

TEMA 5 *Orixe e evolución da biodiversidade*



A ORIXE DA BIODIVERSIDADE

Que é a biodiversidade?

Tradicionalmente, a biodiversidade ou diversidade biolóxica definiuse como a variedade de especies e a súa abundancia relativa nun ecosistema. Na Conferencia de Río de Xaneiro de 1992, o concepto de biodiversidade modificouse e actualmente engloba:

- A **cantidade e a abundancia** relativa de especies da Terra (diversidade de especies).
- A **variedade xenética** dentro das especies (diversidade xenética).
- A **diversidade de ecosistemas** (comunidades) nos que viven as especies (diversidade de ecosistemas).

Actualmente, están catalogadas 1,7 millóns de especies; delas, o 85% son terrestres, e o número aumenta cada ano. Non obstante, estímase que o nivel real é moito maior e que está entre 3,5 e 50 millóns.

Esta enorme variedade biolóxica é consecuencia do proceso evolutivo e da adaptación dos organismos aos distintos hábitats do planeta.

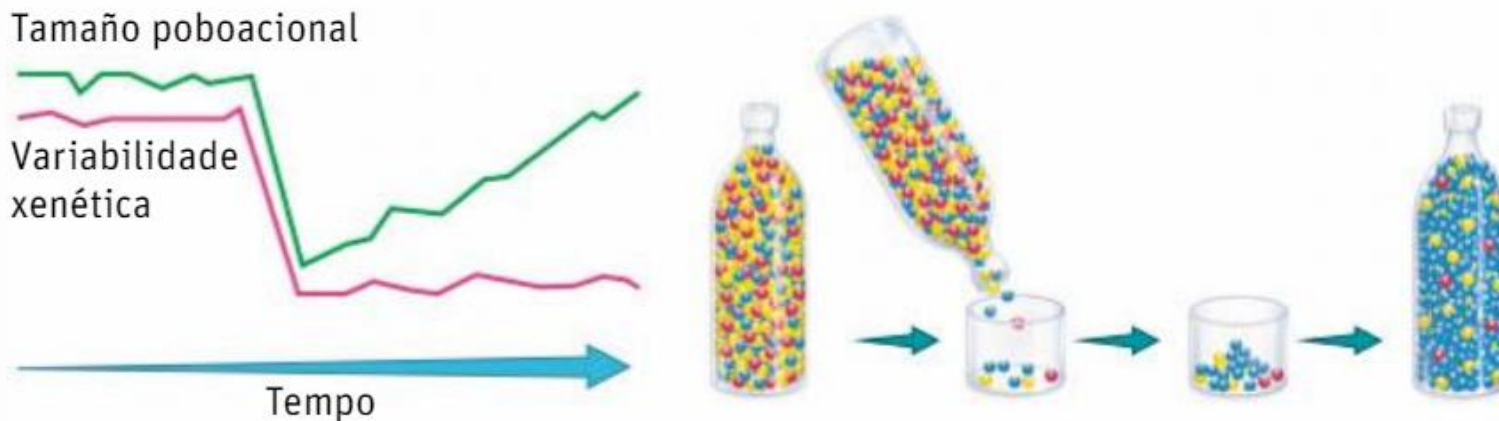


POR QUE É **IMPORTANTE** A DIVERSIDADE XENÉTICA NAS POBOACIÓNS?

Un colo de botella xenético

En 1962, unha anormal estación de chuvias no cráter do Ngorongoro (Tanzania) favoreceu o desenvolvemento dunha praga de moscas bravas (*Stomoxys calcitrans*) que reduciu a 15 individuos a poboación de leóns (*Panthera leo*). Deles descende a actual poboación de leóns do Ngorongoro, formada por uns cen individuos, que presenta graves problemas reprodutivos e de supervivencia.

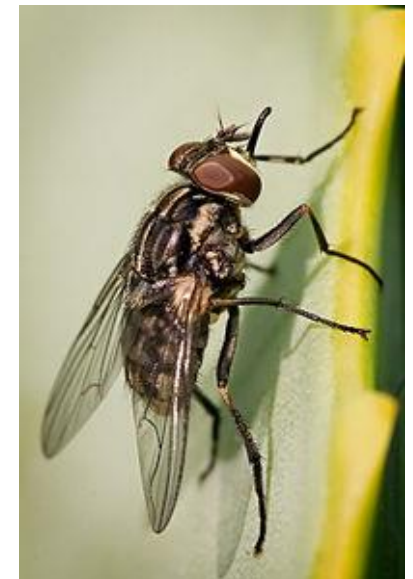
Este é un exemplo do que sucede cando, de todos os xenes dunha poboación, só se transmiten uns poucos. Na gráfica represéntase o que sucede coa diversidade xenética dunha poboación cando pasa por un “colo de botella”.



Como vimos no Tema 2, a variabilidade xenética é moi importante nas especies porque se se produce un cambio no medio é posible que algunhas variedades da especie se adapten e poidan sobrevivir. Cando máis homoxénea xeneticamente é unha especie, máis risco corre de poder extinguirse.



Phantera leo



Stomoxys calcitrans

CAL É A ORIXE DA BIODIVERSIDADE NA TERRA? A FIN DAS HIPÓTESES ANTIGAS

Os seres vivos posúen unha serie de características que os distinguen claramente do mundo inanimado. Pero como apareceu a materia viva? Como se produciu o primeiro ser vivo?

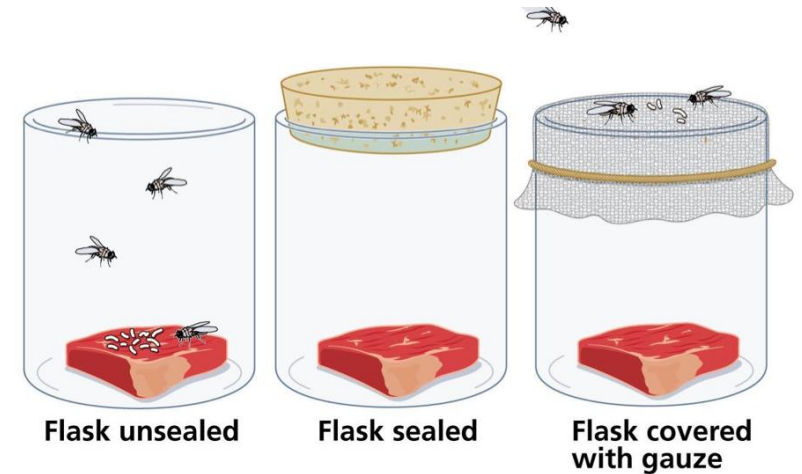
- **O fin da idea da xeración espontánea**

A crenza de que a vida podía xurdir por **xeración espontánea** a partir de materia inerte estivo estendida ata o século XIX. As deficientes técnicas de observación parecían confirmar casos de xeración espontánea como, por exemplo, que as ras xurdían da choiva, os crocodilos dos troncos húmidos ou os vermes da carne.

A primeira experiencia científica en contra desta idea levouna o médico italiano **Francesco Redi** en 1668. Redi preparou tarros con carne: un destapado, outro cubertos cunha tea ou reixiña e outro ben pechado cunha tapa ríxida. A carne descompúxose en todos pero só nos que estaban abertos apareceron vermes (larvas de mosca). Redi observou que as moscas entraban e saían dos tarros abertos e concluíu que se as moscas non tiñan acceso á carne, nela non aparecían vermes. Con todo, as súas observacións non abondaron para rexeitar a idea da xeración espontánea.

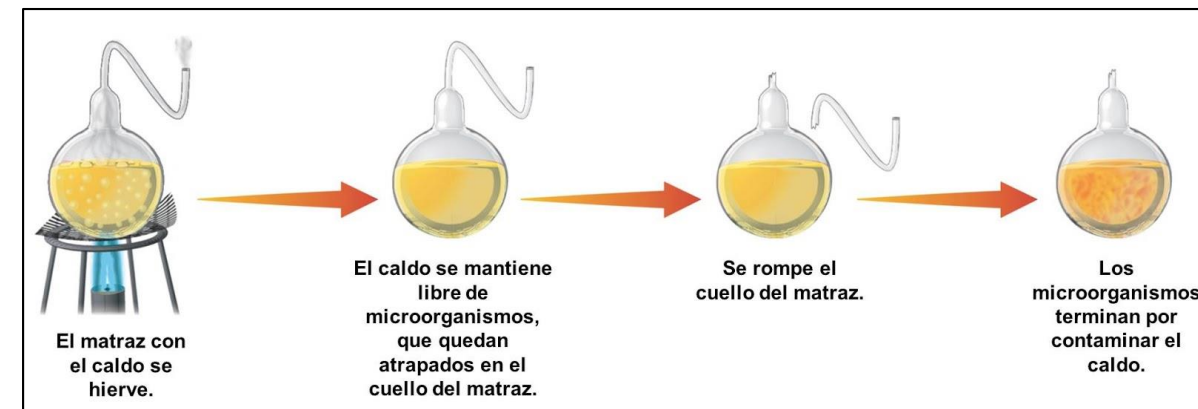
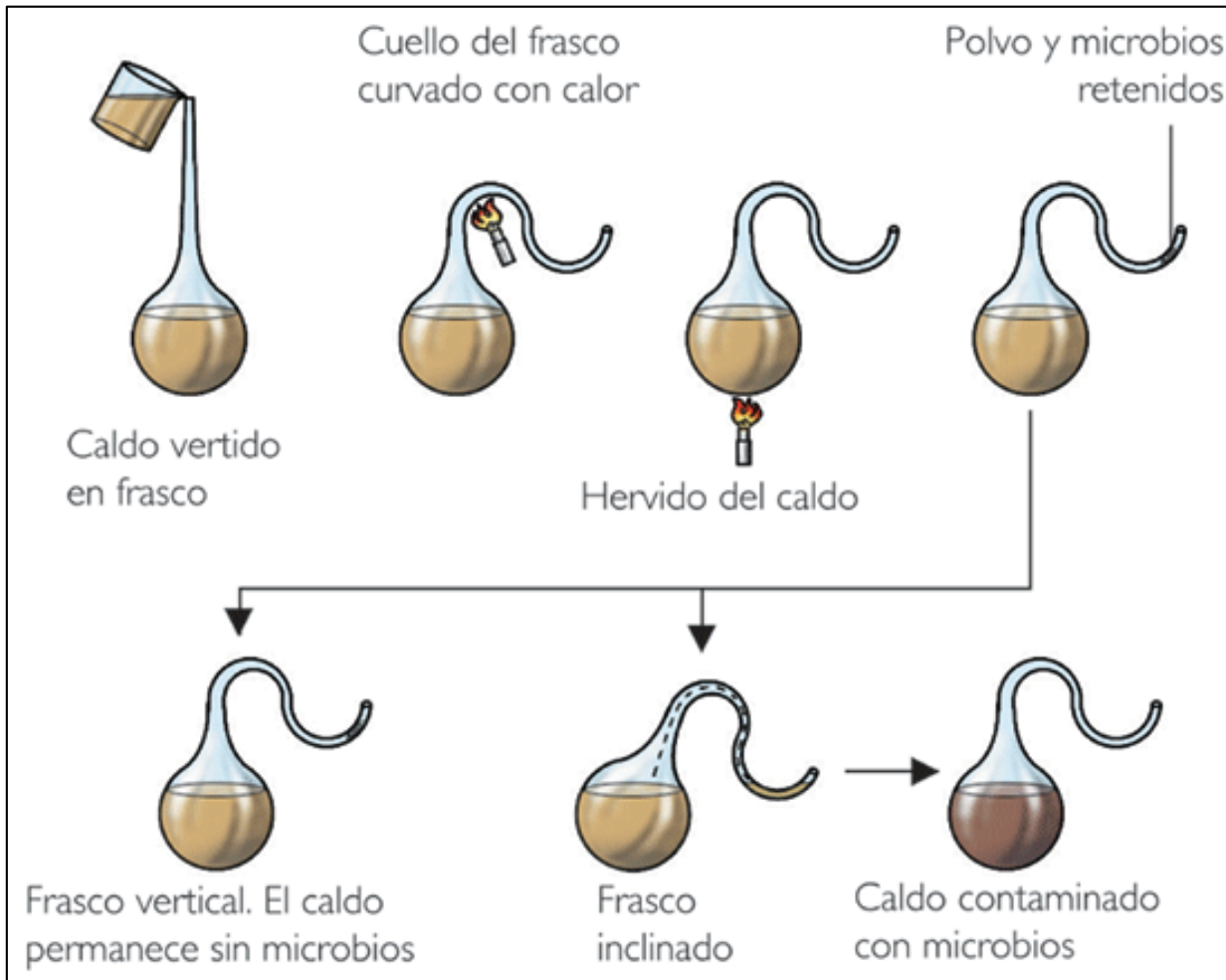


EXPERIMENTO DE FRANCESCO REDI



CAL É A ORIXE DA BIODIVERSIDADE NA TERRA? A FIN DAS HIPÓTESES ANTIGAS

Foi o científico **Louis Pasteur** quen en 1861 cunha serie de experimentos logrou desterrar de forma definitiva a idea de xeración espontánea. A continuación, a imaxe do experimento.



HIPÓTESES MODERNAS SOBRE A ORIXE DA VIDA

Existen dúas hipóteses para explicar a presenza de vida na Terra:

☐ Panspermia

Esta hipótese defende que as primeiras formas de vida na Terra teñen a súa orixe nalgún lugar do universo e que chegaron ao noso planeta a través da colisión de asteroides que as contiñan.

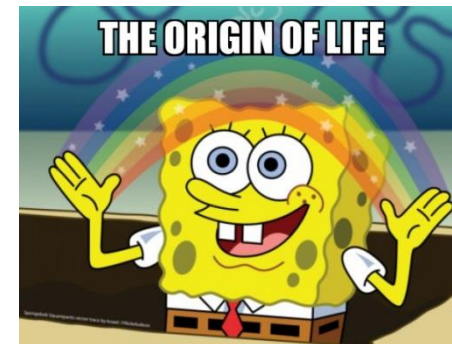
☐ Abioxénese ou síntese prebiótica

Este modelo reúne un conxunto de hipóteses sobre a orixe das primeiras formas de vida, aínda que todas elas supoñen necesariamente tres pasos:

- Formación de moléculas orgánicas a partir de inorgánicas
- Desenvolvemento de moléculas simples a moléculas máis complexas
- Aparición das primeiras células, un proceso que se coñece como *evolución química*.

Entre as hipóteses abioxenéticas destacan:

- ✓ Hipótese da sopa ou caldo primordial.
- ✓ Hipótese das fontes hidrotermais.

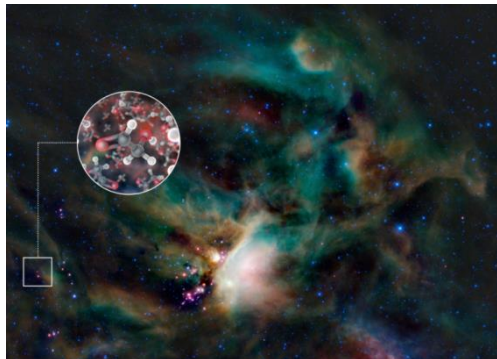


HIPÓTESES MODERNAS SOBRE A ORIXE DA VIDA: Panspermia

A hipótese da **PANSPERMIA** (do grego $\alpha\nu\pi$ -, "pan", 'todo', e $\sigma\pi\acute{\epsilon}\rho\mu\alpha$, "sperma", 'semente', é dicir, 'a universalidade dos xermes da vida') propón que a vida existe en todo o universo e é distribuída a través do po espacial, asteroides, cometas ou planetoides. A distribución pode ter acontecido abarcando galaxias e, por tanto, pode non estar restrinxida á escala limitada dos sistemas solares. A hipótese da Panspermia non resolve o enigma da orixe da vida senón que o traslada a outro lugar do espazo, porén, nos últimos anos diversos descubrimentos están a abalar dita hipótese. A continuación sinálanse algúns deles:

No ano 2012 un equipo internacional de astrónomas/os do Observatorio Austral Europeo detectou moléculas de glicolaldehído arredor da estrela en formación IRAS 16293-2422 situada nun sistema solar que se atopa a uns 400 anos luz da Terra. Usaron o radiotelescopio ALMA, ubicado no deserto de Atacama (Chile). O impactante deste descubrimento é que o glicolaldehído é unha molécula orgánica de tipo glícido necesaria para formar ARN, o que suxire que se poden formar moléculas orgánicas complexas en sistemas estelares antes da formación dos planetas e chegar aos planetas xóvenes ao inicio da súa formación.

No ano 2019 investigadoras/os do Centro Goddard da NASA informaron de ter detectado, por primeira vez, moléculas de azucre ribosa en meteoritos, o que suxire que os procesos químicos nos asteroides poden producir algúns bioingredientes esenciais para a vida e respaldan a noción dun mundo de ARN antes do orixe da vida na Terra baseado no ADN.



Radiotelescopio
ALMA

HIPÓTESES MODERNAS SOBRE A ORIXE DA VIDA:

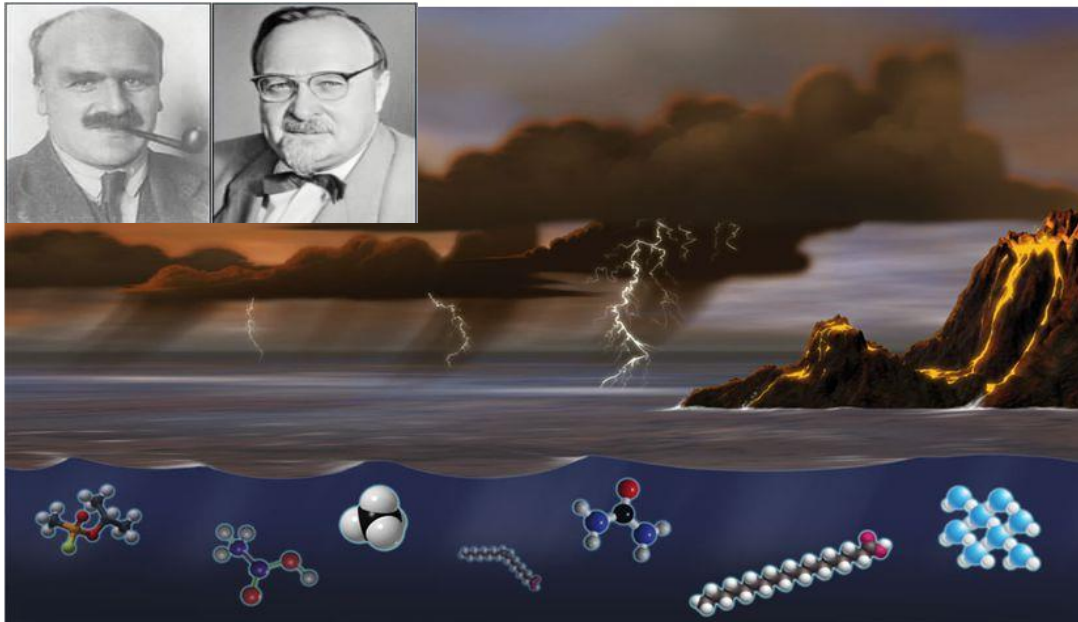
A Síntese prebiótica – Hipótese do Caldo primordial

Tras as contundentes experiencias de Pasteur, o problema da orixe da vida tardou máis de sesenta anos en ser abordado de novo. Na década de 1920, o bioquímico ruso **Alexander Oparin** e o xenetista británico **J.B.S. Haldane** idearon, de forma independente, unha revolucionaria proposta: unha “nova versión” da xeración espontánea pero aplicable, únicamente, ao inicio da vida. Segundo Oparin e Haldane, a vida sería o resultado dun proceso gradual que comprendía tres etapas.

- **Asociación** progresiva de moléculas inorgánicas para orixinar moléculas orgánicas sinxelas. A mestura de gases da atmosfera primitiva, exposta á radiación solar, reaccionaría para dar lugar a moléculas orgánicas tales como aminoácidos ou azucres.
- **Condensación** das moléculas orgánicas sinxelas para formar moléculas orgánicas máis complexas. Estes compostos acumulados nos océanos primitivos orixinarían unha “sopa” ou “caldo” primordial.
- **Formación** no seo da “sopa” de agregados moleculares en forma de pequenas gotas ou “coacervados”. Estes coacervados serían os precursores dos primeiros organismos.

Tras as contundentes experiencias de Pasteur, o problema da orixe da vida tardou máis de sesenta anos en ser abordado de novo. Na década de 1920, o bioquímico ruso **Alexander Oparin** e o xenetista británico **J.B.S. Haldane** idearon, de forma independente, unha revolucionaria proposta: unha “nova versión” da xeración espontánea pero aplicable, únicamente, ao inicio da vida. Segundo Oparin e Haldane, a vida sería o resultado dun proceso gradual que comprendía tres etapas.

**SÍNTESE PREBIÓTICA ou ABIOXÉNESE -
Hipótese do Caldo primordial
OPARIN E HALDANE (anos 20 s. XX)**



SOPA PRIMITIVA → MOLÉCULAS ORGÁNICAS SIMPLES → MOLÉCULAS ORGÁNICAS COMPLEJAS

- **Asociación** progresiva de moléculas inorgánicas para orixinar moléculas orgánicas sinxelas. A mestura de gases da atmosfera primitiva, exposta á radiación solar, reaccionaría para dar lugar a moléculas orgánicas tales como aminoácidos ou azucres.
- **Condensación** das moléculas orgánicas sinxelas para formar moléculas orgánicas máis complexas. Estes compostos acumulados nos océanos primitivos orixinarían unha “sopa” ou “caldo” primordial.
- **Formación** no seo da “sopa” de agregados moleculares en forma de pequenas gotas ou “**coacervados**”. Estes coacervados serían os precursores dos primeiros organismos unicelulares.

HIPÓTESES MODERNAS SOBRE A ORIXE DA VIDA:
A Síntese prebiótica – Hipótese do Caldo primordial

Probable orixe da vida cos datos dispoñíbles na actualidade

Primeiras moléculas orgánicas
(existentes na Terra dende a súa orixe ou chegadas a ela en meteoritos procedentes do espazo exterior)

Acumulación
e reaccións no
oceano primitivo

Energía

Moléculas máis complexas e estables

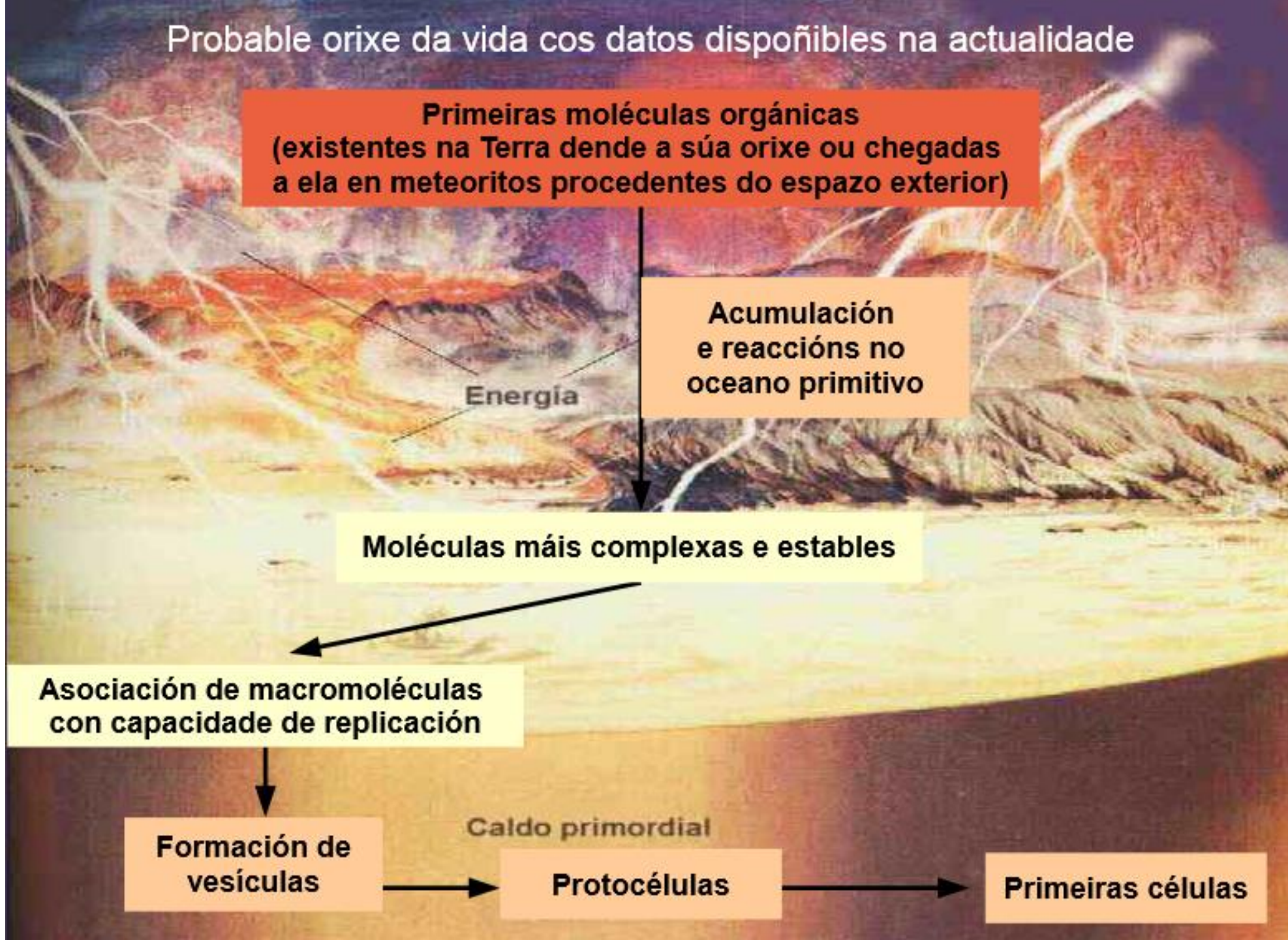
Asociación de macromoléculas
con capacidade de replicación

Formación de
vesículas

Caldo primordial

Protocélulas

Primeiras células



En 1953, **Stanley Miller** realizou o primeiro intento frutífero de simular nun aparato no laboratorio as supostas condicións da Terra primitiva. Os seus experimentos serviron de apoio ás hipótesis de **Oparin** e **Haldane**.

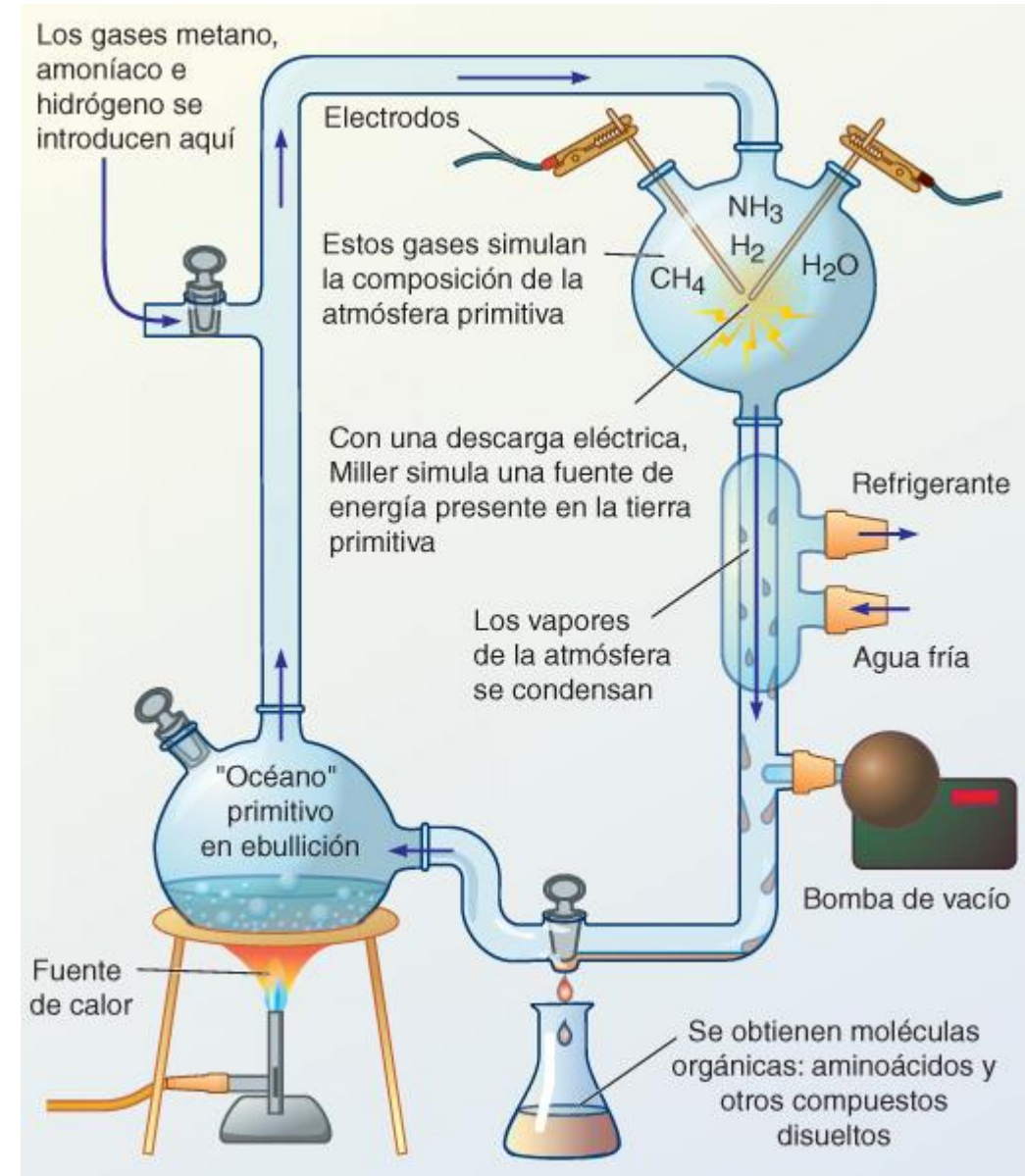
Miller utilizou un recipiente de vidro ao que soldou varios electrodos e no que introduciu una mestura dos gases que supostamente formaban a atmosfera primitiva: metano, amoníaco, hidróxeno e vapor de auga. Durante unha semana someteunos a descargas eléctricas semellantes ás que teñen lugar nas tormentas.

A auga fervía nun recipiente para forzar aos gases a circular polo tubo frío; os gases condensados recollíanse nun recipiente que representaba o océano primitivo.

Ao analizar o seu contido comprobou que un 15% do carbono existente na “atmosfera primitiva” atopábase no “océano” en forma de compostos orgánicos sinxelos. Entre eles, identificou catro aminoácidos, urea e varios ácidos graxos (lípidos).

Nin o experimento de Miller nin outros posteriores lograron sintetizar todos os compoñentes dos seres vivos, nin moito menos explicar a orixe da vida. Con todo a conclusión innegable á que conducen é que, polos menos a materia orgánica prima para a vida, puido xerarse de forma espontánea.

A SIMULACIÓN EXPERIMENTAL DE MILLER



HIPÓTESES MODERNAS SOBRE A ORIXE DA VIDA:

A Síntese prebiótica – Hipótese das fontes hidrotermais

Fronte ao sistema atmosfera-océano primitivos de Oparin e Haldane, algún científicos propoñen como alternativa a **hipótese das fontes hidrotermais submariñas**.

Nestas fontes, resultado da actividade volcánica, a auga quente arrastra na súa saída gran cantidade de substancias minerais que reaccionan nun ambiente carente de osíxeno.

Actualmente nestes ecosistemas proliferan os organismos, en especial os microorganismos considerados máis primitivos, coma os procariontes termófilos, capaces de vivir a temperaturas por riba dos 100 °C.

A pesar de tantas conxecturas e experimentos interesantes, non se pode esquecer que aínda non se conseguiu fabricar vida nun laboratorio. Entre a síntese prebiótica e o primeiro organismo segue existindo un gran baleiro. Un gran incógnita que agardamos a ciencia resolva pronto!



As condicións de vida que reinan nas proximidades das fontes hidrotermais recordan ás dos primitivos océanos.

Aquí proliferan bacterias que non dependen da enerxía do sol.

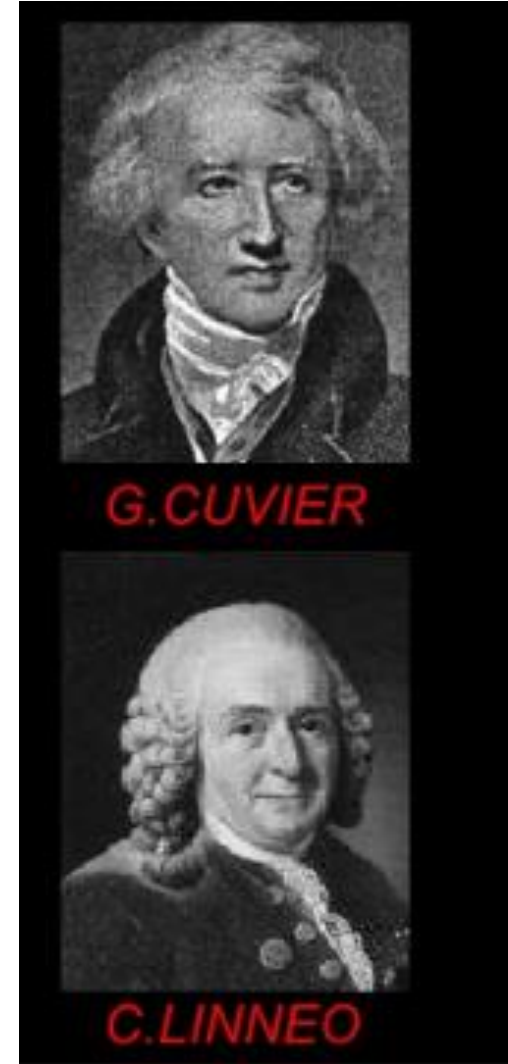
A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas **fixistas** e evolucionistas

O **fixismo**

Actualmente a comunidade científica está de acordo en que todos os seres vivos teñen unha orixe común e que a biodiversidade que hai hoxe na Terra é o resultado duns 3.800 millóns de anos de evolución biolóxica.

Porén, a idea de cambio nos seres vivos non resultou tan obvia en todas as épocas. Ata o século XIX predominaron as ideas **fixistas** que consideraban ás especies inmutables, fixas co paso do tempo. Estas teorías estaban moi influídas polos mitos primitivos e polas crenzas relixiosas (*Deus como creador do universo e todos os seus integrantes*). É preocupante que hoxe en día, malia as demostracións científicas irrefutables da evolución da biodiversidade, continúan a existir correntes fixistas que negan dita evolución, como é o caso do *creacionismo*.

Os pais do fixismo foron **Cuvier** e **Linneo**. Cuvier foi un prestixioso anatomista francés que propuxo, dentro do fixismo, a hipótese do **catastrofismo**. O catastrofismo formula que a historia xeolóxica da Terra está marcada por enormes catástrofes. Segundo Cuvier, existiron múltiples creacións seguidas de grandes catástrofes nas que desaparecerían os seres vivos; os restos fósiles serían a evidencia destas extincións.



A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas**

Segundo os nosos coñecementos actuais, a **evolución** pode definirse como a acumulación gradual e continua de cambios hereditarios nas poboacións, que orixinan novas especies.

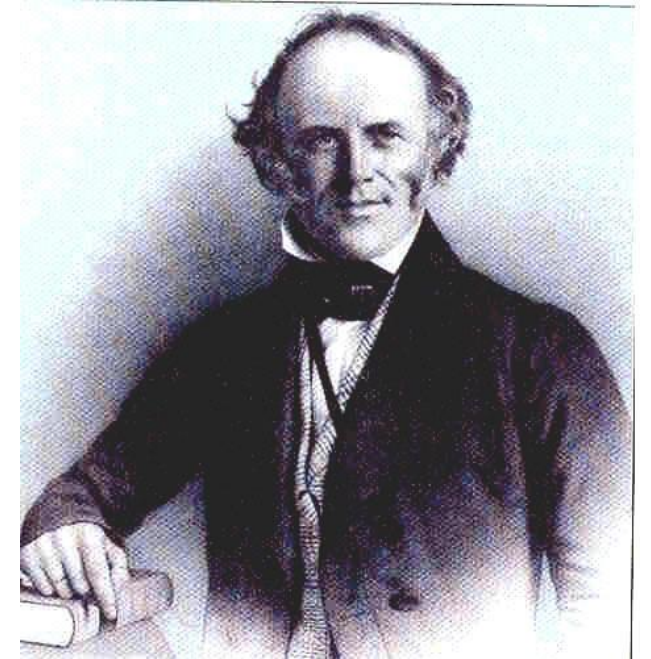
Segundo esta definición, dedúcese que a evolución se produce nas poboacións, non nos individuos illados, e refírese sempre a trazos que poden transmitirse á descendencia.

Ao longo da historia, diversos autores apuntaron ideas sobre os cambios que sofren as especies de forma natural. Algúns poden ser considerados precursores do evolucionismo, como o xeólogo Charles Lyell, quen, coa súa teoría do actualismo, refutou, definitivamente, o catastrofismo de Cuvier; outros, como Lamarck, Darwin ou Wallace, formularon verdadeiras teorías sobre a evolución.

O actualismo defende que os acontecementos do pasado remoto da Terra foron causados pola acción de forzas idénticas ás que operan na actualidade e explica os cambios xeolóxicos da Terra como un proceso lento, gradual e continuo, que segue actuando no presente.



Lamarck



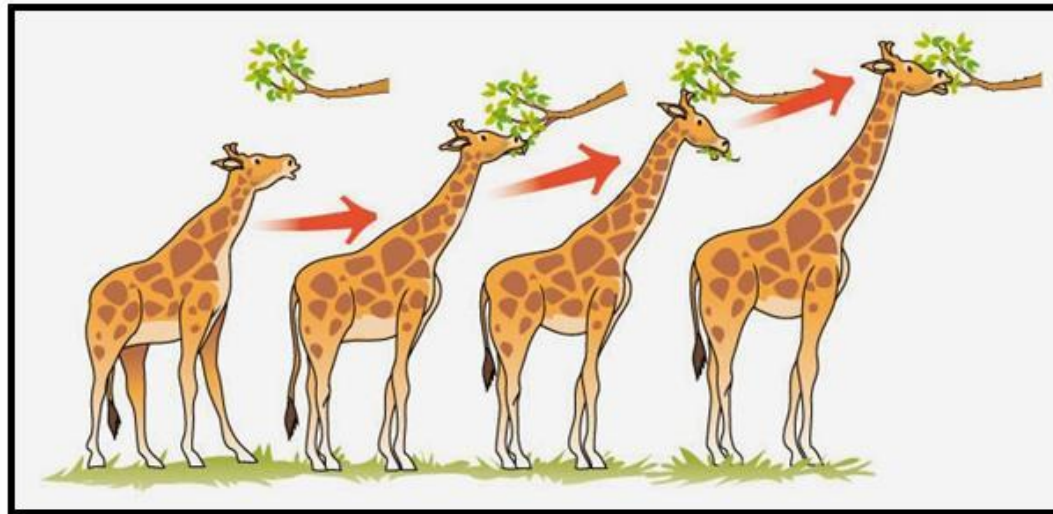
Charles Lyell, autor da Teoría do Actualismo

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas**

O Lamarckismo

A hipótese de Lamarck fundaméntase en dúas ideas que se superpoñen:

- ❑ **A FUNCIÓN FAI O ÓRGANO.** Os cambios nas condicións do medio ambiente que se producen ao longo do tempo provocan nas especies modificacións dos seus hábitos. Se os novos hábitos supoñen o uso de determinados órganos, estes fortaleceranse; pola contra, o desuso debilitaraos, e incluso, chegarán a desaparecer (“a función fai o órgano”).
- ❑ **HERDANZA DOS CARACTERES ADQUIRIDOS.** As modificacións adquiridas son transmitidas á descendencia e, co tempo, a poboación cambia, tranfórmase.



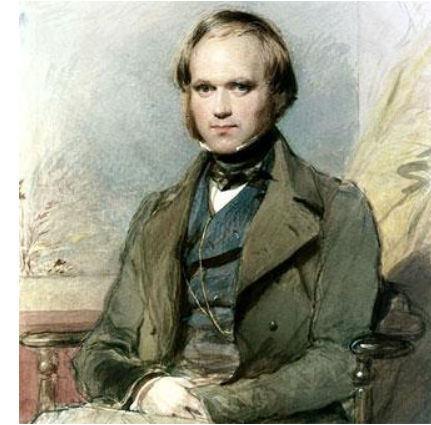
A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e evolucionistas

O Darwinismo

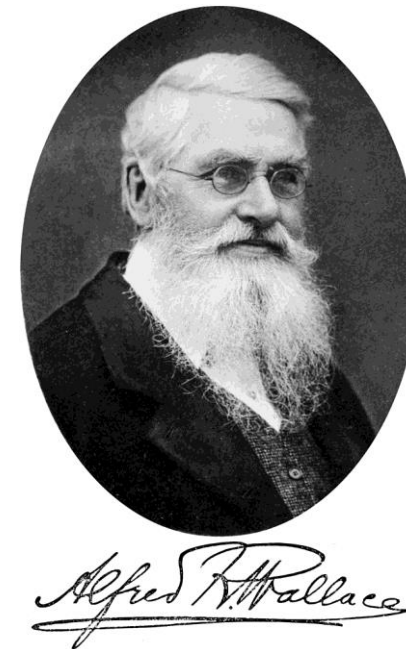
Charles Darwin (1809-1882) na súa obra, *Sobre a orixe das especies*, publicada en 1859, propuxo unha explicación causal para a evolución: **a teoría da selección natural**. Unha proposta similar foi presentada, de forma independente, polo tamén británico **Alfred Russell Wallace** (1823-1913).

Darwin supuxo que un mecanismo similar á selección artificial, propia dos criadores, debía actuar sobre as poboacións naturais no seu medio ambiente. Este mecanismo denominouno **selección natural**. A explicación darwinista da evolución dos organismos por selección natural baséase nos seguintes principios:

- Os individuos que forman unha poboación **varían nos trazos que posúen**, como o tamaño ou a forma.
- **Algunhas das diferenzas ou variacións son hereditarias**, é dicir, que se transmiten á descendencia.
- **Nacen máis seres vivos dos que poden sobrevivir**. Así, só algúns individuos sobreviven o tempo suficiente para deixar descendencia e, entre os que o fan, uns deixan máis descendencia ca outros.
- O subconxunto da poboación que sobrevive mellor e produce máis descendencia non é unha mostra ao azar da poboación. A **selección natural** prodúcese cando os individuos que posúen certas características sobreviven e deixan máis descendencia ca outros individuos sen estas características.



C. Darwin, s. XIX



R. Wallace, s. XIX

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas**

O Darwinismo

O resultado é que, ao longo de sucesivas xeracións, se producirá un **cambio gradual** daquelas variantes hereditarias vantaxosas (aumentarán); como consecuencia, a poboación **evoluciona**.



A ORIXE DA BIODIVERSIDADE: as ideas fixistas e **evolucionistas**

O Darwinismo

A selección natural segundo Darwin

A selección natural, segundo Darwin, actúa do seguinte xeito:

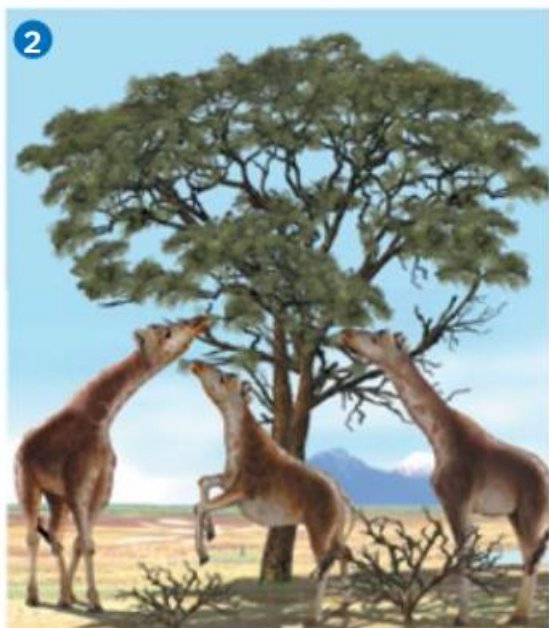
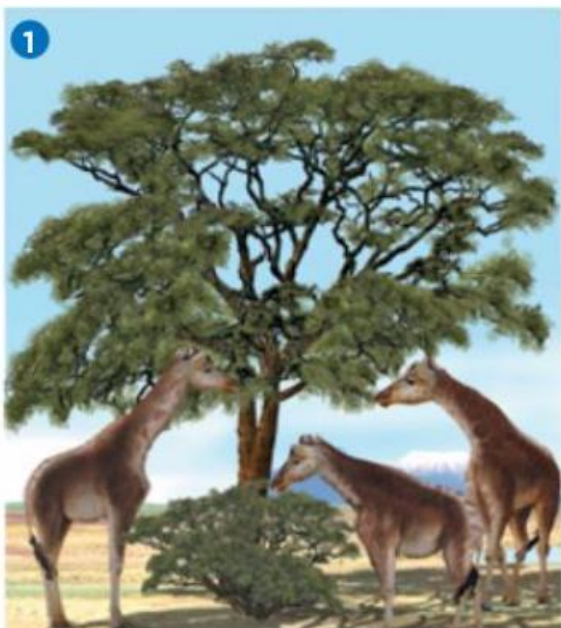
- **Variabilidade.** En calquera poboación, os individuos presentan variacións producidas ao azar. Algunhas aumentan a probabilidade de supervivencia e o éxito reprodutivo do individuo, e outras diminúeno. Estas características deben ser herdables e non producidas polo ambiente para que teñan incidencia no proceso evolutivo.
- **Loita pola existencia.** DARWIN observou que o número de individuos das poboacións se mantén constante no tempo, se ben a cantidade de descendentes producidos en cada xeración é moi superior ao número que alcanza a madurez e é capaz de reproducirse; é dicir, nacen máis individuos dos que poden sobrevivir.

A explicación de DARWIN a este feito é que entre os organismos dunha poboación se xera unha loita pola existencia, debido a que os recursos son limitados. Como aclarou o propio Darwin, o termo *loita pola existencia*, que suxire unha confrontación violenta, debe tomarse en sentido metafórico e debe entenderse como competencia, xa que en moitos casos non significa un enfrontamento directo entre os implicados.

- **Reproducción diferencial.** Os individuos que teñen variacións favorables sobreviven e reproducense con máis éxito, polo que a seguinte xeración presenta os seus trazos. Os menos aptos, con algunha característica desvantaxosa, non alcanzan a madurez ou deixan menos descendentes, polo que as súas características van desaparecendo da poboación.

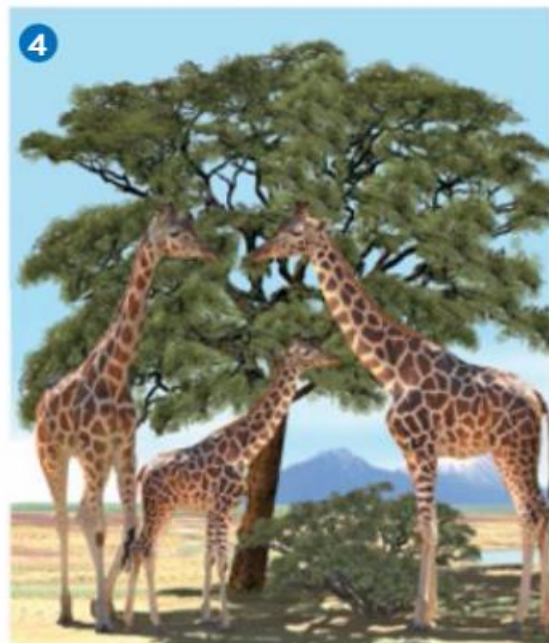
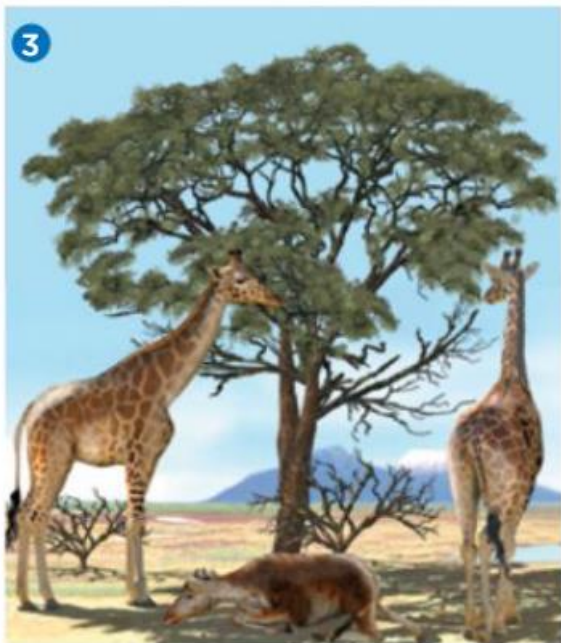
O resultado deste proceso é a **adaptación** dos organismos ao ambiente. Co tempo, a acumulación de modificacións orixina a aparición de novas razas e variedades, e, por último, a aparición de novas especies.

A evolución das xirafas segundo a teoría de Darwin



1 Entre os antepasados das xirafas había individuos co pescozo e as patas dianteiras máis ou menos longos, que se alimentaban de follas de árbores e arbustos.

2 Ao escasearen as follas dos arbustos e das ramas baixas das árbores, o feito de ter o pescozo e as patas dianteiras longos convertéronse en caracteres (variacións) vantaxosos.



3 Os individuos con caracteres favorables sobreviviron e reproducíronse con máis éxito que os outros (que non lograron sobrevivir ou deixaron menos descendentes).

4 Os descendentes dos individuos máis aptos herdaron os caracteres destes e, co tempo, convertéronse na única forma de xirafa existente.

CRÍTICAS Á TEORÍA DA EVOLUCIÓN DE DARWIN

O descoñecemento da xenética no século XIX fixo que Darwin non puidese explicar as razóns da variabilidade nas poboacións e como estas se transmiten á descendencia. Isto levouno a recibir múltiples críticas e mesmo humillacións. En termos xerais, a sociedade do momento, moi influída pola relixión, non aceptaba que o *Homo sapiens* puidese ter evolucionado a partir doutro primate.

A publicación en 1859 d'*A orixe das especies...* provocou unha controversia sen precedentes na historia da ciencia. Desde as instancias máis conservadoras iniciouse unha campaña de desprestixio, incluso de mofa, de Darwin e os seus seguidores.

O suceso máis coñecido tivo lugar, en ausencia de Darwin, o 30 de xuño de 1860 nunha reunión da Asociación Británica para o Progreso da Ciencia en Oxford.

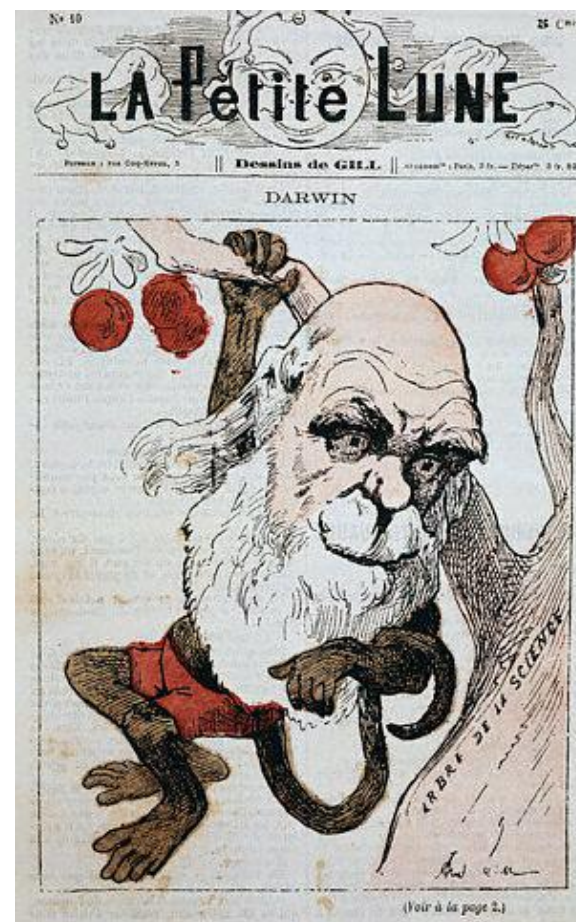
O bispo anglicano de Oxford e brillante orador, Samuel Wilberforce, preguntoulle a Thomas Huxley* se el cría vir do mono por parte do avó paterno ou do materno. Huxley contestoulle que prefería declararse parente dun humilde mono antes que de alguén que utilizaba os seus coñecementos e a súa elocuencia en terxiversar as teorías

daqueles que dedican as súas vidas á procura da verdade. Semellante resposta era unha impertinencia escandalosa, así como unha falta de respecto ao cargo que ostentaba Wilberforce, e o acto converteuse de inmediato nun tumulto.

A ocorrencia de Wilberforce revela o mal que recibiu o clero a obra de Darwin.

O caso é que, aínda que puidese parecerlles unha contradición, o que nos caracteriza como seres humanos e que nos diferencia doutros seres vivos é, precisamente, resultado da evolución. ■

*Thomas Henry Huxley: científico británico especialista en anatomía comparada e firme defensor de Darwin, ata o punto de ser coñecido como “o bulldog de Darwin”.



■ Preguntas sen resposta na teoría darwinista

DARWIN non puido explicar como se transmitían os caracteres dunha xeración á seguinte, nin cal é a orixe da variabilidade entre os individuos dunha poboación, polo que tivo que aceptar a herdanza dos caracteres adquiridos para xustificar estes aspectos da súa teoría. Tras a aparición da xenética como ciencia, a **teoría sintética** deu unha explicación satisfactoria a estas cuestións.

A TEORÍA SINTÉTICA OU O NEODARWINISMO

A **teoría sintética** ou **neodarwinismo** xurdiu entre 1930 e 1950, da man de diversos autores, entre os que destaca THEODOSIUS DOBZHANSKY.

É unha revisión da teoría da selección natural realizada grazas ás achegas doutras disciplinas científicas, como a xenética, a paleontoloxía e a taxonomía. O neodarwinismo deu unha explicación aos mecanismos da evolución, aceptada pola maioría dos biólogos, se ben, nos últimos anos, diversas escolas matizaron ou criticaron algunhas das súas formulacións.

O Neodarwinismo



Gregor Mendel



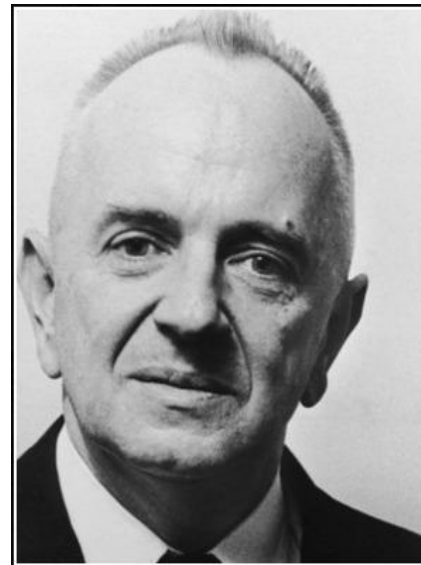
Darwin descoñecía as teorías da herdanza propostas por Mendel.

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas** - **O Neodarwinismo**

■ **As achegas da xenética**

- O descubrimento das leis da herdanza, dos xenes e dos procesos de mitose e meiose permitiron explicar como se transmiten as variacións hereditarias e definir que as causa:
 - A **recombinación xenética** durante a meiose.
 - As **mutacións** que orixinan cambios nos xenes, as cales se producen ao azar e non sempre son favorables para a supervivencia.
- En 1937, o xenetista Dobzhansky explicou o proceso evolutivo baseándose no estudo dos xenotipos das poboacións e sinalou que:
 - Nas poboacións hai variabilidade xenética (aínda que algúns alelos recesivos quedan ocultos nos fenotipos polos alelos dominantes).
 - A selección natural favorece os xenotipos máis aptos para as condicións ambientais existentes; pero un cambio nestas pode converter en vantaxosos xenotipos minoritarios que, favorecidos agora pola selección natural, empezarán a facerse máis frecuentes.

- Do exposto con anterioridade, dedúcese que a selección natural marca o sentido da evolución, actúa sobre a variabilidade ao seleccionar, mediante un mecanismo de reprodución diferencial (a **eficacia biolóxica**), aqueles xenes (alelos) que son útiles como **adaptacións** dos organismos ao ambiente.



Nothing in biology makes sense
except in the light of evolution.

— Theodosius Dobzhansky —

AZ QUOTES

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e evolucionistas - O Neodarwinismo

En detalle: un caso que apoia a teoría sintética: a evolución das trazas do bidueiro (*Biston betularia*)

1. Existía unha poboación con variabilidade xenética



2. A selección favorecía a variedade clara



A poboación de trazas do bidueiro dos arredores de Manchester presentaba dúas variedades: unha con pintas (clara) e outra escura, debida a unha mutación que non era letal.

Abundaban as claras, pois, pousadas nos bidueiros, pasaban inadvertidas para os paxaros (o seu mecanismo de «selección natural»); as escuras, máis visibles, eran devoradas por eles.

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas** - **O Neodarwinismo**

3. Produciuse un cambio ambiental



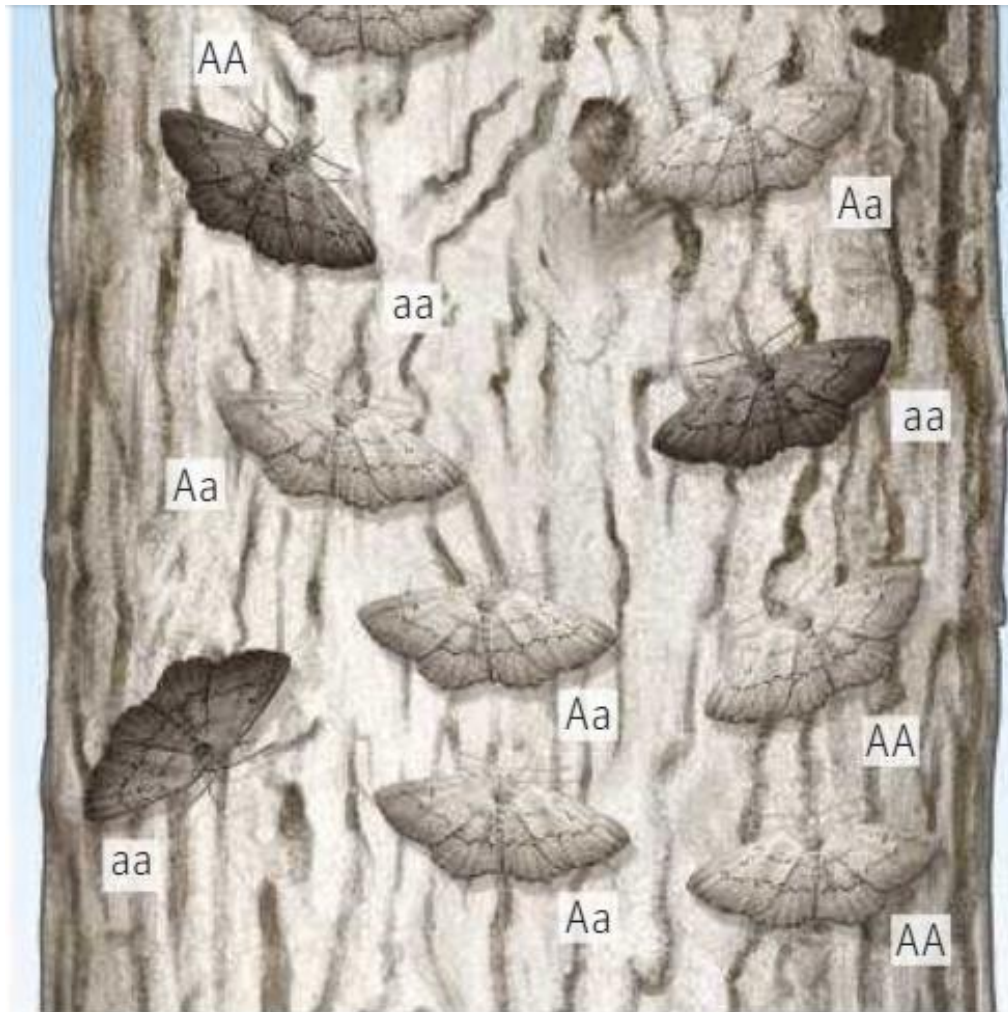
A partir de 1845, os fumes industriais escureceron os troncos e as trazas claras fixéronse máis visibles que as escuras.

4. A selección, entón, favoreceu a variedade escura



Os paxaros empezaron a devorar as trazas claras mentres as trazas escuras aumentaron en número.

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas** - **O Neodarwinismo**



a. Se hai unha variación hereditaria...
(A diferenza na cor das ás débese a dous alelos dun único xene A e a).



b. ... tradúcese en diferente éxito reprodutor... (As aves encontran e comen máis bolboretas escuras ca claras).

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas**

Probas a favor da evolución

Hoxe en día a evolución biolóxica é admitida como un feito e existen multitude de probas anatómicas, bioxeográficas, paleontolóxicas e bioquímicas que o confirman.

Probas anatómicas

Baséanse no estudo comparado de diferentes órganos do corpo de distintas especies, tanto en estrutura coma en función. Segundo a súa interpretación evolutiva, distínguense tres tipos de órganos.



Probas bioxeográficas

A bioxeografía é o estudo da distribución xeográfica das especies. Darwin e Wallace investigaron moitas mostras de fauna e flora de diversas zonas do mundo e chegaron a algunhas conclusións:

- Nos arquipélagos, como as illas Galápagos, existían especies próximas que presentaban grandes diferenzas entre si. Estas proviñan dunha única especie antecesora.

É o caso das trece especies de pimpíns que Darwin estudou no citado arquipélago. Todas elas proviñan dunha única especie que chegou desde o continente e que se diversificou colonizando os diferentes ambientes desas illas.

- Algunhas características (órganos, condutas, formas, etc.) repetíanse en especies distintas que vivían en lugares moi afastados entre eles pero con condicións ambientais semellantes.

Un exemplo é o dos ourizos, mamíferos moi comúns en Europa, Asia e África, e os equidnas, marsupiais que se encontran exclusivamente en Australia. Pese a estar moi afastados no seu parentesco, os dous presentan pugas no seu corpo.



Ao encontrárense en ambientes con condicións semellantes, os ourizos (A) e os equidnas (B) desenvolveron adaptacións moi semellantes.

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE : as ideas fixistas e **evolucionistas** - Probas a favor da evolución

Probas paleontolóxicas

En moitos casos, o rexistro fósil é incompleto. Isto pode deberse a que non todos os individuos se fosilizaron, que non se conservaron ben ou que non se atoparon aínda. Malia isto, nalgúns casos foi posible construír series moi completas, ordenadas de máis antigos a máis modernos, que reciben o nome de **filoxenias**.

Algúns fósiles teñen unha grande importancia, pois son formas intermedias entre dous grandes grupos de seres vivos e presentan trazos de ambos, polo que reciben o nome de **fósiles transicionais**.

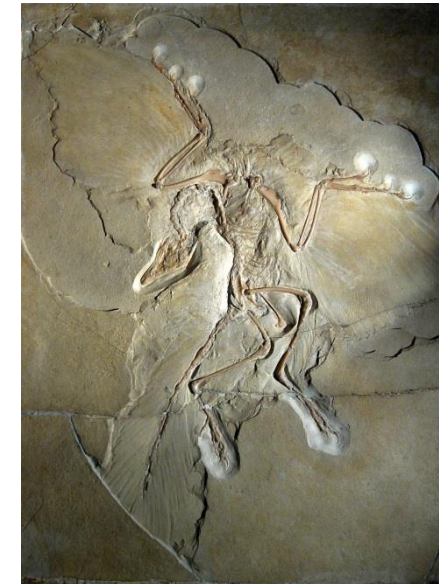
Probas bioquímicas

Realízanse a partir do estudo das diferenzas existentes a nivel molecular entre especies. Para facelas, úsanse principalmente proteínas e ácidos nucleicos, sobre todo ADN.

Cando dúas poboacións se illan e se enfrontan a condicións distintas, co paso do tempo van acumulándose diferenzas ata constituír dúas especies distintas. Este mesmo principio pode observarse a escala molecular, ao acumulárense variacións que permiten distinguir unhas especies doutras. Por exemplo, canto máis parecida é a secuencia de aminoácidos dunha determinada proteína, ou de bases nitroxenadas do ADN, máis estreita é a relación entre dúas especies.



O *Tiktaalik*, encontrado en 2004, é un fósil transicional entre os peixes e os tetrápodos terrestres.



Archaeopteryx é un xénero extinto de aves con características intermedias entre ave e réptil que viviu durante o Xurásico. Presenta pico con dentes, ás e cola ósea. Foi descuberto en Alemania.

A ORIXE DA BIODIVERSIDADE: COMO SE ORIXINAN NOVAS ESPECIES?

Todos os seres vivos deste planeta, coa súa extraordinaria diversidade, proceden dun único ancestral común. Se isto é así, a evolución non só debe explicar como cambia unha especie e se transforma noutra, senón tamén como a partir dunha especie poden formarse dúas ou máis, e delas outras tantas, e así sucesivamente ata poder alcanzar a biodiversidade actual. O proceso polo que a partir dunha especie se forman dúas ou máis denomínase **especiación**.

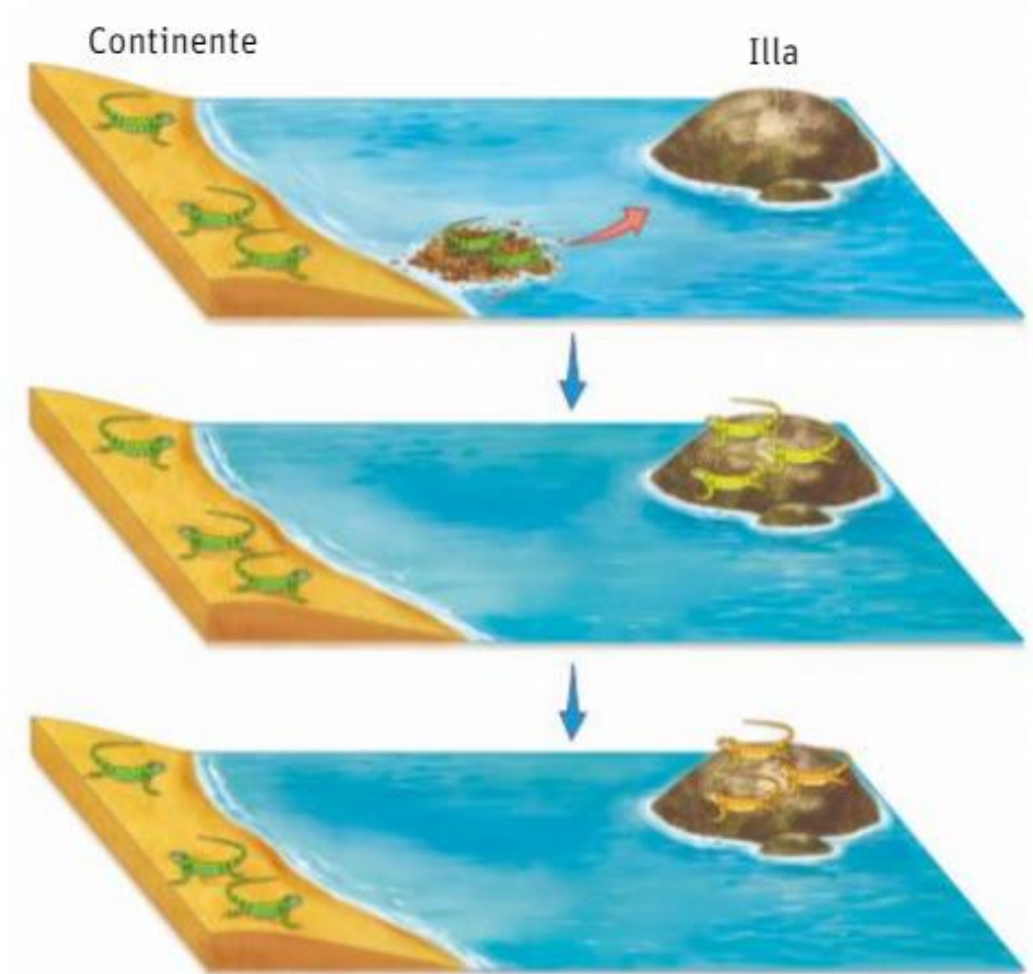
Non existe un único modelo para explicar a especiación no que todos os científicos estean de acordo. A gran diversidade de casos e as diferentes teorías sobre o mecanismo que explica a evolución levaron a propor modelos diferentes.

Pódese establecer unha serie de etapas que explican a formación de dúas especies a partir dunha especie orixinal:

- **1.ª etapa.** Dúas poboacións ven interrompido o intercambio de xenes por algún motivo, como por exemplo que unha delas emigra a unha illa mentres a outra queda no continente. A partir dese momento, estas dúas poboacións evolucionarán de forma independente.
- **2.ª etapa.** Co tempo, as diferenzas xenéticas íranse acumulando como consecuencia da acción combinada da mutación e mais a selección natural.

Se pasado ese tempo se presenta a posibilidade de comprobar se ambas as poboacións poden cruzarse porque, por exemplo, desaparece o seu illamento xeográfico, son posibles dúas alternativas:

- Que os híbridos resultantes do cruzamento non presenten ningunha desvantaxe fronte ao resto de individuos das dúas poboacións e se restableza un único conxunto de xenes. O proceso de especiación queda anulado ou detido.
- Que os híbridos manifesten claras desvantaxes, suficientes para que a selección natural favoreza mecanismos que impidan a súa formación. Así completárase o proceso de especiación.



1. Un ou máis grupos de organismos dunha poboación, con igual constitución xenética, quedan illados



Un grupo de paxaros omnívoros, con bicos máis ou menos grosos, quedan illados da súa bandada nunha illa na que abundan as sementes (illa A).



Outro grupo de paxaros omnívoros, con bicos máis ou menos grosos, quedan illados da mesma bandada nunha illa na que abundan os insectos (illa B).

2. Co tempo, cada grupo acumula variacións xenéticas sobre as que actúa a selección natural



Na illa A, a selección natural favorece as variacións xenéticas de paxaros con bicos máis robustos, que están máis capacitados para romper sementes.



Na illa B, a selección natural favorece as variacións xenéticas de paxaros con bicos máis finos, que están máis capacitados para capturar insectos.

3. Co tempo, as diferenzas entre os grupos fanse tan grandes que se volven especies distintas



Co paso do tempo, na illa A orixínase unha especie de paxaros co bico grosso. O cruzamento dun destes paxaros con un da illa B xa non dará descendentes fértiles.



Co paso do tempo, na illa B orixínase unha especie de paxaros co bico fino. O cruzamento dun destes paxaros con un da illa A xa non dará descendentes fértiles.



ADAPTACIÓN E ACLIMATACIÓN

En bioloxía enténdese por **adaptación** calquera característica ou trazo que mellore a capacidade do organismo para utilizar os recursos do medio co fin de sobrevivir e reproducirse. Por exemplo, supoñemos que as ás son unha adaptación para o voo ou que a tea dunha araña é unha adaptación para a captura de insectos voadores. *Adaptación* tamén se utiliza para nomear o proceso polo cal se adaptan os organismos.

A selección natural explica a adaptación

A selección natural promove a adaptación dos organismos aos ambientes en que viven. Calquera variante hereditaria que mellore a capacidade de sobrevivir e reproducirse nun ambiente aumentará de frecuencia ao longo das xeracións, xa que os organismos que levan esa variante deixarán maior descendencia.

As variantes hereditarias xorden por **mutación**. As que son **desfavorables** son eliminadas por selección natural; os seus portadores deixan menos descendentes ca os que portan variantes **favorables**. As mutacións favorables aumentan de frecuencia.

O proceso continúa de maneira indefinida porque os ambientes tamén cambian. Os ambientes sofren modificacións físicas, como variacións climáticas, pero tamén biolóxicas, porque os predadores, parasitos, etc. tamén evolucionan.



Figura 4.9. As ás son unha adaptación para o voo. A, morcego; B, falcón.

ADAPTACIÓN E ACLIMATACIÓN

Adaptación e aclimatación

O significado co que os biólogos utilizan o termo *adaptación* non coincide co seu significado na linguaxe corrente. En bioloxía evolutiva un organismo non pode adaptarse, posto que aínda que actúe sobre el a selección natural non pode “cambiar a frecuencia dos seus xenes” co paso do tempo. A adaptación en sentido evolutivo é unha propiedade das poboacións.

Non obstante, os individuos si cambian con frecuencia en resposta aos cambios do medio; por exemplo, ante os cambios de temperatura ou de altitude. Aínda que son cambios que só afectan ao fenotipo e non se transmiten á descendencia. Os biólogos adoitan utilizar o termo **aclimatación** para describir este tipo de cambios.



As persoas que practican alpinismo precisan dun período de aclimatación ante a dimución da presión atmosférica e, por tanto, da cantidade de osíxeno do ambiente.

TIPOS DE ADAPTACIÓN

As adaptacións dos organismos ao medio agrúpanse en tres tipos:

- **Morfolóxica ou estrutural.** Estas adaptacións están relacionadas coa forma do corpo ou coa estrutura dos órganos internos. Por exemplo, entre as adaptacións dos cactus ao ambiente desértico encóntranse as espiñas, que son follas modificadas. As espiñas protexen a planta da perda de humidade e dos ataques dos herbívoros. Tamén se inclúen nas adaptacións morfolóxicas o **mimetismo** e a **coloración críptica**, segundo se adopte un aspecto similar a outros seres vivos do seu medio ou ao propio medio. (Fig. 4.10)
- **Fisiolóxica ou funcional.** Este tipo de adaptacións está relacionado co funcionamento dos órganos internos e con frecuencia vai acompañado de adaptacións morfolóxicas. Así, as glándulas do sal dalgunhas aves e tartarugas mariñas son unha adaptación que permite a estes animais, cuxos riles non producen unha urina concentrada, excretar o exceso de sal incorporado ao tragar auga de mar. (Fig. 4.11)
- **Etolóxica ou de comportamento.** Estas adaptacións están relacionadas con algún tipo de acción. Algunhas aves teñen unha espectacular exhibición de cortexo na que machos e femias se exhiben, se inclinan e saltan. O obxectivo é o recoñecemento e a elección de potenciais parellas da mesma especie. (Fig. 4.12)



Figura 4.10. O insecto pau utiliza o mimetismo para pasar desapercibido.



Figura 4.11. O leirón hiberna como adaptación durante as épocas menos favorables.



Figura 4.12. Os carráns incas realizan un cortexo previo ao apareamento.



Mimetismo, cabaliño de mar mimetizado co coral



Migración balea xibarte para alimentación- reproducción

NON TODO É ADAPTACIÓN: O NEUTRALISMO

Non todas as características dun ser vivo son adaptacións. **Unha adaptación debe ser resultado da selección natural** para a súa función actual. Por exemplo, a cor vermella do sangue non é unha adaptación, senón que é un produto secundario da súa composición química, que si é unha adaptación. O mesmo poderíamos dicir dos órganos vestixiais, como o cóccix humano ou a carne de galiña; ningún aumenta a nosa “capacidade para sobrevivir e deixar descendencia”.

O xaponés Motoo Kimura propuxo en 1968 a **teoría neutral (neutralismo)** da evolución molecular. Segundo Kimura, a maioría das mutacións que se producen nos xenes son neutras fronte á selección natural. Que se manteñan ou desaparezan non dependerá da selección natural, senón do azar.



Motoo Kimura



Para que serve o cóccxis, os pezóns en homes cis e o fenómeno da *pel de galiña*?

FIN do TEMA 5

Orixe e evolución da biodiversidade



Os estudos científicos de Dian Fossey (imaxe esquerda), primatóloga americana que estudou a bioloxía dos gorilas en Ruanda e Jane Goodall (imaxe dereita), primatóloga británica que estudou os chimpanzés en Tanzania, foron moi relevantes para o estudo da evolución dos homínidos e, por tanto, achegaron moita luz sobre a evolución da nosa especie.