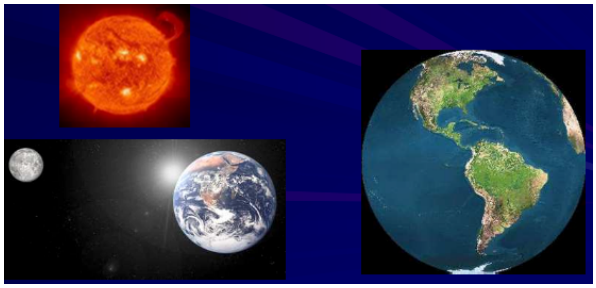
Tema 9: FACTORES QUE HAN CONDICIONADO Y CONDICIONAN LA VEGETACION EN LA TIERRA

Ahora pasamos a ver los elementos históricos, biológicos, geológicos y climáticos que han determinado la evolución de la vegetación terrestre.

1. APARICIÓN DE UNA ATMÓSFERA OXIDATIVA

- Es importante destacar el papel crucial que tuvieron las **cianobacterias** en la generación de oxígeno mediante fotosíntesis, transformando la atmósfera primitiva. Eso fue uno de los eventos más trascendentales en la historia de la Tierra y en el origen y evolución de la vida. Fue la causa que originó un cambio gradual y profundo en la composición química de la atmósfera terrestre, pasando de una condición donde abundaban gases a una condición donde el **oxígeno libre (O_2)** se volvió.



⇒ **La Atmósfera Primordial (Reductora)**

- Hace aproximadamente 4.500 millones de años, la Tierra primitiva tenía una atmósfera muy diferente a la actual. Se cree que esta atmósfera era **reductora**, lo que significa que estaba compuesta principalmente por gases que tienden a donar electrones, como:
  - **Metano (CH_4)**
  - **Amoníaco (NH_3)**
  - **Vapor de agua (H_2O)**
  - **Hidrógeno (H_2)**
  - **Sulfuro de hidrógeno (H_2S)**
  - **Dióxido de carbono (CO_2)** (aunque el CO_2 puede ser tanto reductor como oxidante dependiendo del contexto, en esta atmósfera carecía de O_2 libre).
- En esta atmósfera, había muy poco o casi **nada de oxígeno molecular libre (O_2)**. Esta ausencia de O_2 fue crucial para que pudieran formarse las primeras moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas inorgánicas simples, un proceso conocido como **abiogénesis**. La presencia de oxígeno habría oxidado y destruido estas moléculas en formación.

⇒ **La Gran Oxidación: El Cambio**

- El gran cambio hacia una atmósfera oxidativa, a menudo referido como la **Gran Oxidación** o el **Evento de Oxigenación**, comenzó hace unos 2.500 millones de años y fue un proceso lento pero imparable, impulsado principalmente por la aparición de **organismos fotosintéticos**.

1. **Aparición de la Fotosíntesis Oxigénica:** Los actores clave en esta transformación fueron las **cianobacterias** (o "algas verdeazuladas"), que desarrollaron la capacidad de realizar la fotosíntesis oxigénica. Este proceso utiliza la energía de la luz solar para convertir dióxido de carbono y agua en azúcares (alimento) y **oxígeno molecular como subproducto**.
   - $6CO2+6H2O+\text{Luz solar}\rightarrow C6H12O6+6O2$
2. **Saturación de los sumideros de oxígeno:** Inicialmente, el oxígeno producido por las cianobacterias no se acumuló en la atmósfera. Fue "consumido" por las rocas y minerales

presentes en la Tierra y los océanos, que se oxidaron (por ejemplo, el hierro se oxidó y formó los **depósitos de hierro bandeado** que vemos hoy). Este proceso de oxidación de minerales actuó como un "sumidero" para el oxígeno.

3. **Acumulación de O_2 en la atmósfera:** Una vez que la mayoría de los minerales oxidables en los océanos y las rocas superficiales se saturaron de oxígeno, el **O_2 comenzó a acumularse en la atmósfera terrestre de manera significativa**. Este fue el punto de inflexión.

⇒ Consecuencias de la Atmósfera Oxidativa

La acumulación de oxígeno libre tuvo consecuencias drásticas y profundas para el planeta y la vida:

1. **Crisis del Oxígeno (Catástrofe del Oxígeno):** Para la mayoría de los organismos anaerobios (que no usaban oxígeno y, de hecho, para los cuales el oxígeno era un veneno), el aumento de O_2 fue catastrófico. Muchos de ellos murieron o se vieron forzados a refugiarse en nichos sin oxígeno.
2. **Evolución de la Respiración Aeróbica:** Sin embargo, la presencia de oxígeno también abrió la puerta a una nueva y mucho más eficiente forma de obtener energía: la **respiración aeróbica**. Los organismos que desarrollaron esta capacidad (utilizando O_2 para "quemar" alimentos) pudieron prosperar y evolucionar de maneras que no eran posibles con la respiración anaeróbica.
3. **Formación de la Capa de Ozono (O_3):** Una vez que el O_2 alcanzó niveles suficientes en la atmósfera superior, la radiación ultravioleta del Sol comenzó a transformarlo en **ozono (O_3)**. La capa de ozono se formó gradualmente, proporcionando un escudo vital que protegía la superficie de la Tierra de la dañina radiación UV.
4. **Expansión de la Vida en la Tierra:** La protección contra la radiación UV permitió que la vida se diversificara y, eventualmente, colonizara los continentes, ya que, sin esa protección, la vida en tierra habría sido inviable. La respiración aeróbica y la capa de ozono fueron precursores clave para la explosión de vida y la complejidad que vemos hoy.
5. **Cambios climáticos:** La transformación de la atmósfera también pudo haber influido en el clima global, como la posible glaciación conocida como "Tierra Bola de Nieve", debido a cambios en la composición de los gases de efecto invernadero (la oxidación del metano, un potente GEI (Gas de Efecto Invernadero), pudo haber provocado un enfriamiento, ya que tiene un **gran poder de calentamiento global**.

⇒ Volvemos a la actualidad



- Hoy, la atmósfera y el suelo son elementos clave para la vida: la atmósfera filtra radiaciones dañinas y regula el clima; el suelo sustenta la vida terrestre. Por todo ello, la Tierra es un planeta dotado de una rica atmósfera, a la que debemos el nacimiento y desarrollo de la vida. Interaccionando con la radiación solar, es la base también de todos los procesos meteorológicos que dan carácter a nuestro planeta.



- Vista desde el espacio, la Tierra se presenta como un planeta de un intenso color azul, precisamente en virtud de su capa atmosférica y al hecho de que los dos tercios de su superficie están recubiertos por agua. Esa atmósfera es la cubierta gaseosa que rodea el cuerpo sólido del planeta. Aunque tiene un grosor de más de 1.100 km, aproximadamente la mitad de su masa se concentra

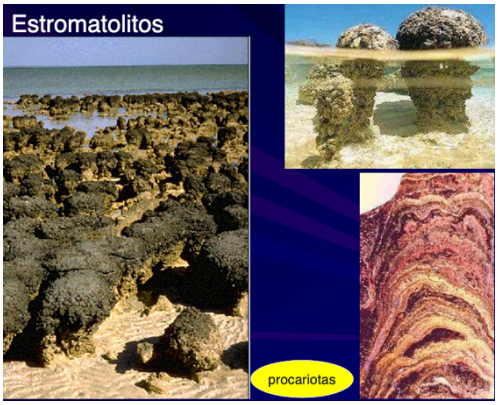
en los 5,6 km más bajos. Esa atmósfera protege a la Tierra del exceso de radiación ultravioleta y permite la existencia de vida. Está compuesta por una mezcla gaseosa de **nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua**, otros elementos y compuestos, y partículas de polvo.

El suelo es el delgado manto de materia que sustenta la vida terrestre. De todos ellos dependen los organismos vivos, incluyendo los seres humanos.



- La distintas erupciones del volcán *Eyjafjallajokull* en Islandia, siguen mostrando a menudo, vastas áreas de su superficie que están recubiertas de imponentes sistemas nubosos que se forman por la evaporación de las aguas, gracias a los cuales no se acaba el sistema de circulación atmosférico que caracteriza las diferentes estaciones del año, e ilustra cómo los fenómenos atmosféricos (como cenizas volcánicas) interactúan con la vegetación, y como la **diversidad procariota**, incluyendo **cianofíceas** (*cyanophytes*), con capacidad de sobrevivir en ambientes extremos como fuertes temperaturas extremas o **fuentes termales** con gran cantidad de azufre.



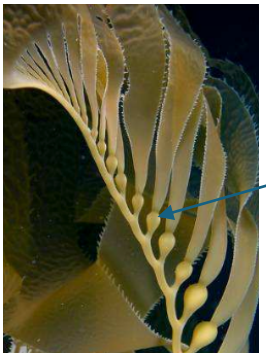


- Aun se puede ver en diversos lugares **estromatolitos**. Estos son estructuras mineralizadas, bioconstruidas por colonias de microorganismos, particularmente cianobacterias. Son considerados uno de los ejemplos más antiguos de vida en la Tierra, formados por la acumulación y fijación de sedimentos en las capas externas de estas colonias microbianas.

- Es importante tener presente estas fechas claves:
  - Tierra: 4.500-5.000 millones de años
  - Vida procariota: 2.600 m.a.
  - Plantas vasculares (fósiles): 435-410 m.a.
  - Coevolución plantas-hongos: 1.900 m.a.

2. CONQUISTA DE TIERRA FIRME POR ALGAS

- La vida surge en el mar y algunas **algas eucariotas no vasculares** comienzan a colonizar tierra firme.



- Ejemplos de macroalgas como ***Durvillaea, Macrocystis y Nereocystis***, con unas maravillosas estructuras de flotación llamadas *aerocistos*.
- Hoy es de destaca el valor de las algas como recurso industrial (recolección de *Macrocystis* para obtener yodo y mucílagos).



En este punto cabe considerar que la naturaleza no es buena ni es mala como

solemos calificarla, es naturaleza simplemente. Lo que deberíamos hacer los humanos es tomar conciencia de su belleza y de su poder y **disfrutar todo lo posible** de ella con el menor riesgo.

3. APARICIÓN DE PLANTAS VASCULARES

- Las **plantas vasculares** surgen como respuesta adaptativa.
- Las micorrizas del *Rhynie Chert* son una evidencia fósil de la asociación simbiótica entre hongos y plantas, que es una de las formas más antiguas de simbiosis micorrízica conocidas. La *Rhynie Chert* es un depósito de sílex en Escocia, contiene fósiles bien conservados de plantas y hongos antiguos, incluyendo evidencia de micorrizas.
- Los hongos son de gran importancia (especialmente los *Glomerales*) en la **formación de micorrizas**, facilitando la absorción de nutrientes y agua.

⇒ ¿QUE SON LAS MICORRIZAS?

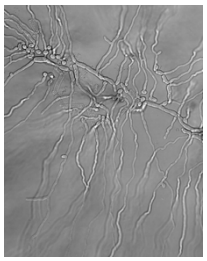
Las **micorrizas** son asociaciones **simbióticas mutualistas**[1] que se establecen entre las **raíces de la mayoría de las plantas terrestres** y ciertos tipos de **hongos**. Esta relación es beneficiosa para ambos organismos y es fundamental para la salud y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. De hecho, se estima que más del 90% de las especies de plantas terrestres forman algún tipo de micorriza.



La palabra "micorriza" proviene del griego *mykes* (hongo) y *rhiza* (raíz).

⇒ ¿CÓMO FUNCIONA LA SIMBIOSIS MICORRÍZICA?

1. **Beneficios para la planta:**



   - **Mayor absorción de nutrientes:** El hongo desarrolla una extensa red de **hifas** (filamentos fúngicos) en el suelo, que actúan como una extensión del sistema radicular de la planta. Estas hifas son mucho más finas y se ramifican más extensamente que las raíces de la planta, permitiendo al hongo explorar un volumen de suelo mucho mayor y acceder a nutrientes que de otro modo serían inaccesibles para la planta. Son especialmente eficientes en la absorción de nutrientes poco móviles en el suelo, como el **fósforo (P)**, el **nitrógeno (N)** y algunos **micronutrientes (como el zinc y el cobre)**.
   - **Tolerancia al estrés:** Las plantas micorrizadas suelen mostrar una mayor tolerancia a diversas condiciones de estrés ambiental, como la sequía, la salinidad, temperaturas extremas, suelos contaminados y la presencia de metales pesados. Los hongos pueden mejorar la disponibilidad de agua, la estructura del suelo y la protección contra toxinas.
   - **Protección contra patógenos:** Algunos hongos micorrízicos pueden proteger a las raíces de la planta contra la infección por patógenos (hongos o bacterias dañinos), ya sea compitiendo por el espacio y los recursos o produciendo compuestos antimicrobianos.
   - **Mejora de la estructura del suelo:** Las hifas fúngicas contribuyen a la formación de agregados del suelo, mejorando su estructura, aireación y retención de agua.
2. **Beneficios para el hongo:**
   - **Acceso a carbohidratos:** El hongo, al ser heterótrofo (no puede producir su propio alimento), tampoco puede realizar la fotosíntesis. A cambio de los nutrientes y el agua que proporciona a la planta, el hongo recibe de la planta azúcares y otros

[1] La simbiosis mutualista es una relación entre dos organismos de diferentes especies que viven juntos en una estrecha asociación, donde ambos se benefician.

compuestos orgánicos (carbohidratos) producidos durante la fotosíntesis, que son esenciales para su crecimiento y metabolismo.

⇒ TIPOS PRINCIPALES DE MICORRIZAS

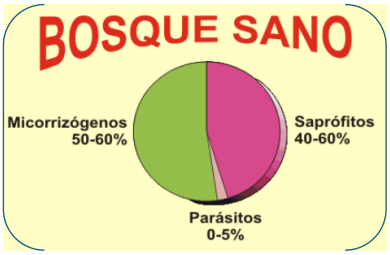
Aunque existen varios tipos, los dos más importantes y estudiados son:

1. **Ectomicorrizas:**
   - El hongo forma una red densa de hifas alrededor de la superficie externa de la raíz (el **manto** o manto fúngico) y penetra en los espacios entre las células de la corteza de la raíz (la **red de Hartig**), pero no entra dentro de las células.
   - Son comunes en árboles forestales (como pinos, abetos, robles, hayas, eucaliptos).
   - A menudo, el hongo forma cuerpos fructíferos visibles, como setas (hongos macroscópicos) que se encuentran en el suelo cerca de los árboles.
2. **Endomicorrizas (principalmente Micorrizas Arbusculares - MA):**
   - Las hifas del hongo penetran **dentro de las células** de la corteza de la raíz (intracelulares).
   - Dentro de las células, forman estructuras ramificadas llamadas **arbúsculos**, que son el sitio principal de intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo. También pueden formar vesículas (estructuras de almacenamiento).
   - Son el tipo más común de micorrizas y se encuentran en aproximadamente el 80% de todas las especies de plantas terrestres, incluyendo la mayoría de los cultivos agrícolas, pastos y plantas herbáceas.
   - Los hongos asociados no forman cuerpos fructíferos visibles.

⇒ IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y AGRÍCOLA

- **Salud de los Ecosistemas:** Las micorrizas son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, facilitando los ciclos de nutrientes y la **resiliencia**[2] de las comunidades vegetales.
- **Agricultura Sostenible:** La comprensión y el uso de las micorrizas tienen un enorme potencial en la agricultura sostenible. Al inocular cultivos con hongos micorrízicos, se puede mejorar la absorción de nutrientes, reducir la necesidad de fertilizantes (especialmente fosfatados), aumentar la resistencia a enfermedades y sequías, y mejorar el rendimiento de los cultivos, lo que beneficia tanto al medio ambiente como a la economía agrícola.

En resumen, las micorrizas son asociaciones simbióticas fundamentales entre hongos y raíces de plantas que benefician a ambos socios, mejorando la nutrición de la planta y la obtención de carbono por parte del hongo, y son cruciales para la vida en la Tierra tal como la conocemos, además de para mantener los bosques sanos.



4. CLIMA Y ADAPTACIÓN DE LA VEGETACIÓN A AMBIENTES EXTREMOS

El clima, el cambio climático y la adaptación de las plantas son conceptos íntimamente ligados que determinan la distribución, la supervivencia y la evolución de la vegetación en todo el planeta. La relación es especialmente crítica en zonas extremas como los desiertos.

⇒ INFLUENCIA DEL CLIMA

El clima es el principal factor que determina el tipo de vegetación presente en una región. Los elementos climáticos clave son:

[2] Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos.

- **Temperatura:**
  - **Distribución:** Determina la presencia de especies adaptadas al frío (plantas alpinas, boreales) o al calor (tropicales, desérticas). Las temperaturas extremas (heladas, calor excesivo) limitan la supervivencia.
  - **Tasas Metabólicas:** Afecta la fotosíntesis, respiración, transpiración y otros procesos fisiológicos.
- **Precipitación:**
  - **Disponibilidad de Agua:** Es el factor más crítico para la vegetación. Determina si un área puede soportar bosques, pastizales o desiertos. La cantidad, estacionalidad y tipo de precipitación (lluvia, nieve) son fundamentales.
  - **Crecimiento y Productividad:** En general, a mayor precipitación, mayor biomasa vegetal.
- **Luz Solar:**
  - **Fotosíntesis:** Es la fuente de energía para las plantas. La intensidad y duración de la luz (fotoperíodo) influyen en el crecimiento, la floración y la dormancia.
- **Viento:**
  - **Dispersión:** Ayuda en la polinización y dispersión de semillas.
  - **Estrés:** Puede causar daño físico, aumentar la transpiración y la erosión del suelo, especialmente en ambientes áridos.
- **Humedad:**
  - **Transpiración:** La humedad ambiental (humedad relativa) influye directamente en la tasa de transpiración de las plantas.

Estos factores climáticos combinados definen las **zonas bioclimáticas** y, por ende, los grandes biomas terrestres (selvas, sabanas, desiertos, tundras, etc.), que están caracterizados por tipos de vegetación específicos.

⇒ INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se refiere a alteraciones significativas y a largo plazo en los patrones climáticos globales o regionales, principalmente debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero por actividades humanas. Sus efectos en la vegetación son profundos y complejos:

- **Aumento de Temperaturas:**
  - **Desplazamiento de Rangos:** Las especies vegetales tienden a moverse hacia altitudes más altas o latitudes más frías. Aquellas que no pueden migrar lo suficientemente rápido enfrentan extinción local o global.
  - **Estrés Hídrico:** Temperaturas más altas aumentan la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, exacerbando la sequía.
  - **Fenología Alterada:** Cambios en el momento de la brotación, floración y fructificación, lo que puede desincronizar a las plantas con sus polinizadores o herbívoros.
- **Cambios en los Patrones de Precipitación:**
  - **Sequías Prolongadas:** Más frecuentes e intensas, lo que provoca la mortalidad masiva de árboles, reducción de la productividad y aumento del riesgo de incendios forestales.
  - **Eventos de Lluvia Extremos:** Inundaciones que dañan las plantas y sus ecosistemas.
  - **Desertificación:** La expansión de las zonas áridas debido a la reducción de precipitaciones y el aumento de temperaturas.
  - **Aumento de CO_2:**

- **Fertilización por CO_2:** Algunas plantas (especialmente **C3**[3]) pueden experimentar un aumento en la tasa de fotosíntesis y crecimiento con mayores niveles de CO_2. Sin embargo, este efecto a menudo es limitado por la disponibilidad de agua y nutrientes.
- **Menor Calidad Nutricional:** Las plantas que crecen con más CO_2 pueden tener una menor concentración de proteínas y micronutrientes, afectando a los herbívoros.

- **Eventos Extremos:** Mayor frecuencia e intensidad de olas de calor, heladas tardías, tormentas y sequías, que causan daños directos a la vegetación.
- **Impacto en Plagas y Enfermedades:** El cambio climático puede alterar los rangos geográficos y los ciclos de vida de plagas y patógenos, aumentando su impacto en la vegetación.

⇒ ADAPTACIÓN DE LAS PLANTAS A LAS ZONAS DESÉRTICAS

Las zonas desérticas son ambientes extremos caracterizados por la **escasez crónica de agua** y, a menudo, por **temperaturas extremas** (muy altas durante el día y muy bajas por la noche). Las plantas que viven aquí han desarrollado una notable serie de adaptaciones (conocidas como **xeromorfismo**) para sobrevivir:

- **Adaptaciones para Ahorrar Agua (Evitar la Pérdida):**
  - **Reducción de la Superficie Foliar:** Hojas pequeñas, en forma de aguja, o directamente la ausencia de hojas (fotosíntesis en el tallo).
  - **Hojas Suculentas:** Almacenan agua en tejidos especializados (ej. cactáceas, áloes o sabilas).
  - **Cutícula Gruesa y Ceras:** Una capa protectora que reduce la transpiración.
  - **Estomas Hundidos o Pocos:** Poros para el intercambio de gases que se ubican en cavidades para reducir la exposición al viento y la evaporación.
  - **Patrón de Fotosíntesis CAM (Metabolismo Ácido de Crasuláceas):** Abren sus estomas solo de noche (cuando la temperatura es baja y la humedad es alta) para captar CO_2, y los cierran durante el día, minimizando la pérdida de agua.
  - **Pilosidad (tricomas):** Pelos en la superficie de la hoja que crean una capa límite de aire, reduciendo la evaporación.
  - **Deciduo en Sequía:** Algunas plantas desprenden sus hojas durante los periodos de sequía severa (abscisión foliar) para conservar agua.
- **Adaptaciones para Adquirir Agua:**
  - **Sistemas Radiculares Extensos:**
    - **Profundos:** Para alcanzar capas freáticas (ej. Mezquite, árbol nativo de México y del suroeste de Estados Unidos).
    - **Superficiales y Amplios:** Para captar rápidamente las pocas lluvias (ej. cactus).
  - **Pelos Radiculares Abundantes:** Aumentan la superficie de absorción.
- **Adaptaciones para Tolerancia al Calor/Radiación:**
  - **Coloración Clara:** Algunas plantas tienen hojas claras o blanquecinas que reflejan mejor la luz solar.
  - **Hojas Orientadas Verticalmente:** Minimizan la exposición directa al sol.
  - **Forma Compacta:** Menor superficie expuesta al sol y al viento.
- **Estrategias de Ciclo de Vida:**
  - **Plantas Efímeras:** Germinan rápidamente tras una lluvia, crecen, florecen, producen semillas y mueren en cuestión de semanas, esperando la siguiente lluvia.
  - **Dormancia:** Entran en un estado de letargo durante los periodos secos.

En conclusión, el clima es el moldeador principal de la vegetación. El cambio climático actual representa una amenaza al desajustar estos patrones establecidos, forzando a las plantas a migrar, adaptarse o enfrentar la extinción. Las plantas desérticas, con sus sofisticadas adaptaciones a la

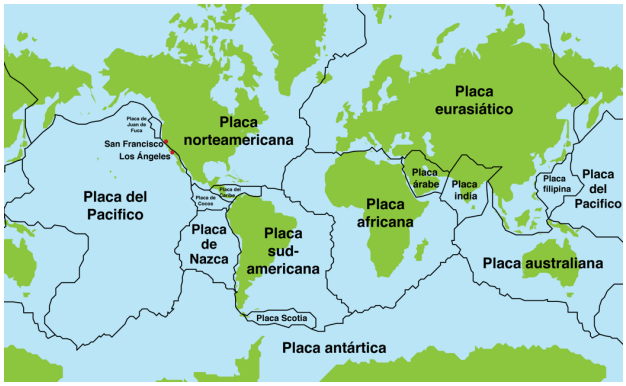
[3] Se conoce como C3 a las plantas que utilizan el ciclo de Calvin para la fijación del dióxido de carbono, un proceso fotosintético que produce un compuesto de 3 carbonos como primer producto estable.

escasez de agua, son un testimonio de la increíble capacidad de la vida para prosperar en condiciones extremas, pero incluso ellas se ven desafiadas por la rapidez y magnitud del cambio climático actual.



- *Welwitschia mirabilis,* perteneciente a las *Gnetopsidas*, es una planta endémica del desierto del Namib, entre Angola y Namibia. Está perfectamente adaptada a zonas desérticas. Hay machos y hembras y es muy difícil determinar la edad de estas plantas, aunque se cree que pueden llegar a vivir más de 1000 años.

5. DERIVA CONTINENTAL Y AISLAMIENTO GEOGRÁFICO



- El Impacto de las **tectónicas de placas**, volcanismos y catástrofes naturales, como Toba y Thera, ha ido influyendo tremendamente sobre la vegetación y biodiversidad. La explosión del volcán Toba, en la isla de Sumatra, en Indonesia, hace 74.000 años, fue tan intensa que extinguió la vida en una amplia región. La nube de cenizas volcánicas cubrió por completo los cielos impidiendo la llegada de la luz del Sol durante 10 años, lo que provocó una Era de Hielo que cambió por completo la vida de las especies que poblaban la Tierra. La temperatura promedio descendió alrededor de -5º C; muchas especies animales y vegetales no fueron capaces de resistir el cambio, tampoco una gran cantidad de humanos.





La erupción del volcán de la isla de Thera (hoy Santorini), junto al mar Egeo, en el siglo XVIII a.C. produjo la desaparición de toda su vida, y la isla quedó fraccionada en forma de medialuna. La expulsión de ceniza y material volcánico hizo que se fracturara el cono de estructura simétrica de Thera en varias secciones, quedando al descubierto la gigantesca cámara de magma. Billones de litros de agua marina se vertieron en el abismo candente y se produjo una serie de explosiones titánicas que hicieron volar más de 100 kilómetros cúbicos de la isla -mucho más que en cualquier otra erupción registrada en la historia de la tierra- y causaron gigantescas olas marinas, los llamados tsunamis, que se estrellaron contra las costas de Creta, Turquía (donde el agua entró 47 Km) y el delta del Nilo con una virulencia inconcebible y destruyó la capital de Egipto. Algunos expertos consideran que la fuerza de la erupción y la forma y profundidad del lecho marino en esa parte del Mar Egeo pudieron haber producido olas que al romperse alcanzaron una altura de entre 60 y 70 metros.

6. POLINIZACIÓN POR VIENTO: ANEMOGAMIA/ANEMOFILIA

La **anemogamia** es un tipo de **polinización abiótica** (sin la intervención de organismos vivos) en la que el **viento actúa como el principal agente transportador del polen** de una flor a otra. Es una estrategia evolutiva muy común en muchas plantas, especialmente en aquellas que forman grandes poblaciones y crecen en ambientes abiertos.

- **Características de las plantas anemógamas (adaptaciones al viento)**

Las flores y el polen de las plantas que se polinizan por el viento han desarrollado adaptaciones muy específicas para maximizar las posibilidades de éxito de la transferencia de polen:

1. **Flores Inconspicuas y Sin Atractivos:**
    - Generalmente son **pequeñas, poco vistosas y no tienen colores brillantes** ni olores fuertes.
    - Carecen de néctar y, a menudo, de pétalos vistosos, ya que no necesitan atraer polinizadores animales.
    - La energía de la planta se invierte en la producción de polen y en la eficiencia de la dispersión, no en la atracción.
2. **Producción Abundante de Polen:**
    - Las plantas anemógamas producen **enormes cantidades de polen**. Esto es una necesidad, ya que la polinización por el viento es un proceso aleatorio; la mayoría del polen se pierde y nunca llega a una flor receptiva.
    - Los árboles y las gramíneas (cereales, pastos) son ejemplos clásicos de grandes productores de polen anemógamo.
3. **Polen Ligero y Liso:**
    - Los granos de polen son típicamente **pequeños, ligeros y lisos**, sin las ornamentaciones o adhesivos que caracterizan al polen transportado por animales. Esto les permite ser fácilmente transportados por el viento a grandes distancias.
    - Pueden tener **sacos aéreos** (como el polen de los pinos) para aumentar su flotabilidad.
4. **Estambres y Estigmas Expuestos:**
    - Los **estambres** (órganos masculinos que producen polen) suelen ser largos y sobresalir de la flor, colgando o extendiéndose para liberar el polen fácilmente al viento.
    - Los **estigmas** (parte receptora del polen en el órgano femenino) son grandes, plumosos o ramificados, con una gran superficie para "capturar" el polen que pasa por el aire. A menudo, también sobresalen de la flor.
5. **Período de Floración:**
    - Muchas plantas anemógamas florecen **antes de que las hojas aparezcan** (en árboles caducifolios en primavera), para evitar que las hojas interfieran con la dispersión y captura del polen.
    - Pueden florecer en estaciones donde el viento es más prevalente.
6. **Separación de Sexos (A menudo):**
    - Es común que las flores masculinas y femeninas estén separadas en la misma planta (monoicas, como el maíz) o en plantas diferentes (dioicas, como los sauces), para reducir la autopolinización y promover la polinización cruzada.

- **Ejemplos de plantas anemógamas:**
    - **Cereales y pastos:** Maíz, trigo, arroz, cebada, centeno, caña de azúcar, y la mayoría de las gramíneas silvestres.
    - **Coníferas:** Pinos, abetos, cedros, cipreses. Sus "piñas" masculinas liberan nubes de polen amarillo.
    - **Árboles caducifolios comunes:** Roble, haya, abedul, chopo, olmo, nogal.
    - **Algunas plantas herbáceas:** Ortigas.
- **Ventajas de la anemogamia:**
    - No depende de polinizadores animales, lo que la hace menos vulnerable a la disminución de poblaciones de insectos o aves.
    - Puede ser muy eficiente en la polinización de grandes poblaciones de plantas densamente agrupadas.
- **Desventajas de la anemogamia:**
    - Extrema ineficiencia en el uso del polen: se produce una cantidad masiva que se desperdicia.

- Menor especificidad: el polen puede dispersarse ampliamente y no llegar a la especie correcta, lo que limita su éxito en la especiación o en ambientes con baja densidad de plantas.

La anemogamia es una estrategia de polinización fundamental en muchos ecosistemas y es la causa de gran parte del polen que flota en el aire y provoca alergias estacionales en los humanos.

7. COEVOLUCIÓN PLANTA-INSECTO

La **coevolución planta-insecto** es uno de los ejemplos más espectaculares de interacción simbiótica en la naturaleza, y ha dado lugar a una asombrosa diversidad de formas, colores, olores y recompensas tanto en las plantas como en los insectos. En el caso de las **fanerógamas** (plantas con flores, es decir, angiospermas), la interacción con los insectos polinizadores es particularmente profunda y visible en la **morfología floral** y los **colores**.

La coevolución es un proceso en el que **dos o más especies ejercen presiones de selección mutuas, afectando la evolución de la otra**. En el contexto de la polinización, las plantas han evolucionado para atraer a los polinizadores, y los polinizadores han evolucionado para explotar los recursos florales de manera eficiente.

- **Colores de las Flores y su Rol en la Coevolución**

Los colores de las flores no son aleatorios; son señales visuales altamente evolucionadas para atraer a polinizadores específicos. La visión de los insectos es diferente a la nuestra, lo que explica por qué ciertas combinaciones de colores son más efectivas.

1. **Visión de los Insectos:**
   - Muchos insectos (como las abejas y mariposas) pueden ver el **espectro ultravioleta (UV)**, que es invisible para los humanos. Esto significa que los patrones de coloración de las flores pueden ser muy diferentes para un insecto de lo que son para nosotros.
   - Suelen ser ciegos al color rojo, pero son muy sensibles al azul, verde, amarillo y UV.
   - Esto ha llevado a la evolución de "guías de néctar" o "patrones de diana" UV que dirigen al insecto hacia las partes reproductivas de la flor.
2. **Coloraciones Típicas y sus Polinizadores Asociados:**
   - **Flores Rojas:** Comúnmente polinizadas por **aves** (colibríes) que son sensibles al rojo y no suelen tener un sentido del olfato desarrollado. Las flores rojas para insectos son raras, ya que no perciben bien este color.
   - **Flores Azules y Amarillas:** Atractivas para **abejas y abejorros**, que ven bien en estas longitudes de onda y, a menudo, en el UV. Los patrones UV son frecuentes en estas flores.
   - **Flores Blancas o pálidas:** Generalmente polinizadas por **polillas (nocturnas)** o **moscas**. Suelen ser más visibles en la oscuridad y a menudo emiten olores fuertes y dulces por la noche.
   - **Flores Marrones o Moradas Oscuras/Verdosas (a veces con olores fétidos):** Atractivas para **moscas (especialmente moscas carroñeras o del estiércol)**, que las confunden con carne en descomposición o excrementos.
   - **Patrones de Rayas o Puntos (Guías de Néctar):** Frecuentes en muchos colores, estas marcas dirigen visualmente al polinizador hacia la recompensa (néctar o polen) y, al hacerlo, lo guían para que entre en contacto con los estambres y el estigma.

- **Morfología Floral y su Rol en la Coevolución**

La forma de la flor es el resultado de una adaptación precisa para facilitar el contacto entre el polinizador y las estructuras reproductivas, maximizando la eficiencia de la transferencia de polen.

1. **Formas Tubulares o de Trompeta:**
   - **Polinizadores:** Aves (colibríes, su pico encaja), mariposas (su larga probóscide puede alcanzar el néctar en el fondo del tubo).
   - **Adaptación:** Asegura que solo polinizadores con partes bucales específicas puedan acceder al néctar, forzándolos a rozar los estambres y el estigma.

2. **Formas Irregulares o Asimétricas (Zigomorfas):**
    - **Polinizadores:** Abejas y abejorros.
    - **Adaptación:** Estas flores a menudo tienen "plataformas de aterrizaje" y "pistas de despegue" que guían al insecto a una posición específica donde el polen se adhiere y/o se deposita de manera óptima. Ejemplos clásicos son las flores de leguminosas (guisantes, frijoles) o las orquídeas.
3. **Flores en Racimos o Espigas:**
    - **Polinizadores:** Diversos insectos, incluyendo abejas y moscas.
    - **Adaptación:** Agrupar muchas flores pequeñas en una inflorescencia grande hace que la señal visual sea más atractiva desde la distancia y permite al polinizador visitar muchas flores en un solo viaje, maximizando la transferencia de polen.
4. **Mecanismos de Trampa o Engaño:**
    - **Polinizadores:** Específicos, a menudo moscas o avispas.
    - **Adaptación:** Algunas flores tienen mecanismos complejos que atrapan temporalmente al polinizador o lo fuerzan a seguir un camino específico para asegurar que recoja y deposite el polen. Las orquídeas que imitan hembras de insectos (pseudocopulación) son un ejemplo extremo de mimetismo en la morfología y el color.
5. **Órganos Reproductivos Expuestos o Protegidos:**
    - **Polinizadores:** El grado de exposición de estambres y estigmas varía según el tipo de polinizador. En flores polinizadas por el viento (anemófilas), suelen estar muy expuestos. En flores polinizadas por insectos, pueden estar estratégicamente ocultos o posicionados para asegurar que el polinizador entre en contacto.

- **La Sinergia de Color y Morfología**

La belleza de la coevolución radica en cómo el color y la morfología trabajan juntos. Por ejemplo:

- Una flor azul con un patrón UV en forma de diana (color) y una forma que obliga a la abeja a entrar en contacto con las anteras y el estigma (morfología) es un sistema altamente eficiente.
- Una orquídea *Ophrys* no solo imita el color de una abeja hembra, sino que también tiene la forma (morfología) y la textura adecuadas para inducir el comportamiento de pseudocopulación.

En conclusión, la coevolución planta-insecto en las fanerógamas ha modelado los colores y la morfología floral para crear un sistema de comunicación visual y táctil increíblemente sofisticado. Cada característica floral es una adaptación para atraer a los polinizadores más eficientes para esa especie, asegurando la reproducción de la planta y la disponibilidad de alimento para el insecto, en una danza evolutiva continua.

8. APARICIÓN DEL SER HUMANO COMO ESPECIE DOMINANTE

Es complicado fijar un momento exacto en el que el *Homo sapiens* se convirtió en la "especie dominante" de la Tierra, porque la dominancia es un concepto gradual y multifacético, que no se mide solo por el número de individuos o la fuerza física. Sin embargo, es posible señalar varios hitos clave que, en conjunto, marcan su ascensión a esa posición.

La "dominancia" humana se asocia generalmente con su capacidad para:

- Modificar el entorno a gran escala.
- Controlar recursos naturales.
- Superar a otros depredadores o competidores.
- Desarrollar culturas complejas y tecnologías avanzadas.
- Expandirnos globalmente.

Veamos una cronología de eventos que, acumulativamente, llevaron a la especie humana a ser la especie dominante:

1. **Origen del *Homo sapiens* (hace ~300.000 - 200.000 años):**
    - Los primeros *Homo sapiens* aparecen en África. Aunque ya poseían un cerebro grande y capacidad para el lenguaje, eran solo una especie más en el ecosistema, con nichos ecológicos limitados. Su "dominancia" era nula en comparación con otros grandes depredadores.
2. **Desarrollo del Lenguaje Complejo y el Pensamiento Simbólico (hace ~70.000 - 50.000 años):**
    - Este es un punto crucial, aunque difícil de fechar con precisión. La "Revolución Cognitiva" permitió a *Homo sapiens* comunicarse de forma más sofisticada, planificar, cooperar en grupos grandes, transmitir conocimientos y desarrollar pensamiento abstracto y creencias. Esta capacidad de **cooperación a gran escala y flexibilidad** fue una ventaja decisiva sobre otras especies homínidas y animales.
3. **La Salida de África y la Colonización Global (hace ~70.000 - 15.000 años):**
    - *Homo sapiens* comenzó a expandirse fuera de África y colonizó progresivamente todos los continentes, adaptándose a diversos climas y ecosistemas. Su capacidad para cazar grandes animales y adaptarse a diferentes ambientes sugiere una creciente habilidad para explotar recursos. La extinción de la "megafauna" en algunas regiones se asocia a menudo con la llegada de los humanos, lo que ya denota un impacto significativo.
4. **La Revolución Neolítica: Invención de la Agricultura (hace ~12.000 - 10.000 años):**
    - Este fue el punto de inflexión más importante. La capacidad de cultivar plantas y domesticar animales permitió a *Homo sapiens* dejar de depender exclusivamente de la caza y la recolección.
    - **Impacto clave:**
        - **Asentamientos permanentes:** Desarrollo de pueblos y ciudades.
        - **Aumento demográfico:** Mayor disponibilidad de alimentos condujo a un crecimiento exponencial de la población humana.
        - **Excedente de alimentos:** Permitió la especialización del trabajo y el surgimiento de nuevas profesiones.
        - **Modificación del paisaje a gran escala:** Deforestación para campos de cultivo, gestión del agua, etc.
    - Con la agricultura, la capacidad humana para transformar los ecosistemas y sostener poblaciones densas se disparó, sentando las bases de la dominancia ecológica.
5. **El Desarrollo de las Civilizaciones y la Escritura (hace ~5.000 - 3.000 años):**
    - La complejidad social, política y económica de las civilizaciones antiguas (Mesopotamia, Egipto, Indus, China) consolidó la capacidad humana para organizar a grandes grupos de personas, construir infraestructuras masivas y acumular conocimiento. La escritura permitió la transmisión de información a través del tiempo y el espacio, acelerando el progreso tecnológico y organizativo.
6. **La Revolución Industrial (mediados del siglo XVIII en adelante):**
    - Aunque la dominancia ya estaba establecida, la Revolución Industrial la llevó a un nivel sin precedentes. La explotación masiva de combustibles fósiles (carbón, petróleo) y el desarrollo de maquinaria a gran escala otorgaron a la humanidad un poder sin igual para transformar el planeta a una velocidad vertiginosa.
    - **Impacto clave:** Urbanización masiva, globalización, explosión demográfica, capacidad para mover cantidades ingentes de materiales, producción de bienes en masa y un impacto ambiental que afecta el clima global y la biodiversidad.

Conclusión:

No hay un "día D" exacto. Sin embargo, se puede argumentar que el comienzo del *Homo sapiens* como especie dominante, con la capacidad innegable de moldear el planeta a su voluntad, se consolidó a partir de la **Revolución Neolítica (hace unos 12.000 - 10.000 años)**.

El ser humano comenzó a ser una especie dominante con posibilidades de **modificar los ecosistemas** mediante:

- Deforestación
- Desertificación
- Contaminación
- Pérdida de biodiversidad
- Detención de procesos de especiación



Fue entonces cuando pasó de ser una especie más en el ecosistema, aunque inteligente y adaptable, a ser la única capaz de transformar radicalmente su propio entorno y el de otras especies a una escala global, con un crecimiento poblacional sin precedentes. La Revolución Industrial intensificó esta dominancia a niveles exponenciales.

9. REFORESTACIÓN Y CONSERVACIÓN

Se calcula que se ha perdido gran cantidad de la cubierta forestal del mundo en los últimos 8.000 años. Esta es una afirmación que se encuentra en muchas fuentes y estudios científicos, aunque las cifras exactas pueden variar ligeramente dependiendo de la metodología y la definición de "bosque" utilizada.

El *World Wildlife Fund (WWF), Our World in Data* y el *World Economic Forum*, han realizado publicaciones estimando que:

- Hace aproximadamente **8.000 años** (o 10.000 años, al final de la última era glacial), se estima que entre el **50% y el 57% de la superficie terrestre habitable** estaba cubierta por bosques. Actualmente, esa cobertura forestal se ha reducido a alrededor del **30% al 38%** de la superficie terrestre.
- Es importante destacar que la mayor parte de esta pérdida no ha sido un proceso lineal. Si bien la deforestación ha ocurrido durante milenios (principalmente para la agricultura), **la tasa de pérdida forestal se aceleró dramáticamente en los últimos siglos**, especialmente con la Revolución Industrial y el crecimiento exponencial de la población. De hecho, algunas estimaciones sugieren que **la mitad de la pérdida total de bosques se ha producido solo en el último siglo**.



- Para combatir esta situación La **reforestación**, creación de **espacios protegidos** y **Parques Naturales** son claves para conservar la biodiversidad.
- Es importante una correcta **educación ambiental** desde edades tempranas y tener claro que los bosques son los que mantienen la biodiversidad.