterias. Formas de vida pueden encontrarse en muchas partes (p.e., México y Nueva Zelanda). Muchos de estos crecen en la zona intermareas. Cianobacterias pueden crecer como largas fibras que pueden atrapar lodo y arena y formar tapetes. Las bacterias pueden crecer alrededor de estos sedimentos atrapados formando una coraza gruesa. Esto sucede constantemente, capa tras capa hasta formar formas de hasta 1m de diametro (los estromatolitos).

APÉNDICE B: Fuentes y Sinks de oxígeno en la atmósfera

Table 3: Productores y Users de oxígeno

Proceso de Producción	(+)/Uso (-); kg/yr
gfotoquímica	+10 ⁸
meteorización de rocas	-10 ¹¹
vulcanismo	-10 ⁴
fotosíntesis	+10 ¹⁴
respiración/decaimiento	-10 ¹⁴
enterramiento de carbón de organismos	+10 ¹¹
reciclaje de sedimentos enterrados	-10 ¹¹
combustión combustibles fósiles	-10 ¹²

Comentarios (ver también sección de fotosíntesis):

- La fotoquímica es un proceso en la atmósfera donde moléculas de H₂O se descomponen después de absorber radiación ultravioleta. H₂ se escapa hacia el espacio
- El carbono de organismos en decaimiento utiliza oxígeno de la atmósfera así que se *gana* oxígeno si estos organismos son enterrados.
- El reciclaje (traer de vuelta a la superficie) de sedimentos funciona como el balance del enterramiento.
- Ahora la respiración está en equilibrio con la fotosíntesis, un poco menos en tiempos geológicos antiguos.

- la atmósfera tiene actualmente 6×10^{17} kg de oxígeno. Si la fotosíntesis se parara, la meteorización y el vulcanismo destruirían el oxígeno en tan solo 6 Ma.
- la fotosíntesis es el proceso más significativo para incrementar el oxígeno en la atmósfera

APÉNDICE C: Cómo sabemos los niveles de oxígeno en el pasado?

En tiempos tempranos, el nivel de oxígeno no podía ser mayor a 2% porque podemos encontrar rocas que no hubiesen podido formarse o que estarían oxidadas en un ambiente aeróbico

- El primer caso incluye la formación de bandas de hierro (BIF). Éstas son entre 2-3 billones de años y consisten de capas alternantes de color rojo (30% Fe) y claro (sílica). Estos depósitos se encuentran mundialmente y forman el 90% de la oferta industrial. Se cree que se formaron en un ambiente marino. El hierro es disuelto en aguas del océano como hierro ferroso (FeO) y en ausencia de oxígeno permite que el hierro se precipitara en el fondo oceánico.

En la atmósfera actual, FeO se combina con el oxígeno para formar hierro férrico (Fe₂O₃), el cual posee más oxígeno relativamente. Este se precipita en el fondo oceánico. La conclusión es que la atmósfera antigua no poseía tanto oxígeno. Los eventos episódicos que precipitaron el hierro férrico en tiempos antiguos no se entienden muy bien. Una teoría incluye ascensos de aguas ricas en hierro cerca de conductos activos los cuales lo traen hacia la superficie donde organismos fotosintéticos proveían el oxígeno. Después de 2 billones de años ya no se encuentran los BIF.

- Otra evidencia de la falta de oxígeno viene de Pirita (FeS) y Uraninita (UO₂) de 2.7 Billones de años que no muestra oxidación, que si se presentaría en un a atmósfera rica en oxígeno.
- Un límite inferior al 10% después de los 2 billones de años viene de microbios multicelulares.
- niveles de oxígeno encontrados en carbones de 100-200 Ma de edad sugiere un nivel de oxígeno de por lo menos 62% del nivel actual

APÉNDICE D: Evolución

- Fósiles
Nicolas Steno descubrió en los 1600 que una secuencia de sedimentos sin perturbación tiene las rocas más viejas en la base y las más jóvenes en

el tope (Apéndice A). De esta manera los geólogos usan este concepto para datar fósiles que se encuentran en dichas capas. Se encontró que: 1) fósiles similares se encuentran en edades similares pero en diferentes ubicaciones; 2) ciertos fósiles siempre se encuentran en capas viejas pero no se encuentran en las más jóvenes; 3) fósiles más jóvenes se asemejan más a especies actuales que fósiles más antiguos; 4) algunos linajes están documentados por descubrimientos de fósiles temporalmente consecutivos [p.e., ballena (*Basilosaurus*, 42ma) evolucionó a partir del mamífero de tierra (*Mesonychid*, 55ma) y *Ambulocetus* (52 ma) y *Rodhocetus* (46 ma)].

- Charles Darwin (1844)

Basado en la teoría de Charles Darwin en donde los organismos se adaptan a cambios en el medio ambiente por selección natural. Basado en observaciones que especies en suramérica son distintas a las de Europa, que especies en los Galapagos son similares a las de suramérica pero que hay diferencias aún entre islas. La selección natural: éxito diferencial en reproducción y sobrevivencia. Pequeñas diferencias entre individuos afectan de manera significativa las posibilidades que un individuo sobreviva y el número de descendientes que puede tener. Además, selective breeding puede producir hijos con características específicas.

- Gregor Mendel (contemporáneo a Darwin) Evolución biológica se debe a cambios en la composición genética de una población a través del tiempo

- genes: unidad de herencia
- allele: formas alternas de un carácter genético (p.e., A, B). Allele dominante o recesivo.
- trait: una forma de dicho carácter (p.e., color de los ojos)
- genotipo: constitución genética que gobierna el TRAIT (p.e., pares AA, AB, BB) un organismo usualmente tiene muchos de estos
- pool de genes: suma de los alleles que se encuentran en una población
- Equilibrio Hardy-Weinberg: población no está cambiando genéticamente (alleles iguales y frecuencias de genotipos de generación en generación)
- condiciones para Eq. H-W : 1) emparejarse es al azar 2) población muy grande; 3) no hay migración entre poblaciones; 4) ignorando mutaciones; 5) selección natural no afecta los alleles
- factores que cambian la estructura genética de la población 1) mutaciones (raras!); 2) flujo de genes (entre poblaciones); 3) emparejarse no al azar; 4) drift genéticos al azar (puede tener serias consecuencias en poblaciones pequeñas)
- la mayoría de las poblaciones son genéticamente variables Example: wild mustard that does not change over generations is in H.-W. equilibrium.

- Sin embargo, a través de manipulaciones genéticas (selección de frecuencia de genotipo), se han podido derivar vegetales como: cabbage, Brussel sprouts, kohlrabi, kale, broccoli and cauliflower. Poblaciones pequeñas pueden verse afectadas fuertemente por cambios ambientales (reducción en la variabilidad del pool de genes, genes para sobrevivir pueden perderse)

APÉNDICE E: Leyes y registros fósiles

Los geólogos usan perfiles estratigráficos, las capas sedimentarias y los fósiles que se encuentran en los sedimentos para estimar climas y ambientes en el pasado. Esto se puede realizar bajo ciertas circunstancias que están formulados en leyes, incluyendo:

- uniformitarismo: procesos que ocurren hoy en día son los mismos que ocurrieron en el tiempos antiguos
- ley de la superposición: en una secuencia estratigráfica sin alterar los estratos más jóvenes se encuentran sobre estratos más antiguos
- ley de *fauna assemblage*: estratos de edades similares puede ser reconocida por los ensamblajes de fósiles similares que poseen

La validez de la última ley era importante en particular antes de la disponibilidad de los métodos de datación física (p.e., datación radiométrica)