



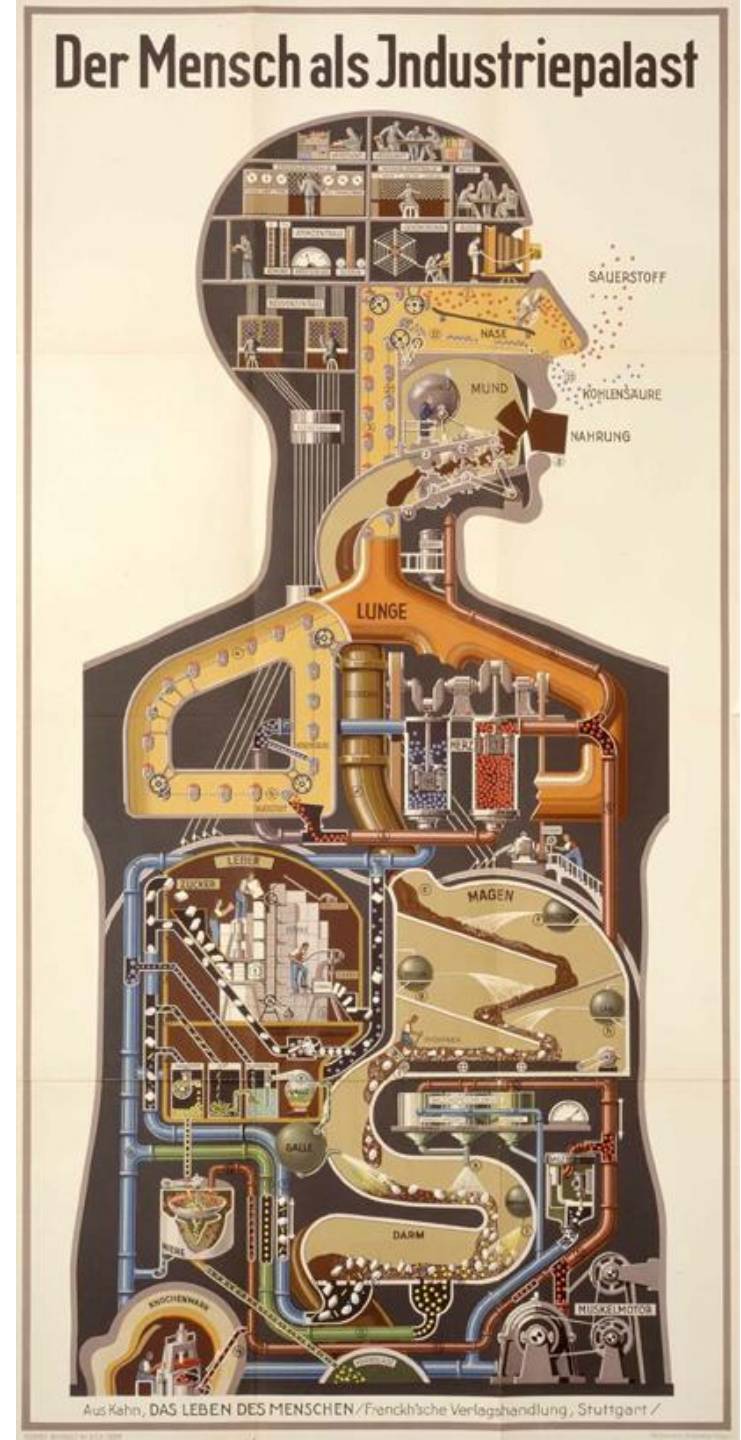
Microevolución II: Adaptaciones

Teoría Antropología Biológica II: Evolución

Objetivos didácticos

- Las definiciones de „Adaptación“
- Las cuatro preguntas de Tinbergen
- Cómo reconocer adaptaciones
- ¿Qué *no* son adaptaciones?

El ser humano como palacio industrial
(Fritz Kahn, 1926)





Polimorfismo en *Cepaea nemoralis*

- un problema con demasiadas soluciones -

Shell ground colour



Yellow

Pink

Dark brown

Presence or absence of banding:



Zero to five bands. Bands may be partially or fully suppressed.

Richards et al., 2013

¿Qué es el rasgo adaptivo?
¿La coloración o el dibujo de rayas?



Polimorfismo en *Cepaea nemoralis*

- un problema con demasiadas soluciones -

- Hipótesis de Camuflaje:
 - El **color** es un camuflaje frente a los depredadores (pájaros)
 - Predicción: Las **formas con bandas** predominan en hábitats herbáceos, donde se camuflan entre las sombras lineares de la vegetación, mientras que las formas lisas predominan en lugares boscosos
- Hipótesis de Termoregulación:
 - Las conchas más oscuras absorben más calor y se calientan más rápido.
 - Predicción: Los individuos oscuros se dan con más frecuencia en lugares más fríos y umbríos.

Definiciones de Adaptación



- **Selección como resultado:** “El color oscuro es una adaptación a la vida en un hábitat boscoso en ciertas poblaciones.”
- **Selección como proceso:** “Durante la adaptación al hábitat boscoso, los fenotipos relacionados con mayor capacidad de calentamiento aumentaron su frecuencia, generación tras generación.”

Definiciones de Adaptación

- Para que un carácter sea una adaptación, debe ser un carácter derivado que evolucionó en respuesta a un **agente selectivo específico**.
- La definición requiere comparar los efectos sobre la **eficacia biológica** de un rasgo con la variante ancestral del cual el rasgo moderno evolucionó.

Aptitud, adecuación o eficacia biológica (*Darwinian fitness*)

- Es la capacidad de un individuo de **reproducirse** con un fenotipo determinado.

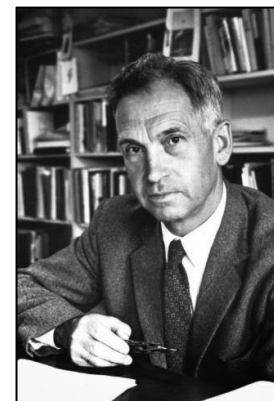
- **Eficacia absoluta:** el número de descendientes total que deja cada individuo

$$W = l \times m$$

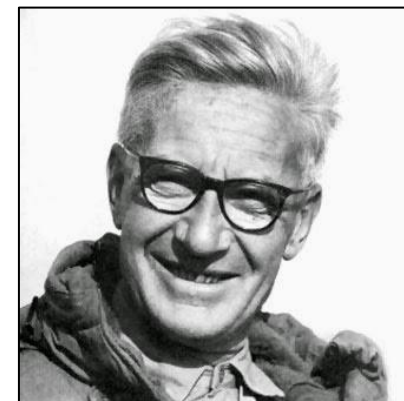
[W = eficacia absoluta, l = supervivencia, m = fecundidad]

Niveles de explicación

- Selección como resultado → Causa (mecanismo) **próxima**: *¿Cómo?*
- Selección como proceso → Causa (mecanismo) **última**: *¿Por qué?*



Ernst Mayr
(1904-2005)



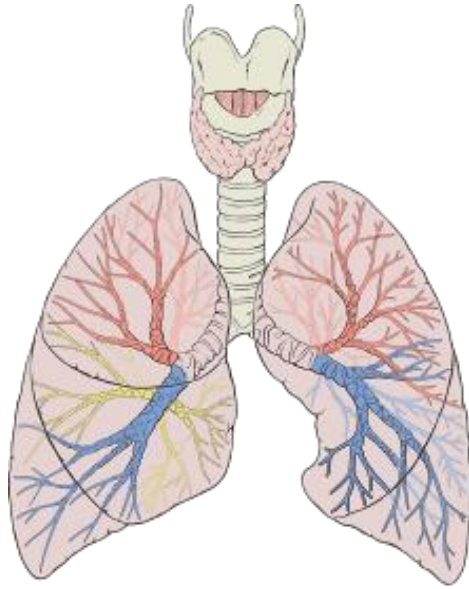
Nikolaas Tinbergen
(1907-1988)

Niveles de explicación: Las 4 preguntas de Tinbergen



	Próxima (resultado) (estructurales, causales, inmediatas) Explican qué y cómo son los organismos individuales y cómo trabajan los mecanismos del cuerpo	Última (proceso) (evolutivas, distales, darwinianas) Explican cómo las poblaciones de organismos llegaron a ser de la manera que son
Instante en el Tiempo Un aspecto de un organismo en una fase del ciclo de vida/ un momento en la filogenia	Mecanismo (causalidad) (estructura, fisiología, inmediato) ¿Qué y cómo es la estructura? ¿Cómo trabaja su mecanismo? ¿Cómo responde a factores extrínsecos?	Función (adaptación) (adaptativas, valor de sobrevivencia, adecuación) ¿Qué fuerzas selectivas en ambientes pasados explican las características del rasgo?
Secuencia histórica Cómo los precursores se transformaron al estado actual	Ontogenia (desarrollo) ¿Qué precursores y mecanismos del desarrollo explican el rasgo en su estado de vida actual?	Filogenia (histórica, evolutiva) ¿Qué precursores filogenéticos y mecanismos dan cuenta del rasgo en esta época evolutiva?

Causas próximas: **Mecanismo**



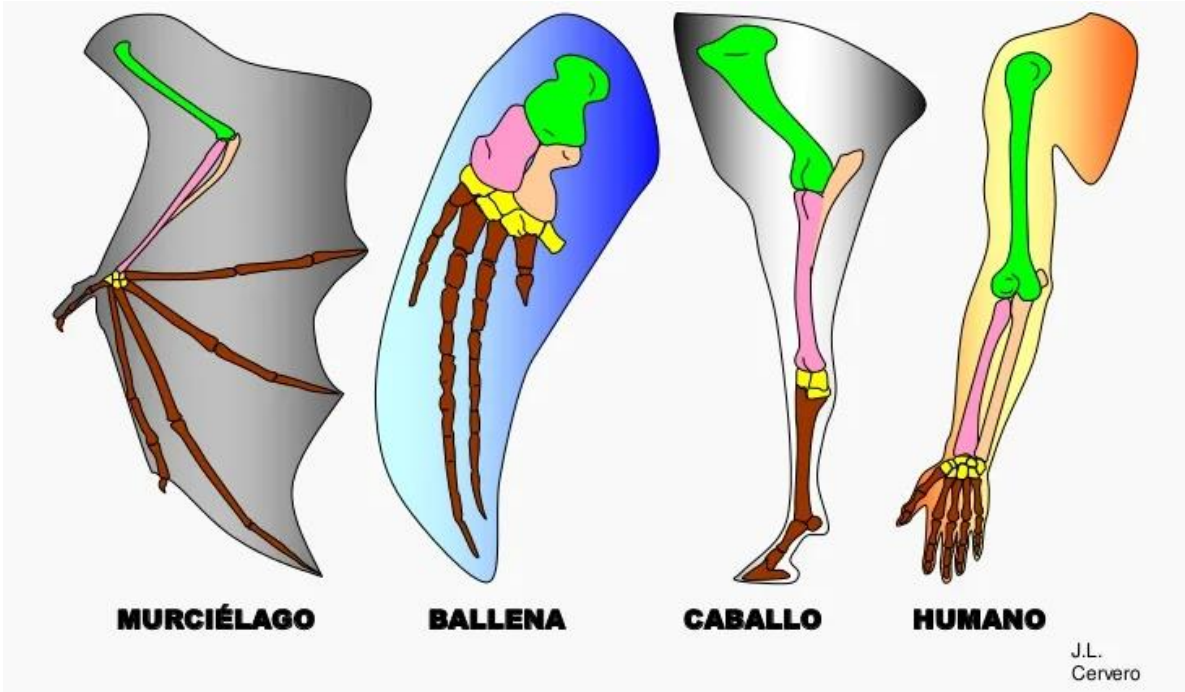
Estructuras/diseños ajustados al intercambio de gases, agua, calor etc.

Niveles de explicación:

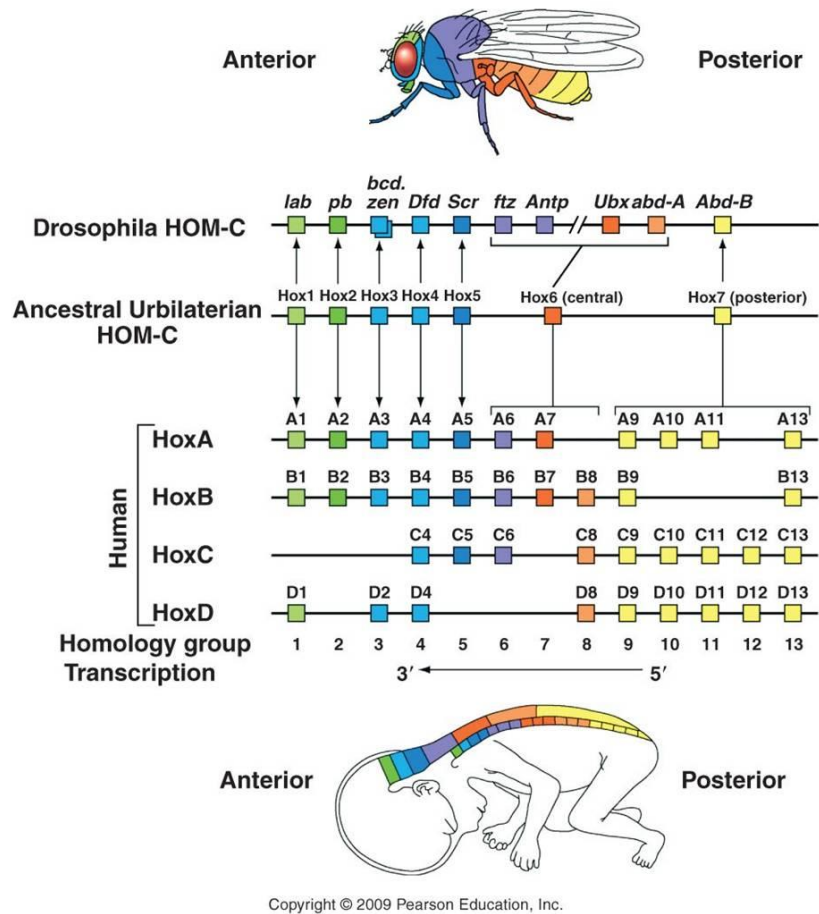
Las 4 preguntas de Tinbergen

	Próxima (resultado) (estructurales, causales, inmediatas) Explican qué y cómo son los organismos individuales y cómo trabajan los mecanismos del cuerpo	Última (proceso) (evolutivas, distales, darwinianas) Explican cómo las poblaciones de organismos llegaron a ser de la manera que son
Instante en el Tiempo Un aspecto de un organismo en una fase del ciclo de vida/ un momento en la filogenia	Mecanismo (causalidad) (estructura, fisiología, inmediato) ¿Qué y cómo es la estructura? ¿Cómo trabaja su mecanismo? ¿Cómo responde a factores extrínsecos?	Función (adaptación) (adaptativas, valor de sobrevivencia, adecuación) ¿Qué fuerzas selectivas en ambientes pasados explican las características del rasgo?
Secuencia histórica Cómo los precursores se transformaron al estado actual	Ontogenia (desarrollo) ¿Qué precursores y mecanismos del desarrollo explican el rasgo en su estado de vida actual?	Filogenia (historia evolutiva) ¿Qué precursores filogenéticos y mecanismos dan cuenta del rasgo en esta época evolutiva?

Causas próximas: Ontogenia (formación de patrones)



Evolución de estructuras homólogas



Genes *Hox* como control maestro del desarrollo del eje anteroposterior

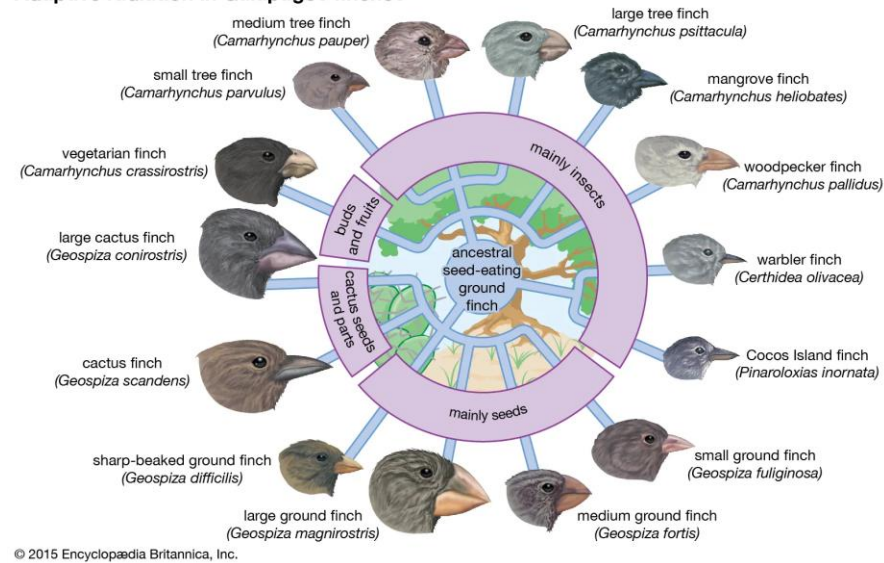
Niveles de explicación:

Las 4 preguntas de Tinbergen

	Próxima (resultado) (estructurales, causales, inmediatas) Explican qué y cómo son los organismos individuales y cómo trabajan los mecanismos del cuerpo	Última (proceso) (evolutivas, distales, darwinianas) Explican cómo las poblaciones de organismos llegaron a ser de la manera que son
Instante en el Tiempo Un aspecto de un organismo en una fase del ciclo de vida/ un momento en la filogenia	Mecanismo (causalidad) (estructura, fisiología, inmediato) ¿Qué y cómo es la estructura? ¿Cómo trabaja su mecanismo? ¿Cómo responde a factores extrínsecos?	Función (adaptación) (adaptativas, valor de sobrevivencia, adecuación) ¿Qué fuerzas selectivas en ambientes pasados explican las características del rasgo?
Secuencia histórica Cómo los precursores se transformaron al estado actual	Ontogenia (desarrollo) ¿Qué precursores y mecanismos del desarrollo explican el rasgo en su estado de vida actual?	Filogenia (histórica, evolutiva) ¿Qué precursores filogenéticos y mecanismos dan cuenta del rasgo en esta época evolutiva?

Causas últimas: **Función**

Adaptive radiation in Galapagos finches



Variación en función de las fuentes de alimento de sus respectivos hábitats.



Camaleón



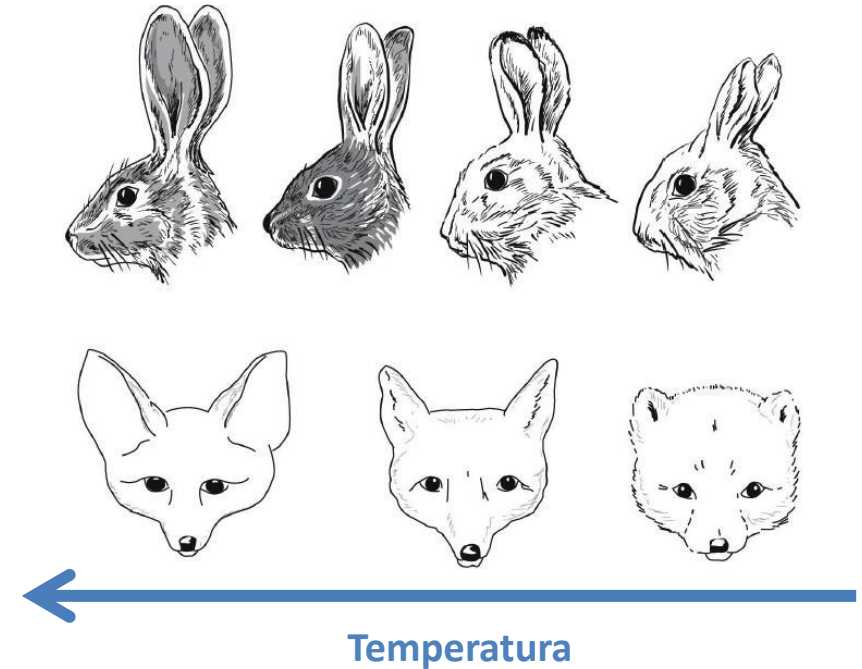
Polilla

Camuflaje

Reglas ecológicas

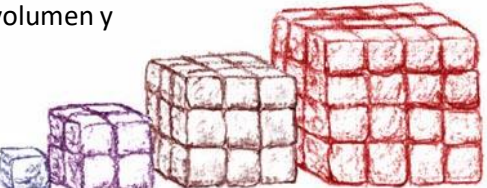
1) Regla de Allen:

En homeotermos las partes del animal que sobresalen del cuerpo (pabellones auditivos, cola y extremidades) se acortan respecto al tamaño corporal al aumentar la latitud y la altitud.



Reglas ecológicas

Relación volumen y superficie



L	1	2	3	4
V	1	8	27	64
A	6	24	54	96
A/V	6	3	2	1,5

2) Regla de Bergmann:

El tamaño medio de los individuos de las poblaciones de una especie o de un taxón aumenta con la latitud y la altitud.

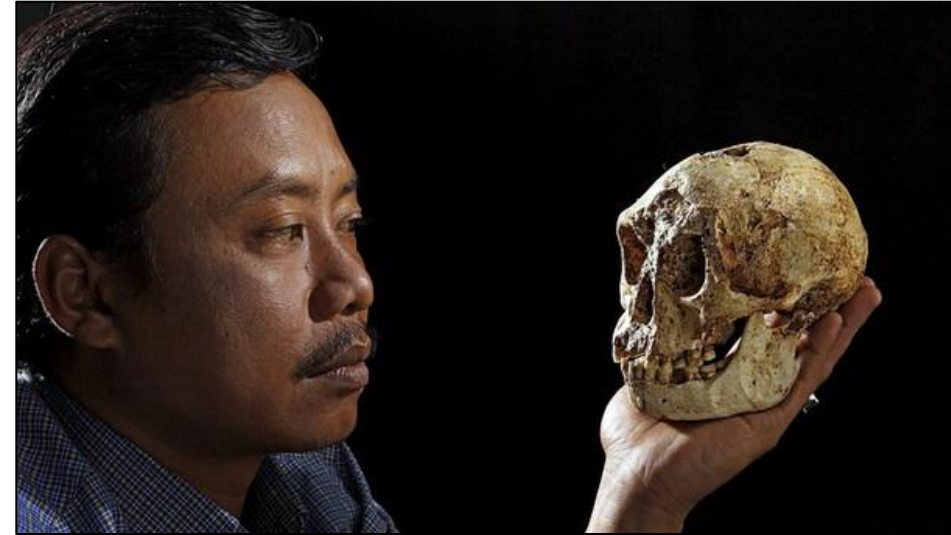


Temperatura

Reglas ecológicas



Gigantismo insular



Enanismo insular

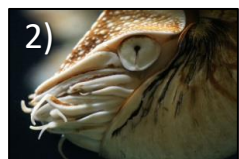
3) Regla de Foster:

Frecuentemente se observa que vertebrados que habitan en islas o en archipiélagos son más grandes o más pequeños que las especies más próximas que habitan en el continente.

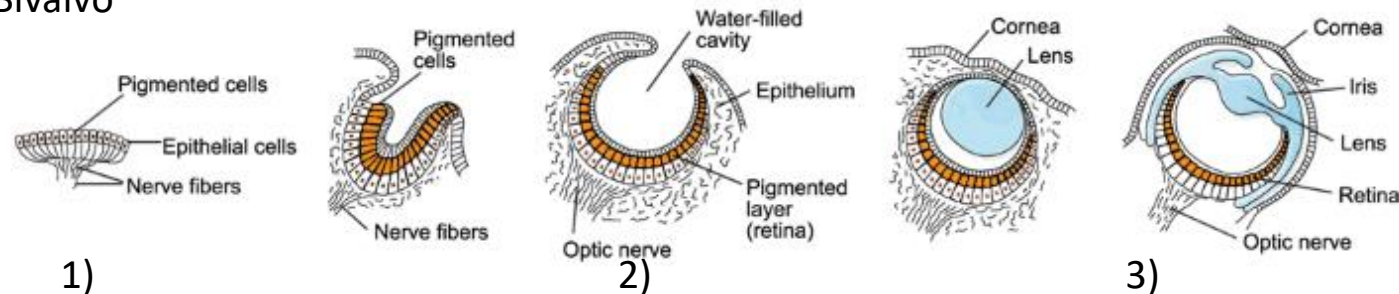
Problema: Evolución de estructuras complejas



Bivalvo



Nautilus
(cámara estenopeica)



Evolución del ojo en moluscos



Calamar
(ojo con lente y córnea)

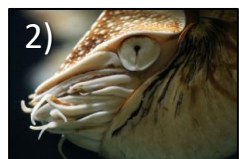
"If it could be demonstrated that any complex organ existed, which could not possibly have been formed by numerous, successive, slight modifications, my theory would absolutely break down. But I can find no such case." Darwin, 1859, capítulo 6.

¿Diseño Inteligente?
¿Simple azar?
¿Proceso adaptativo?

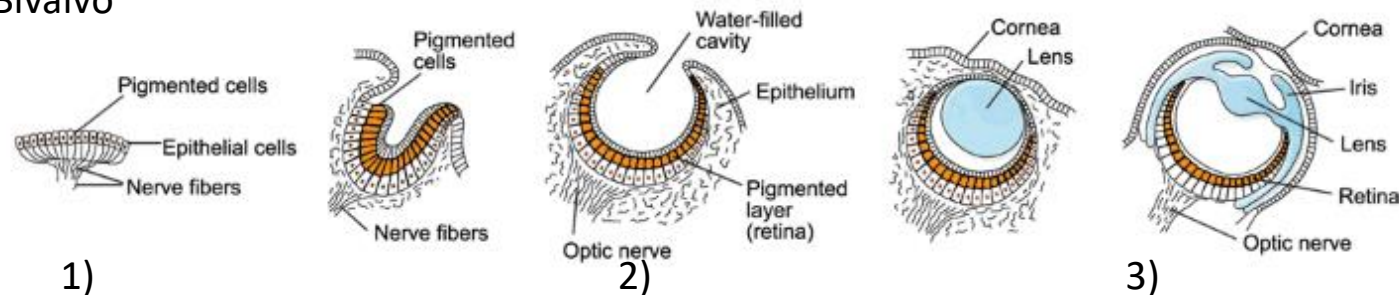
Problema: Evolución de estructuras complejas



Bivalvo



Nautilus
(cámara estenopeica)



Evolución del ojo en moluscos



Calamar
(ojo con lente y córnea)

"If it could be demonstrated that any complex organ existed, which could not possibly have been formed by numerous, successive, slight modifications, my theory would absolutely break down. But I can find no such case." Darwin, 1859, capítulo 6.

Coadaptación (sinorganización intraindividual):

Las diferentes partes de la anatomía (p.ej. del ojo: retina, lente, iris, cornea) evolucionaron independientemente en pasos pequeños.

Problema: Evolución de estructuras complejas



Picaflor
(*Colibri*)



Polilla de Darwin
(*Xantophan morganii
praedicta*)



Pájaro/búfalo
(*Buphagus africanus*)

Coadaptación (Coevolución):

Dos (o más) especies influyen mutuamente en su evolución. Tienen interacciones ecológicas cercanas entre sí:

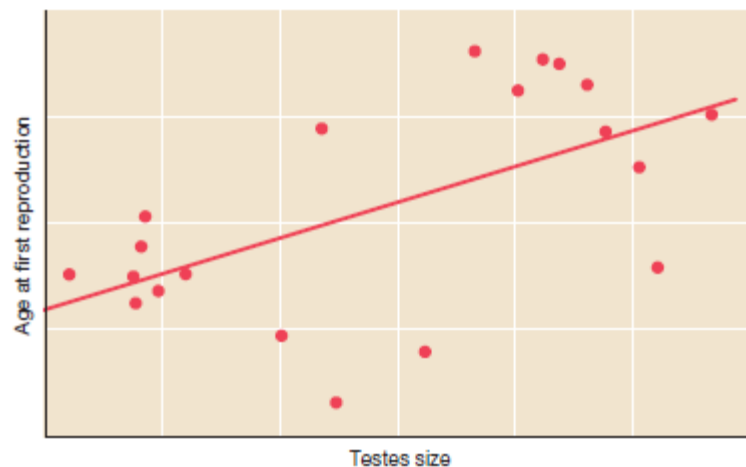
1. Depredador-presa y parásito-hospedador
2. Especies competidoras
3. Especies mutualistas (ej. simbiosis de limpieza)

Niveles de explicación:

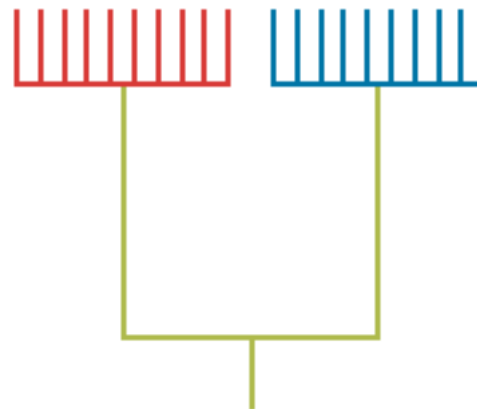
Las 4 preguntas de Tinbergen

	Próxima (estructurales, causales, inmediatas) Explican qué y cómo son los organismos individuales y cómo trabajan los mecanismos del cuerpo	Última (evolutivas, distales, darwinianas) Explican cómo las poblaciones de organismos llegaron a ser de la manera que son
Instante en el Tiempo Un aspecto de un organismo en una fase del ciclo de vida/ un momento en la filogenia	Mecanismo (causa) (estructura, fisiología, inmediato) ¿Qué y cómo es la estructura? ¿Cómo trabaja su mecanismo? ¿Cómo responde a factores extrínsecos?	Función (adaptación) (adaptativas, valor de sobrevivencia, adecuación) ¿Qué fuerzas selectivas en ambientes pasados explican las características del rasgo?
Secuencia histórica Cómo los precursores se transformaron al estado actual	Ontogenia (desarrollo) ¿Qué precursores y mecanismos del desarrollo explican el rasgo en su estado de vida actual?	Filogenia (historía evolutiva) ¿Qué precursores filogenéticos y mecanismos dan cuenta del rasgo en esta época evolutiva?

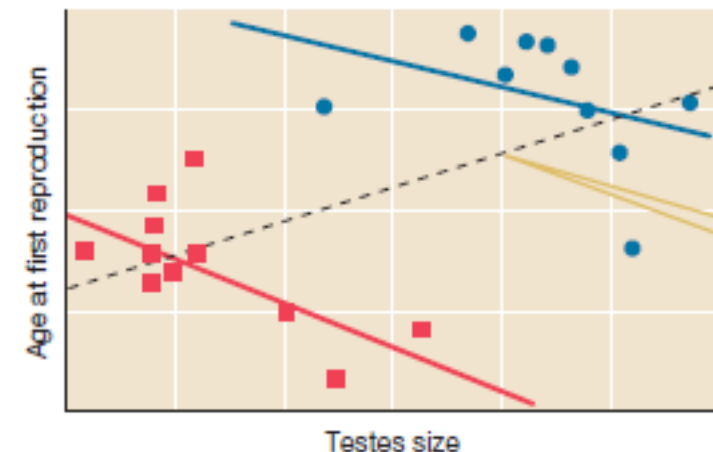
Causas últimas: El Método Comparativo



Tamaño testículos vs.
Edad de primera reproducción
en primates



Filogenia



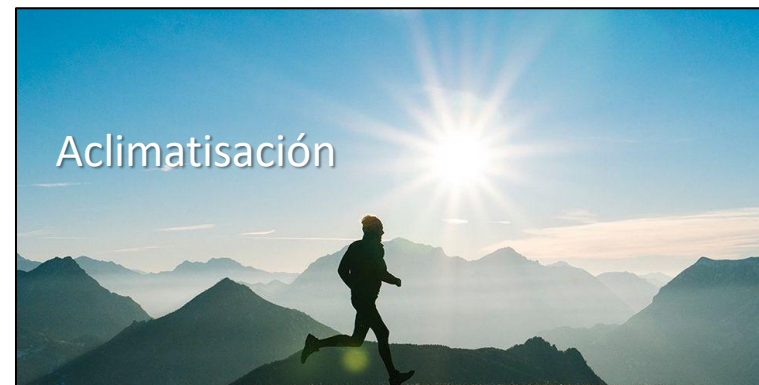
Contrastes independientes filogenéticos

Rasgos *no* adaptativos

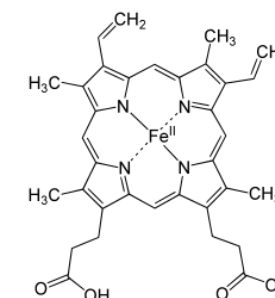
- Cuando son consecuencia de la química o la física (p.ej., color rojo de la hemoglobina).
- El rasgo pudo haber evolucionado por deriva genética (evolución neutral).
- Debido a la correlación con otro rasgo que si es adaptativo.
- Como consecuencia de su historia filogenética (método comparativo).

¿Adaptación o no?

- Tras del entrenamiento en la altura deportistas tienen un aumento de la producción de glóbulos rojos en sangre (eritrocitos, hematocrito).



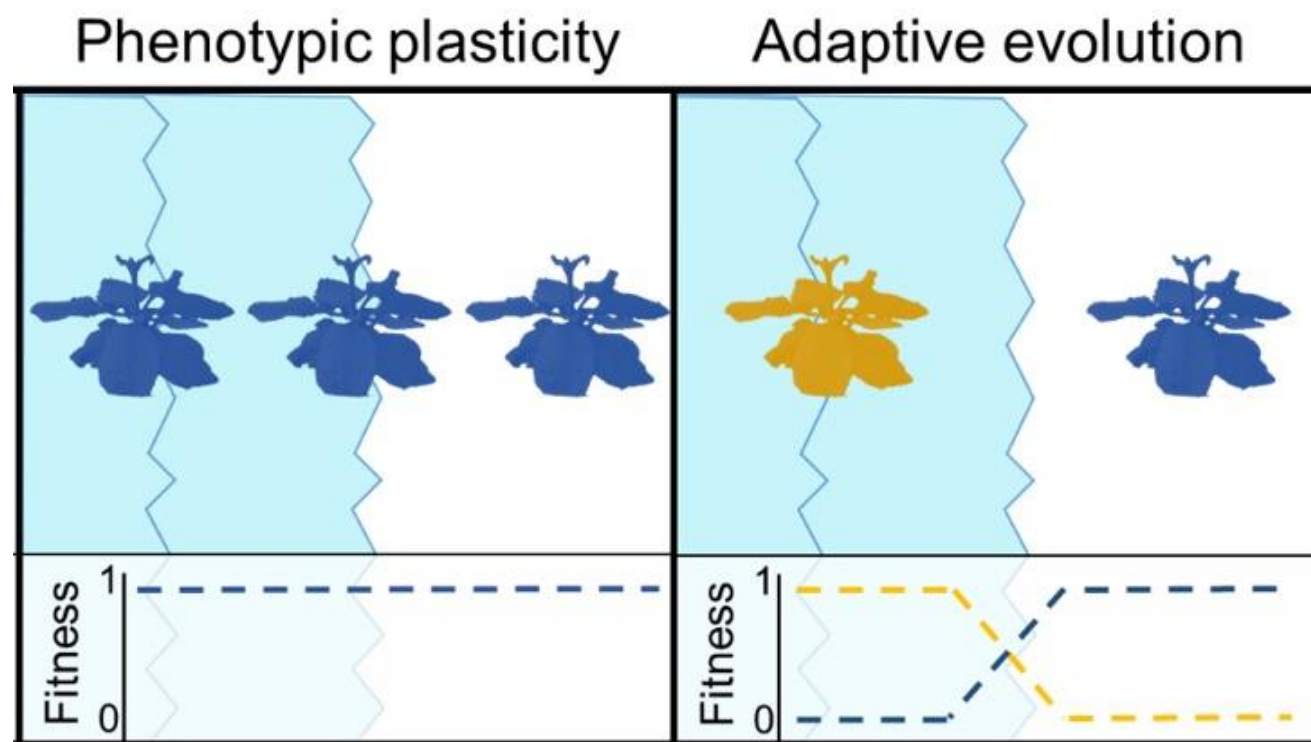
- Los tibetanos y sherpas (>4000 m sobre el nivel del mar) tiene más glóbulos rojos en la sangre que poblaciones que viven en tierras bajas (<2000 m).



Hemoglobina

Plasticidad fenotípica

- La propiedad de un genotipo de producir diferentes fenotipos en respuesta a diferentes condiciones ambientales.



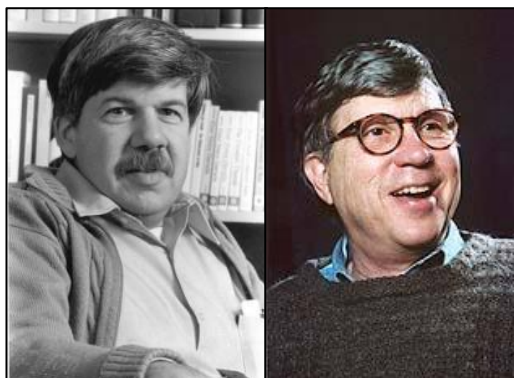
Crítica del programa adaptacionista

Stephen J. Gould y Richard C. Lewontin (1979)

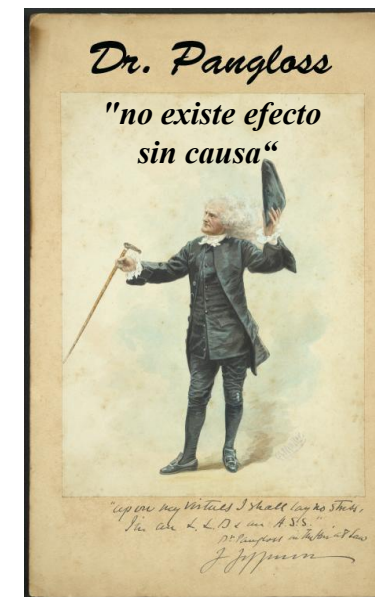
The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme.

Proc. R. Soc. Lond. B 205, 581-598

(Las enjutas de San Marcos y el paradigma panglossiano: una crítica del programa adaptacionista.)



Personaje de *Cándido*, novela del escritor francés Voltaire.
"Todo lo que existe responde a un propósito específico."

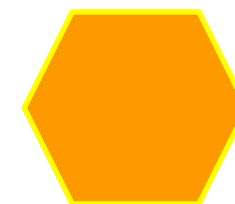
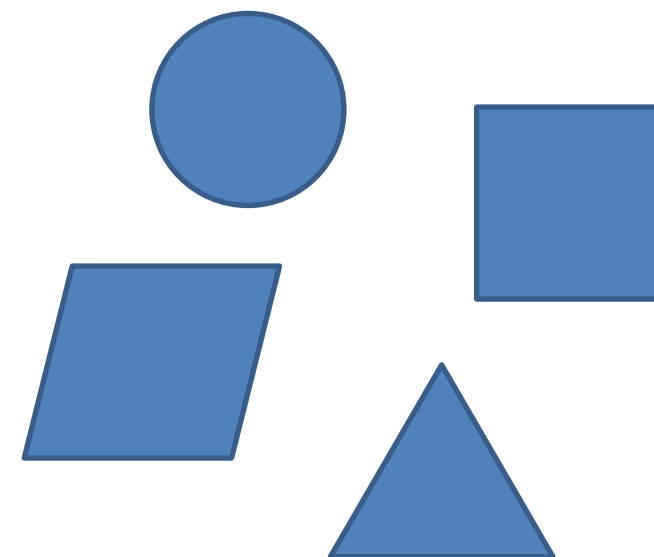


Basílica de San Marcos, Venecia

Crítica del programa adaptacionista



Panal de miel



Mayor relación entre el área y el perímetro.

Estructuras redondas bajo presión





Polimorfismo en *Cepaea nemoralis*

– “un problema con demasiadas soluciones” –

Shell ground colour



Yellow

Pink

Dark brown

Presence or absence of banding:



Zero to five bands. Bands may be partially or fully suppressed.

Richards et al., 2013

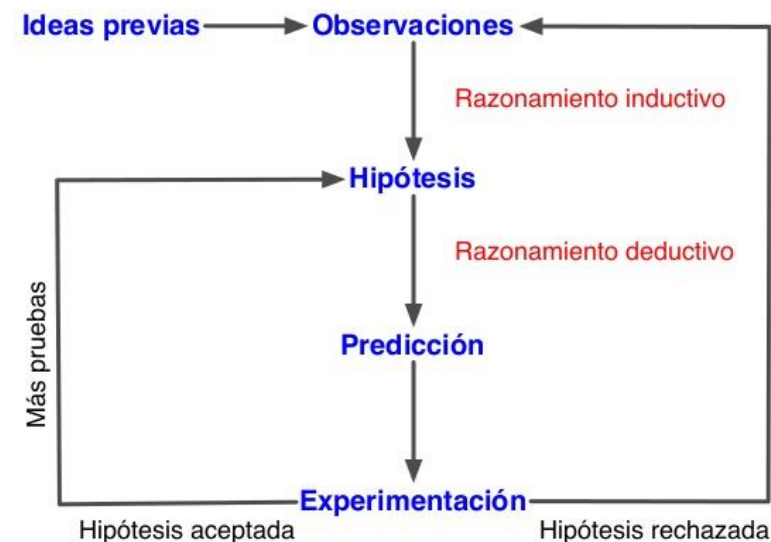
¿Qué es el rasgo adaptivo?
¿La coloración o el dibujo de rayas?

Cómo estudiar adaptaciones

1. Observar/identificar los variantes alélicos de un carácter
2. Plantear una hipótesis de la función del organo o carácter
 - Hipótesis: “Hay una relación entre coloración y **sobrevivencia**.”
 - Predicción adecuada: “Caracoles con una cierta coloración **sobreviven** más que otros caracoles de la misma población.”



Método Hipotético-Deductivo



El método científico

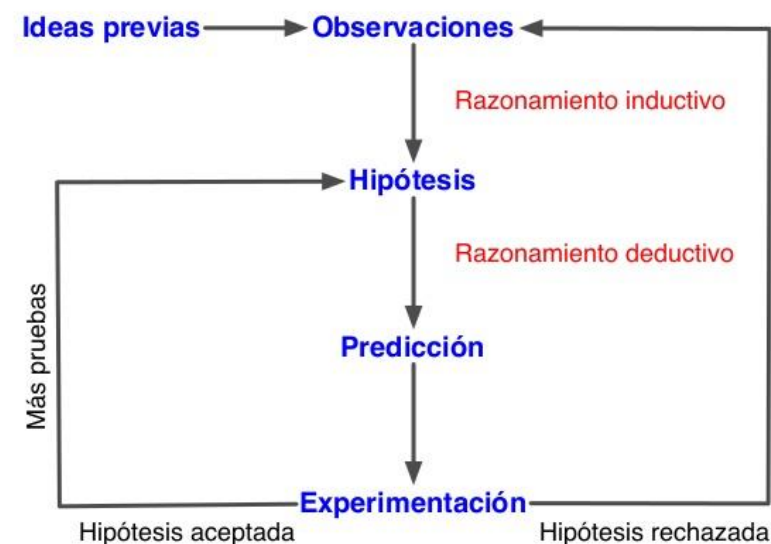
Cómo estudiar adaptaciones



3. Poner a la prueba la predicción

- Fase I: **Observar** si el rasgo bajo de investigación corresponde con la predicción (complejidad, diseño, función)
- Fase II: Conducir un **experimento** (p.ej. cambiar la coloración de las conchas de caracol)
- Fase III: **Comparaciones** interespecíficas; se considera las relaciones de parentesco (→ Método Comparativo)

Método Hipotético-Deductivo

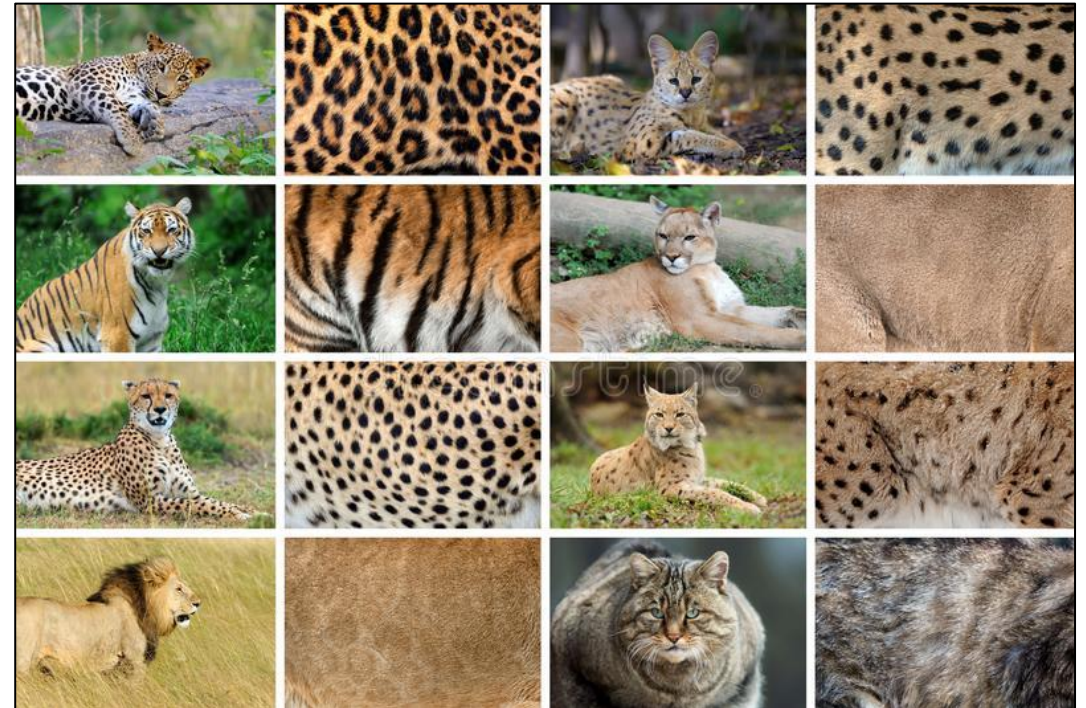


El método científico

La evolución de los patrones de color en felinos

¿Cómo el leopardo adquirió sus manchas?

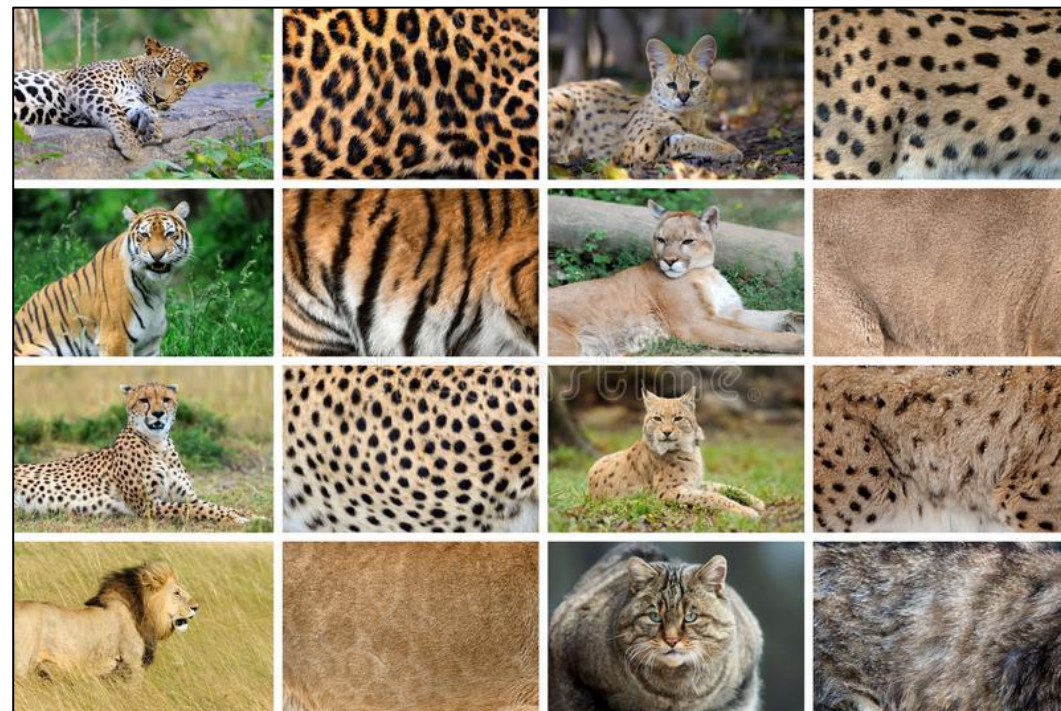
1. El mecanismo
2. El desarrollo
3. La historia filogenética
4. Función/adaptación



La evolución de los patrones de color en felinos

¿Cómo el leopardo adquirió sus manchas?

1. El mecanismo (p.ej. Cómo funciona la célula y sus pigmentos).
2. El desarrollo (p.ej. Cómo se forman los patrones de manchas en el desarrollo en base a información genética).
3. La historia filogenética (p.ej. Formación de patrones de color en otras especies relacionadas).
4. Función/adaptación (p.ej. Individuos con manchas habrían tenido mejor reproducción/supervivencia).



Selección Natural y Adaptación

-  **Supervivencia del mejor adaptado.**
-  **Teoría que explica el origen de adaptaciones complejas que promueven la supervivencia y reproducción de los organismos.**

Exaptación

Un rasgo que evolucionó para otras funciones o para ninguna función, pero que ahora, por casualidad, tienen una nueva función.



Elisabeth Vrba
(*1942)



Stephen J. Gould
(1941-2002)



Ejemplo 1: las colas en algunas aves evolucionaron originalmente para el vuelo, pero luego se utilizaron para el despliegue sexual.

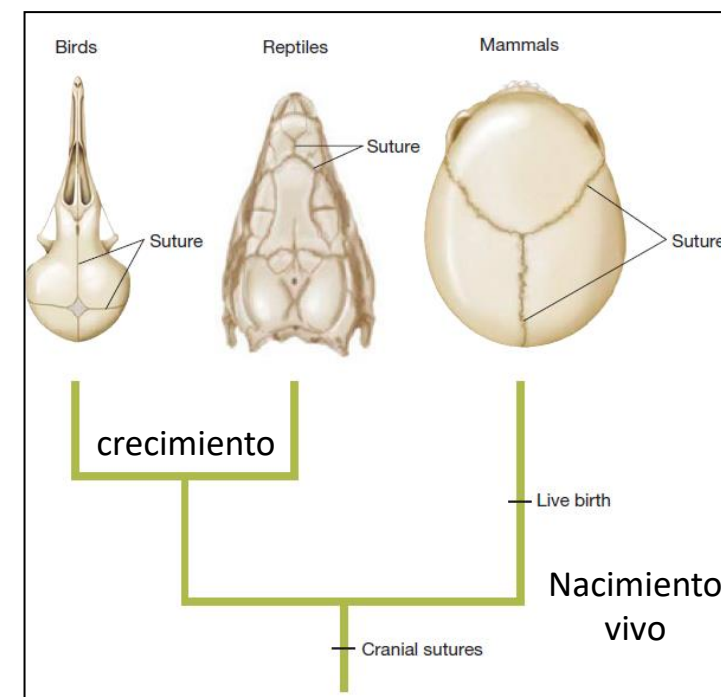
Gould, S. J. y Vrba, E. S., 1982. Exaptation - a missing term in the science of form. *Paleobiology*, 8(1), 4-15.

Exaptación

Un rasgo que evolucionó para otras funciones o para ninguna función, pero que ahora, por casualidad, tienen una nueva función.

Ejemplo 2:

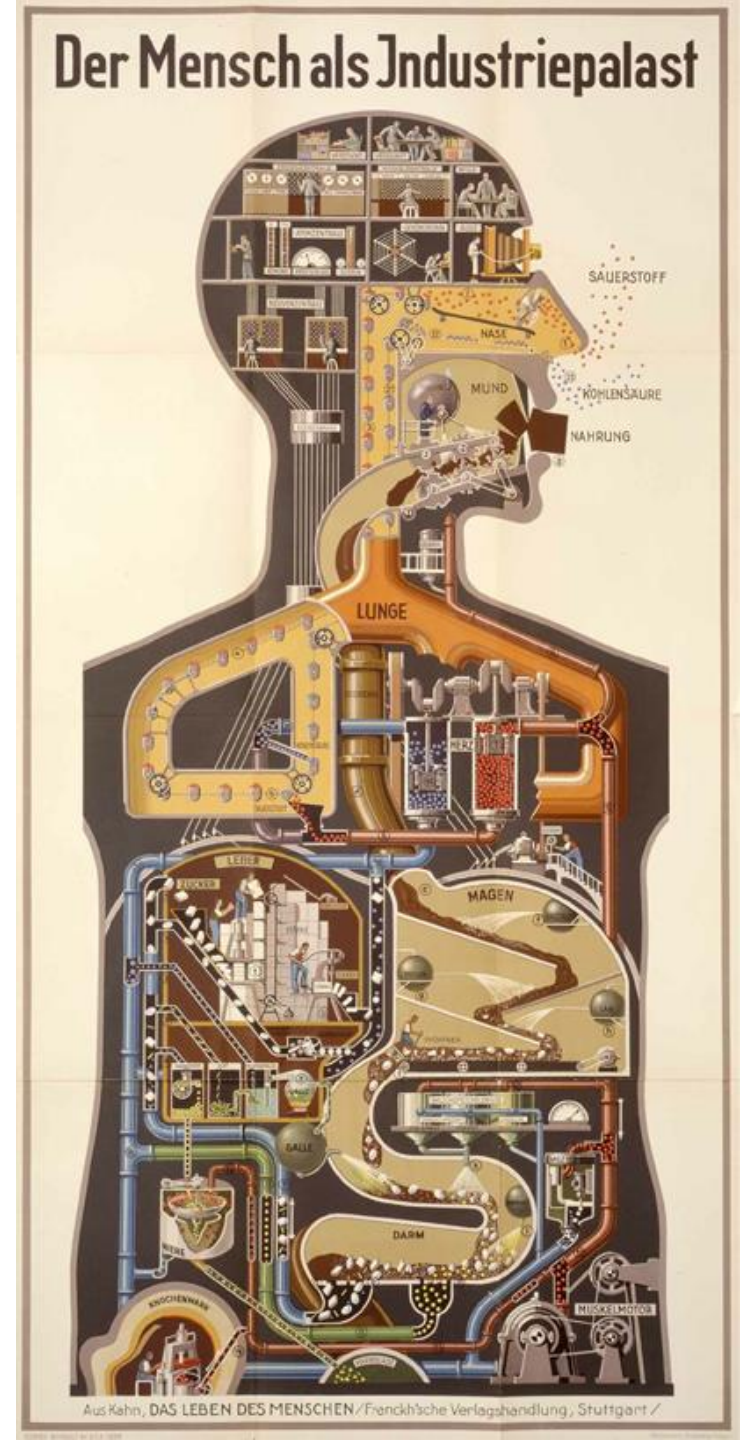
“The sutures in the skulls of young mammals have been advanced as a beautiful adaptation for aiding parturition, and no doubt they facilitate, or may be indispensable for this act. [...] sutures occur in the skulls of young birds and reptiles, which have only to escape from a broken egg [...]” (Darwin 1859, p. 197).



Suturas craneales

¿Preguntas?

El ser humano como palacio industrial
(Fritz Kahn, 1926)



Selección natural y adaptación en poblaciones de ratones de bolsillo

<https://media.hhmi.org/biointeractive/interactivevideo/spanish/pocketmousequiz/>

El origen de las especies: el pico del pinzón

<https://media.hhmi.org/biointeractive/interactivevideo/spanish/finchquiz>