INTRODUCCIÓN A LA ZOOLOGÍA

La zoología es el estudio científico de los animales. Incluye su biología, comportamiento, evolución, y relaciones ecológicas. Esta rama de la biología se enfoca en entender la diversidad animal, desde los organismos más simples hasta los más complejos.



Esta imagen muestra la clasificación de los seres vivos en cinco reinos según el modelo común aceptado: **Plantas, Hongos, Animales, Protistas y Moneras**. Todo ello se organiza en forma de un "árbol de la vida", representando la manera como se conectan todos estos grupos.

1. Reino *Plantae* (Plantas): Está situado en la parte izquierda del árbol e incluye organismos como *angiospermas* (plantas con flores), *gimnospermas* (los pinos), *helechos*, *licopodios*, *musgos* y otros grupos vegetales.
2. Reino *Fungi* (Hongos): Se encuentra en el centro y abarca hongos como *basidiomicetos* (setas), *zigomicetos* (moho negro del pan) y *ascomicetos* (hongos de sacos).
3. Reino *Protista* (Protistas): En la parte baja izquierda, en él se incluyen organismos unicelulares como algas rojas, algas verdes y varios tipos de protozoos.
4. Reino *Monera* (Moneras): Están en la parte más baja del árbol, abarca bacterias como las eubacterias y arqueobacterias, organismos procariotas sin núcleo definido.
5. Y por último tenemos el Reino *Animalia* (Animales) que está situado en la parte derecha del árbol, al lado de los hongos y lejos de las plantas, lo que refleja diferencias en su forma de vida y estructura celular. Allí están los principales grupos de animales:
   - Los vertebrados con distintas adaptaciones al medio (Mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces).
   - Grupos de invertebrados muy diversos (Insectos, arácnidos, crustáceos).
   - Otros grandes grupos de invertebrados marinos y terrestres: equinodermos, cnidarios, moluscos, anélidos, poríferos.

Todos ellos forman parte de los **organismos multicelulares** (con muchas células especializadas) y están relacionados con otros reinos como las plantas y los hongos, pero se diferencian de ellos porque son ***heterótrofos***, es decir, necesitan consumir otros organismos para obtener energía y, en la mayoría de los casos, tienen la capacidad de **moverse** activamente.

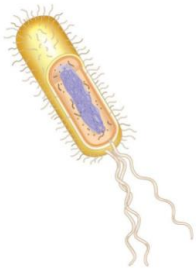
En términos de evolución, los animales se originan de un grupo de organismos unicelulares, y su diversificación ha dado lugar a una gran variedad de formas de vida, desde los invertebrados (como insectos y moluscos) hasta los vertebrados (como mamíferos y aves).

CARACTERÍSTICAS QUE DIFERENCIAN A LOS ANIMALES EN RELACIÓN CON OTROS REINOS

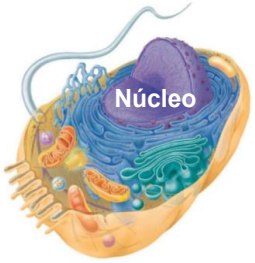
Los animales tienen células eucariotas

La célula animal posee el material genético protegido por una membrana (**núcleo**)

célula procariota



célula eucariota



Los animales poseen **Células Eucariotas sin Pared Celular**. Esto significa que sus células tienen un núcleo definido, rodeado por una membrana que protege y organiza el material genético.

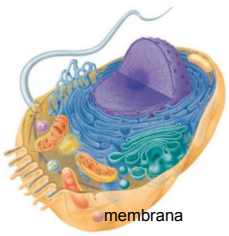
A diferencia de las plantas (que tienen una pared de celulosa) y los hongos (que tienen una pared de quitina[1]), las células animales no tienen paredes rígidas. Esto les permite ser más flexibles y adaptarse mejor a diferentes formas y funciones.

- **Analogía**: Las células animales son como globos llenos de agua que pueden cambiar de forma fácilmente, mientras que las células vegetales son como cajas rígidas que no se deforman.

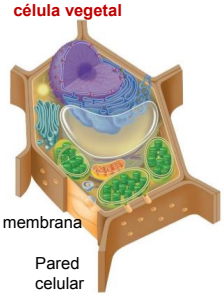
Células eucariotas sin pared celular

La célula animal carece de paredes rígidas, como la pared de celulosa de las células de las plantas o la pared de quitina de las células de los hongos

célula animal



célula vegetal



1. **PLURICELULARIDAD**: Los animales son organismos pluricelulares, es decir, están formados por muchas células que se organizan en tejidos, órganos y sistemas complejos. Esto los diferencia claramente de los organismos unicelulares, como los protozoos, que están hechos de una sola célula.
   - **Analogía**: Es como comparar a los animales con un gran equipo donde cada jugador (célula) tiene un papel concreto, en lugar de ser solo un jugador que hace todo (como en el caso de los protozoos).
2. **HETERÓTROFOS POR INGESTIÓN**: Los animales no pueden producir su propio alimento. Obtienen energía al consumir otros organismos, a diferencia de las plantas, que son autótrofas y generan su propia comida a través de la fotosíntesis.

   Los animales y nosotros necesitamos comer alimentos para obtener energía, mientras que las plantas son como los cocineros que preparan su propia comida desde cero usando luz solar y nutrientes.

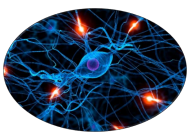
Heterótrofos por ingestión

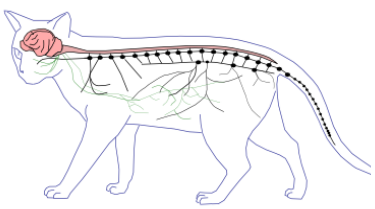
Los animales no pueden sintetizar su propia materia orgánica y obtienen su energía consumiendo el cuerpo de otros organismos. Las plantas y algas son autótrofas y forman sus propias moléculas orgánicas a partir de compuestos químicos inorgánicos

Los hongos también son heterótrofos, pero utilizan la absorción



3. **SISTEMA NERVIOSO**: Una característica exclusiva de los animales es la presencia de un sistema nervioso que les permite interactuar con el entorno de manera eficiente. Es un sistema de comunicación interno que faculta al cuerpo para que detecte y responda rápidamente a los estímulos, como un sistema de alarma que avisa en caso de peligro.





[1] La quitina es un polisacárido natural que forma el exoesqueleto de algunos organismos, como los insectos.

4. **CAPACIDAD DE MOVIMIENTO**: Los animales tienen la capacidad de moverse activamente durante al menos una etapa de su vida. Incluso los animales que parecen inmóviles, como las esponjas, tienen una fase juvenil en la que se desplazan.

Movimiento activo

Pueden realizar **desplazamientos** durante alguna etapa de su vida. Incluso los animales sésiles (anclados al sustrato) tienen una etapa larvaria (una forma juvenil) durante la que nadan libremente.

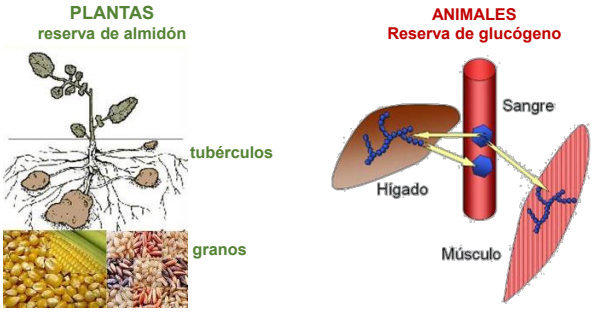




5. **RESERVA DE ENERGÍA EN FORMA DE GLUCÓGENO**: Los animales almacenan energía en forma de glucógeno, un tipo de carbohidrato. Esto es diferente de las plantas, que almacenan energía en forma de almidón.

Glucógeno

Los animales acumulamos reservas en forma de glucógeno, mientras en las plantas lo hacen en forma de almidón.



- **Analogía**: Es como tener un tanque de combustible especial para que los animales lo puedan usar cuando necesitan energía rápidamente, mientras que las plantas tienen un tipo diferente de almacenamiento más adecuado para ellas.

6. **CRECIMIENTO LIMITADO Y DETERMINADO**: A diferencia de las plantas, que pueden seguir creciendo durante toda su vida, los animales tienen un tamaño y forma específicos cuando alcanzan la madurez.

Crecimiento limitado

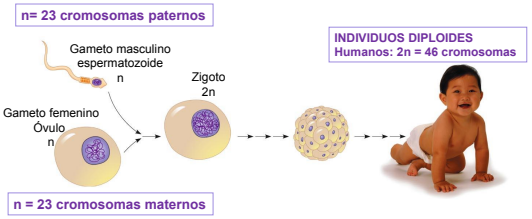
Aunque su tamaño es muy variable, los animales tienen un **crecimiento limitado y determinado** que les confiere una forma propia y característica, mientras que las plantas crecen ilimitadamente



7. **REPRODUCCIÓN SEXUAL**: Todos los animales pueden reproducirse sexualmente. Esto implica la fusión de *gametos haploides* (espermatozoides y óvulos) para formar un *zigoto diploide* que da lugar a un nuevo individuo.

Reproducción sexual: individuos diploides

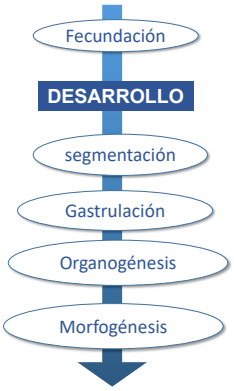
Todos son capaces de llevar a cabo la reproducción sexual.



Se forman gametos haploides (n) que se fusionan para formar un zigoto diploide (2n) a partir del cual se formará un individuo -> **diploides**

DESARROLLO EMBRIONARIO Y TIPOS DE ANIMALES SEGÚN SUS CAPAS GERMINALES

La mayoría de los animales siguen patrones similares de desarrollo embrionario. Este proceso implica la transformación de una única célula (el *zigoto*) en un organismo multicelular completo. El desarrollo embrionario abarca varias etapas claves:



El desarrollo embrionario implica:

1. Las células se dividan
2. Se muevan o se expandan de una manera dirigida y ordenada
3. expresen ciertos genes en vez de otros
4. se envíen señales unas a otras sobre dónde se encuentran, lo que están haciendo y en qué tipo de célula se están convirtiendo

Estos procesos son simultáneos

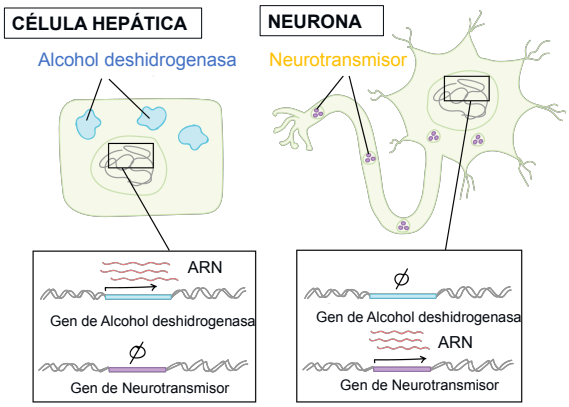
- **Fecundación**: Unión de los *gametos* masculino y femenino para formar un *zigoto*.
- **Segmentación**: División rápida del *zigoto* en muchas células más pequeñas.
- **Gastrulación**: Formación de capas de tejidos embrionarios mediante la reorganización de las células.
- **Organogénesis**: Desarrollo de órganos y estructuras a partir de las capas de tejidos.
- **Morfogénesis**: Proceso por el cual el embrión va adquiriendo la forma que le corresponde según su especie.

1. **EXPRESIÓN SELECTIVA DE GENES**: Durante el desarrollo, las células activan ciertos genes y desactivan otros para especializarse en funciones específicas. Por ejemplo, algunas células se convertirán en neuronas, mientras que otras se transformarán en células musculares.

   i. **Analogía**: Es como un edificio en construcción donde cada habitación (célula) recibe instrucciones específicas sobre cómo decorarse y qué función desempeñar. Algunas son cocinas, otras oficinas, y otras dormitorios.

-> **Activación de unos genes:** síntesis de proteínas específicas del tejido

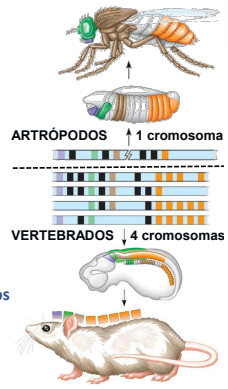
-> **Anulación de los otros genes**

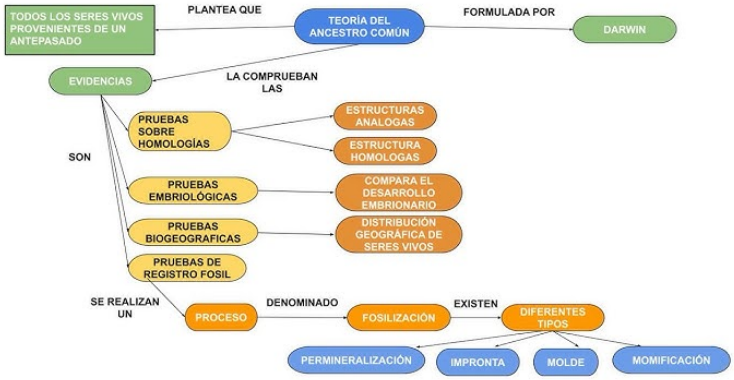


2. **GENES HOMEÓTICOS (HOX)**: Los genes HOX son un grupo especial de genes reguladores que dirigen el desarrollo de las estructuras corporales en las posiciones correctas. Son casi iguales en todos los animales, lo que indica un ancestro común.

GENES HOMEÓTICOS (HOX):

- Genes reguladores que dirigen el desarrollo: regulan la aparición de las estructuras adecuadas en los lugares adecuados
- El orden en el que aparecen en el cromosoma determinará la posición de las estructuras a lo largo del cuerpo
- Son prácticamente iguales en todos los animales (secuencias de **180 nucleótidos** denominadas cajas homeóticas o homeobox)





3. **PROCESOS SIMULTÁNEOS EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO**:
   Durante el desarrollo, varios procesos importantes ocurren al mismo tiempo:

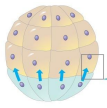
   → **División celular**: Las células se multiplican rápidamente.

   → **Movimiento celular**: Las células se reorganizan y expanden de manera precisa.

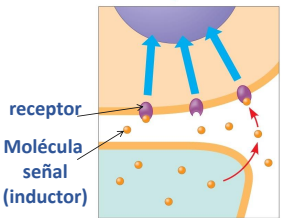
   → **Expresión de genes**: Solo se activan los genes necesarios para la función que tendrá cada célula.

   → **Señales entre células**: Las células envían señales químicas para coordinar el desarrollo y asegurarse de que se conviertan en el tipo correcto de células.

INDUCCIÓN



Proceso por el cual algunas células embrionarias dirigen el desarrollo de otras células embrionarias. Las células próximas se **intercambian señales:**



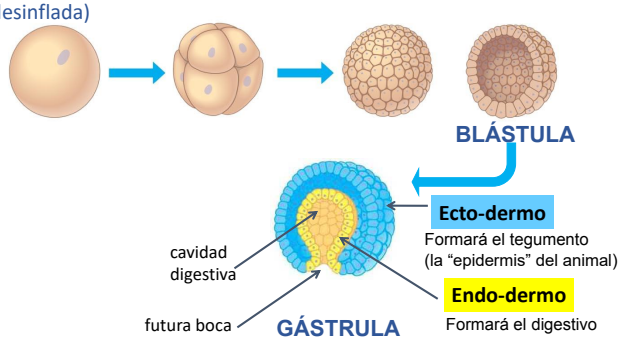
A medida que se van diferenciando **inducen** a las células vecinas a cambiar la expresión de sus genes

Analogía: Es como una obra de teatro donde todos los actores (células) practican simultáneamente sus roles, interactúan entre sí y siguen un guion que asegura que todo salga perfectamente.

4. **INDUCCIÓN Y COMUNICACIÓN CELULAR**: Algunas células del embrión actúan como "directores", enviando señales a las células vecinas para cambiar su comportamiento o destino. Esto se llama **inducción**.

5. **CAPAS GERMINALES**: Durante la gastrulación, las células se organizan en capas germinales que darán origen a diferentes partes del cuerpo:
   - **Ectodermo**: Capa externa que formará la piel y el sistema nervioso.
   - **Endodermo**: Capa interna que formará los órganos digestivos y respiratorios.
   - **Mesodermo**: Capa intermedia que formará los músculos, el sistema circulatorio, y otros órganos internos.

El Desarrollo embrionario prosigue y se produce la invaginación de algunas de las células (similar a meter un dedo en una pelota medio desinflada)



Las células se reordenan formando **2 capas de tejidos** y una cavidad (futuro **tubo digestivo**) con una abertura **(futura boca/ano)**

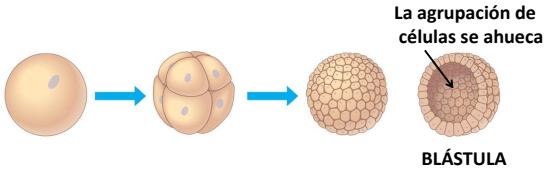
   - **Analogía**: Es como construir un edificio donde la estructura externa (ectodermo) es la fachada y las paredes, el interior (endodermo) son las tuberías y sistemas de ventilación, y el mesodermo es el armazón de soporte y las instalaciones eléctricas.

6. **CLASIFICACIÓN BASADA EN LAS CAPAS GERMINALES**: Los animales se clasifican según el número de capas germinales:

→ **Diblásticos**: Animales con solo dos capas (ectodermo y endodermo), como las medusas y los corales.

→ **Triblásticos**: Animales con tres capas (ectodermo, endodermo, y mesodermo), lo que permite una mayor complejidad estructural.

Para poder entender cómo se van bifurcando las ramas que dan rigen a los distintos grupos, tenemos que fijarnos en el **Desarrollo embrionario**



Las células se reordenan formando una masa hueca con una cavidad interna llena de líquido

A partir de una blástula se forman animales muy sencillos:
PARAZOOS (Para = al lado de**; Zoo=** animal**)**

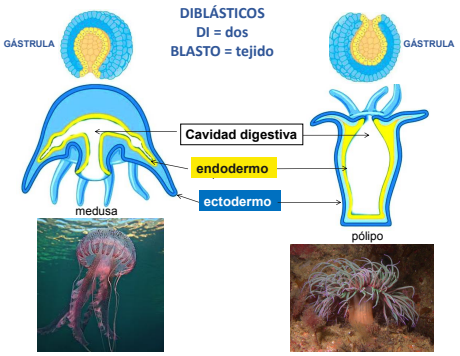
⇒ BLÁSTULA Y GÁSTRULA- CLASIFICACIÓN DE LOS ANIMALES

1. **FORMACIÓN DE LA BLÁSTULA**: Después de la segmentación, las células embrionarias se organizan formando una estructura hueca llamada **blástula**, que tiene una cavidad llena de líquido en el centro.



A partir de una blástula se forman animales sin verdaderos tejidos: **PARAZOOS**

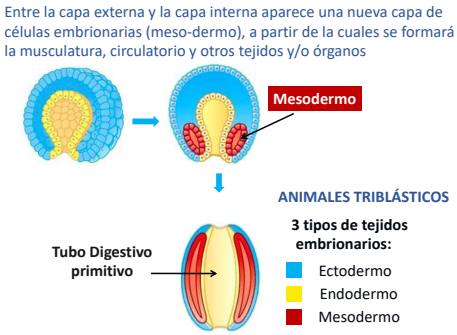
2. **FORMACIÓN DE LA GÁSTRULA**: Posteriormente, algunas células de la blástula se invaginan (se pliegan hacia adentro), formando una estructura llamada **gástrula**. Este proceso da lugar a dos capas de tejido: el **ectodermo** y el **endodermo**. La cavidad creada se convierte en el tubo digestivo primitivo.



3. **CLASIFICACIÓN BASADA EN LA GÁSTRULA**: Según la gástrula los animales se dividen en dos grandes grupos a partir de este desarrollo embrionario:

- **Parazoos**: Animales como las esponjas, que no tienen verdaderos tejidos organizados.
- **Eumetazoos**: Animales que sí tienen tejidos bien definidos. Estos a su vez se subdividen en:
  - ◊ **Diblásticos**: Animales con dos capas germinales (ej. Cnidarios, como las medusas y los corales).

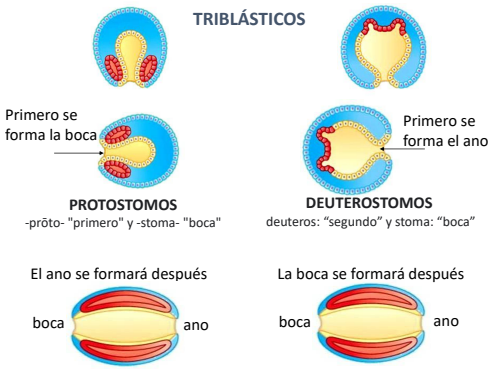




  - ◊ **Triblásticos**: Animales con tres capas germinales (ectodermo, mesodermo y endodermo), lo que les da una mayor complejidad.

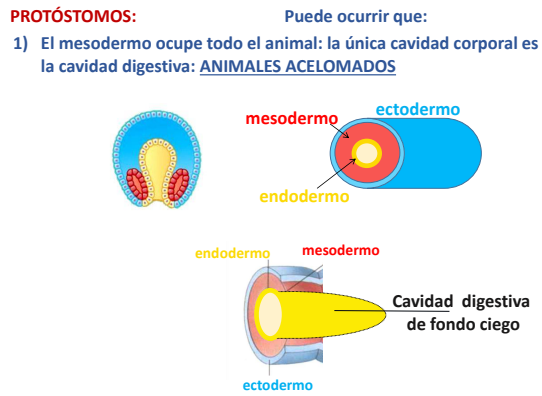
4. **DIBLÁSTICOS Y SIMETRÍA RADIAL**: Los animales diblásticos, como los Cnidarios, poseen una **simetría radial**, lo que significa que se pueden dividir en partes iguales desde un eje central, como los pétalos de una flor.

5. **Formación de los Animales Triblásticos**: Los **triblásticos** son animales que desarrollan una tercera capa germinal, llamada **mesodermo**, entre el ectodermo y el endodermo. Esto les da una mayor capacidad para desarrollar estructuras complejas, como sistemas musculares y órganos internos.
   - **Analogía**: Si imaginamos el cuerpo animal como una casa, el mesodermo sería como las paredes internas y los sistemas como la fontanería y el cableado eléctrico, que hacen que la casa funcione de manera eficiente.



6. **Simetría Bilateral**: Los animales triblásticos generalmente poseen **simetría bilateral**, lo que significa que pueden dividirse en dos mitades iguales a lo largo de un solo plano (derecha e izquierda).

7. **Clasificación de los Triblásticos:** Los triblásticos se dividen en dos grupos principales según cómo se desarrolla su embrión:



→ **Protóstomos**: En estos animales, la boca se forma primero a partir de la abertura embrionaria (blastoporo), y el ano se forma después. Ejemplos: Moluscos, Anélidos y Artrópodos.

→ **Deuteróstomos**: En estos animales, el ano se forma primero y la boca después. Ejemplos: Equinodermos y Cordados (a este grupo pertenecen los humanos).

8. **Importancia de la Simetría Bilateral**: La simetría bilateral permite un diseño más eficiente del cuerpo, con una cabeza y cola definidas y una disposición que facilita el movimiento hacia adelante, además de otras muchas ventajas.

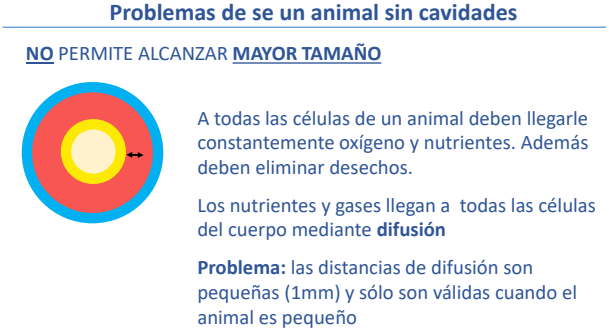
⇒ DESARROLLO DE LAS CAVIDADES CORPORALES Y PROBLEMAS DE DIFUSIÓN EN ORGANISMOS COMPLEJOS

1. **Aparición de Cavidades Corporales**: En los animales triblásticos, el desarrollo del **mesodermo** permite la formación de cavidades corporales que pueden albergar órganos y sistemas. Dependiendo de cómo se organiza esta cavidad, los animales se clasifican en:



   - **Acelomados**: No tienen una cavidad corporal; su cuerpo está lleno de tejidos sólidos entre el tubo digestivo y la pared corporal. Son como colchones completamente sólidos, sin ningún espacio interno. Ejemplo: Platelmintos (gusanos planos).
   - **Pseudocelomados**: Tienen una cavidad corporal parcial que no está completamente rodeada por mesodermo. (Ejemplo: Nematodos (gusanos redondos).
   - **Celomados**: Tienen una cavidad corporal completa rodeada por mesodermo, lo que permite una mejor organización y protección de los órganos. Ejemplo: Anélidos, moluscos, artrópodos, equinodermos y cordados.

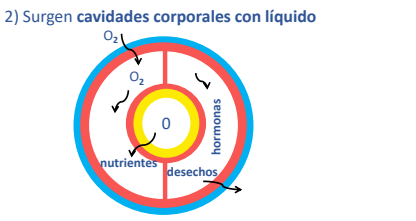
2. **Problemas de Difusión en Organismos Complejos**: A medida que los organismos aumentan de tamaño y complejidad, la simple difusión de oxígeno y nutrientes a través de las células no es suficiente.



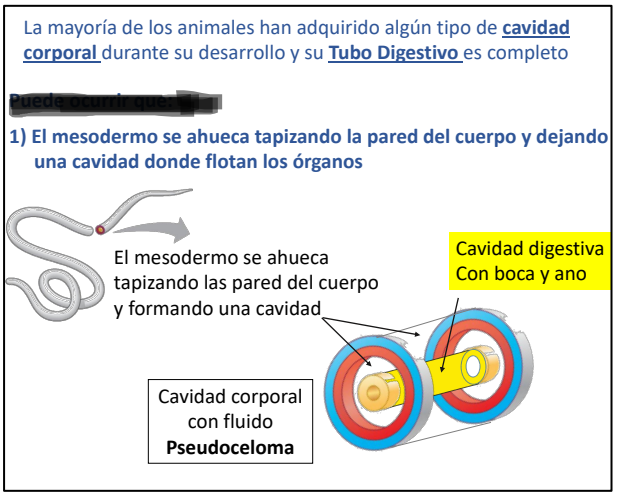
   - **Ley de la Difusión**: El tiempo necesario para que una sustancia se difunda aumenta con el cuadrado de la distancia. Esto significa que, en organismos más grandes, la difusión se vuelve muy lenta y poco eficiente. Es como si se enviaran mensajes escritos por un edificio grande con solo personas corriendo de un lado a otro. A medida que el edificio creciera, se volvería más difícil y lento entregar los mensajes.



   - **Soluciones a los Problemas de Difusión**: Para superar estas limitaciones, los animales desarrollaron sistemas circulatorios que permiten el transporte eficiente de oxígeno, nutrientes y desechos. Los sistemas circulatorios con sangre y vasos sanguíneos actúan como un servicio de entrega rápida que asegura que todas las células del cuerpo reciban lo que necesitan rápidamente.



⇒ ORGANIZACIÓN Y CAVIDADES CORPORALES EN LOS ANIMALES



1. **La Importancia de las Cavidades Corporales**: Las cavidades corporales (como el celoma) desempeñan un papel crucial en la organización interna y el funcionamiento eficiente de los animales complejos. Estas cavidades permiten que los órganos se desarrollen y funcionen sin estar comprimidos por otros tejidos, y proporcionan espacio para que los órganos se muevan y crezcan.



2. **Tipos de Cavidades Corporales en Animales Triblásticos**:

   ⇒ **Acelomados**: No tienen una cavidad corporal real, lo que limita su tamaño y complejidad. Los platelmintos (gusanos planos) son un claro ejemplo de acelomados.

   ⇒ **Pseudocelomados**: Tienen una cavidad corporal parcial que no está completamente rodeada por mesodermo, lo que proporciona algo más de espacio para los órganos, pero con limitaciones. Los nematodos (gusanos cilíndricos) tienen esta organización.

   ⇒ **Celomados**: Poseen un verdadero celoma completamente rodeado por mesodermo, lo que permite una mayor complejidad y especialización de órganos. Los moluscos, anélidos, artrópodos y vertebrados son celomados.

3. **Ventajas del Celoma**: Un celoma proporciona múltiples beneficios:
   - **Mayor tamaño corporal**: Al tener cavidades corporales, los animales pueden crecer más y volverse más complejos.
   - **Mejor protección de órganos**: Los órganos están rodeados de líquido, lo que los protege de golpes y choques.
   - **Mayor eficiencia metabólica**: La presencia de sistemas de transporte mejora la distribución de nutrientes y gases.
   - **Similitud**: Es algo similar a tener un coche grande y bien diseñado con compartimentos seguros para cada herramienta y sistema, en lugar de un carro pequeño donde todo se mezcla y se mueve caóticamente.

⇒ PROBLEMAS DE TAMAÑO Y SOLUCIONES EVOLUTIVAS

1. **Problemas de Tamaño en los Animales Sin Cavidades**: Los animales sin cavidades corporales (como los acelomados) enfrentan limitaciones en su tamaño y complejidad debido a la difusión ineficiente de oxígeno y nutrientes. La simple difusión no es adecuada para mantener vivas las células en organismos grandes, ya que la difusión es un proceso lento, y las distancias largas hacen que el transporte de sustancias esenciales sea extremadamente ineficaz.

2. **Soluciones Evolutivas: Cavidades Corporales y Sistemas de Transporte**: Para superar estas limitaciones, los animales desarrollaron estrategias como:

⇒ **Cuerpos Aplanados**: Algunos animales aplanan sus cuerpos para reducir la distancia de difusión y aumentar la superficie en relación con su volumen. Los gusanos planos tienen cuerpos delgados para facilitar la difusión.

Es como aplanar una masa de pan para que se hornee más rápido, ya que el calor (en este caso, oxígeno y nutrientes) se distribuye mejor en una superficie más delgada.

⇒ **Cavidades Corporales con Líquido**: Otros animales desarrollaron cavidades corporales llenas de líquido que funcionan como un sistema de transporte. Los sistemas circulatorios permiten que los nutrientes y el oxígeno lleguen a todas las células del cuerpo de manera eficiente.

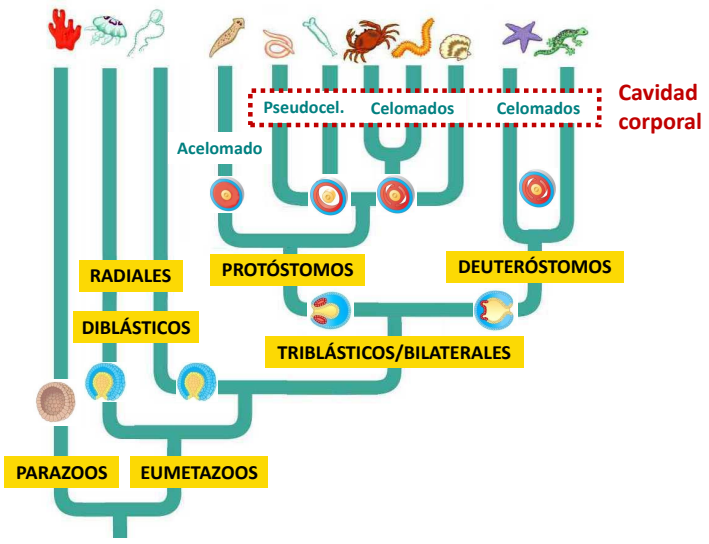
Es como instalar un sistema de riego en un campo grande para asegurarte de que el agua llegue a todas las plantas, en lugar de esperar a que la lluvia se distribuya por sí sola.

3. **Importancia de los Sistemas de Transporte**: Los sistemas de transporte, como el sistema circulatorio, son esenciales para los animales grandes. Estos sistemas permiten que el oxígeno y los nutrientes lleguen rápidamente a las células y que los desechos sean eliminados de manera eficiente.
    ⇒ **Ley de la Difusión**: El tiempo de difusión aumenta con el cuadrado de la distancia. Esto hace que la difusión sea viable solo en organismos pequeños o estructuras muy delgadas.

⇒ EVOLUCIÓN DE LAS CAVIDADES CORPORALES Y COMPLEJIDAD EN LOS ANIMALES

1. **Desarrollo de Cavidades Corporales y Aumento de Complejidad**: A lo largo de la evolución, muchos animales han desarrollado cavidades corporales llenas de líquido, como el **celoma**, lo que ha permitido un aumento en el tamaño y la complejidad de los organismos. Estas cavidades proporcionan un espacio donde los órganos pueden moverse, crecer y desarrollarse sin ser comprimidos. También facilitan la circulación de fluidos corporales, lo que mejora la distribución de nutrientes y oxígeno.

2. **Ejemplos de Animales con Diferentes Tipos de Cavidades Corporales**:
    ⇒ **Acelomados**: Como los **platelmintos**, que no tienen cavidades corporales verdaderas.
    ⇒ **Pseudocelomados**: Como los nematodos, que tienen una cavidad parcial que no está completamente rodeada por mesodermo.
    ⇒ **Celomados**: Como los moluscos, anélidos, artrópodos, y vertebrados, que tienen un celoma completo rodeado por mesodermo.



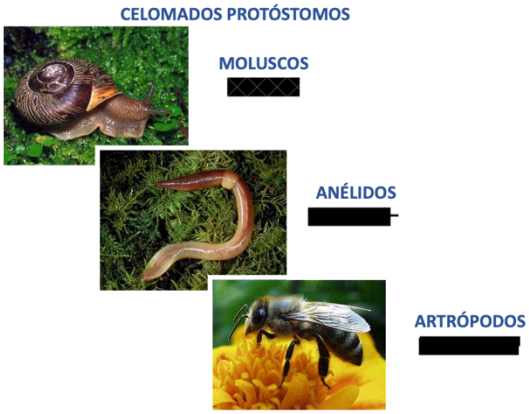
3. **Desarrollo del Tubo Digestivo Completo**: La mayoría de los animales han desarrollado un **tubo digestivo completo** con una boca y un ano, lo que permite una digestión más eficiente y un procesamiento continuo de alimentos. Esto les proporcionó un gran beneficio, ya que el tener un tubo digestivo completo permite que el alimento se procese en varias etapas, optimizando la absorción de nutrientes. Es algo similar

a una cadena de montaje en una fábrica, donde cada estación de trabajo realiza una tarea específica. Esto es mucho más eficiente que tener un solo espacio donde todo se mezcla y se procesa de manera caótica.

4. **Estructura del Celoma en los Celomados**: En los animales celomados, el mesodermo se divide y crea una cavidad que rodea completamente a los órganos internos, proporcionando soporte y permitiendo la expansión de los órganos sin interferir con otras estructuras.

⇒ DESARROLLO Y CLASIFICACIÓN AVANZADA DE LOS ANIMALES TRIBLÁSTICOS

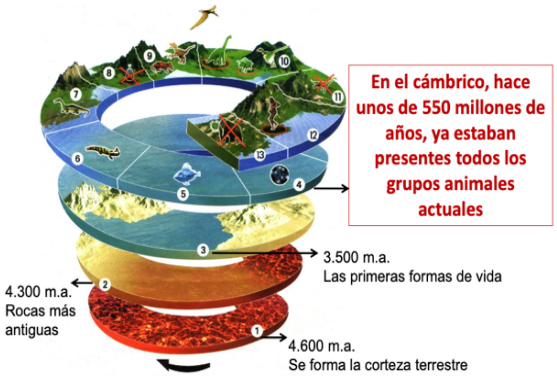
1. **Clasificación de los Animales Triblásticos:** Los **animales triblásticos** (aquellos con tres capas germinales: ectodermo, mesodermo y endodermo) se dividen en dos grupos principales basados en cómo se desarrolla su embrión:
   - ⇒ **Protóstomos**: En este grupo, el **blastoporo** (la primera abertura que se forma durante el desarrollo embrionario) se convierte en la boca, y el ano se forma después. **Ejemplos**: Moluscos, anélidos y artrópodos.
   - ⇒ **Deuteróstomos**: Aquí, el blastoporo se convierte en el ano, y la boca se forma posteriormente. **Ejemplos**: Equinodermos (como las estrellas de mar) y cordados (incluidos los humanos).



2. **Diferencias en el Desarrollo**:
   - ⇒ **Protóstomos**:
     - El mesodermo se forma a partir de células cercanas al blastoporo. La segmentación del embrión es espiral y determinada, lo que significa que el destino de las células está fijado desde el principio. Algo similar a lo que ocurre con un rompecabezas donde cada pieza tiene un lugar específico desde el principio, y no se puede cambiar.
   - ⇒ **Deuteróstomos**:
     - El mesodermo se forma a partir de una estructura diferente y el desarrollo es más flexible. La segmentación es radial e indeterminada, lo que significa que las células pueden adaptarse y cambiar su destino. Utilizando el ejemplo anterior, es como un rompecabezas en el que las piezas pueden cambiar de forma para adaptarse a diferentes ubicaciones, ofreciendo más flexibilidad en el montaje o desarrollo.

⇒ CUANDO APARECEN LOS PRIMEROS ANIMALES

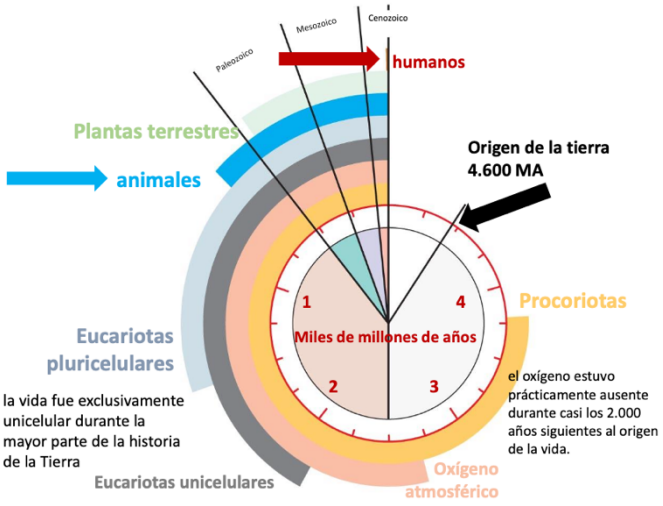
- ⇒ **Hace 4.600 millones** se forma la corteza terrestre, marcando el origen del llamado planeta Tierra, una esfera extremadamente caliente, compuesta de roca fundida y gases. No había una "superficie" sólida, sino un océano de magma en constante movimiento.
- ⇒ **Hace unos 4.300 m.a.** la Tierra comenzó a enfriarse, se solidificaron las primeras **rocas** de la corteza. Esto permitió la formación de



una capa externa estable, aunque debajo de esa corteza seguía habiendo magma caliente. La formación de esa corteza sólida iba a ser crucial para la evolución de la vida, ya que permitía la acumulación de agua en los océanos. Todo ello estabilizó el entorno para que eventualmente se desarrollaran las primeras formas de vida.

⇒ **Hace 3.500 m.a.** surgen las primeras formas de vida, los Procariotas, microorganismos unicelulares simples sin núcleo definido (bacterias).

⇒ Durante los **2.000 millones de años** siguientes, el oxígeno atmosférico estaba prácticamente ausente hasta que el Oxígeno Atmosférico comenzó a acumularse debido a la fotosíntesis realizada por cianobacterias, capaces de realizar la fotosíntesis oxigénica. Este hecho, llamado la Gran Oxidación, permitió la evolución de formas de vida más complejas:



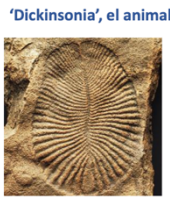
- Hace unos **1.800 millones de años**, aparecieron las primeras células con núcleo, llamadas Eucariotas Unicelulares. Esto marcó un avance en la organización celular.
- Hace aproximadamente **600 millones de años** aparecieron las Eucariotas Pluricelulares, organismos multicelulares que comenzaron a desarrollarse, lo que permitió la diversificación de formas de vida.

⇒ **Hace 550 m.a.** es el llamado período Cámbrico, entonces ocurre una explosión de diversidad biológica conocida como la "Explosión Cámbrica". La Tierra ya era un planeta joven y caliente, lo que permitió que, a partir de la evolución de las Eucariotas pluricelulares, se creara una gran diversificación, apareciendo casi todos los grupos principales de animales que conocemos hoy.





Las plantas terrestres colonizaron la tierra firme después de los animales, facilitando la creación de ecosistemas complejos.





Finalmente, en un periodo extremadamente reciente en comparación con la historia total de la Tierra se produjo un gran acontecimiento, la aparición del hombre.

Esto aconteció a lo largo de estos tres periodos principales:

⇒ **Paleozoico (541 - 252 millones de años atrás)**

<u>Características principales</u>:

- Comienza con la **Explosión Cámbrica**, una diversificación masiva de la vida animal.
- Aparecen los primeros animales con conchas, peces, insectos, y anfibios.
- Las plantas y animales colonizan la tierra firme.
- Termina con la **Extinción del Pérmico-Triásico**, también conocido como **"La Gran Mortandad"**, es el acontecimiento de extinción más catastrófico de la historia de la Tierra, que ocurrió aproximadamente hace **252 millones de años**. Durante este período

desapareció el **96% de las especies marinas** y alrededor del **70% de las especies terrestres**. Fue tan devastadora que afectó prácticamente a toda la vida en el planeta.



Posibles causas:

Aunque no hay una única explicación definitiva, las principales teorías dicen:

1. **Erupciones volcánicas masivas**: En Siberia, enormes erupciones volcánicas formaron las **Trampas Siberianas**, liberando cantidades gigantescas de lava, gases tóxicos y dióxido de carbono (CO_2). Las consecuencias fueron, un aumento extremo del **efecto invernadero**, con un calentamiento global drástico. Acidificación de los océanos, que dañó a los organismos marinos. Emisión de compuestos de azufre, que provocaron lluvias ácidas y oscurecieron la atmósfera.
2. **Falta de oxígeno en los océanos (anoxia oceánica)**: El calentamiento global redujo la circulación de oxígeno en los océanos, creando zonas muertas. Esto afectó gravemente a las especies marinas.
3. **Liberación de metano**: Ese calentamiento podría haber derretido hidratos de metano congelados en los océanos, liberando este potente gas de efecto invernadero y exacerbando el calentamiento.
4. **Cambios climáticos extremos**: Se cree que hubo fluctuaciones bruscas entre climas cálidos y fríos, que los organismos no pudieron soportar. Las variaciones fueron desde cálido a glaciaciones al final de la era.

Todo esto trajo como consecuencia que en los océanos desaparecieran casi todas las especies de corales, moluscos y trilobites. En tierra firme, muchas especies de reptiles, insectos y plantas también se extinguieron. La recuperación de la biodiversidad fue muy lenta; los ecosistemas cambiaron radicalmente. Se estima que la vida tardó entre **5 y 10 millones de años** en volver a diversificarse.
Todo esto marcó el comienzo del periodo **Mesozoico**.

⇒ Mesozoico (252 - 66 millones de años atrás)

Características principales:

- Es conocida como la **"Era de los Reptiles"**, ya que estuvo dominada por los dinosaurios.
- Aparecen las primeras aves y mamíferos pequeños.
- Las plantas con flores (angiospermas) evolucionan.
- Termina con la **Extinción del Cretácico-Paleógeno**, probablemente causada por el impacto de un asteroide, que acabó con los dinosaurios no avianos.
- **Clima**: Generalmente cálido, sin casquetes polares significativos.
- Termina con la **Extinción del Cretácico-Paleógeno (K-Pg), suceso** famoso por la desaparición de los **dinosaurios no avianos** (no aves) y aproximadamente el **75% de todas las especies de la Tierra**. solo algunas especies, como los mamíferos pequeños, aves y reptiles, lograron sobrevivir.

Posibles causas:

Existen dos hipótesis principales (y complementarias) sobre las causas:

- Un **asteroide** de unos 10-15 kilómetros de diámetro impactó la Tierra en lo que hoy es la península de Yucatán, México, formando el cráter de **Chicxulub**. La consecuencia fue una explosión equivalente a miles de millones de bombas atómicas, liberando una enorme cantidad de polvo y partículas a la atmósfera. Esto hizo que la luz solar no llegara,

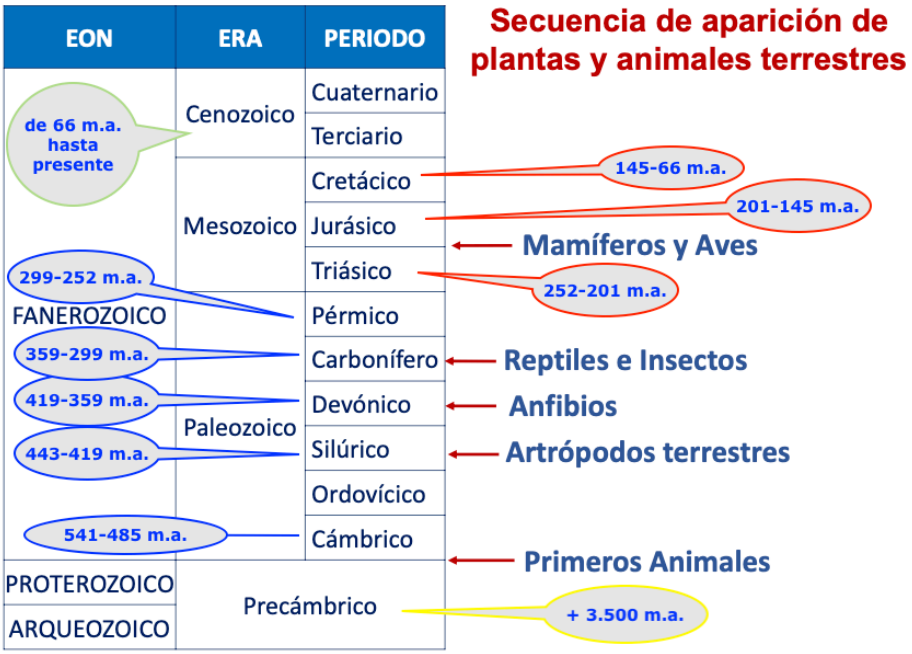
causando un **invierno nuclear** que duró meses o años, lo que redujo drásticamente las temperaturas globales. La fotosíntesis se detuvo, colapsando cadenas alimenticias terrestres y marinas.

- **Erupciones volcánicas masivas** y prolongadas en la región conocida como las **Trampas del Decán** (India), esto hizo que se liberan grandes cantidades de dióxido de carbono y compuestos de azufre.
  Todo ello produjo un cambio climático severo debido al calentamiento global. Los océanos perdieron su PH por lo que se volvieron ácidos, dañando gravemente los ecosistemas marinos.
- También hizo que desaparecieran todos los grandes dinosaurios terrestres. Todos los reptiles voladores. Muchas especies de plantas, moluscos y organismos marinos. Solamente quedaron los pequeños mamíferos (debido a su pequeño tamaño, dietas más flexibles y capacidad para refugiarse), las aves, cocodrilos, tortugas, y algunos peces.
- Esto trajo como consecuencia que las cadenas alimenticias colapsaron tanto en la tierra como en los océanos, eliminando especies que dependían de recursos específicos.
- También permitió que, al extinguirse los dinosaurios, los **mamíferos** se diversificaran rápidamente, ocupando los nichos ecológicos que antes estaban dominados por ellos, lo que llevó a la evolución de nuevos grupos, incluidos los primates y, eventualmente, los humanos.
- Las plantas con flores y los mamíferos comenzaron a dominar los ecosistemas terrestres.
- En los océanos, los peces óseos reemplazaron a otros grupos que habían sido dominantes.
- Por todo lo dicho se puede decir que la extinción del **Cretácico-Paleógeno** no solo transformó la vida en la Tierra, sino que gracias a ese evento catastrófico se remodeló completamente la biodiversidad global, marcando el fin de una era y el inicio de otra.

⇒ **Cenozoico (66 millones de años atrás - Presente)**

<u>Características principales</u>:

- Este periodo es conocido como la **"Era de los Mamíferos"**, ya que estos son los que diversificaron y dominaron tras la extinción de los dinosaurios.
- Fue la época de la evolución y expansión de aves y plantas con flores.
- Aparecen los primeros homínidos hace unos **6 millones de años**, culminando con los humanos actuales.
- Cambios climáticos significativos, incluyendo la formación de casquetes polares y varias eras glaciales.
- El clima se ha ido desarrollando de manera variable, con tendencia hacia el enfriamiento general a lo largo de toda la era.



⇒ **Resumen General**

- ◊ **Paleozoico**: Surgimiento de la vida compleja y colonización de la tierra.
- ◊ **Mesozoico**: Dominio de los dinosaurios y evolución de plantas con flores.
- ◊ **Cenozoico**: Diversificación de mamíferos y evolución de los humanos.

⇒ **¿DE QUE MEDIOS SE DISPONE HOY QUE AVALEN LO DICHO SOBRE ESTOS TRES PERIODOS**?

Todo lo que se sabe sobre el **Paleozoico**, **Mesozoico**, y **Cenozoico**, así como las extinciones masivas asociadas, está basado en un conjunto de pruebas suficientemente sólidas hasta hoy y recopiladas a lo largo de décadas por diversas disciplinas científicas. Estas pruebas incluyen **fósiles**, **datos geológicos**, **análisis químicos** y **simulaciones matemáticas**.

Estos son los pilares que avalan los datos científicos de hoy:

1. Registros fósiles

- **¿Qué son estos registros?**: Son los restos o evidencias de organismos que vivieron en el pasado y que se han conservado en las capas de rocas sedimentarias.

Los registros fósiles pueden incluir:

→ **Restos de cuerpos:** Huesos, conchas, hojas, troncos, etc.
→ **Huellas:** Pisadas, marcas de arrastre, nidos, etc.
→ **Moldes:** Impresiones de organismos en las rocas.
→ **Restos de actividad:** Coprolitos (excrementos fósiles), marcas de mordidas, etc.

- **¿Para qué sirven los registros fósiles?** Son una herramienta fundamental para los **paleontólogos**, ya que permiten:

→ **Estudiar la evolución:** Observando cómo cambian las especies a lo largo del tiempo se puede entender los procesos evolutivos.
→ **Reconstruir ecosistemas antiguos:** Analizando los fósiles de una región, es posible imaginar cómo era la vida en ese lugar hace millones de años.
→ **Datar las rocas:** Los fósiles ayudan a determinar la edad de las rocas sedimentarias y a establecer una escala de tiempo geológico.
→ **Descubrir nuevas especies:** A menudo, los fósiles revelan la existencia de organismos que nunca se habían conocido.

- **¿Cómo se realizan estas investigaciones?**

→ **Fósiles índice**: Cada tipo de fósil es como una especie de sello de tiempo. Algunos organismos solo existieron durante ciertos períodos geológicos, por lo tanto, estos fósiles, llamados fósiles índice, son como los marcadores que indican la edad aproximada de la roca en la que se encuentran. Por ejemplo, si se encuentra un **trilobite** (artrópodo marino del Paleozoico) en una roca, sabemos que esa roca se formó durante ese periodo.
→ **Principio de superposición**: Las rocas sedimentarias se depositan en capas, una encima de otra. Las capas más profundas son generalmente más antiguas que las capas superiores. Si se encuentran fósiles diferentes en diferentes capas, se puede establecer una secuencia relativa de edades. Los fósiles de las capas inferiores serán más antiguos que los de las capas superiores.
→ **Correlación de capas:** Al comparar las secuencias de fósiles en diferentes lugares del mundo, los geólogos pueden correlacionar las rocas de diferentes edades y construir una escala de tiempo geológico más detallada.

- **¿Cómo funciona en la práctica?**

→ **Los Paleontólogos** son científicos que estudian los fósiles y determinan su edad relativa basándose en su configuración y en la comparación con otros fósiles conocidos.

→ La rama de la geología llamada **Estratigrafía** se encarga de estudiar las capas de rocas sedimentarias y su contenido fósil. Estos científicos utilizan los fósiles para establecer la secuencia de acontecimientos geológicos y la edad relativa de las rocas.

→ **Datación radiométrica** es el medio por el que, aunque los fósiles dan una edad relativa, se utiliza para obtener la edad absoluta (en años) a través de **métodos radiométricos**. Estos métodos se basan en la **desintegración de isótopos radiactivos**[2] presentes en las rocas.
La formación de un fósil es un proceso complejo que requiere condiciones específicas. Por lo general, un organismo muere y queda enterrado rápidamente por sedimentos. Con el tiempo, los minerales disueltos en el agua se infiltran en los restos del organismo y los reemplazan, petrificándolos. Por todo ello, los registros fósiles son una ventana al pasado que permite explorar la historia de la vida en la Tierra. Son una fuente inagotable de información sobre la evolución, la biodiversidad y los cambios ambientales que han ocurrido a lo largo de millones de años.

2. Estratigrafía

→ Se llama así al estudio de las capas de rocas (estratos) para interpretar la historia de la Tierra.

→ Las capas de roca correspondientes a la extinción del **Pérmico-Triásico** muestran un cambio abrupto en la composición química y tipos de fósiles.

→ El límite Cretácico-Paleógeno está marcado por una delgada capa de **iridio**, un elemento raro en la Tierra, pero común en asteroides. Esto confirma el impacto del asteroide en **Chicxulub (península de Yucatán)**.

→ Cambios en los sedimentos, como acumulaciones de azufre y cenizas volcánicas, evidencian las erupciones masivas.

3. Geología

→ La geología estudia la composición, estructura y procesos de la Tierra.

→ El cráter de 150 km de diámetro en Chicxulub se corresponde con el impacto del asteroide que causó la extinción del **Cretácico-Paleógeno**.

→ Las Trampas Siberianas del **Pérmico-Triásico** y las Trampas del Decán del **Cretácico-Paleógeno** son gigantescas formaciones volcánicas que demuestran erupciones prolongadas y masivas.

→ Rocas ricas en carbono, azufre y otros compuestos que indican cambios climáticos extremos.

4. Paleo climatología

→ Se llama así al estudio de los climas antiguos mediante registros geológicos y químicos.

→ Las burbujas de aire atrapadas en el hielo polar muestran fluctuaciones en los niveles de CO_2 y temperaturas globales.

---

[2] Todos los átomos de carbono tienen 6 protones, pero pueden tener un número diferente de neutrones. Estas diferentes versiones de un mismo elemento se llaman isótopos. Algunos isótopos son estables, mientras que otros son radiactivos.
Los isótopos radiactivos son inestables, lo que significa que sus núcleos atómicos tienden a descomponerse espontáneamente con el tiempo. Durante este proceso, emiten partículas y energía para alcanzar una configuración más estable. Esta descomposición se llama desintegración radiactiva. Y esto es lo que se utiliza para la datación. Y como la tasa a la que un isótopo radiactivo se descompone es constante y conocida, sirve como un reloj que marca el paso del tiempo. Cuando un isótopo radiactivo se descompone, se transforma en otro elemento, llamado "elemento hijo". Al medir la proporción entre el elemento padre y el elemento hijo en una muestra, los científicos pueden calcular cuánto tiempo ha transcurrido desde que se formó esa muestra. Pero, ¿Cómo funciona la datación radiométrica?
Los científicos seleccionan un isótopo radiactivo adecuado para la muestra que quieren datar. La elección del isótopo depende de la edad estimada de la muestra y de la vida media del isótopo (el tiempo que tarda la mitad de los átomos en descomponerse). Se mide la cantidad del isótopo padre y del elemento hijo en la muestra. Utilizando la constante de desintegración del isótopo y la proporción medida, se calcula la edad de la muestra. Lo isótopos utilizados en datación son:
Carbono-14: Para datar materiales orgánicos relativamente recientes (hasta unos 50.000 años). Potasio-40: Para datar rocas volcánicas y minerales. Uranio-238: Para datar rocas muy antiguas. Así se reconstruye la historia del planeta.

→ Los isotopos de carbono en rocas y fósiles evidencian períodos de calentamiento global (por ejemplo, tras las erupciones volcánicas) o enfriamiento extremo (como los inviernos nucleares).
→ La acidificación de los océanos está registrada en los isótopos de oxígeno y carbono en los fósiles marinos.

5. Química del Iridio y Material Extraterrestre

→ **¿Qué es?**: El iridio es un metal raro en la corteza terrestre, pero abundante en meteoritos y asteroides.
→ En la capa de iridio en sedimentos encontrados de todo el mundo en el límite de la extinción masiva del **Cretácico-Paleógeno** confirma el impacto de un asteroide hace **66 millones de años**.
→ Esférulas de vidrio y tectitas (objetos de vidrio natural) formados por el impacto también se encuentran en esa capa.

6. Simulaciones y Modelos Computacionales

→ Se utilizan modelos matemáticos para simular cómo los cambios en el clima, volcanismo o impactos de asteroides afectarían a la atmósfera, océanos y a los seres vivos.
→ Las simulaciones muestran cómo un invierno nuclear, provocado por polvo y cenizas volcánicas, causaría colapsos ecológicos. Y los modelos de circulación oceánica confirman que la **anoxia** (falta de oxígeno) en los océanos puede ocurrir tras un calentamiento global.

7. **¿Qué es la Biología Molecular en este contexto?** La **biología molecular** estudia las moléculas de la vida, como el ADN, ARN y las proteínas, para entender cómo han evolucionado las especies. En el caso de los eventos de extinción masiva, se utiliza para investigar cómo ciertos grupos de animales o plantas sobrevivieron, y cómo otros desaparecieron.

→ **Cuellos de botella genéticos:** Durante una extinción masiva, la mayoría de los individuos de una especie pueden morir, dejando solo unos pocos supervivientes. Esto se llama **cuello de botella genético** porque la diversidad genética (las diferentes variantes de ADN) se reduce drásticamente. Si 1.000 personas de una población mueren y quedan solo 10, todos sus descendientes heredarán las mismas pocas variantes de ADN, lo que reduce la diversidad.
→ **Estudios en el ADN moderno:** Los científicos pueden analizar el ADN de las especies actuales (como mamíferos o aves) y compararlo con fósiles antiguos. Esto ayuda a rastrear cómo cambiaron las poblaciones después de las extinciones. En el ADN de mamíferos y aves, se han encontrado señales de **cuellos de botella genéticos** que coinciden con las extinciones masivas, como la del **Cretácico-Paleógeno**.
→ **Árboles evolutivos:** Usando comparaciones de ADN, los científicos pueden construir **árboles evolutivos** que muestran cómo están relacionadas las especies actuales. Esto permite identificar:
  - Qué grupos sobrevivieron a una extinción.
  - Cuándo y cómo surgieron especies nuevas tras esos eventos.
  - Los mamíferos pequeños (ancestros de los actuales) muestran un aumento en su diversidad genética después de la extinción de los dinosaurios, lo que indica que ocuparon los nichos ecológicos que quedaron vacíos.
→ **Relación entre especies:** Al comparar ADN, se puede ver qué grupos tienen un ancestro común y si ese grupo sobrevivió o se extinguió durante un evento catastrófico. Las aves actuales están relacionadas genéticamente con algunos dinosaurios (terópodos). Esto confirma que no todos los dinosaurios se extinguieron: las aves sobrevivieron y evolucionaron.

⇒ CUÁNTAS ESPECIES EXISTEN EN LA ACTUALIDAD

Estos son los datos generales de los que hoy se disponen sobre la diversidad y distribución de las especies animales:

- Aproximadamente **1,5 millones de especies** descritas (el nº fluctúa entre 10 y 30 millones de especies)
- **35 filos** (35 organizaciones corporales distintas)
- **95% son invertebrados**: la mayoría de los grupos poco conocidos
- **5% vertebrados**: grupo más familiar y conocido
- La mayor abundancia de especies y diversidad se encuentra en los **océanos**
- **Sólo** Artrópodos y Vertebrados han colonizado el medio terrestre con éxito)
- **El 99% de las especies que han existido se han extinguido**

1. Número de especies descritas: Aunque no hay demasiado consenso, se cree que actualmente, se han identificado y descrito **1,5 millones de especies animales**. Sin embargo, los científicos estiman que podrían existir entre **10 y 30 millones de especies** en total, muchas de ellas aún desconocidas.

3. **Diversidad de filos:** Hay **35 filos** en el reino animal. Cada filo es la categoría principal en la clasificación biológica o taxonomía, que agrupa a los animales según su plan corporal básico**,** por lo que representa una organización corporal distinta (por ejemplo, artrópodos, moluscos, cordados).

3. Invertebrados y vertebrados: El 95% son invertebrados, como insectos, moluscos y medusas, y representan la mayor parte de la biodiversidad y, en su mayoría, son poco estudiados. El 5% restante son vertebrados; este grupo incluye peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, y es el más conocido debido a su cercanía con los humanos.

4. Ecosistemas con mayor diversidad: La mayor parte de las especies y la diversidad animal se encuentran en los **océanos**, que albergan desde pequeños invertebrados hasta grandes mamíferos marinos como las ballenas.

5. Colonización del medio terrestre: Solo los artrópodos y los vertebrados han logrado colonizar el medio terrestre con éxito. Esto se debe a sus adaptaciones: Exoesqueletos impermeables en los artrópodos y sistemas respiratorios avanzados y esqueletos internos en los vertebrados.

6. Extinción histórica: El 99% de las especies que han existido en la Tierra ya se han extinguido. Esto es parte del proceso evolutivo, donde hechos como las extinciones masivas han moldeado la biodiversidad actual.

Por todo ello, la diversidad animal es extensísima, pero conocemos solo una pequeñísima parte de ella. La mayoría son invertebrados, los océanos son los ecosistemas más ricos, y solo algunos grupos han conquistado la tierra firme de forma eficiente. Además, la extinción masiva de especies es un fenómeno constante en la historia de la vida.

⇒ INVASIÓN DEL MEDIO TERRESTRE

Estos fueron estos los **requisitos clave para que los animales pudieran colonizar el medio terrestre**, enfrentándose a los desafíos de un ambiente completamente diferente al acuático:

1. **Soporte corporal frente a la gravedad**: En el agua, el cuerpo de los animales está sostenido por la flotación, pero en tierra, la **gravedad** ejerce una fuerza que los animales deben resistir para mantenerse erguidos y moverse. Por lo que es preciso poseer estructuras rígidas como esqueletos internos (vertebrados) o exoesqueletos (artrópodos) para proporcionar soporte. También

es necesario músculos más fuertes y articulaciones especializadas para permitir el movimiento en un entorno donde no hay flotación. Por todo ello, los anfibios desarrollaron extremidades fuertes para soportar su peso fuera del agua.

2. Impedir la desecación (pérdida de agua) En el medio terrestre, los organismos se enfrentan el riesgo constante de perder agua por evaporación. Varias evoluciones se produjeron para evitar esto:

→ **Superficies respiratorias húmedas**: Para el intercambio de gases, las superficies respiratorias (como los pulmones) deben estar húmedas, lo que supone un desafío en ambientes secos. Para solucionar esto se desarrollaron los sistemas respiratorios internos, como pulmones protegidos dentro del cuerpo, que minimizan la pérdida de agua.

→ **Superficie corporal impermeable**: La piel o cubierta corporal debe evitar que el agua se evapore rápidamente. Los artrópodos desarrollaron cutículas cerosas, y los reptiles, escamas impermeables.

→ **Fecundación interna**: En ambientes acuáticos, los gametos (espermatozoides y óvulos) se liberan directamente al agua para fertilizarse. En tierra, donde no hay agua externa, los animales desarrollaron **fecundación interna** para proteger los gametos durante la fertilización. Los reptiles y mamíferos realizan la fertilización dentro del cuerpo de la hembra, y muchos desarrollaron huevos con cáscaras resistentes o sistemas vivíparos (dar a luz crías vivas).

¿Por qué son importantes estas adaptaciones? Estas características permitieron a ciertos grupos de animales (como artrópodos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) salir del agua y ocupar una gran diversidad de hábitats terrestres. Sin estas innovaciones, los animales no habrían podido sobrevivir en un medio donde el agua es limitada y la gravedad es un desafío constante.

⇒ **LOS PRIMEROS ANIMALES COLONIZADORES**

Los Artrópodos fueron los primeros animales en colonizar el medio terrestre hace unos **450 millones de años**, durante el período **Silúrico**. Lograron adaptarse al ambiente terrestre gracias a varias características clave:



1. **Exoesqueleto como soporte:** El cuerpo lo tienen recubierto por un **exoesqueleto duro** (hecho de quitina), lo que les proporcionó soporte estructural frente a la gravedad terrestre y protección contra depredadores y el entorno.
2. **Cutículas impermeabilizadas:** Su exoesqueleto también es **impermeable**, lo que evitaba que perdieran agua por evaporación, un problema crucial en el medio terrestre.
3. **Superficies respiratorias internas:** Los artrópodos desarrollaron sistemas respiratorios internos, como tráqueas o pulmones en libro (en escorpiones y arañas), que permitían intercambiar gases sin exponer superficies húmedas al exterior.
4. **Fecundación interna:** En lugar de depender del agua para la reproducción, los artrópodos desarrollaron **fecundación interna**, lo que protegía a los gametos (óvulos y espermatozoides) de la desecación.

¿Qué tipos de artrópodos colonizaron primero?:

→ Inicialmente, los primeros colonizadores fueron **ciempiés, milpiés** y los ancestros de **arañas** y **escorpiones**.

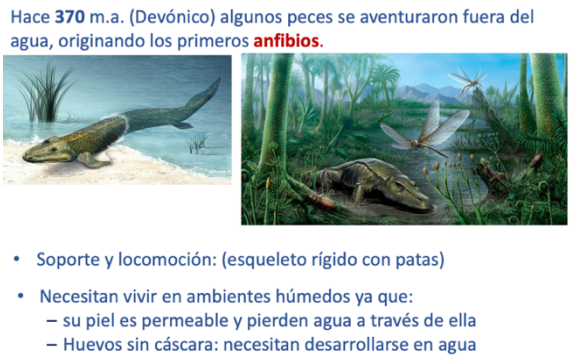
→ Más adelante, durante su diversificación, aparecieron **insectos**, que se convirtieron en los artrópodos más abundantes en el medio terrestre.

Impacto de esta colonización:

→ Los artrópodos fueron los **pioneros** en explotar los recursos terrestres, como la vegetación y los suelos.

→ Su éxito sentó las bases para que otros grupos animales, como los anfibios y los reptiles, comenzaran a colonizar la tierra.

Origen de los Anfibios: Los **primeros Anfibios** evolucionaron a partir de peces que comenzaron a salir del agua desarrollando adaptaciones hace aproximadamente **370 millones de años**, durante el **Devónico**. Esto marcó un paso crucial en la transición del medio acuático al terrestre, aunque seguían dependiendo de ambientes húmedos para muchas funciones vitales.



1. Adaptaciones para el Soporte y Locomoción:

→ **Esqueleto rígido con patas:** Los peces que dieron origen a los anfibios, como el pez sarcopterigio Tiktaalik, desarrollaron aletas reforzadas que evolucionaron hacia extremidades. Estas extremidades permitieron moverse y soportar su peso en tierra. Esto fue de gran importancia en la evolución, ya que en el agua el cuerpo estaba sostenido por la flotación, pero en tierra era necesario un sistema de soporte (esqueleto y músculos) para resistir la gravedad.

2. Dependencia de Ambientes Húmedos: Aunque pudieron colonizar el medio terrestre, los primeros anfibios todavía tenían **fuertes limitaciones** que los ataban a zonas húmedas:

→ **Piel Permeable:** Su piel es delgada y permite el intercambio de gases (respiración cutánea), pero también provoca pérdida de agua por evaporación. Por ello, necesitan vivir en ambientes húmedos para evitar desecarse.

→ **Huevos sin cáscara:** Los huevos de los anfibios no tienen cáscara protectora, lo que los hace vulnerables a la deshidratación. Por esa razón, deben ser depositados en agua o ambientes extremadamente húmedos para desarrollarse.

→ **Diferencia con reptiles:** Todo esto hizo que los reptiles evolucionaran a poner huevos con cáscaras resistentes, esto les permitió ser más independientes del agua.

3. Impacto en la Evolución: Los anfibios marcaron un hito en la historia evolutiva al adaptarse al medio terrestre, pero su dependencia de ambientes húmedos limitó su expansión.

→ Fueron los primeros **vertebrados** en habitar la tierra, abriendo el camino para que otros grupos, como los reptiles, se adaptaran aún más al ambiente terrestre.

→ Este cambio permitió la diversificación de ecosistemas terrestres y la expansión de la vida más allá de los océanos.

Origen de los Reptiles: Los reptiles evolucionaron a partir de anfibios, pero lograron adaptarse mucho mejor al medio terrestre debido a características específicas que les permitieron una mayor independencia del agua.

Los **Reptiles** surgieron al final del periodo carbonífero y sufrieron una gran radiación adaptativa de formas tanto acuáticas como terrestres, durante todo el mesozoico (llamado por ello "era de los reptiles")



Bien adaptados al medio terrestre:
- Esqueleto más versátil
- Piel impermeable con escamas
- Huevos con cubiertas protectoras y cáscara

1. Adaptaciones Clave para la Vida Terrestre:

→ **Esqueleto más versátil:** Su esqueleto es más robusto y flexible que el de los anfibios, lo que les permitió moverse eficientemente en tierra firme y soportar mejor su peso. Esto facilitó la evolución de formas distintas, tanto terrestres como acuáticas, como los ictiosaurios, y voladoras como los pterosaurios.

→ **Piel impermeable con escamas:** Su piel está cubierta por **escamas queratinizadas**, lo que reduce la pérdida de agua por evaporación y protege contra el daño físico. Esta adaptación les permitió colonizar ambientes secos que eran inaccesibles para los anfibios.

→ **Huevos con cáscara y membranas protectoras (amniotas):** Los huevos de los reptiles están protegidos por una **cáscara dura o flexible** que previene la desecación, y contienen membranas internas que proporcionan nutrientes y eliminan desechos. Esto permitió a los reptiles reproducirse completamente en tierra, a diferencia de los anfibios, que necesitaban agua para poner sus huevos.

2. Radiación Adaptativa en el Mesozoico: Durante el **Mesozoico** (hace 252-66 millones de años), los reptiles se diversificaron en una enorme variedad de formas y estilos de vida, dominando la tierra, los mares y los cielos.

- **Ejemplos:**
  - ◊ Dinosaurios terrestres: Tiranosaurios, Triceratops, etc.
  - ◊ Reptiles marinos: Ictiosaurios y plesiosaurios.
  - ◊ Reptiles voladores: Pterosaurios.

3. Importancia Evolutiva: Los reptiles fueron los primeros vertebrados en conquistar completamente los ambientes terrestres por su perfecta adaptación (esqueleto versátil, piel impermeable y huevos protegidos), marcando un avance clave en la evolución de los animales terrestres y convirtiéndose en los dominadores del Mesozoico. Su éxito permitió el desarrollo de nuevas formas de vida, incluyendo eventualmente a los mamíferos y las aves.

Origen de las Aves: Las aves evolucionaron de diferentes linajes de reptiles durante el **Mesozoico**, pero que se diversificaron enormemente tras la extinción de los dinosaurios. La evolución se inició a partir de un grupo de dinosaurios terópodos (dinosaurios carnívoros bípedos). Aparentemente tenían caracteres intermedios entre los dinosaurios emplumados y las aves modernas. Un ejemplo de ello es el **Archaeopteryx**, considerada una de las primeras aves en el registro fósil, concretamente del Jurásico, hace unos 150 millones de años. Muestra una mezcla de rasgos entre reptil y ave (dientes, garras en las alas, una cola ósea larga, plumas y huesos ligeros adaptados al vuelo.

Aves y **mamíferos** se originaron a partir de diferentes grupos de reptiles, durante el mesozoico
Diversificaron enormemente tras la desaparición de los dinosaurios



Recreación de *Archaeopteryx*, el ave más antigua en el registro fósil; presenta características tanto de reptil como de ave



Los primeros mamíferos convivieron con los dinosaurios. Eran pequeños y de hábitos nocturnos



El fósil del Archaeopteryx es clave para ver la transición evolutiva de dinosaurios a aves.

Origen de los Mamíferos: Los mamíferos evolucionaron a partir de un grupo de reptiles llamados **sinápsidos**. Durante el **Mesozoico**, los mamíferos convivieron con los dinosaurios, pero eran pequeños, de hábitos principalmente nocturnos, y no competían directamente con los grandes reptiles.

→ **Características de estos primeros mamíferos**:

- ◊ **Tamaño pequeño:** Esto les permitió sobrevivir en un ecosistema dominado por dinosaurios.
- ◊ **Pelaje y metabolismo endotérmico (sangre caliente):** Les ayudó a mantener la temperatura corporal y a adaptarse a la vida nocturna.
- ◊ **Dieta versátil:** Muchos eran insectívoros, lo que redujo la competencia con los dinosaurios herbívoros y carnívoros.

3. Diversificación tras la Extinción de los Dinosaurios: Tras la extinción del **Cretácico-Paleógeno** (hace 66 millones de años), desaparecieron los grandes dinosaurios no avianos, dejando vacíos ecológicos, que tanto las aves como los mamíferos aprovecharon.

- **Aves**: Se diversificaron en una enorme variedad de formas y estilos de vida, ocupando nichos como voladores, terrestres y acuáticos.
- **Mamíferos**: Se convirtieron en los vertebrados dominantes en tierra firme, evolucionando hacia grupos modernos como roedores, primates, y grandes herbívoros y carnívoros.

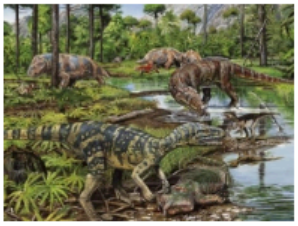
Importancia Evolutiva: Las aves y mamíferos representan linajes triunfantes que surgieron a partir de reptiles del **Mesozoico**, adaptándose a diferentes condiciones y eventualmente dominando el mundo tras la extinción masiva.

ESPECIES ACTUALES

- Aproximadamente **1,5 millones de especies** descritas (el nº fluctúa entre 10 y 30 millones de especies)
- **35 filos** (35 organizaciones corporales distintas)
- **95% son invertebrados**: la mayoría de los grupos poco conocidos
- **5% vertebrados**: grupo más familiar y conocido
- La mayor abundancia de especies y diversidad se encuentra en los **océanos**
- **Sólo** Artrópodos y Vertebrados han colonizado el medio terrestre con éxito)
- **El 99% de las especies que han existido se han extinguido**

ESPECIES EXTINGUIDAS





ERA	PERIODO	M.a
Cenozoico	Cuaternario	1,8
	Terciario	65
Mesozoico	Cretácico	144
	Jurásico	206
	Triásico	251
Paleozoico	Pérmico	290
	Carbonífero	354
	Devónico	408
	Silúrico	439
	Ordovícico	495
	Cámbrico	543

← 5 70% de las especies
extinción de dinosaurios y ammonites

← 4 70% de las especies



← 3 96% sp. marinas
70% sp. terrestres
extinción de Trilobites

← 2 70% de las especies marinas.

← 1 85% de las especies marinas
50% de los corales

- **El 99% de las especies que han existido se han extinguido**

Tipos de extinciones

Una extinción de fondo es el proceso natural y lento por el cual desaparecen especies a lo largo del tiempo; son cambios normales en el ambiente, competencia, o evolución, no por eventos catastróficos.

➢ **Extinción de fondo:**

- Responsable del 96% de las extinciones
- Extinción lenta y gradual
- Forma parte del proceso evolutivo. Las especies se forman, permanecen un tiempo en nuestro planeta (los millones de años que perduran depende de las especies) y se extinguen

➢ **Extinciones masivas:**

- Responsable del 4% de las extinciones
- Extinciones rápidas (1 millón de años) y bruscas (catástrofe)

Las extinciones masivas son eventos catastróficos y rápidos (en términos geológicos) que eliminan una gran cantidad de especies en un corto periodo de tiempo. Suelen estar causadas por factores extraordinarios como impactos de asteroides, erupciones volcánicas masivas o cambios climáticos extremos. Ha habido cinco grandes extinciones masivas en la historia de la Tierra, como la del Pérmico-Triásico y la del Cretácico-Terciario.

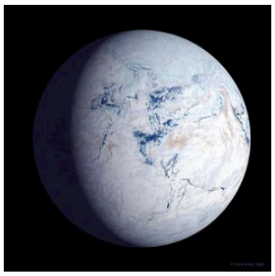
¿Cuáles fueron las causas?

Erupciones volcánicas



Glaciaciones





Impacto de meteoritos de grandes dimensiones



Estimas: 1 cada 100 millones de años

El último:
hace 65 m.a. en la península de Yucatán



Consecuencias:
Extinción de los Dinosaurios