



CURSO

# BIOLOGÍA ANIMAL

LICENCIATURA EN GESTIÓN  
AMBIENTAL/CICLOS INICIALES  
OPTATIVOS, 2024

A large turtle is the central focus, resting on a log in a pond. The water is greenish-brown, and there are lily pads floating around. The turtle's shell is dark with some lighter patterns, and its head is raised. The text 'Temperatura, metabolismo y energía' is overlaid in white, serif font.

# Temperatura, metabolismo y energía

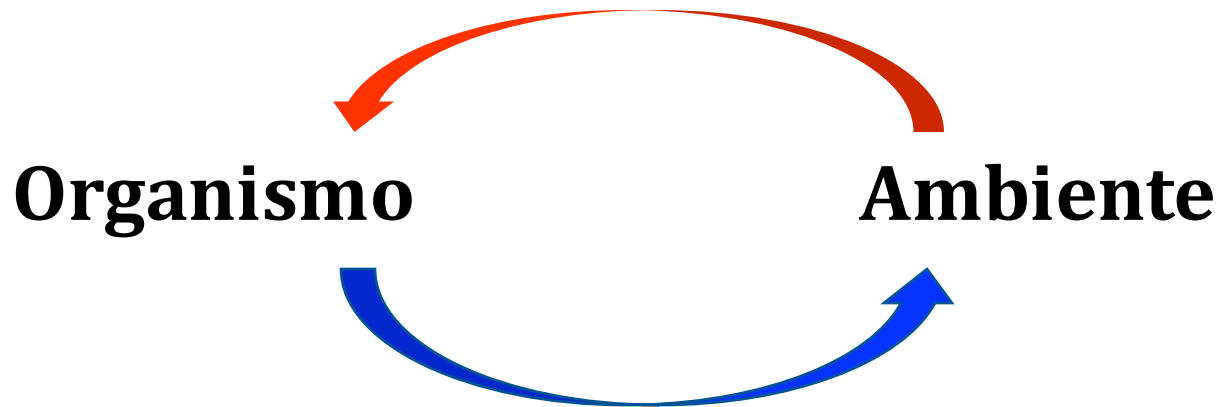
Lucia Ziegler

La regulación de la temperatura es interesante por sí misma, pero también porque pone de relieve las relaciones entre los procesos fisiológicos.

los mecanismos de regulación de la temperatura están estrechamente relacionados con la osmorregulación y el equilibrio hídrico, la respiración, el equilibrio del pH, el tamaño corporal y la ecología (uso del hábitat).

# Ambientes e intercambio térmico

La energía térmica se mueve en un gradiente (+ a -).  
Existen diversas fuentes y sumideros de energía térmica.



Control de la temperatura implica manejar las vías de intercambio térmico a favor del organismo, de acuerdo a su entorno y circunstancias.



# Principios básicos de intercambio de calor (como en cualquier sistema físico)

1 conducción

3 radiación

2 convección

Organismos con alto porcentaje de agua, particularmente los organismos terrestres tienen dos vías más de intercambio y control de temperatura:

**Evaporación**

**Condensación**



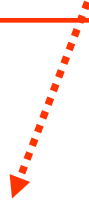
# Conducción

- Transferencia de  $E$  térmica de un objeto a otro. Los animales pueden perder calor cuando la  $E$  térmica es conducida fuera del cuerpo, o ganarlo al absorber calor de objetos conductores.
- La conductividad térmica varía con el tipo de material y la geometría del cuerpo

# Conducción

- Flujo de calor (Q)
- Obedece la ley de Fourier

$$Q = \lambda \Delta T / L$$



conductividad

# Convección

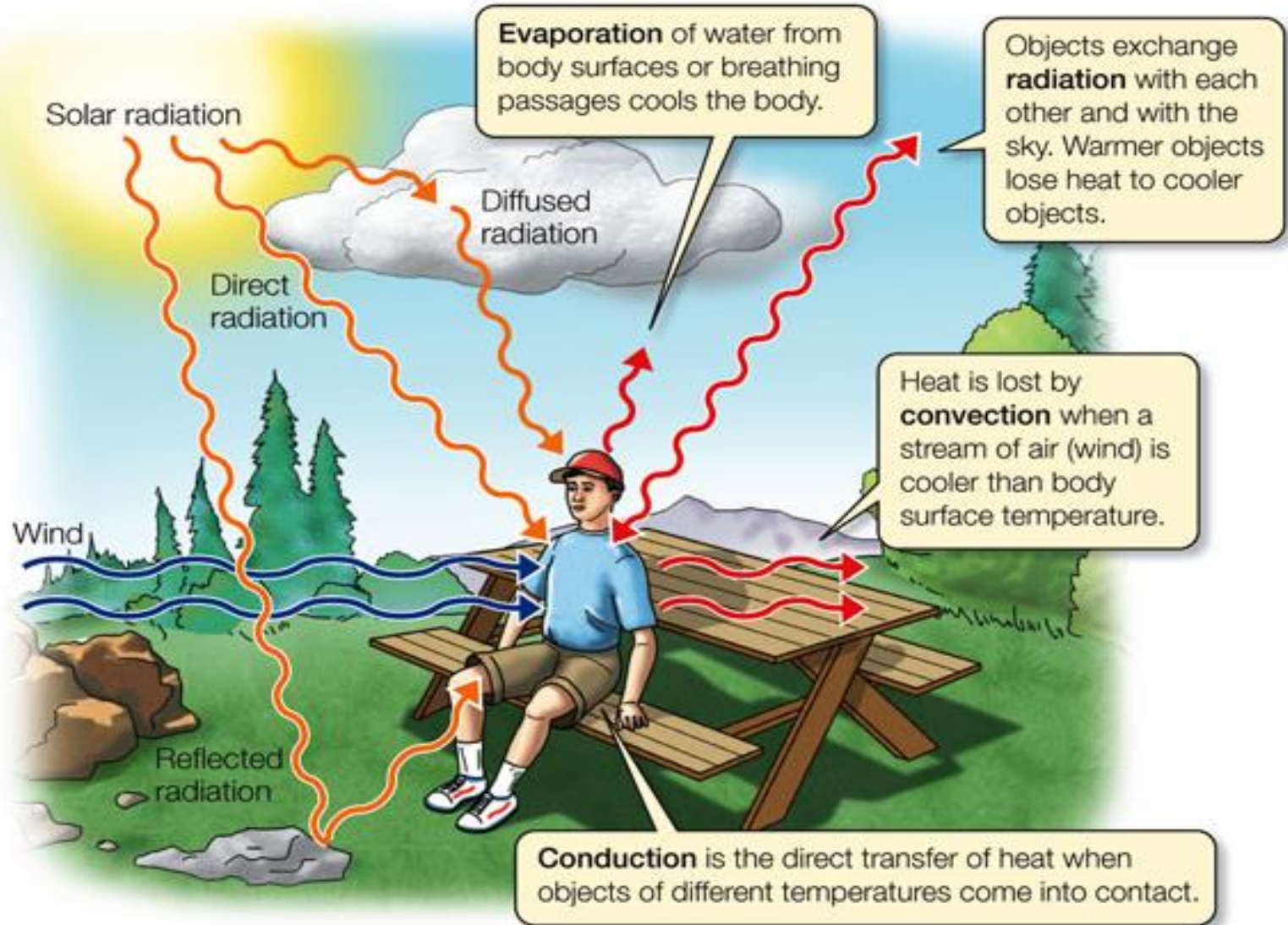
- Transferencia de energía térmica entre el organismo y un medio fluido (aire, agua, sangre).
- El gradiente térmico, el flujo y su conductividad, afectan la convección.
- Por ejemplo, el aire tibio se “siente más fresco” cuando circula que cuando está quieto.



# Radiación

- Emisión de radiación electromagnética por parte de un objeto

# Resumen: fuentes y sumideros



# Temperatura y capacidad calorífica

Temperatura y calor no son lo mismo.

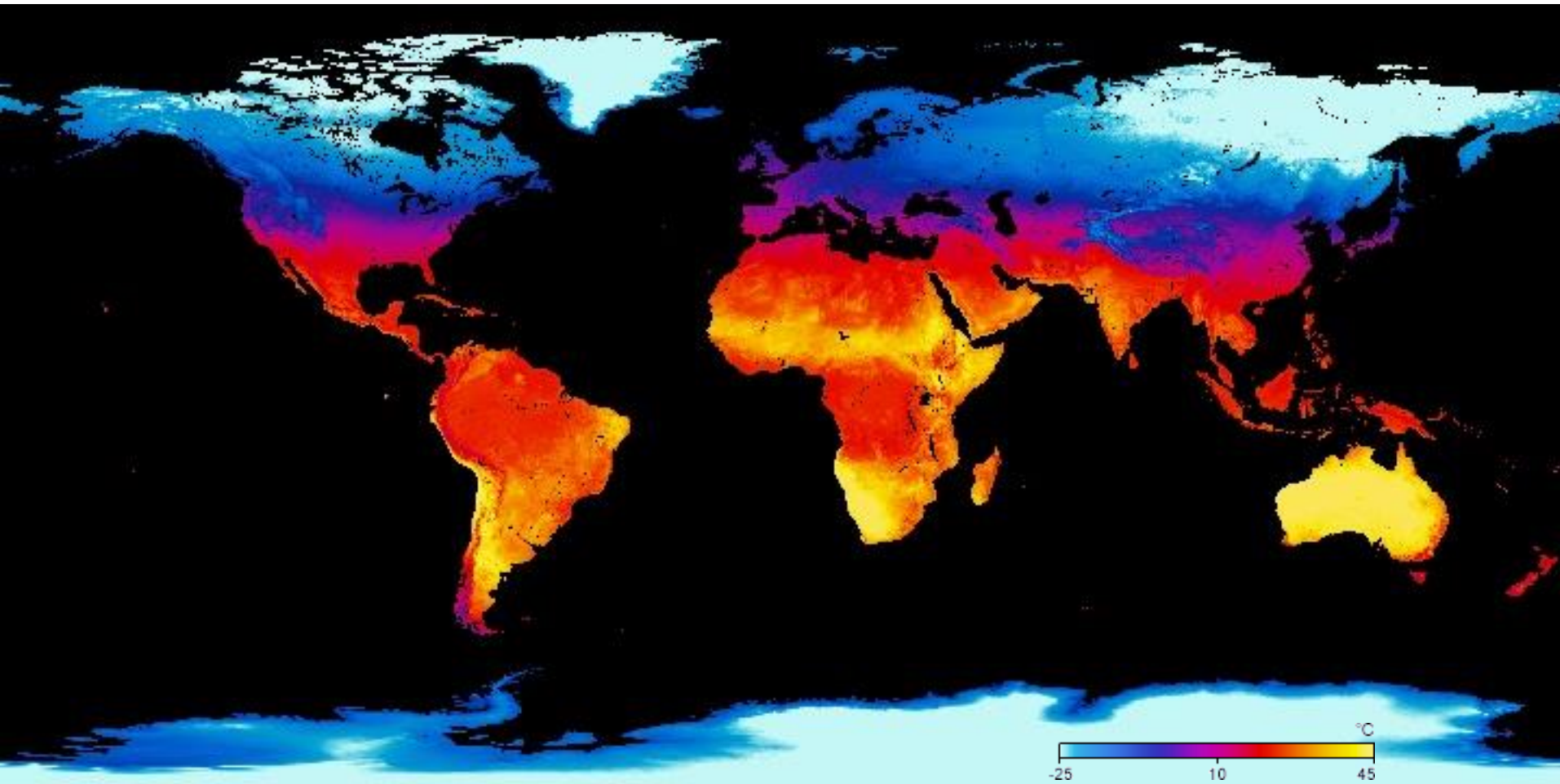
El calor es una forma de energía (J o cal).

**Al añadir (o quitar)** una cantidad determinada de **calor** a un objeto, su **temperatura sube (o baja)** en una cantidad que depende de su capacidad calorífica específica.

- Capacidad calorífica alta: absorbe el calor con poco cambio de temperatura
- Baja capacidad calorífica: absorbe el calor con un mayor cambio de temperatura.

La capacidad térmica del agua es mucho mayor que la del aire.

se necesita más calor (energía) para elevar un volumen determinado de agua en  $1^{\circ}\text{C}$  que para elevar el mismo volumen de aire en  $1^{\circ}\text{C}$ .



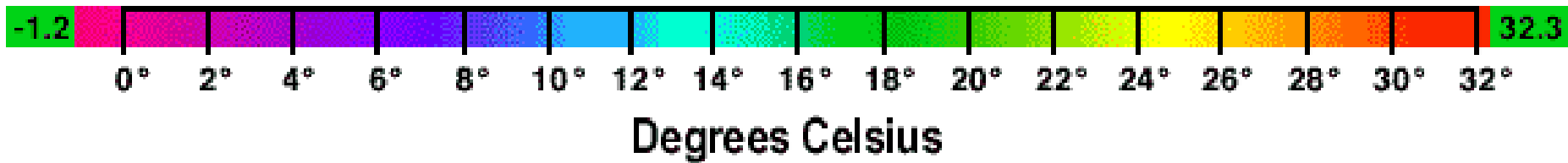
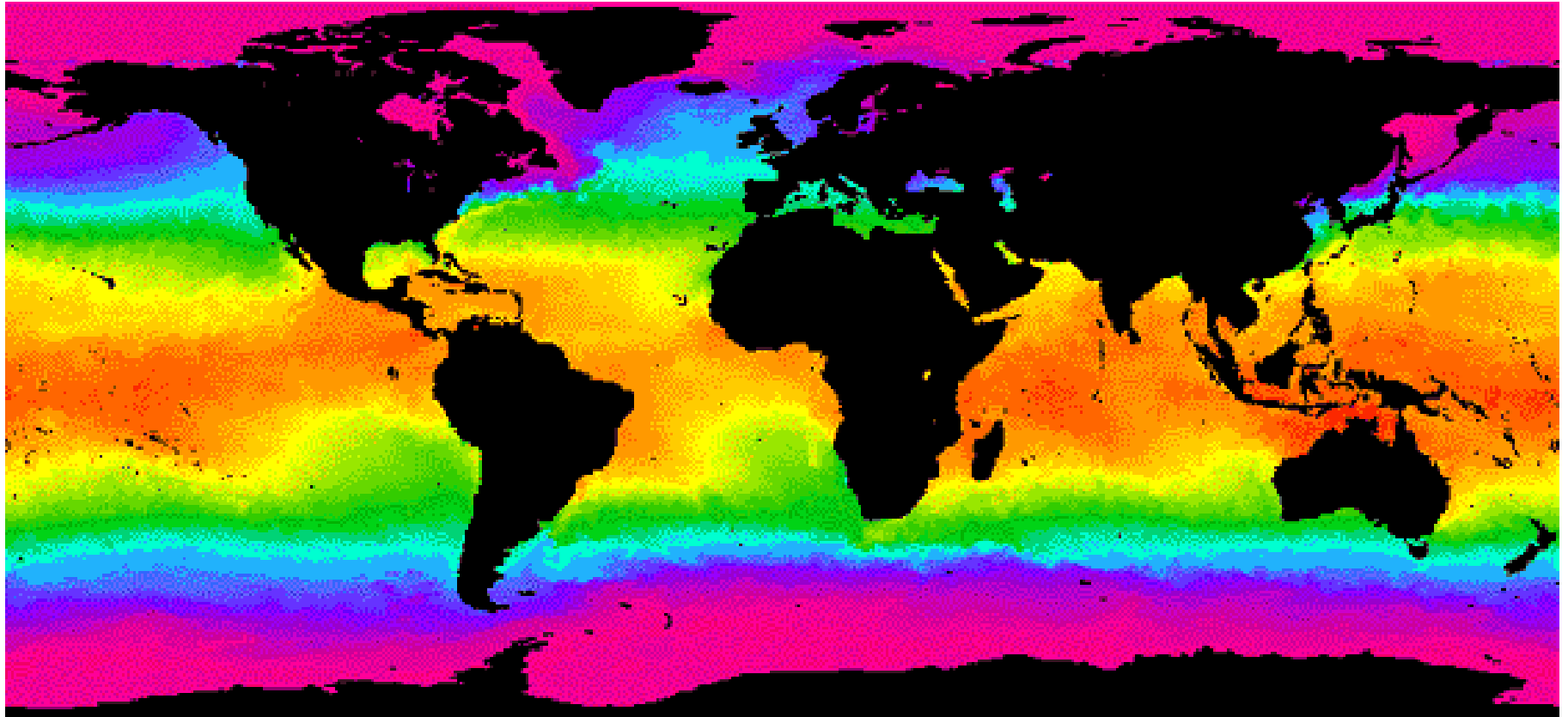
### ***Temperatura ambiente ( $T_a$ )***

Variable clave en la estrategia térmica de los organismos

Los ambientes presentan variación espacial y temporal en temperatura...

...y los organismos deben coexistir con tal variación

# Sea Surface Temperature



# Temperatura

- Afecta tasas de reacciones bioquímicas y de procesos físicos (difusión, ósmosis)
- Conformación y función de proteínas (enzimas)
- Afecta la tasa metabólica



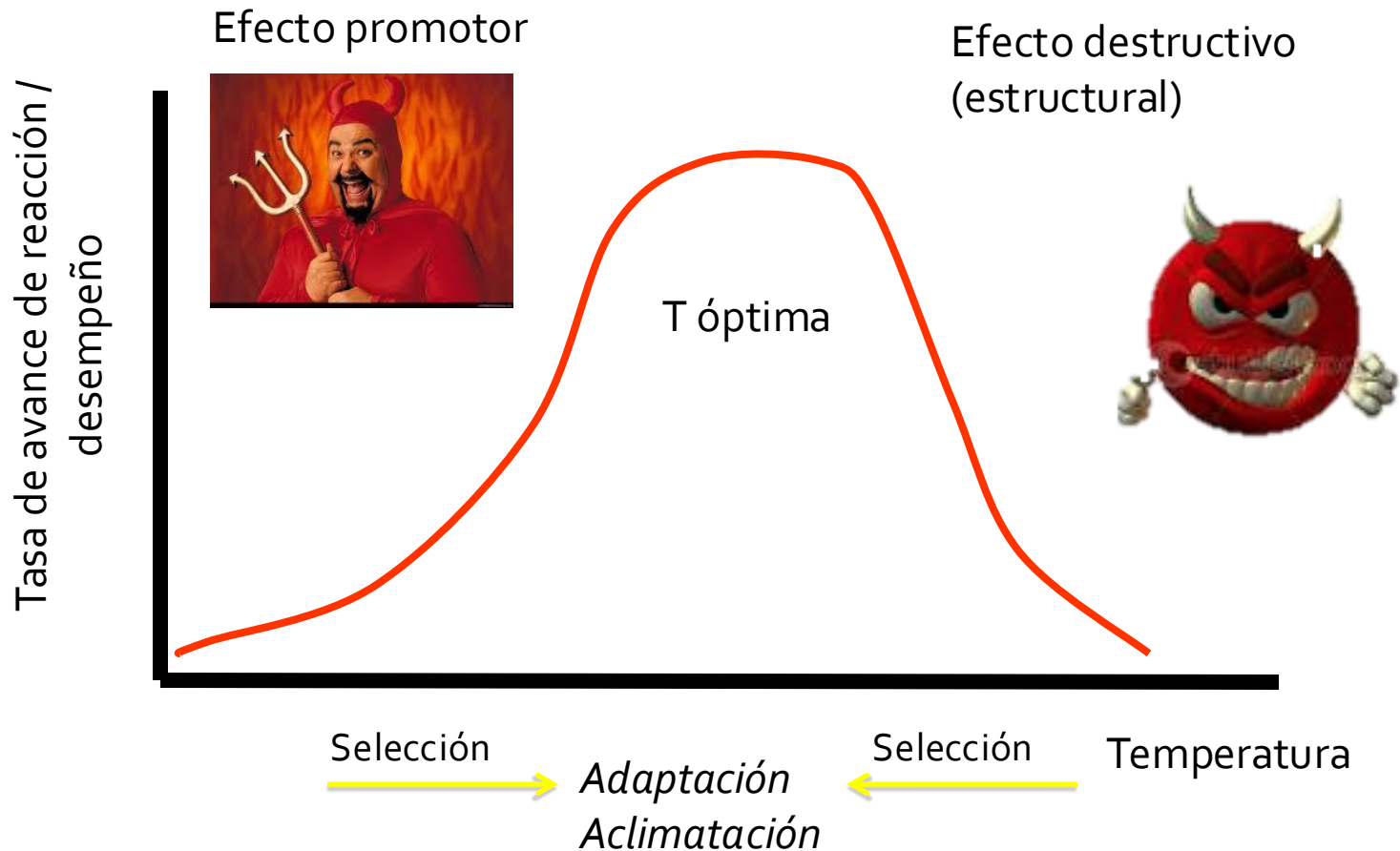


**El rango de temperaturas en los diferentes ambientes excede el rango compatible con la vida**



# Efecto de la temperatura en un proceso biológico

## Efecto "bifásico" de la temperatura



Generalmente se logra garantizar el proceso más que independizarlo de la T

## *Estrategia térmica de un organismo:*

Combinación de respuestas comportamentales, fisiológicas y bioquímicas que aseguran que la temperatura corporal ( $T_b$ ) se encuentre dentro de límites aceptables



Complejidad del ambiente térmico



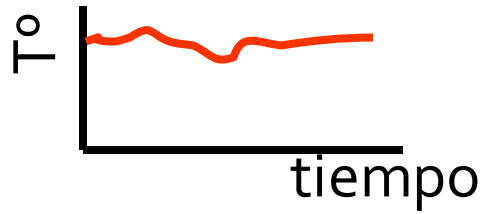
Patrones de control del intercambio térmico pueden ser muy elaborados

# Fuente de calor y regulación de la temperatura: un compromiso

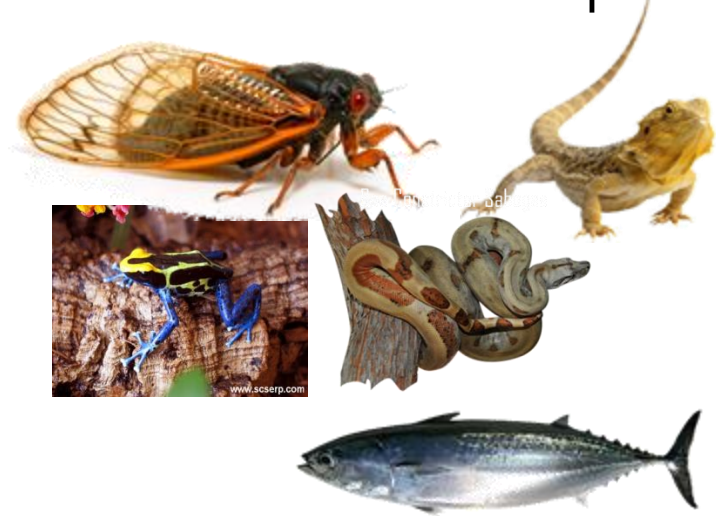
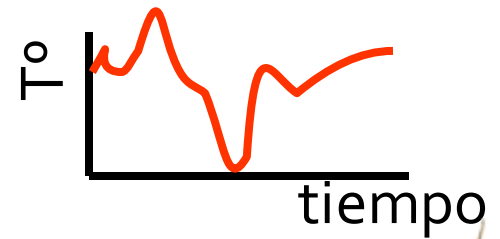
En biología térmica existen 2 grandes dicotomías, una basada en el tipo de regulación de la temperatura, y la otra en la fuente de calor



## Homeotermo



## Poiquilotermo



## *Regulación de la temperatura corporal:*

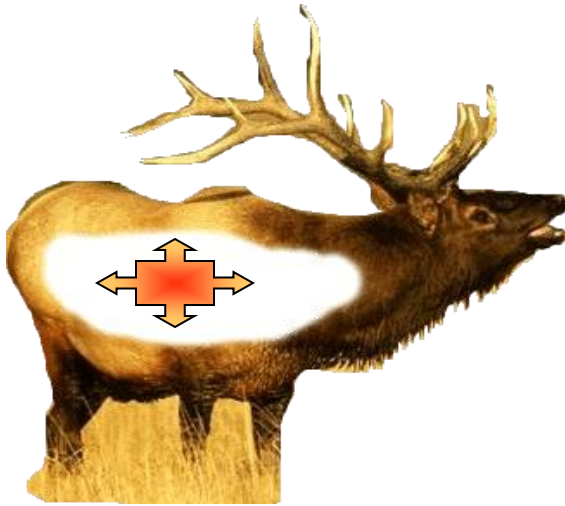
- ❑ Homeotermos = termorreguladores. Mantienen una temperatura interna relativamente constante.
  - ❑ Los mamíferos regulan alrededor de  $37 - 40^{\circ}\text{C}$ .
  - ❑ Las aves regulan en torno a los  $39 - 43^{\circ}\text{C}$
  - ❑  $37-43^{\circ}\text{C}$  está muy cercano a las temperaturas que provocan la desnaturalización parcial de las enzimas  $\Rightarrow$  requiere la síntesis de nuevas enzimas, lo cual es energéticamente costoso.
  
- ❑ Poiquilotermos = termoconformadores. Permiten que la temperatura interna fluctúe.



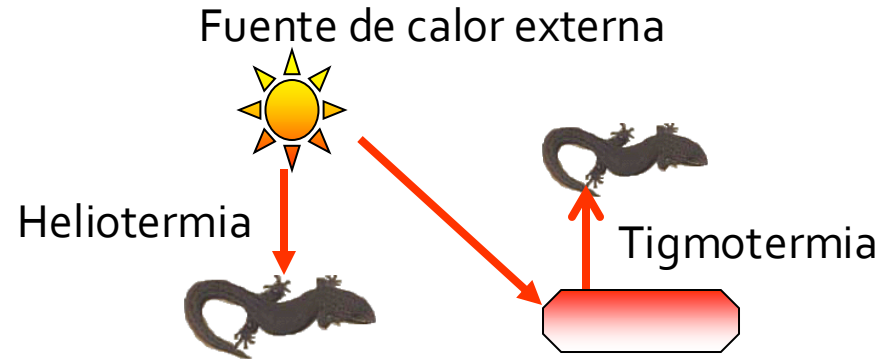
Estas definiciones que resaltan el patrón observado (ecofisiológico) y no atienden al mecanismo que lo está generando...

# Cowles (1962)

## Endotermo



## Ectotermo



**Resaltan el mecanismo y no (solo) la condición!!!**

## Aves + Mamíferos



## El resto...



## *Fuente de calor :*

- ❑ Endotermos: Producen gran parte del calor corporal mediante procesos metabólicos. Pero también ganan o pierden calor del entorno mediante procesos pasivos (no metabólicos). Pueden mantener la temperatura corporal central hasta  $30^{\circ}\text{C}$  por encima de la temperatura ambiente, a largo plazo.
- ❑ Ectotermos: Ganan y pierden calor corporal principalmente del entorno. La temperatura corporal sigue la temperatura ambiente.

La termorregulación es el proceso por el cual los animales mantienen su temperatura interna dentro de un rango tolerable.

El metabolismo interno y el ambiente externo son las fuentes de calor para la termorregulación.

*La endotermia y la ectotermia no son estrategias térmicas mutuamente excluyentes (más sobre esto en estrategias mixtas...)*

Las dos dicotomías no son completamente independientes...

*Es mejor considerar la fuente y la regulación por separado.*

Los ectotermos pueden utilizar la termorregulación comportamental para mantener constante la temperatura central frente a los cambios en la temperatura ambiental, por lo que la ectotermia no siempre va unida a la poiquiloterma.

Los endotermos a veces permiten cambios drásticos en la temperatura central (por ejemplo, los mamíferos que hibernan), por lo que endotermia no siempre implica homotermia.

Estas dicotomías son útiles, pero son simplificaciones de la realidad

**Estrategias intermedias:** regulan la temperatura corporal ( $T_b$ ), pero no lo suficiente como para que la  $T_b$  sea independiente de la temperatura ambiente ( $T_a$ ).



Las veremos más adelante en la clase

Sangre fría – Sangre caliente  
Poiquilotermo – Homeotermo  
Ectotermo – Endotermo  
Termoreguladores - Termocconformes  
Stenotermos - Euritermos

} Extremos de un continuo

Procesos de aclimatación  
&  
Procesos de adaptación

Ajustar el funcionamiento del  
organismo a las condiciones  
ambientales



# Regulación del intercambio térmico

- Comportamental
- Morfológica / Fisiológica

## ■ Regulación comportamental



Este tipo de regulación es la más utilizada por los ectotermos



Pero muchos endotermos tienen comportamientos fundamentales para termorregular:

- *Huddling* (Acurrucarse)
- Asoleamiento
- Torpor
- Hibernación/Estivación



# Temperatura y comportamiento de ectotermos

Ectotermo: ajustar T° a requerimientos y respuestas limitadas por T° corporal



*Agama savignyi*

18°C Velocidad de escape: 1m/seg.  
34°C Velocidad de escape: 3 m/seg.



18°C enfrenta



34°C huye

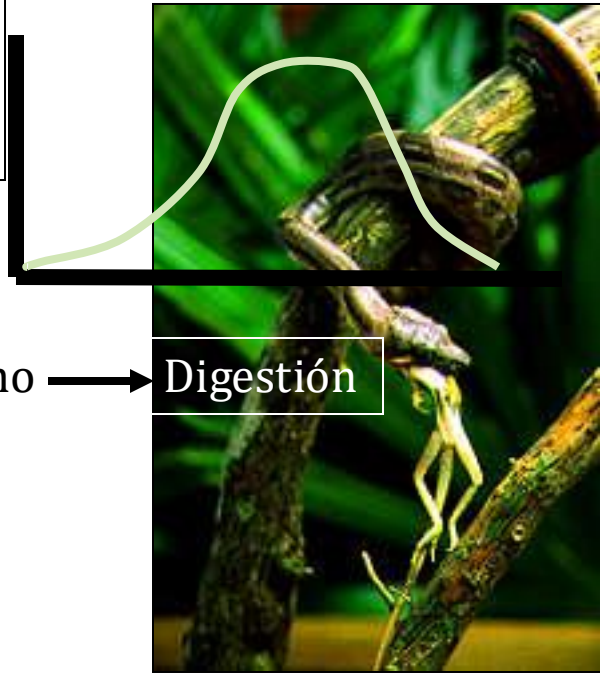


El estado térmico determina el comportamiento



Comportamiento de ectotermos orientado a controlar  $T^{\circ}$  interna en base a las actividades que realiza

= Digestión = gasto metabólico



Alimentación

Asolearse

+  $T^{\circ}$

+ Metabolismo

Digestión



Hembras grávidas de distintas especies de lagartijas convergen a 32 °C



32°C




Desarrollo muy sensible a temperatura

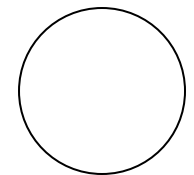
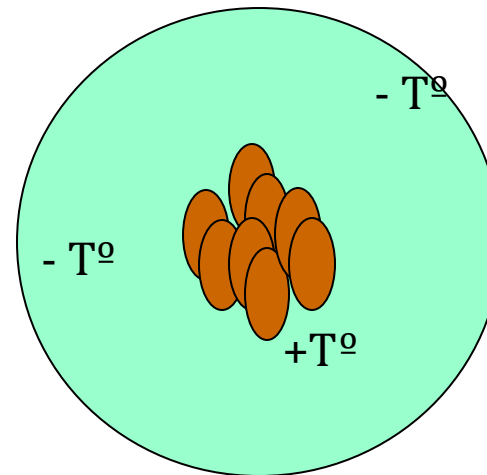
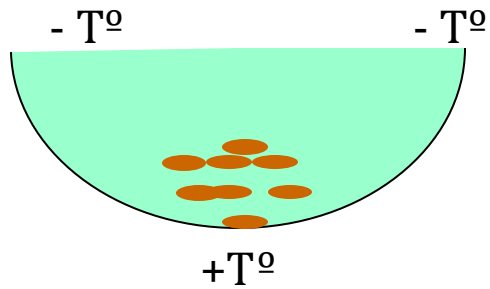
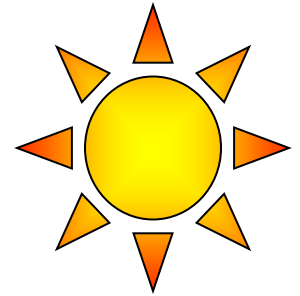
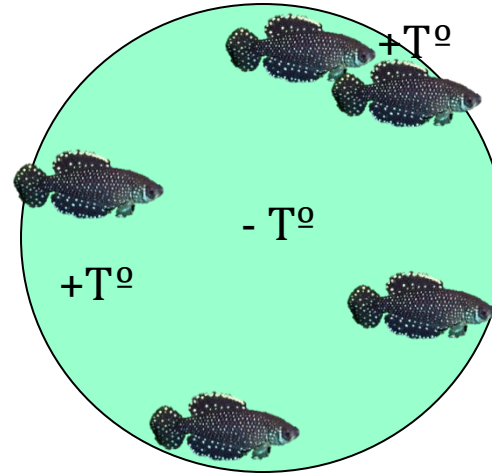
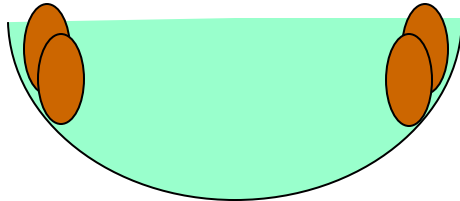
La  $T^{\circ}$  es ajustada en función de los requerimientos



# También en ambientes acuáticos

 Pez o renacuajo

+T°      - T°      +T°

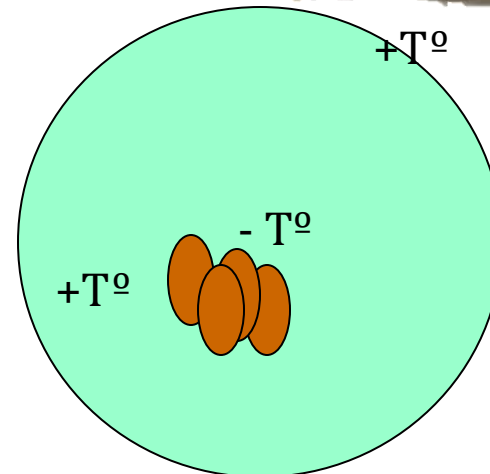
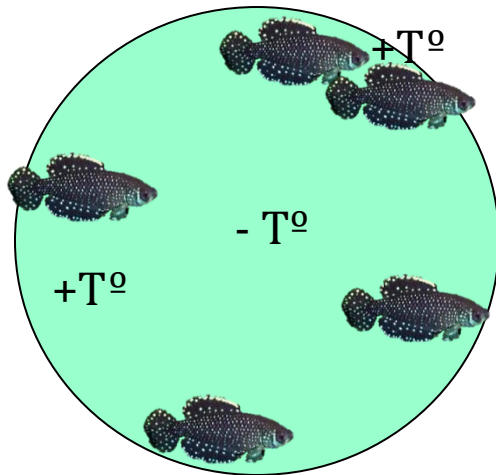
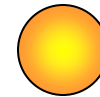


# Temperatura y comportamiento en ectotermos

Mensaje: Los ectotermos en general invierten mucho de su tiempo en controlar la temperatura corporal, asociado al mantenimiento de su fisiología y a estad(i)os particulares

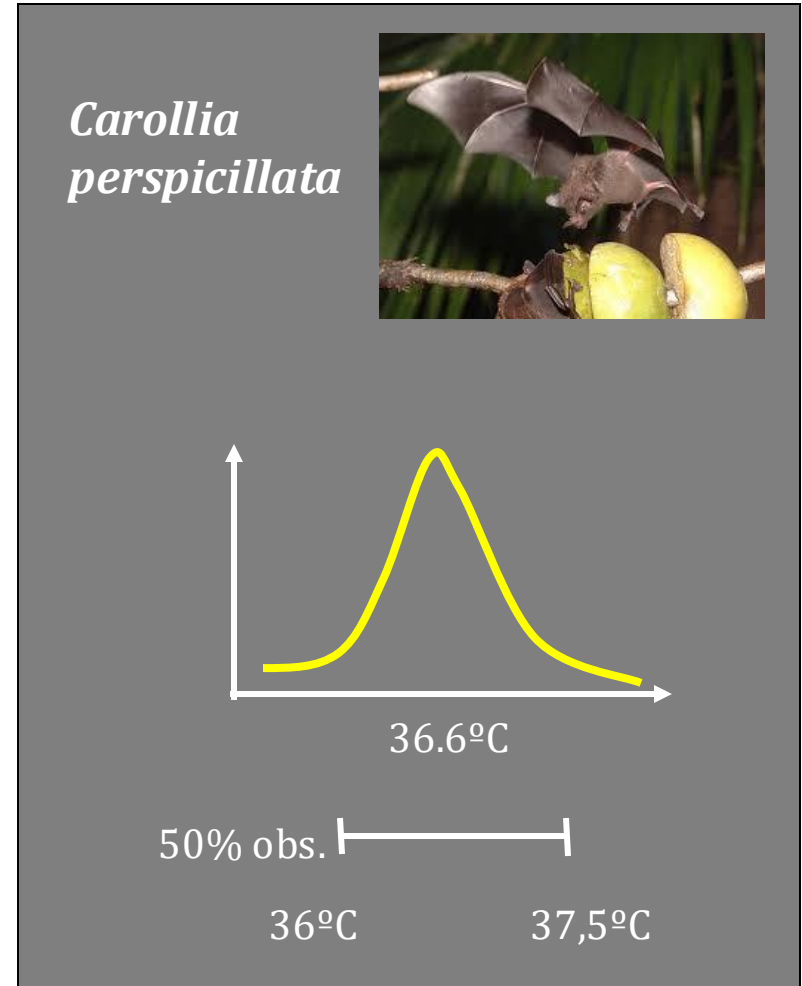
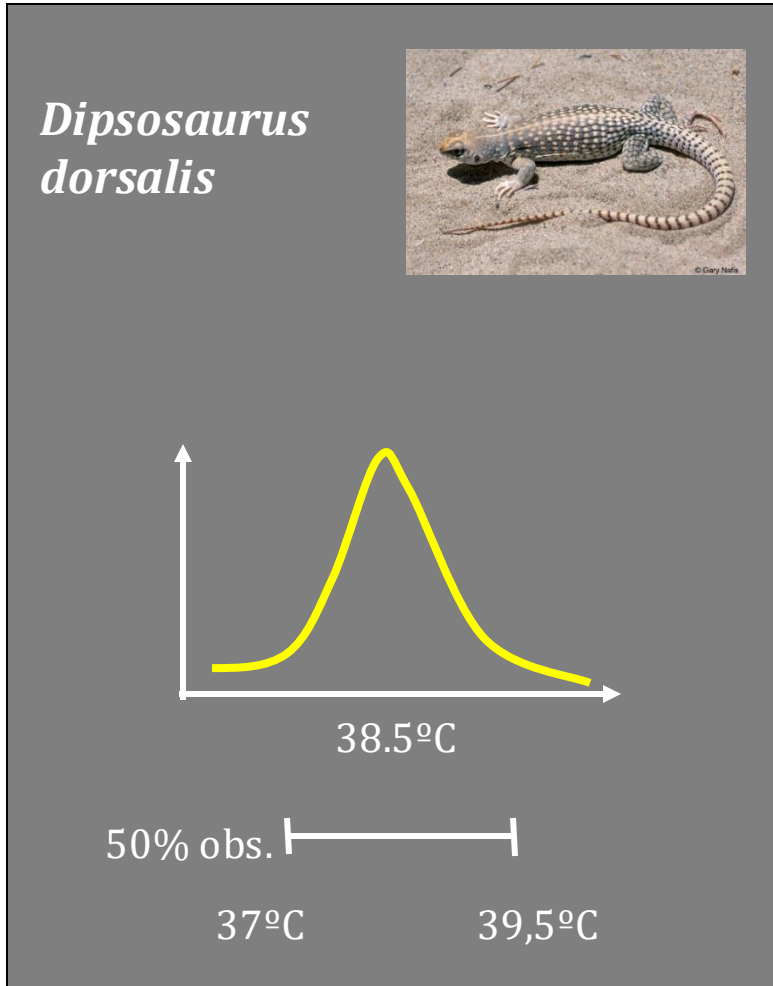


32°C





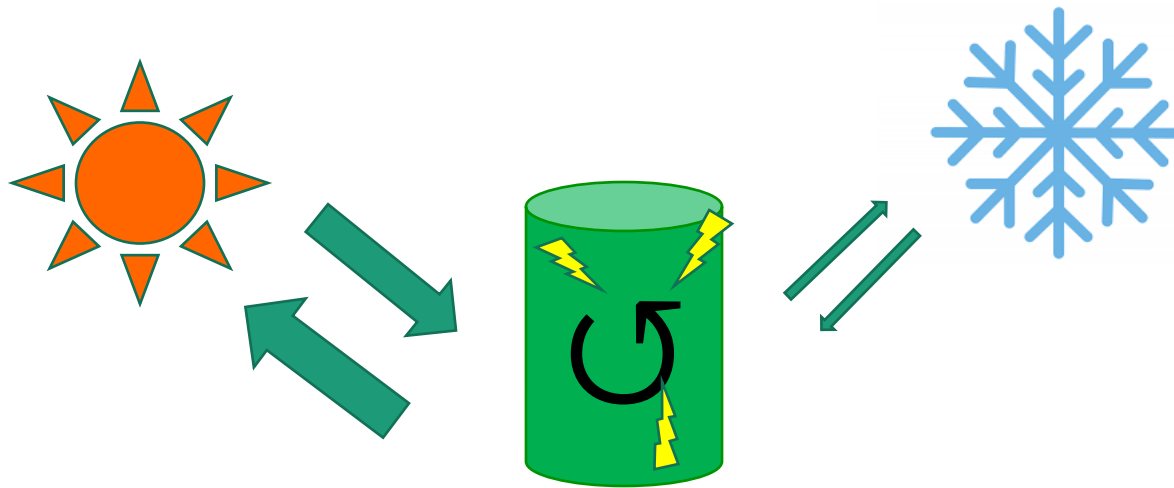
# Regulación de $T^{\circ}$ corporal por comportamiento no debe interpretarse como un mecanismo ineficiente de control



# Regulación morfológica y fisiológica del intercambio térmico con el ambiente

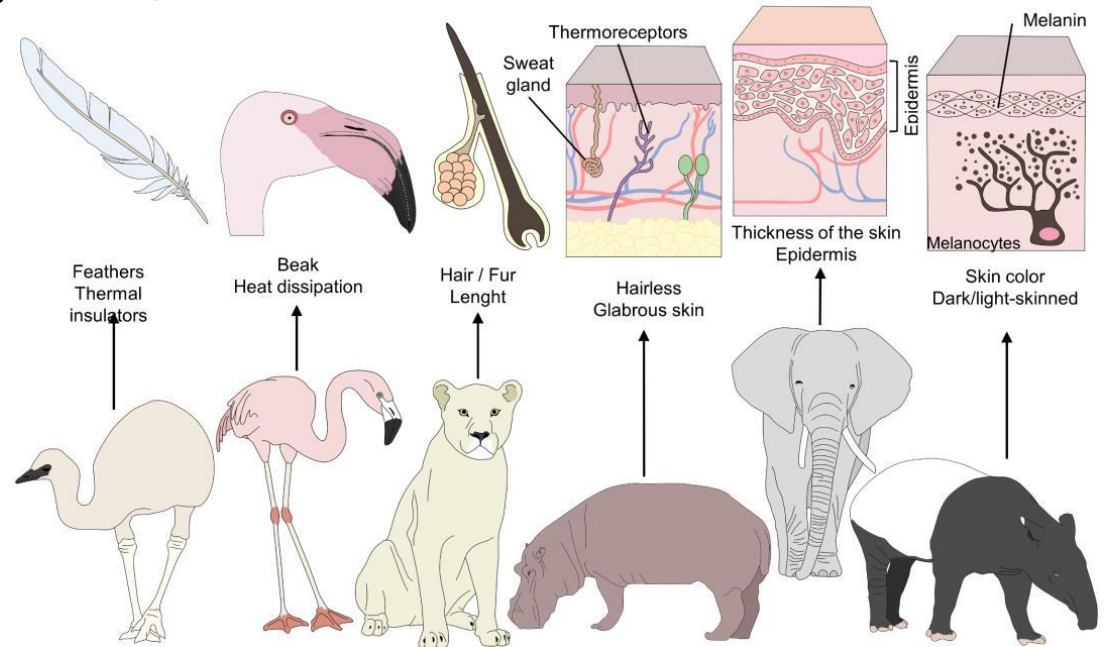
---

En general, la termorregulación apunta a que la ganancia de calor iguale las tasas de pérdida de calor.



Los animales logran la termorregulación a través de mecanismos que reducen el intercambio de calor en general o mecanismos que favorecen el intercambio de calor en una dirección particular.

- varios de estos mecanismos involucran el sistema tegumentario (p. ej. piel, pelo, uñas)

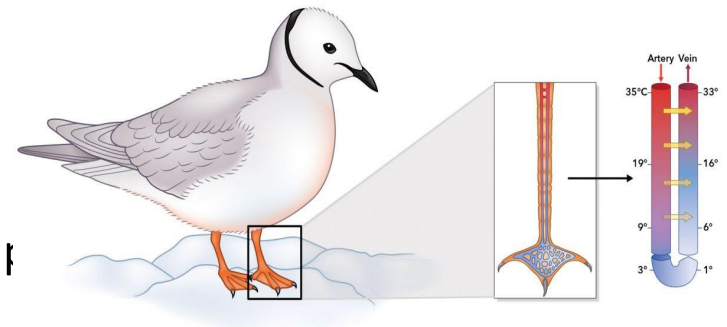
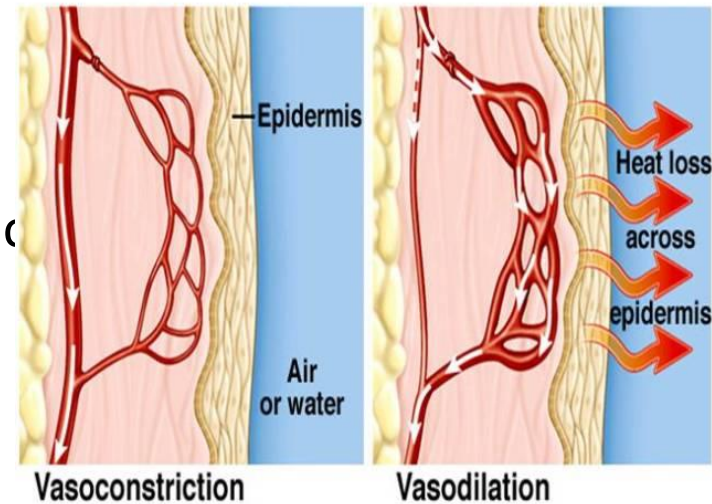


**Figure 1.** Morphological differences among furred, feathered, and bare-skinned animals. Thermoregulatory strategies in animals depend on various morphological elements. For example feathers serve as a thermal insulator in birds, and beaks facilitate heat dissipation. In contrast, the presence of hair and piloerection form a layer that conserves warm air to prevent any sudden drop in temperature. A thick layer

- Glándulas sebáceas y sudoríparas, músculos, nervios y vasos sanguíneos.
- El tejido adiposo proporciona varios grados de aislamiento, dependiendo de la especie.

# *alterar la cantidad de flujo sanguíneo entre el núcleo del cuerpo y la piel*

- Vasodilatación o vasoconstricción
- Otra adaptación circulatoria es el intercambio contracorriente, la transferencia de calor o solutos entre fluidos adyacentes que fluyen en direcciones opuestas.
- Implica una disposición antiparalela de los vasos sanguíneos llamada intercambiador de calor en contracorriente.
  - Las arterias y las venas están cerca unas de otras. A medida que la sangre caliente pasa por las arterias, el calor se transfiere a la sangre venosa más fría que regresa de las extremidades.



*Muchos organismos viven en lugares donde la termorregulación requiere no solo aumentar o mantener la temperatura, sino también enfriarse*

- Si la temperatura ambiental está por encima de la temperatura corporal, la evaporación es la única forma de evitar que la temperatura corporal aumente.
- Los animales terrestres pierden agua por evaporación a través de la piel y cuando respiran.
- El agua absorbe una importante cantidad de calor cuando se evapora; este calor se pierde del cuerpo con el vapor de agua





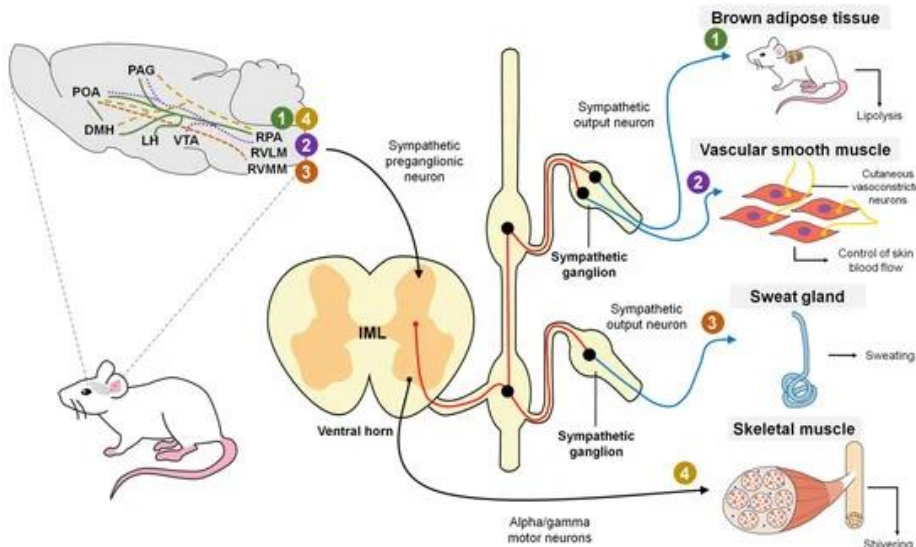
*Muchos organismos viven en lugares donde la termorregulación requiere no solo aumentar o mantener la temperatura, sino también enfriarse*

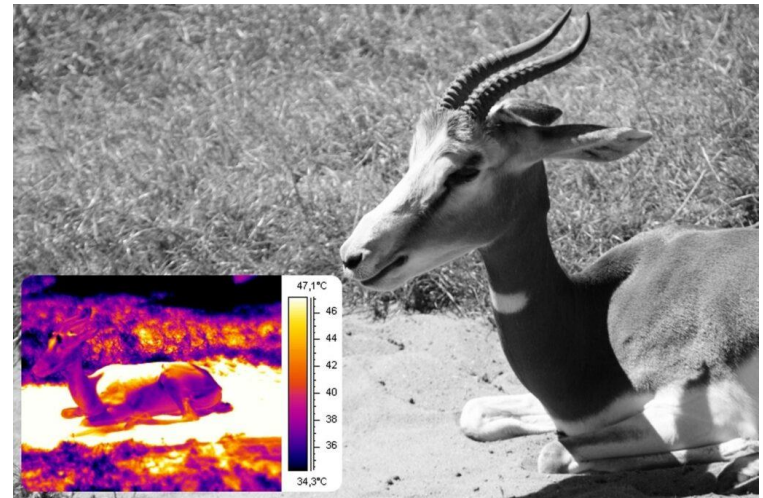
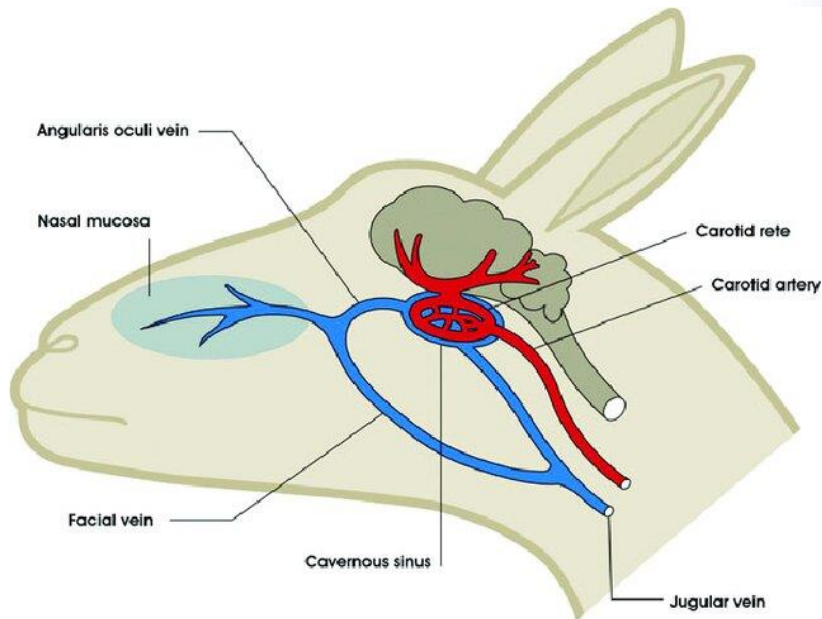
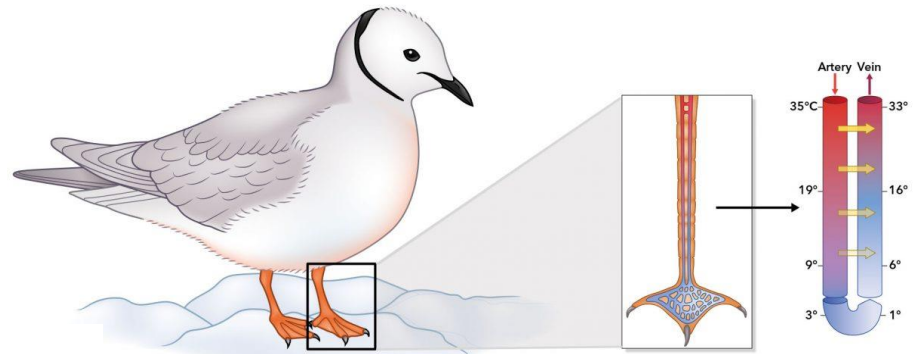
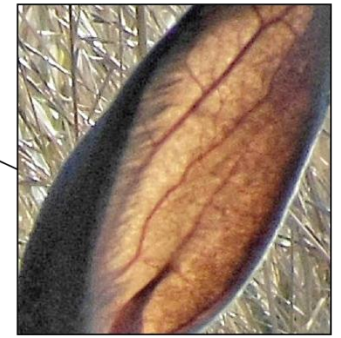
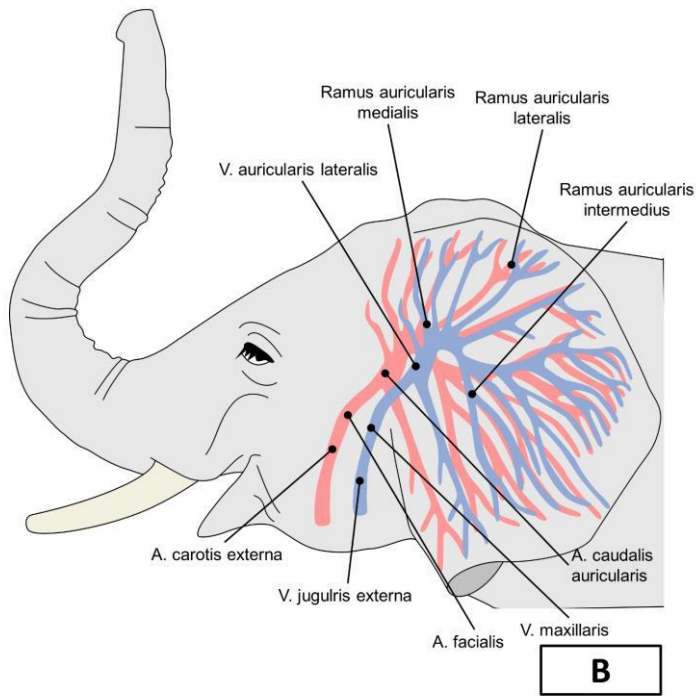
- El jadeo es importante en las aves y en muchos mamíferos
- Algunas aves tienen una bolsa ricamente provista de vasos sanguíneos en el piso de la boca



*Muchos organismos viven en lugares donde la termorregulación requiere no solo aumentar o mantener la temperatura, sino también enfriarse*

- Sudar humedece la piel y aumenta el enfriamiento por evaporación.
- Muchos mamíferos terrestres tienen glándulas sudoríparas controladas por el sistema nervioso







# Efectos de la temperatura en la tasa metabólica

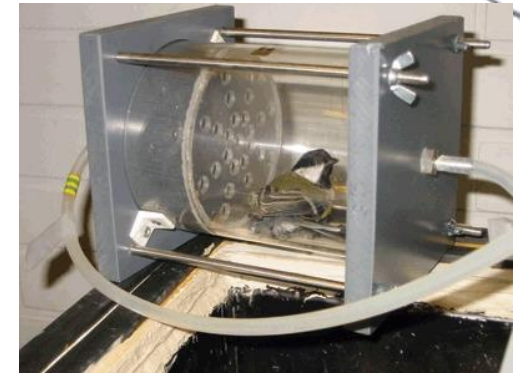
Todos los organismos requieren energía química para su crecimiento, reparación, actividad y reproducción

Los requerimientos energéticos de un organismo están vinculados al ambiente en que vive, pero también a otros factores

- Tamaño corporal
- Nivel de actividad

# Tasa metabólica

**Tasa Metabólica:** costo energético de todas las funciones vitales. Típicamente medido como consumo de  $O_2$  por unidad de tiempo



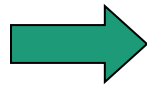
*La relación entre Temperatura ambiente – Temperatura corporal - Metabolismo es la diferencia esencial entre endotermos y ecotermos*



Tasa Met. -  $T^\circ$  Ambiente -  $T^\circ$  Corporal

# Ectotermos

↑ T°ambiente



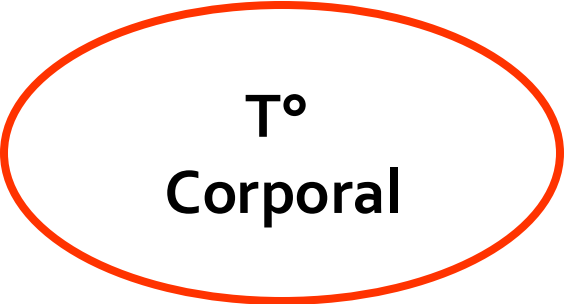
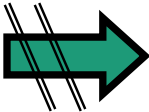
↑ T°  
Corporal



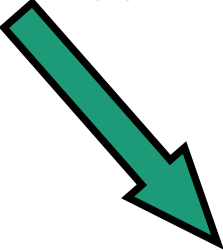
↑ Tasa metabólica

# Endotermos

$\Delta T^{\circ}$  ambiente



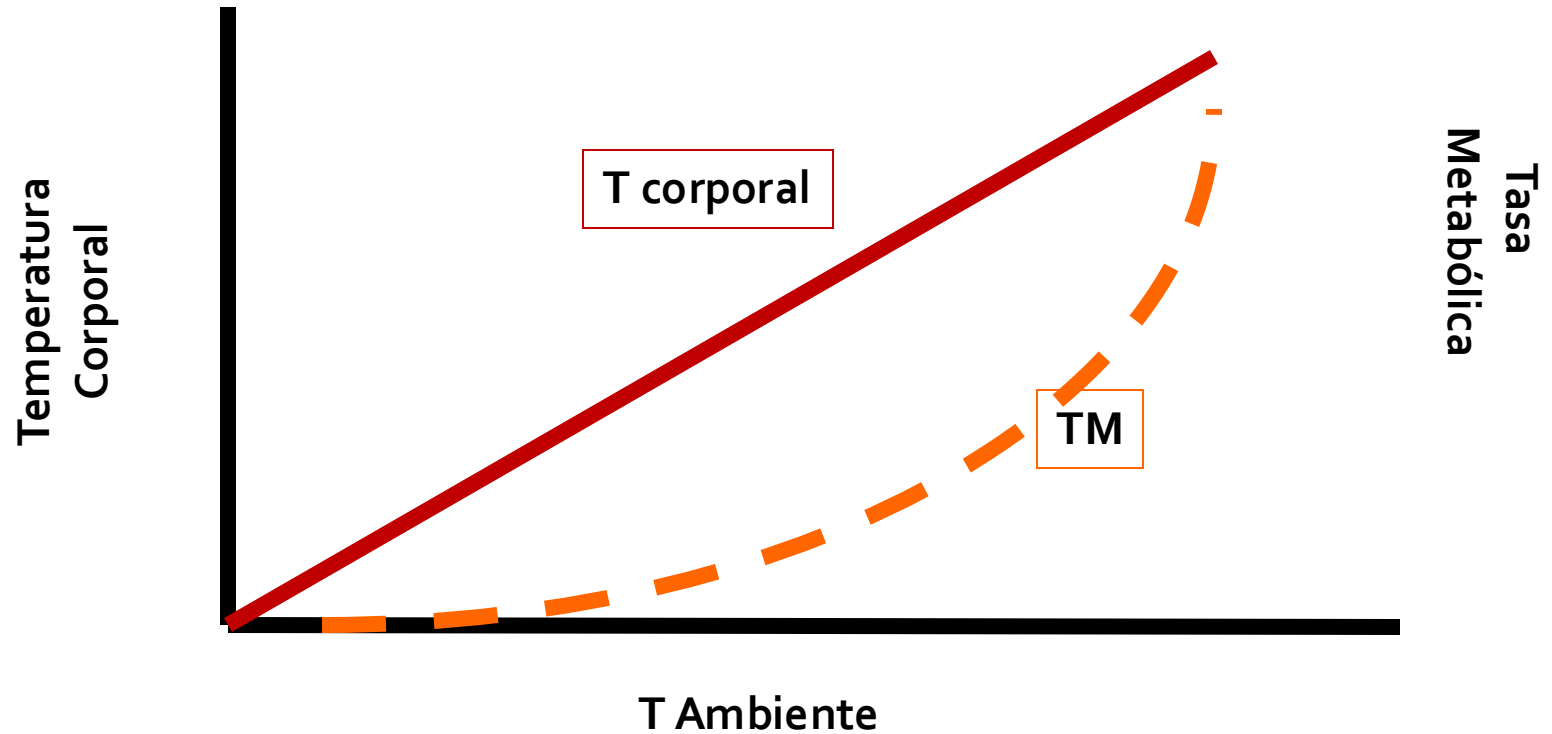
Constante



$\Delta$  Tasa metabólica

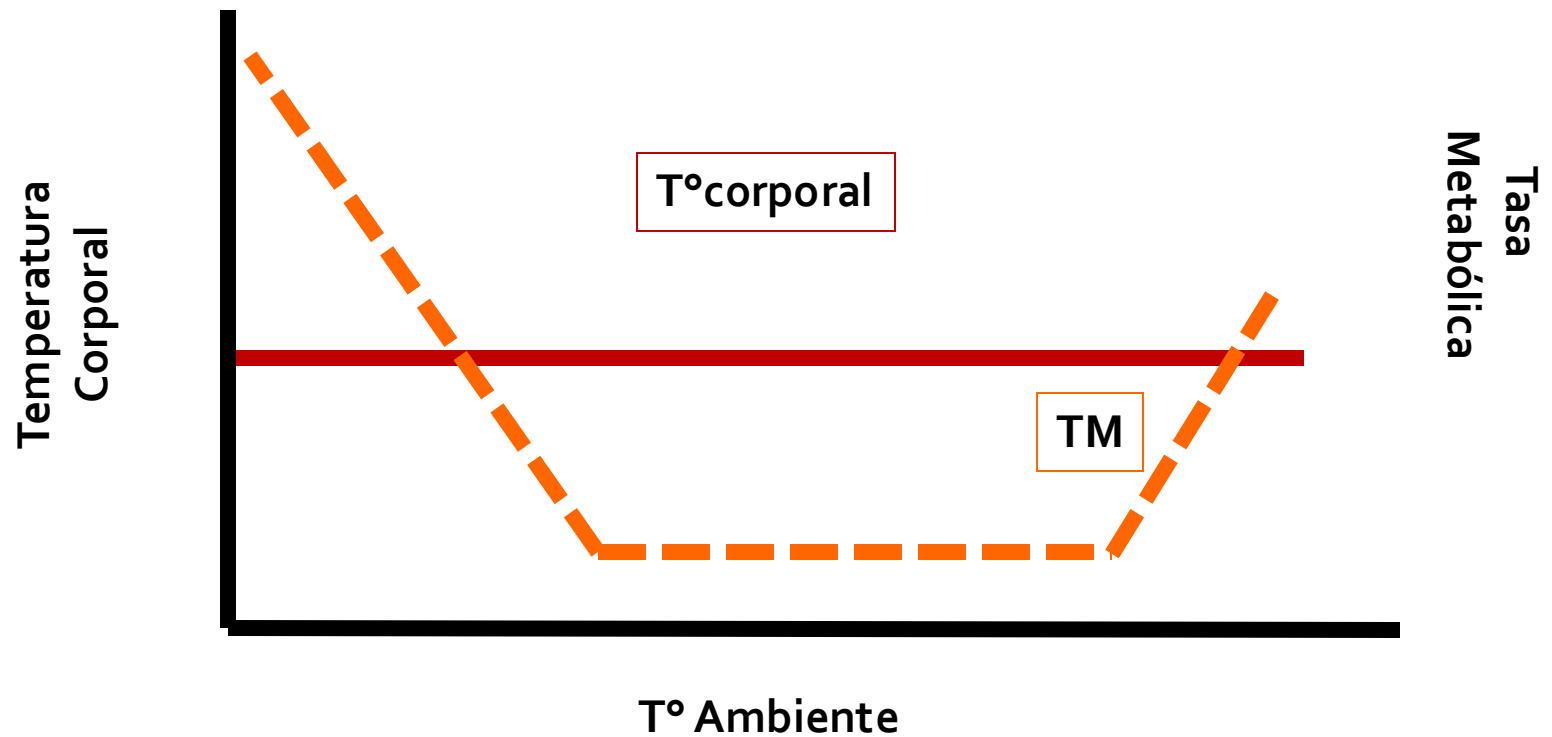


# ECTOTERMOS: a mayor T° mayor tasa metabólica

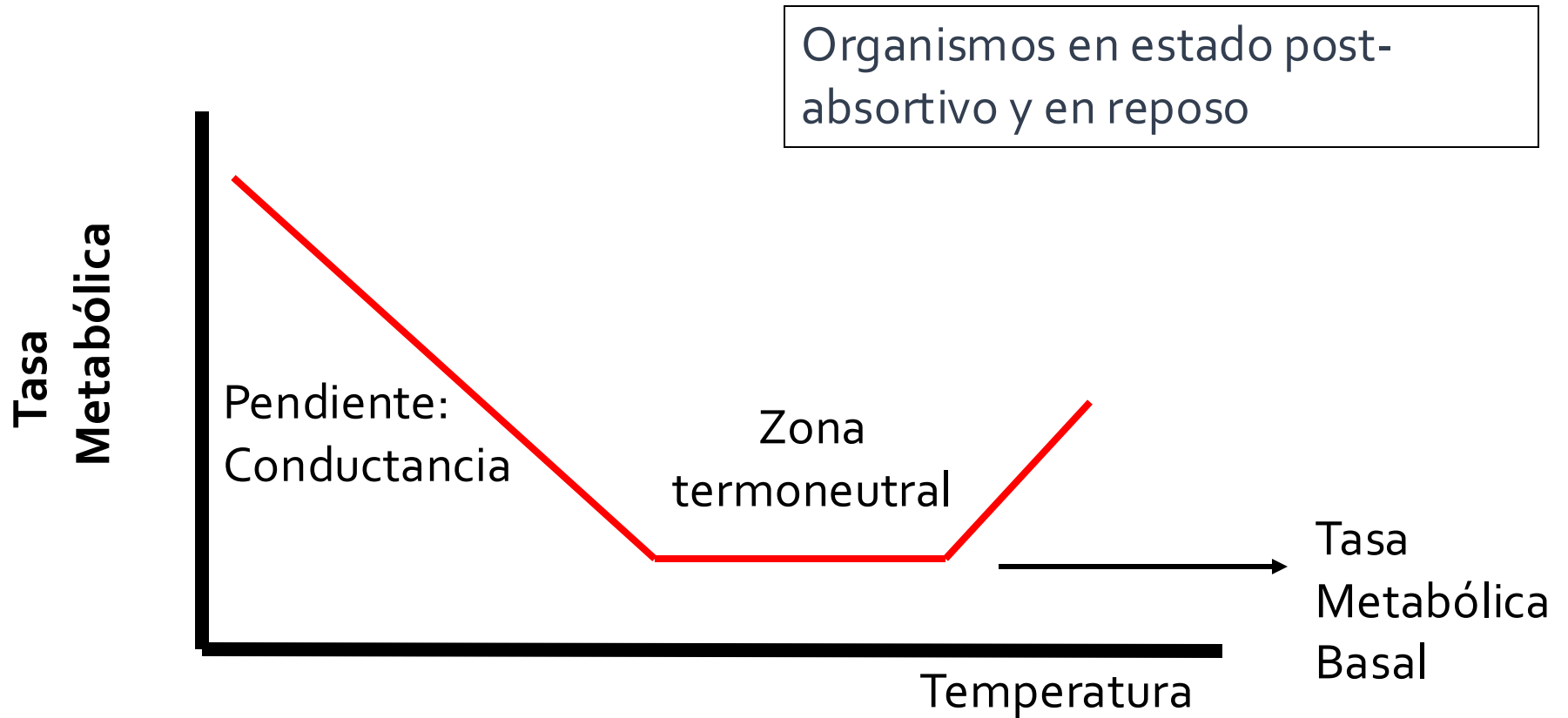


ECTOTERMOS: Tasa Met. -  $T^{\circ}$  Ambiente -  $T^{\circ}$  Corporal

# ENDOTERMOS: a mayor T° menor tasa metabólica



ENDOTERMOS: Tasa Met. -  $T^\circ$  Ambiente -  $T^\circ$  Corporal



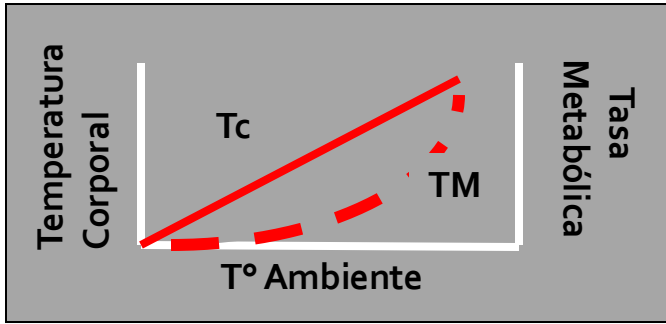
La Tasa Metabólica Basal es la variable central en estudios comparativos

Ectotermos?????

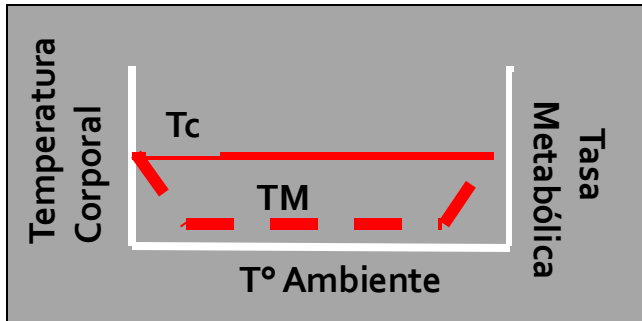
Se calcula la tasa metabólica para un valor fijo de  $T^{\circ}$ , (usualmente  $20^{\circ}\text{C}$ )

ENDOTERMOS: Tasa Met. -  $T^{\circ}$  Ambiente -  $T^{\circ}$  Corporal

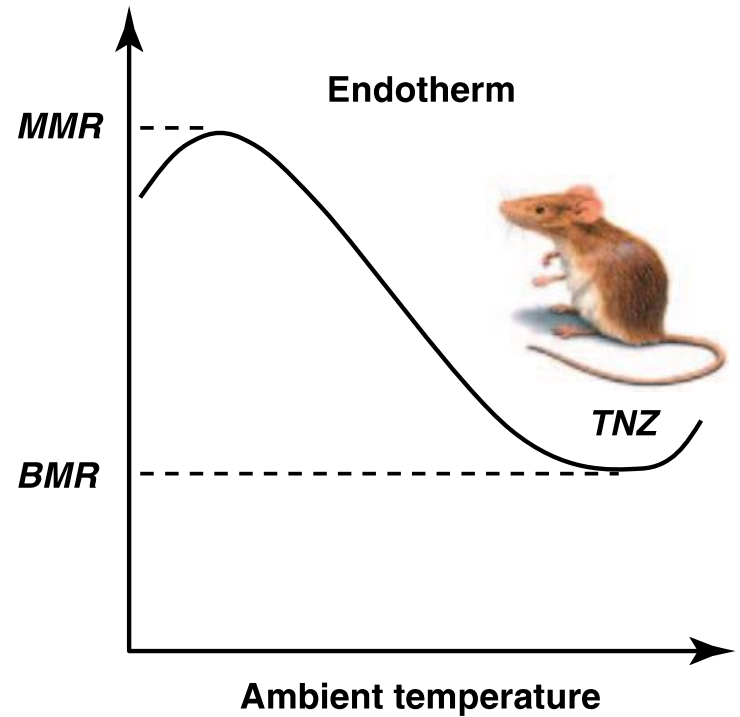
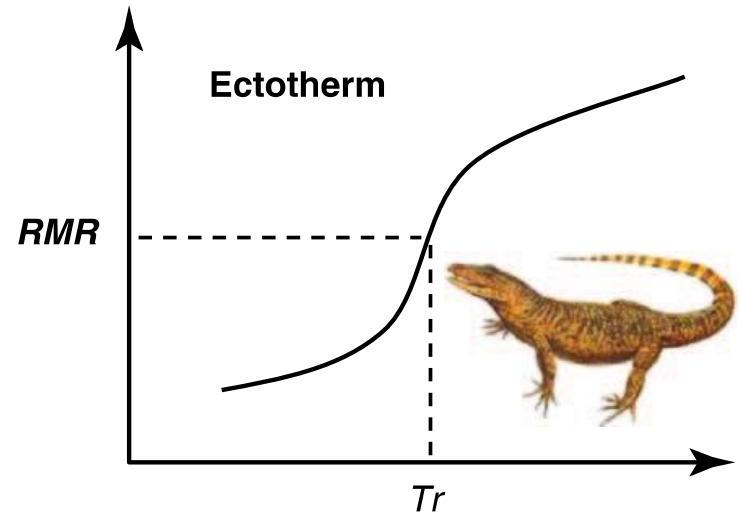
# Ectotermo



# Endotermo



Rate of oxygen consumption



Ambient temperature



La termorregulación es el proceso por el cual los animales mantienen su temperatura interna dentro de un rango tolerable.

El metabolismo interno y el ambiente externo son las fuentes de calor para la termorregulación.

*La endotermia y la ectotermia no son estrategias térmicas mutuamente excluyentes...*

# HETEROTERMIA (estrategias intermedias)



Describe las variaciones en la temperatura corporal tanto en la escala temporal como espacial

## 1) Heterotermia temporal

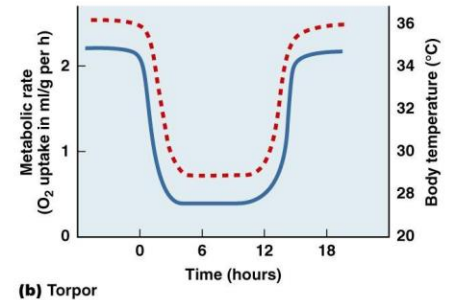
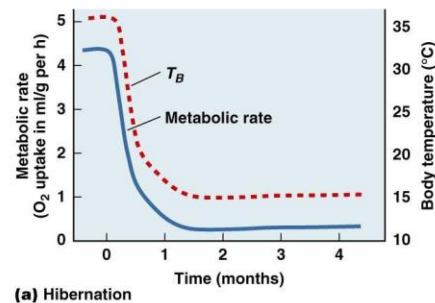
Estados “hipometabólicos”



Los homeotermos que reducen su temperatura corporal durante el torpor, la hibernación o la aestivación, entran en un estado de poiquilotermia.

Un homeotermo puede variar su temperatura corporal temporalmente:

- ciclo circadiano
  - torpor
- ciclo estacional
  - hibernación (invierno)
  - aestivación (verano)





# HETEROTERMIA (estrategias intermedias)



1) **Endotermos pequeños**, reducen su metabolismo Estacional o diariamente en respuesta a bajas temperaturas, disponibilidad de comida o agua entrando en "**torpor**" reduciendo la actividad metabólica y  $T^{\circ}$  corporal  $\Rightarrow$  HETEROTERMIA

2) Muchas **crías de aves y mamíferos** son ectotermos conformes.

Dependiendo de la especie toma 1-3 semanas el desarrollo de la Endotermia desde el nacimiento

3) La rata desnuda opera prácticamente como ectotermo

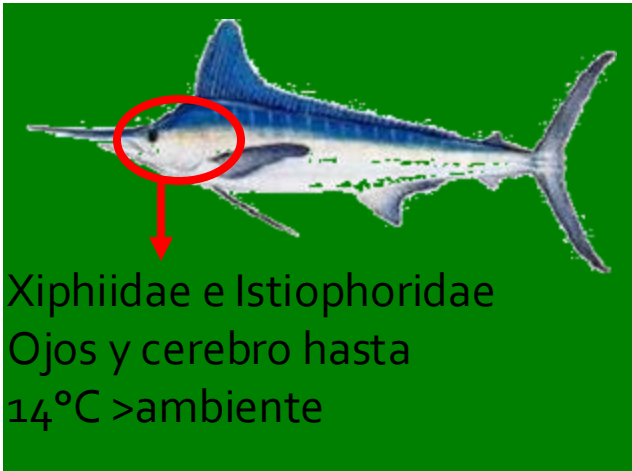


4) El equidna presenta baja capacidad de mantener la homeotermia. Se refugia en cuevas que mantienen  $T$  estable



## 2) Heterotermia regional

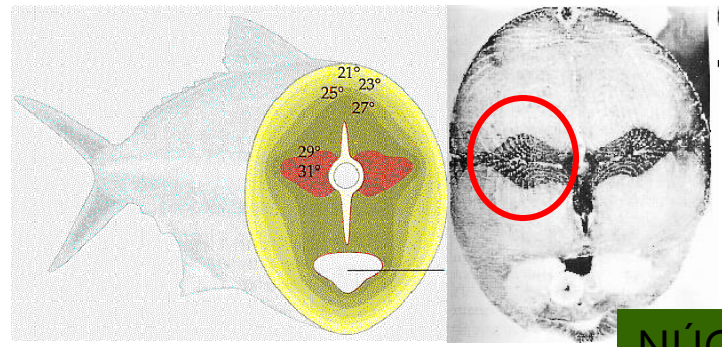
-Regiones corporales operan a  $T^{\circ}$  más altas que el resto del cuerpo, permitiendo actividad sostenida y más rápida, o mantener habilidades sensoriales en ambientes fríos.



- Aves y mamíferos pueden presentar heterotermia regional en ambientes fríos



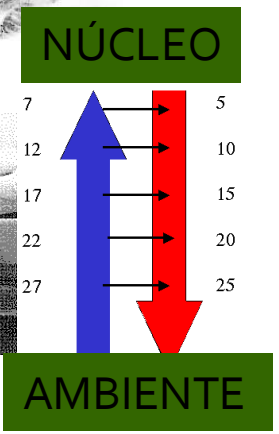
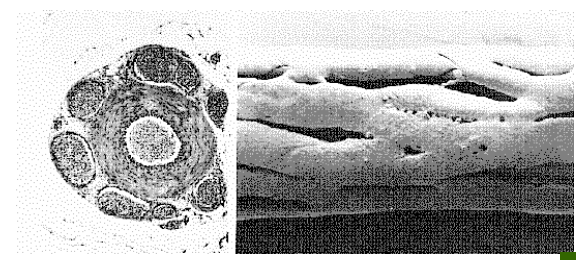
**Peces** endotermos con masas de músculo lateral cargadas de mioglobina → suministro aeróbico. Endotermos: masas próximas a la columna vertebral, en ectotermos debajo de la piel.



Gran tamaño corporal

Altas tasas metabólicas

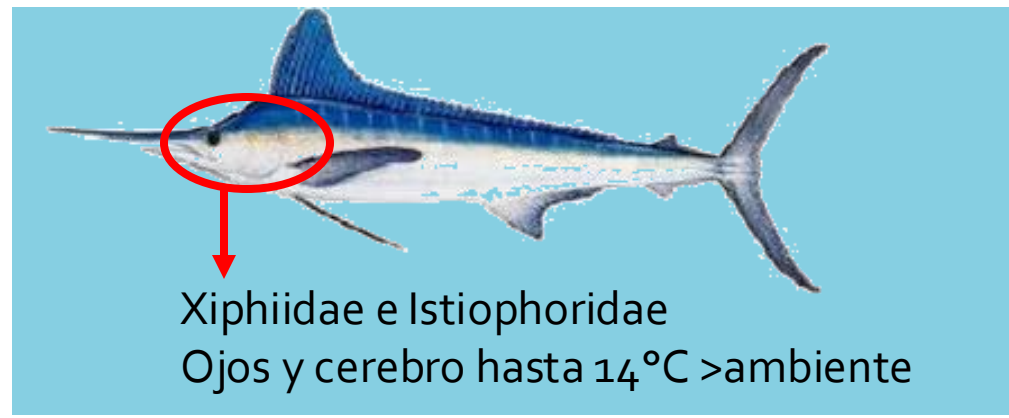
Sistemas de circulación "contracorriente" (intercambio de calor)



99% del calor en venas  
Puede transmitirse a arterias

*Sistemas contracorriente en tiburones, atunes y rayas sugiere algún grado de endotermia*

Tiburones Laminidae también tienen hígado, estómago, válvula espiral y cerebro calientes por generación local (>5-8°). Similar patrón en atunes.



Xiphiidae e Istiophoridae  
Ojos y cerebro hasta 14°C >ambiente

**Evolución repetida de endotermia parcial o regional en peces**

# Endotermia Facultativa

- Animales típicamente ectotérmicos pueden “encender” un mecanismo generador de calor



El cambio de ectotermia a endotermia ocurre previo a la puesta de huevos

Hembras incubando: 28 – 33°C  
Hembras “no tiritantes”: 20-31°C

Metabolismo hasta 22 veces mayor  
Más del 15% de pérdida en masa por incubación

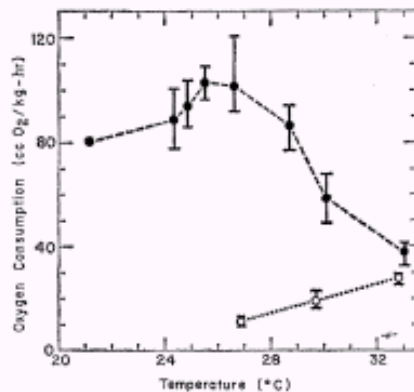


Fig. 1. Oxygen consumption of a *Python molurus* at different ambient temperatures. Upper curve: animal during brooding. Lower curve: the same animal during non-brooding periods. Vertical lines, range; circles, means.

694

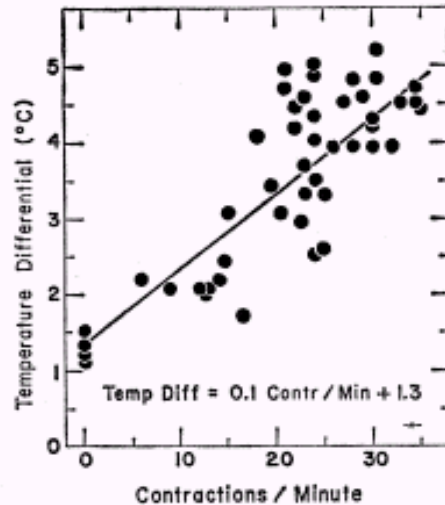


Fig. 3. Correlation of contraction rate with temperature differential in a brooding Indian python.

Termorregulación permite una T° adecuada, acortar el período de incubación y así habitar ambientes templados.

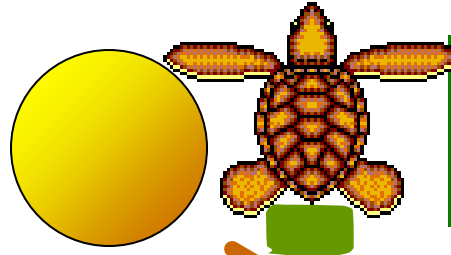
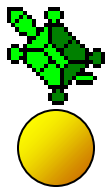
- Contracciones musculares, termogénesis tiritante, reducción relación área-volumen

**HETEROTERMIA: Endotermia Facultativa**



# Endotermia/ Homeotermia Inercial (Gigantotermia)

- Organismos ectotérmicos, bradymetabólicos de gran tamaño y sin mecanismos que generen calor, pueden tener alta T° corporal.



Escalamiento del área de disipación y producción de calor con el tamaño corporal



*Dermochelys coriacea*

>900Kg. Se la encuentra en aguas frías. Activa Tc 18°C > ambiente

Sistema contracorriente en aletas y grasa marrón



*Chelonia mydas*

Tc 8°C > ambiente (nadando)

1-2°C inactiva

Inercia térmica!!!



Dinosaurios de gran tamaño sin necesidad de mecanismos endotérmicos, probablemente fueran homeotermos

**HETEROTERMIA: Endotermia/homeotermia Inercial**

# ENDOTERMIA

# ECTOTERMIA

# POIQUILOTERMIA

# HOMEOTERMIA

*Heterocephalus glaber*



Rata  
Desnuda

Mayoría  
Invertebrados  
Terrestres

Invertebrados  
H<sub>2</sub>O-dulce

Muchos Insectos Terrestres



Mayoría anfibios  
Algunos reptiles

Mayoría  
Peces  
H<sub>2</sub>O-dulce



Algunos anfibios  
y reptiles

Invertebrados  
Marinos

Algunas  
Aves y  
Mamíferos  
pequeños



Abejas  
Y otros  
insectos



Pitón  
"brooding"

Mayoría de aves  
y mamíferos



Pocos  
peces

Mayoría  
Peces  
marinos

Peces  
e invertebrados  
polares

TOPOR

Termoreguladores  
Termoconformes

FIN