

ENERGIA Y METABOLISMO



METABOLISMO

Es la suma de las reacciones químicas que ocurren en un organismo

ANABOLISMO, se incorporan sustancias simples a moléculas más complejas, necesarias para el organismo. Está asociado al gasto de energía. Se relaciona con los mecanismos de reparación, regeneración y crecimiento.

CATABOLISMO, se degradan las moléculas complejas en otras más simples. Produce liberación de energía, que se puede almacenar como compuestos fosfatados (ATP).

La 1ra Ley de la Termodinámica dice que la cantidad total de energía de un sistema físico permanece invariable, pero puede cambiarse a otro tipo de energía.

$$\Delta U = Q + W$$

El cambio de energía almacenada en un sistema = al calor producido + el trabajo realizado

Esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.



Debe haber un balance entre los alimentos consumidos y la energía necesaria para realizar trabajo.

La energía se obtiene por oxidación de los alimentos ingeridos y de las reservas acumuladas (cal, Kcal, Joules).

TASA METABOLICA: es la velocidad a la que un organismo utiliza la energía disponible.

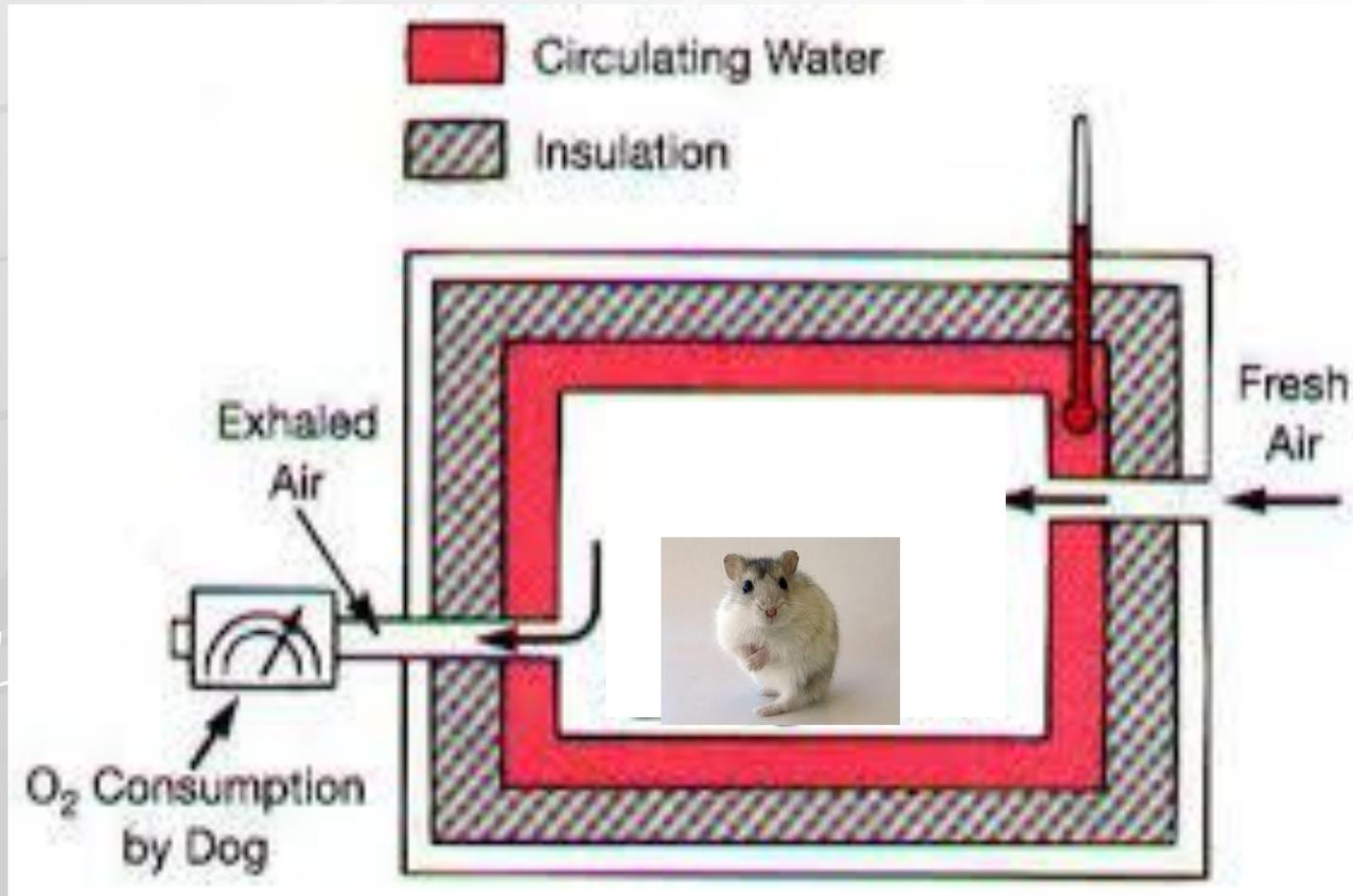
Se estima como la tasa de liberación de calor del organismo, y se obtiene midiendo la conversión de energía química a calor.

Las formas de medir la tasa metabólica varían.

•Puede determinarse la diferencia entre el valor energético de los alimentos ingeridos y los productos de excreción.

•Por Calorimetría Directa, puede medirse el calor producido por el animal, midiendo la T° de una masa conocida de agua (trampa de calor).

Calorimetría Directa



• Por Calorimetría Indirecta, se puede determinar la cantidad de O_2 utilizado para oxidar el alimento, suponiendo que se sabe que sustrato es oxidado.

Valor de combustión

Nutrientes	Kcal/gr	L O_2 /gr	Kcal/L O_2
Glúcidos	4,2	0,84	5
Lípidos	9,4	2	4,7
Proteínas	4,3	0,96	4,5

COCIENTE RESPIRATORIO - QR: representa la relación entre el CO_2 espirado y el O_2 inspirado, en un tiempo dado. Nos da la idea del sustrato utilizado en el metabolismo.

Carbohidratos: $C_6 H_{12} O_6 + 6 O_2 \gggg 6 CO_2 + 6 H_2O$ **QR = 6 vol. CO₂ / 6 vol O₂ = 1**

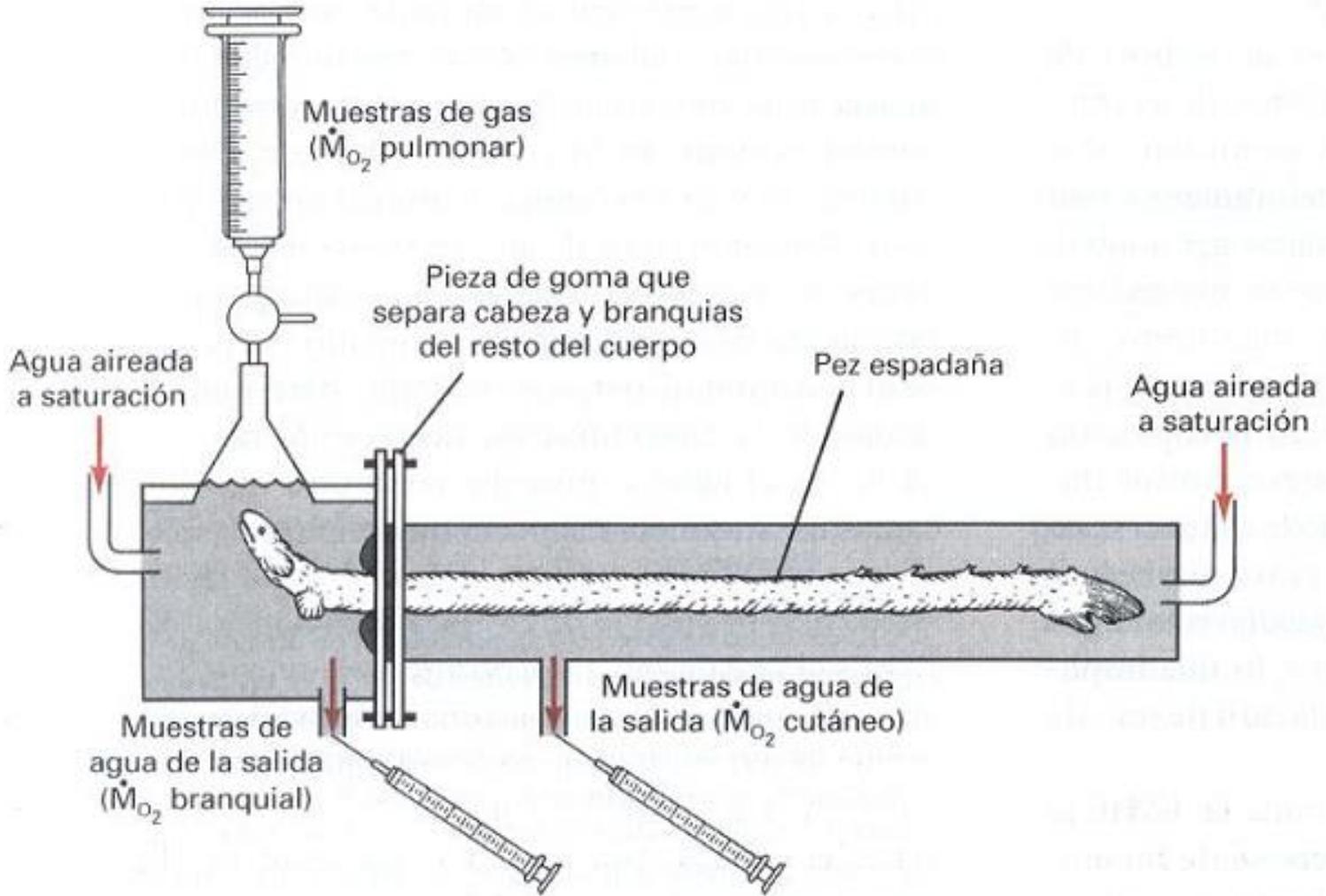
Lipido: tripalmitina $2 C_{51} H_{98} O_6 + 145 O_2 \gggg 102 CO_2 + 98 H_2O$ **QR = 102 / 145 = 0,7**

Proteínas: Normalmente se requiere 96,7 vol. de O₂ para producir 77,5 vol de CO₂. **QR = 0,8**

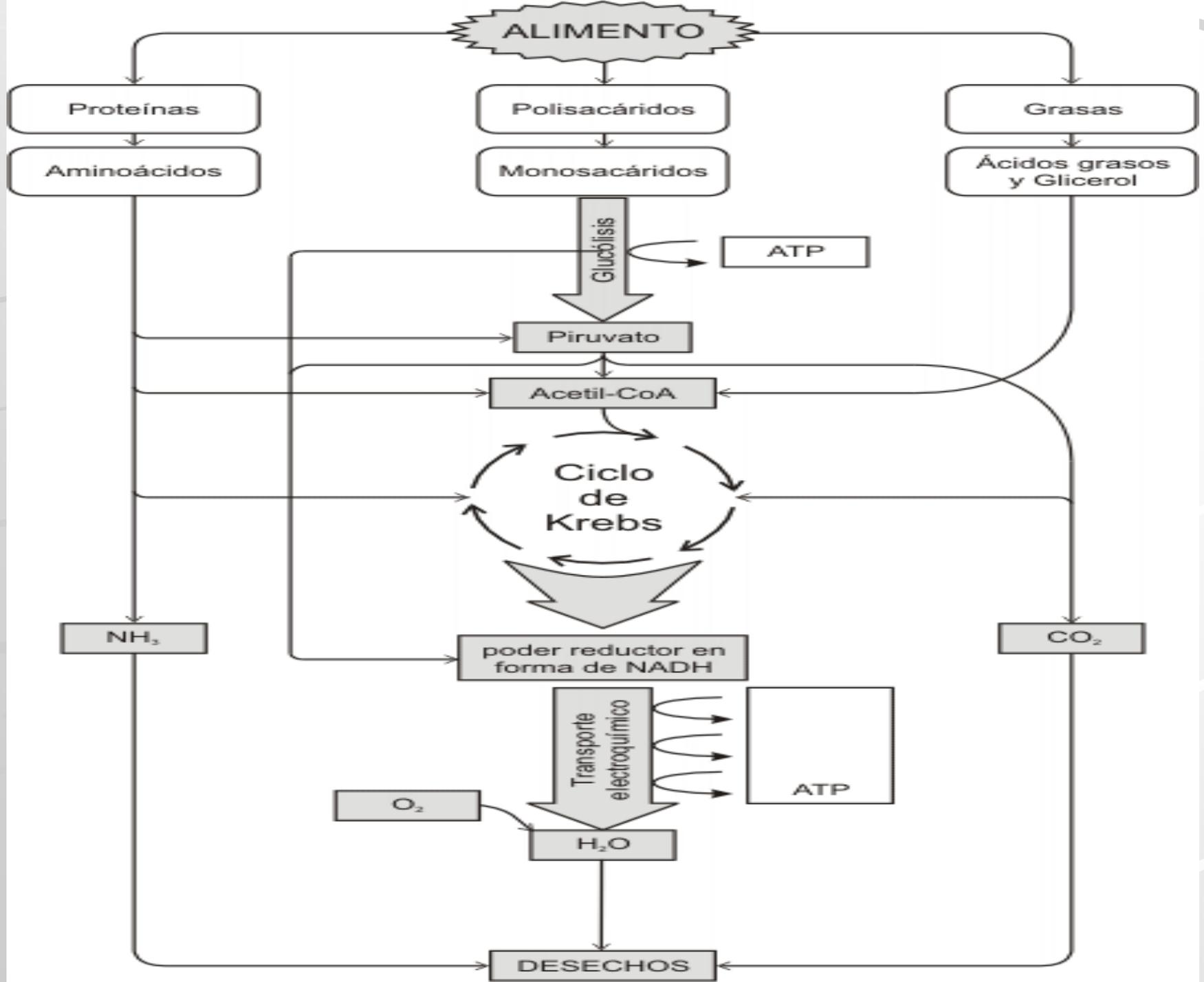
Nutrientes	Kcal/gr	L O₂/gr	Kcal/L O₂	QR
Glúcidos	4,2	0,84	5	1
Lípidos	9,4	2	4,7	0,7
Proteínas	4,3	0,96	4,5	0,8

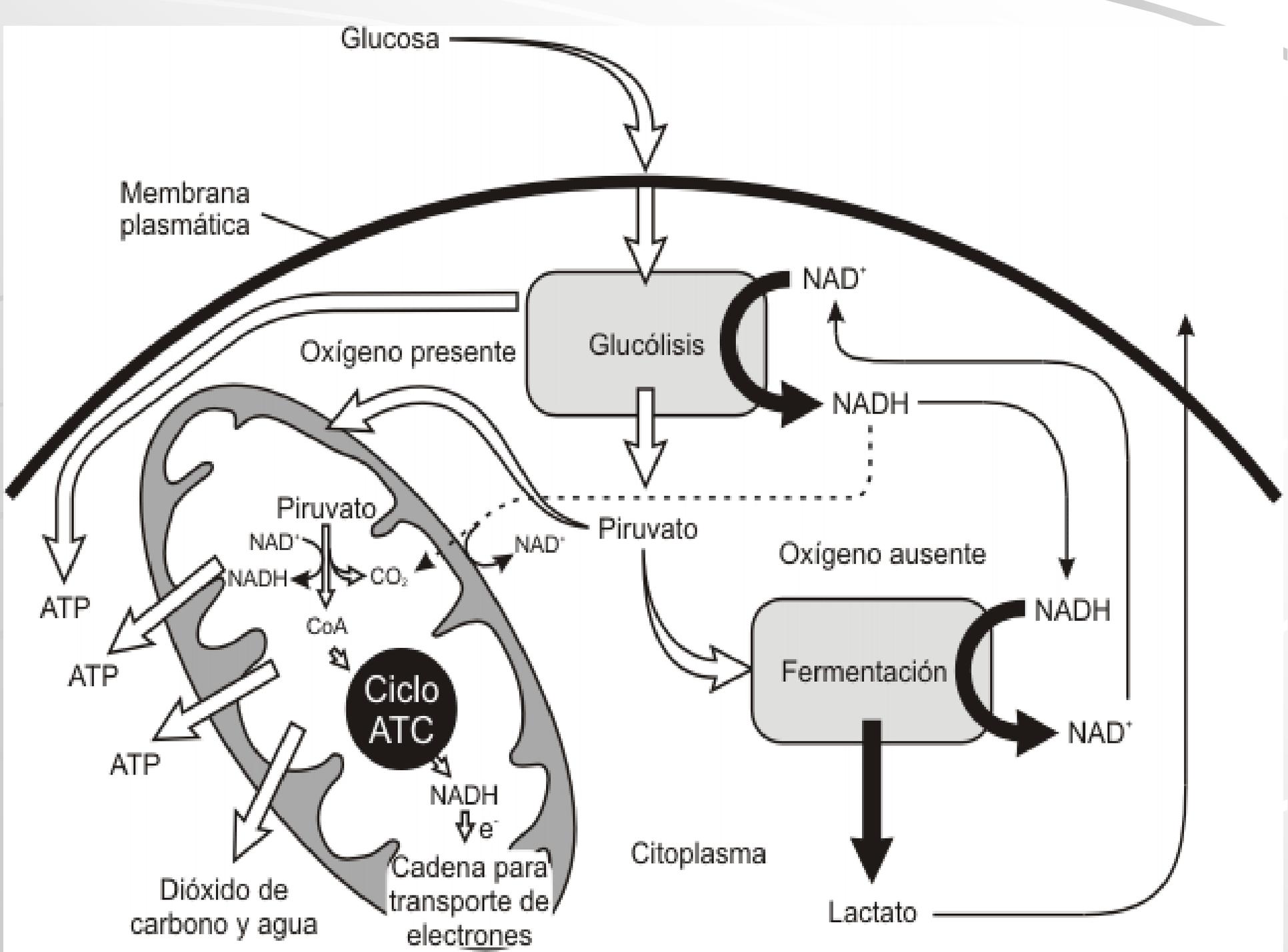
Calorimetría Indirecta: Respirómetro

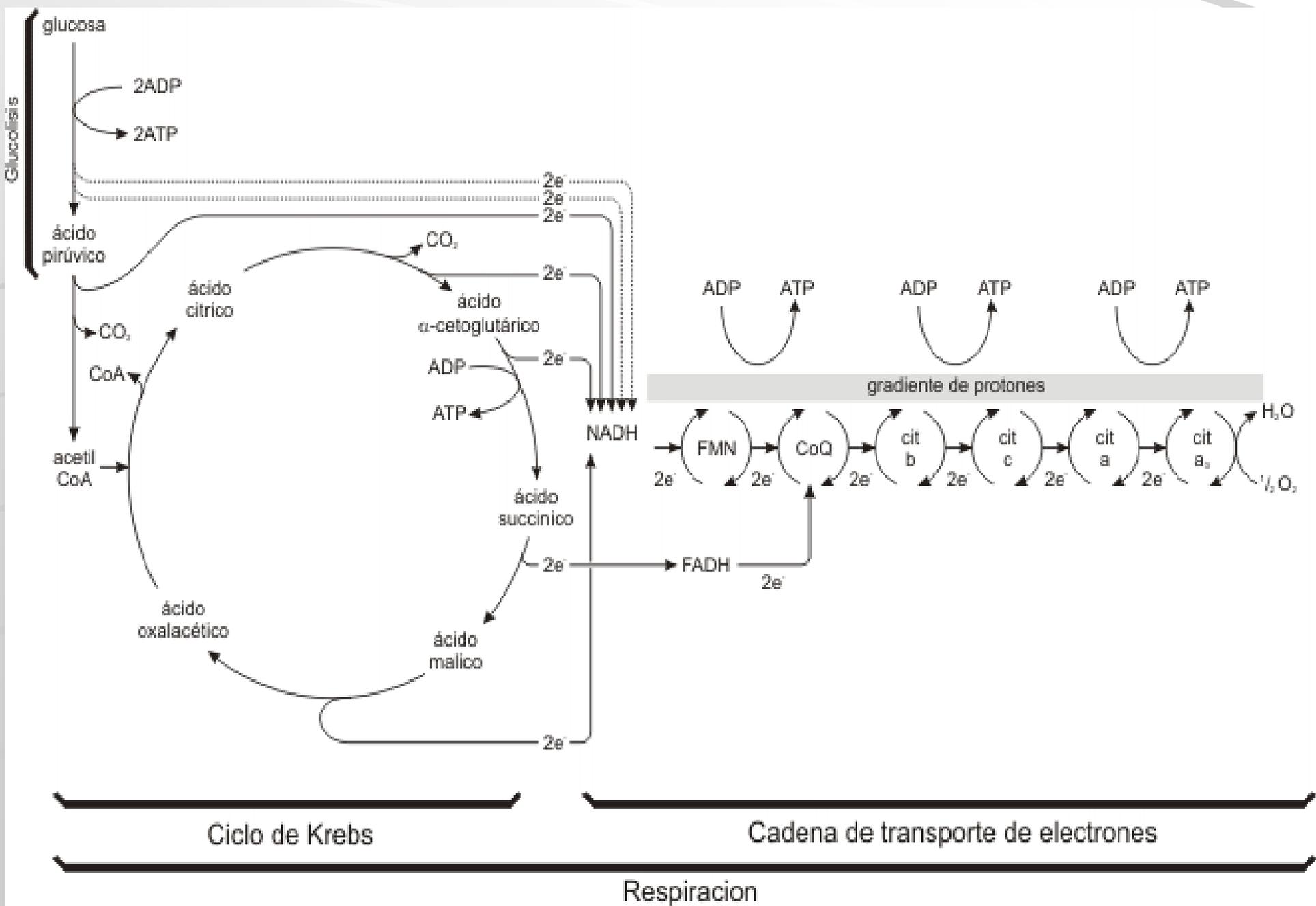
Sistema Cerrado

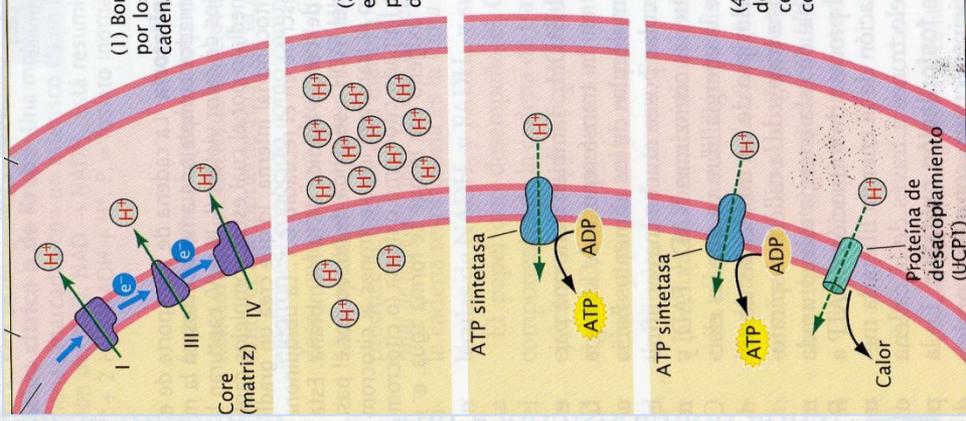
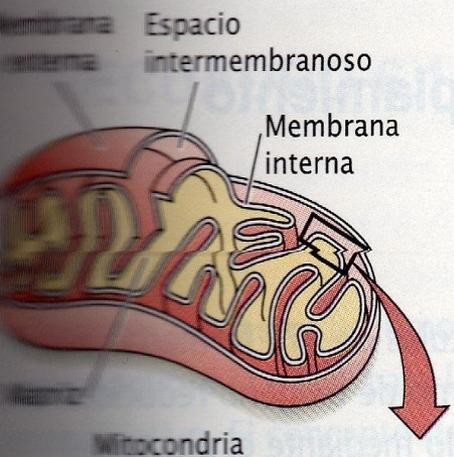


Sistema Abierto





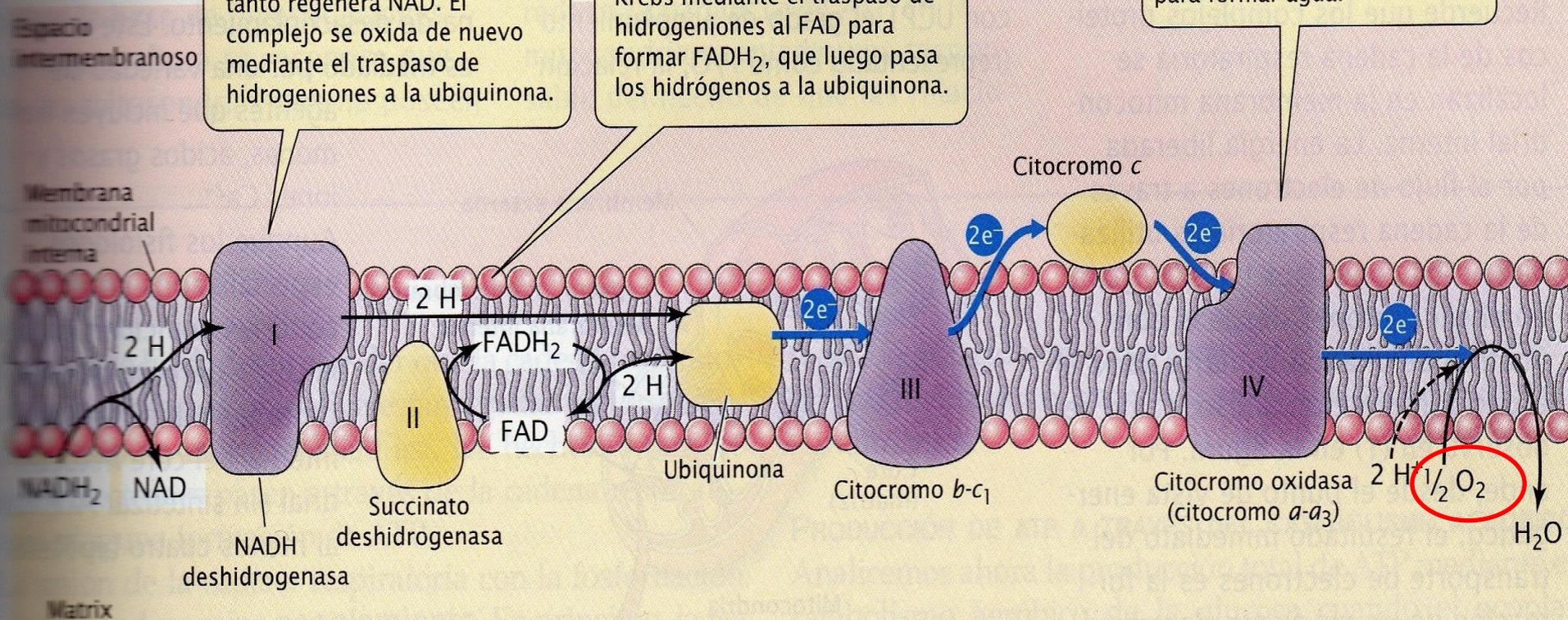




Complejo I (también llamado **NADH deshidrogenasa**) acepta hidrogenos del NADH_2 , por lo tanto regenera NAD. El complejo se oxida de nuevo mediante el traspaso de hidrogeniones a la ubiquinona.

Complejo II (también llamado **succinato deshidrogenasa**) oxida el succinato en el ciclo de Krebs mediante el traspaso de hidrogeniones al FAD para formar FADH_2 , que luego pasa los hidrógenos a la ubiquinona.

Complejo IV (también llamado **citocromo oxidasa**) traspasa electrones al oxígeno elemental para formar agua.



La TM es una función exponencial de la masa corporal

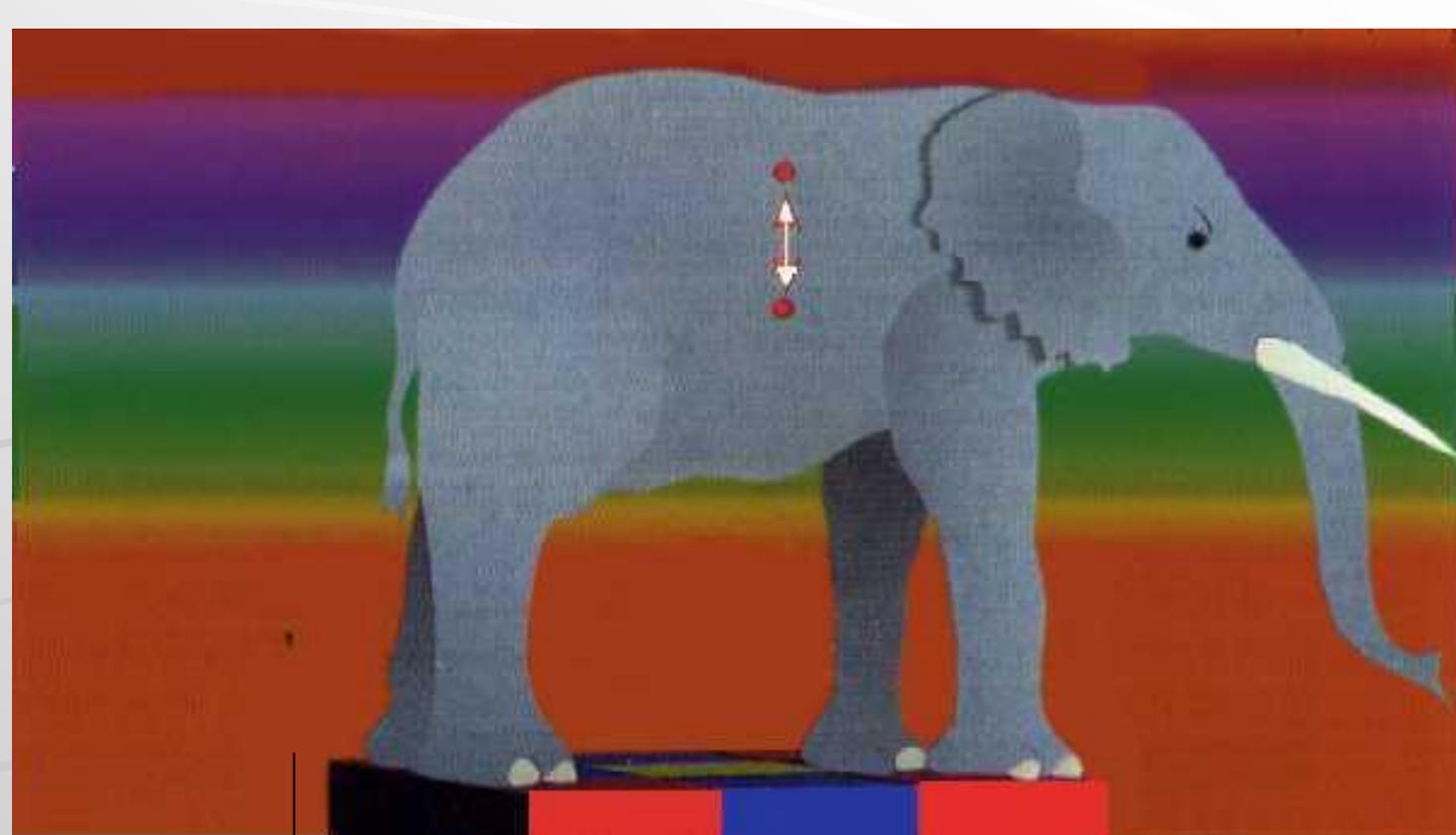
Tasa Metabólica

$$TM = aM^b$$

$$\log TM = \log a + b (\log M)$$

Donde: M: masa corporal,
a: coef. (intersección de la línea de regresión log-log)
b: exponente que expresa la tasa de cambio de TM con cambio de masa corporal





Alto= 1cm
 Superf.= 1cm²
 Volumen= 1 cm³

Superf. = 1/1 = **1**
 Volumen

Alto= 3cm
 Superf.= 9 cm²
 Volumen=27 cm³

Superf. = 9 = **0,3**
 Volumen 27

3cm



1cm

Superf: L²
 Volumen: L³



Tasa Metabólica

$$TM = aM^b$$

$$\log TM = \log a + b (\log M)$$

En los animales de diferente especie hay cambios sistemáticos en las proporciones corporales al aumentar el tamaño

La TME corresponde a la TM de una unidad de masa del tejido

Tasa Metabólica Específica

$$\frac{TM}{M} = \frac{aM^b}{M} = aM^{(b-1)}$$

$$\log \frac{TM}{M} = \log a + (b - 1) \log M$$

Duplicar la altura de un animal, manteniendo las proporciones corporales, implica aumentar la superficie 4 veces y el volumen corporal 8 veces.



Este problema de escala corporal tiene grandes efectos en la Tasa Metabólica, traducidos en los requerimientos metabólicos y respiratorios.

Estos requerimientos se ponen de manifiesto en la TM expresada por unidad de masa >>> TM Específica >> Intensidad Metabólica

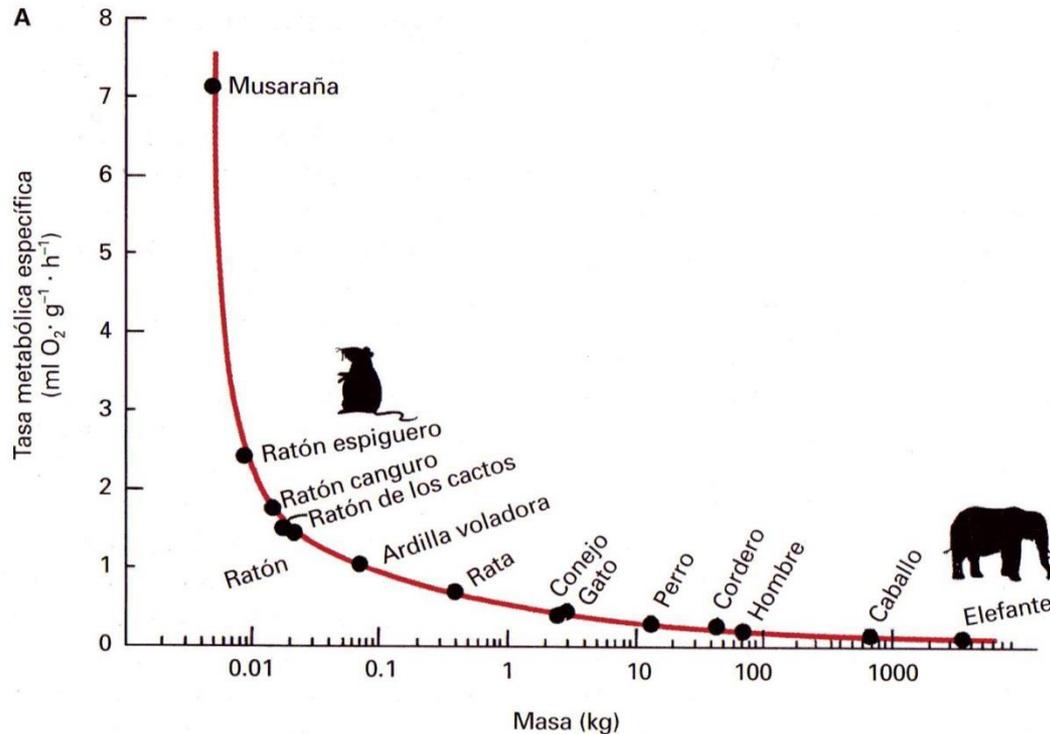
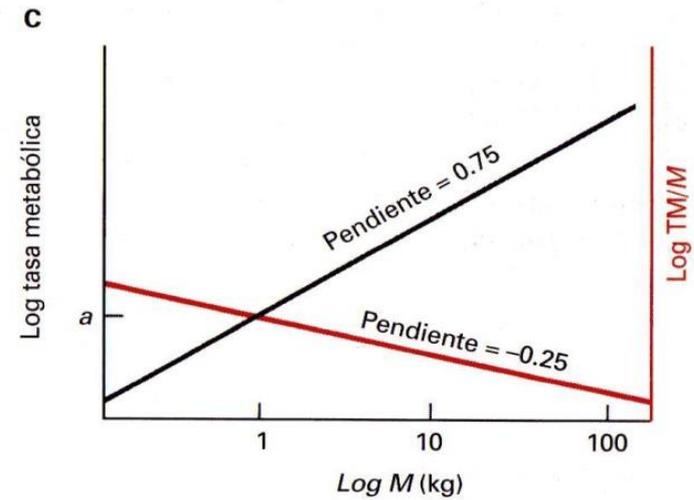
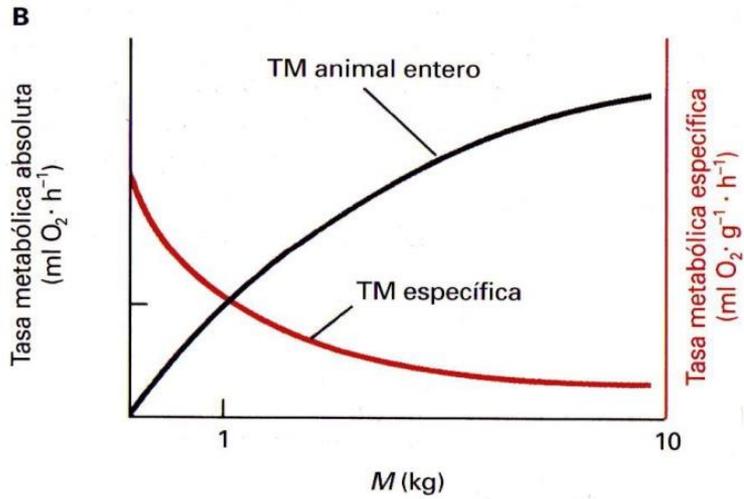


TABLA 16-2 Consumo de oxígeno en mamíferos de diferentes tallas corporales.

Animal	Masa corporal (g)	Consumo de O ₂ total (ml/h)	Consumo de O ₂ por gramo (ml/g · h)*
Musaraña	4.8	35.5	7.40
Ratón espiguero	9.0	22.5	1.50
Rata canguro	15.2	27.3	1.80
Ratón	25	41.0	1.65
Ardilla terrestre	96	98.8	1.03
Rata	290	250	0.87
Gato	2.500	1.700	0.68
Perro	11.700	3.870	0.33
Cordero	42.700	9.590	0.22
Hombre	70.000	14.760	0.21
Caballo	650.000	71.100	0.11
Elefante	3.833.000	268.000	0.07

* Los valores de esta columna son proporcionales a la intensidad metabólica.

Fuente: Schmidt-Nielsen, 1975



Donde: **M:** masa corporal, **a:** intersección de la línea de regresión log-log

b: exponente que expresa la tasa de cambio de TM con cambio de masa corporal

RESERVA ENERGETICA >>> LIPIDOS - VS- GLUCIDOS

$$Q_{10} = (k_2 / k_1)^{10/(t_2 - t_1)}$$

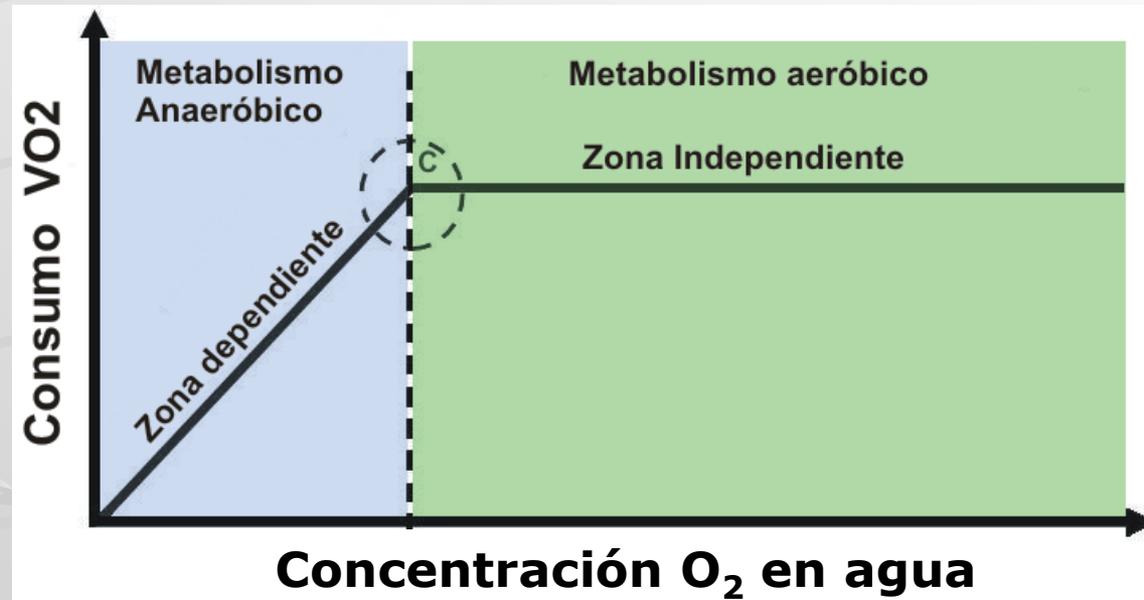
$$Q_{10} = \frac{TM_{(t+10)}}{TM_t}$$

EFECTO DE LA TEMPERATURA-

Q₁₀: aumento de velocidad de una reacción, provocado por un aumento de T° de 10 °C

k: velocidad de la reacción

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE OXIGENO- en general, la TM se considera independiente de la concentración de oxígeno del medio. Pero no es así en todos los organismos >> peces.



El punto de inflexión de la curva es menor a temperaturas más bajas.

CONCEPTOS FISICOS DE CALOR Y TEMPERATURA

CALOR: es la suma de la energía cinética de todas las moléculas que componen un cuerpo

TEMPERATURA: es la medida de calor que posee un cuerpo

CONDUCCION: se refiere a la transferencia de calor entre objetos que están en contacto unos con otros. Se produce por transferencia directa de la energía cinética de molécula a molécula, resultando un flujo neto de energía de la región más caliente a la más fría. Puede ocurrir entre dos fases (aire- agua).

CONVECCION: expresa la transferencia de calor contenido en una masa de gas, o de líquido, por el movimiento de la masa. Puede ser producido internamente, por cambios de densidad, o externamente, por el viento, por ej.

RADIACION: se refiere a la transferencia de calor por radiación electromagnética, de cualquier cuerpo que tenga su temperatura por encima del 0 absoluto. No hace falta el contacto directo de los objetos para que ocurra.

La 1ra Ley Termodinámica dice que la energía no se crea ni se destruye, se transforma

El cambio de energía se puede expresar en relación al calor producido + el trabajo realizado

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$$

La energía disponible para la vida de los animales proviene de los alimentos consumidos. Se utiliza para realizar trabajo, en una fracción mínima y **la mayor parte es para producir calor.**

El calor corporal de un animal esta dado por:
la tasa de producción de calor y la tasa de intercambio

PRODUCCION DE CALOR- deriva de la actividad metabólica del animal

Los procesos que influyen en la tasa de producción de calor pueden clasificarse en:

MECANISMOS COMPORTAMENTALES- ejercicio, desplazamiento, postura.

MECANISMOS AUTONOMOS- modificación del flujo sanguíneo, sudoración, salivación, metabolismo de las reservas.

MECANISMOS ADAPTATIVOS O AMBIENTALES- cambios a largo plazo provocados por modificaciones hormonales, pelaje, plumaje, grasa.

TASA de TRANSFERENCIA DE CALOR

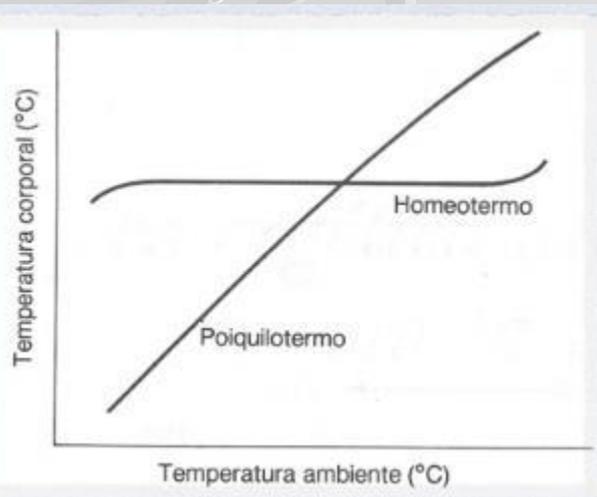
SUPERFICIE- la relación superficie/volumen depende de la talla del animal. Animales pequeños tienen mayor relación S/V, por lo tanto mayor flujo de calor por unidad de masa corporal.

GRADIENTE TERMICO- diferencia de temperatura entre el animal y el medio.
>gradiente >flujo.

CONDUCTANCIA ESPECIFICA- Facilidad de flujo de calor que ofrece la superficie corporal. Piel desnuda, pelos, grasa, plumas, etc.

CLASIFICACION DE LOS ANIMALES SEGÚN LA TEMPERATURA

SEGÚN LA ESTABILIDAD DE LA T^o CORPORAL >> **HOMEOTERMOS** -vs- **POIQUILOTERMOS**



SEGÚN LA T^o CORPORAL

SANGRE FRIA -vs- **SANGRE CALIENTE**

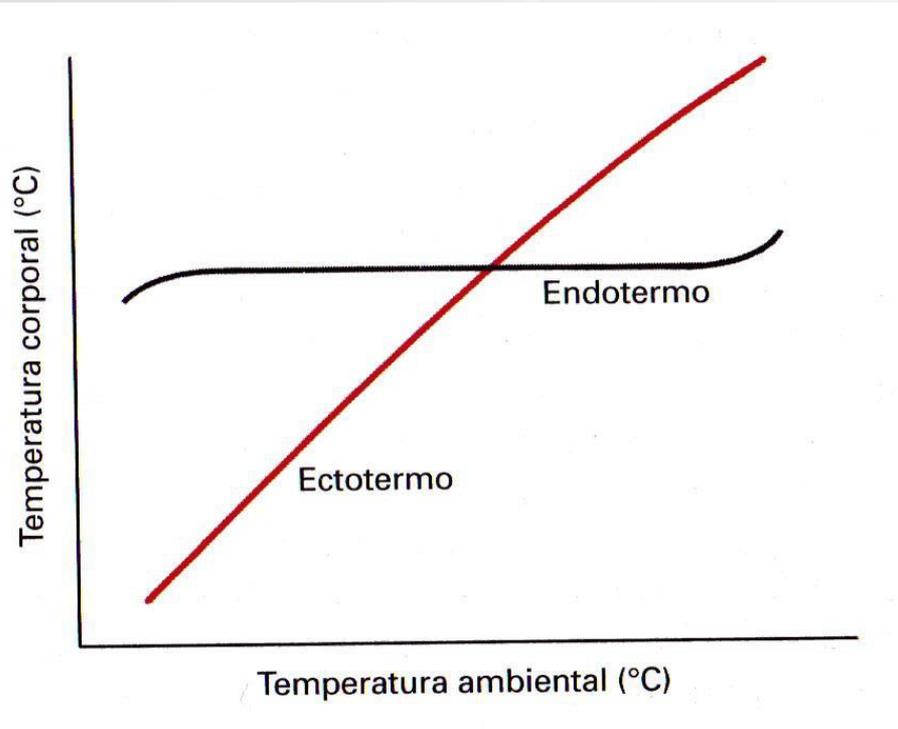
SEGÚN LA FUENTE DE CALOR

ENDOTERMOS -vs- **ECTOTERMOS**

ENDOTERMOS: Son los animales que generan su propio calor corporal.

El calor producido por actividad metabólica es alto y la conductividad térmica es baja.

HOMEOTERMOS >> regulan su T° entre límites muy estrechos (aves y mamíferos).



ECTOTERMOS: Son los animales que dependen de las fuentes de calor ambiental.

Producen poco calor metabólico, con una conductividad térmica elevada.

HETEROTERMOS: Son animales capaces de variar su producción de calor metabólico.

***TEMPORALES** >> varían su regulación térmica en el tiempo (pitón, colibrí)

***REGIONALES** >> varían su regulación térmica en distintas regiones del cuerpo (atún, mako)

ECTOTERMOS

EN AMBIENTES FRÍOS

*larva avispa *Bracon cephi* -47°C sin formar hielo, larvas de mosquito *Quironomus* resisten hasta -32 °C >> **congelamiento de los líquidos extracelulares,**

***sobreenfriamiento/superenfriado** <controlan la nucleación celular evitando nucleadores externos -peces abisales-,

***anticongelantes:** NaCl, glicerol, glicoproteína-*Trematomus*-pez antártico que tolera hasta -17°C)

Rana de madera (Alasaka) -18 °C
Un alto porcentaje de su cuerpo se congela y la respiración, actividad cerebral y latido cesan por completo.
Pueden estar así de 3 a 5 meses.



Acumulan GLUCOSA > realizando sucesivos procesos de congelamiento y descongelamiento. **>13 veces Nucleoproteínas** en su sangre, que evitan que el hielo se organice en grandes cristales que dañarían las células

EN AMBIENTES CÁLIDOS

***Inactivación enzimática**

***Aporte inadecuado de O₂**

***Afectación de los lípidos de membrana**

***Daños en el citoesqueleto, con:**

>desorganización de la red,

>relocalización de las fibras de actina alrededor del núcleo,

>disrupción de los microtúbulos,

>pérdida de mitocondrias,

>desensamblaje de la fosforilación oxidativa

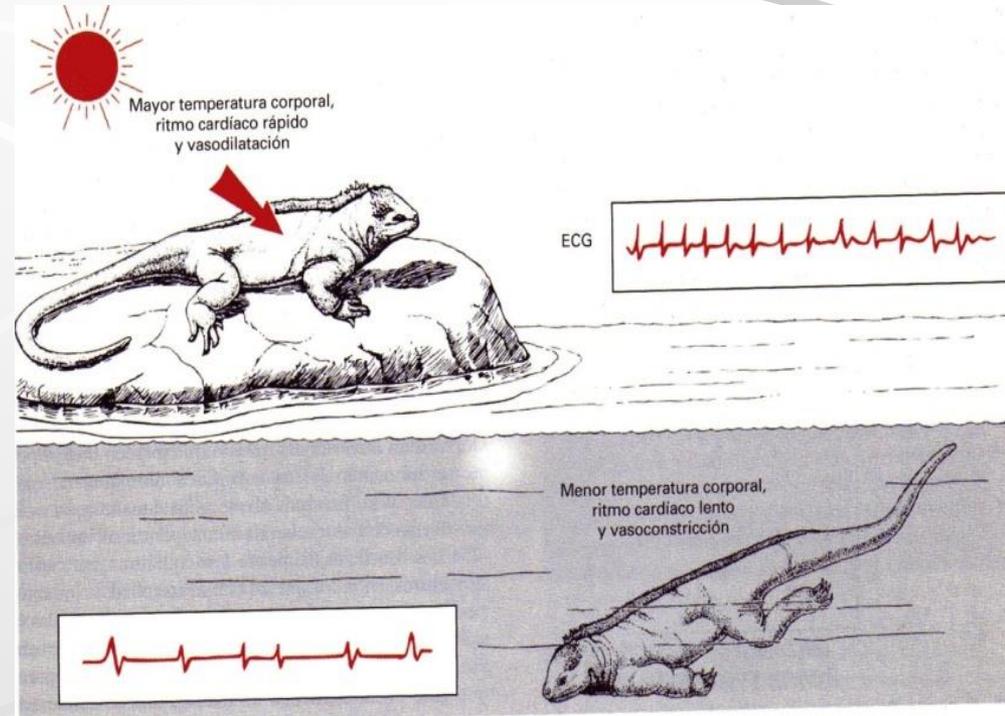
*Bacterias termófilas 90°C y cianofíceas *Syne chorococcus* 75 °C

*Larva de mosca *Polypedilum* 102 °C

*Huevos de crustáceo *Triops* 80°C

*Cambios en la conductancia térmica

Cambios en la conductancia térmica



Adaptaciones:

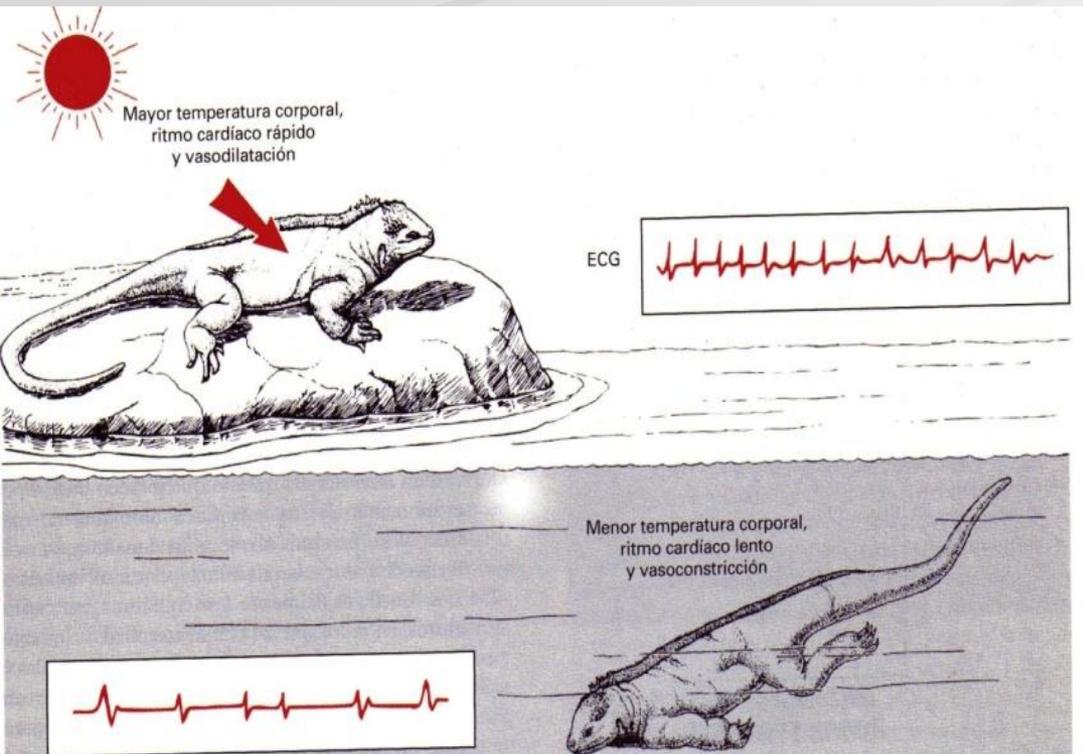
- * **Acidos grasos saturados y de cadena larga**
- * **Alta estabilidad térmica de sus enzimas $\gg Q_{10}$ amplio**
- * **Estabilización de las proteínas con Hsp con funciones de protección:**

Proteínas Hsp > minimizan daños producidos por estrés

- *Eliminan proteínas desnaturalizadas,
- *Aumentan la producción de otras proteínas requeridas por la célula,
- *Aceleran el ensamblado de las proteínas faltantes,
- *Reparan proteínas desnaturalizadas, o promueve su degradación,
- *Acompañan a otras proteínas estabilizando las formas inestables,
- *Facilitan el ensamblado y la correcta unión de oligómeros, su transporte a otro compartimento celular o la disposición para la degradación.
- *Previenen interacciones incorrectas entre polipéptidos,
- *Unen las cadenas nacientes de polipéptidos a fin de lograr el retardo transitorio en su plegamiento hasta que la síntesis se complete,
- *Establecen la conformación adecuada de dichas cadenas, para su translocación a través de las membranas de las organelas,
- *Impiden de la agregación intermolecular o intramolecular,
- *Transportan de metabolitos tóxicos para su degradación por proteosomas.

BENEFICIOS Y COSTO

- *Gastan menos energía en producir calor metabólico
 - *Trabajan con tasas metabólicas bajas
- *Requieren menos alimento > inactivos más tiempo
 - *Son funcionales con tallas pequeñas
- *Pueden invertir más energía en reproducción



- *Incapacidad de regular su temperatura de manera independiente del ambiente
- *Limitación de movimientos bruscos
- *Limitación de obtener grandes tallas

HETEROTERMOS

*Insectos (langosta) >> necesitan calentar los músculos pectorales para levantar el vuelo >> tiriteo.

*Abejas se congregan y tiritan para elevar la T° de la colmena y se disgregan para bajarla.

*La pitón de India tiritita para elevar la T° e incubar los huevos.

*Colibrí baja su T° de noche para reducir TM.

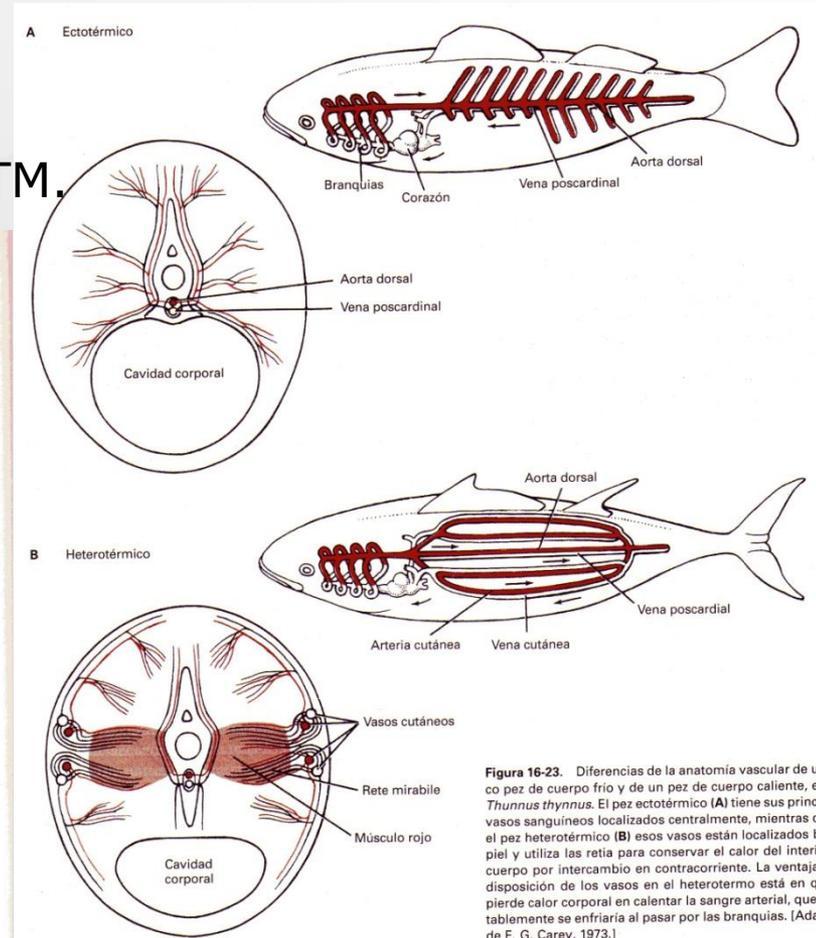
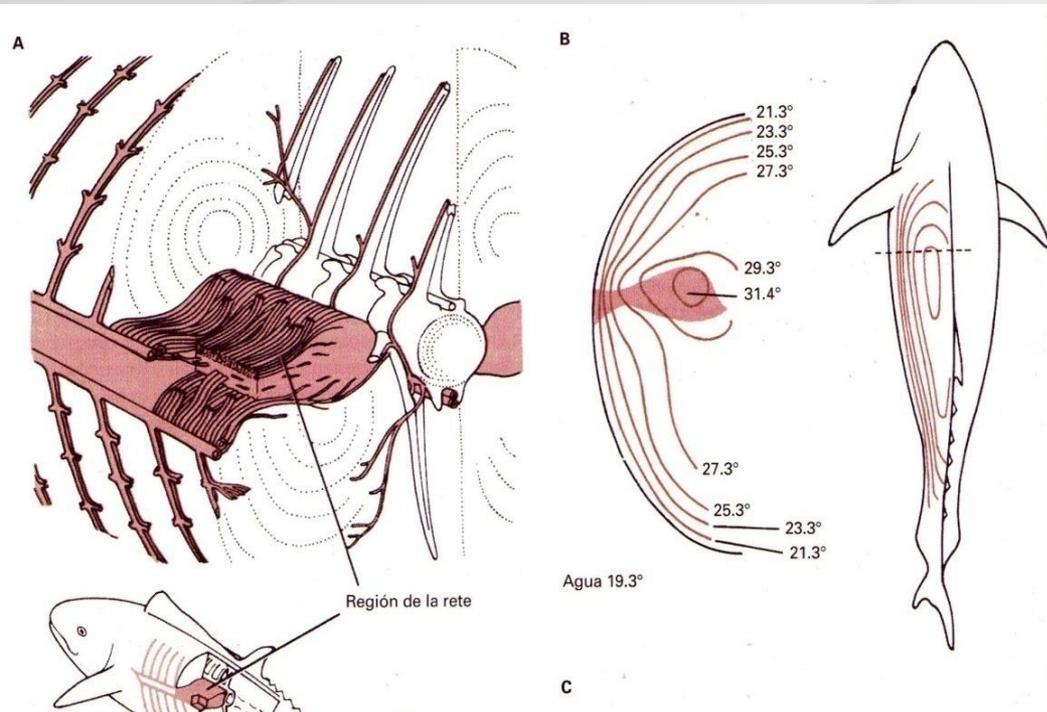
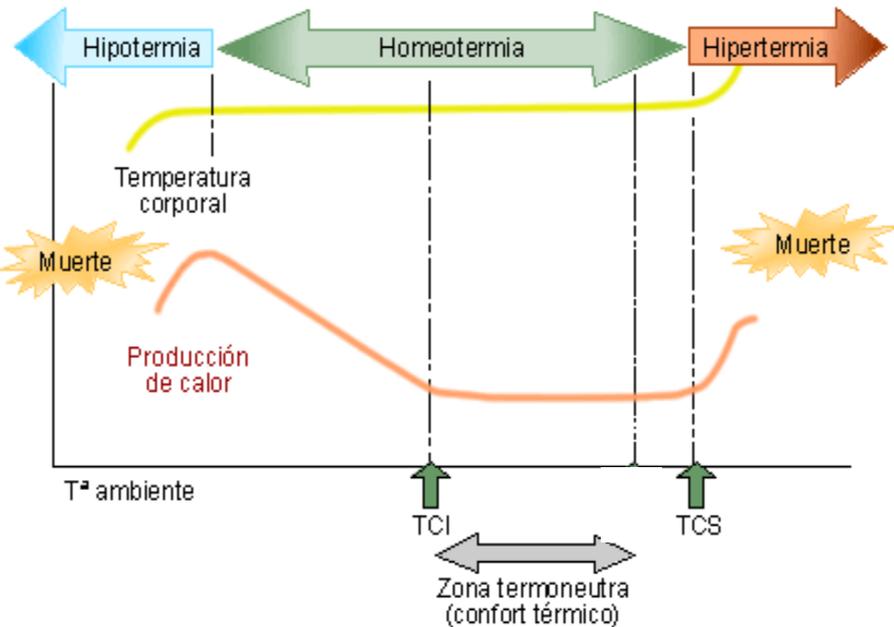


Figura 16-23. Diferencias de la anatomía vascular de un típico pez de cuerpo frío y de un pez de cuerpo caliente, el atún *Thunnus thynnus*. El pez ectotérmico **(A)** tiene sus principales vasos sanguíneos localizados centralmente, mientras que en el pez heterotérmico **(B)** esos vasos están localizados bajo la piel y utiliza las retia para conservar el calor del interior del cuerpo por intercambio en contracorriente. La ventaja de la disposición de los vasos en el heterotermo está en que no pierde calor corporal en calentar la sangre arterial, que inevitablemente se enfriaría al pasar por las branquias. [Adaptado de F. G. Carev, 1973.]

ENDOTERMOS

LA T° del cuerpo está controlada por la TM y es independiente de la T° ambiental



TCI = T° por debajo de la cual la TM basal es insuficiente para compensar la pérdida de calor.

Por debajo de ella hace falta producir calor metabólico >> **TERMOGÉNESIS**

TCS = T° por encima de la cual la TM basal es insuficiente para compensar el aumento de T° corporal.

Es necesario utilizar mecanismos de disipación de calor > sudoración, jadeo.

ZONA TERMONEUTRAL = es la franja térmica en la cual se puede regular su T° corporal mediante cambios comportamentales, sin modificar su TM.

EN FRÍO

- *Gruesa capa aislante >> pelaje, plumaje o grasa (conductancia).
- *Desviación de la circulación sanguínea periférica, por cierre de los esfínteres precapilares.
- *Intercambiadores por contracorriente en extremidades locomotoras y rostro
- *Adaptación homeoviscosa, cambio adaptativo en la saturación de los lípidos de la membrana, frente a los cambios de T° .
- *Relación superficie/volumen .

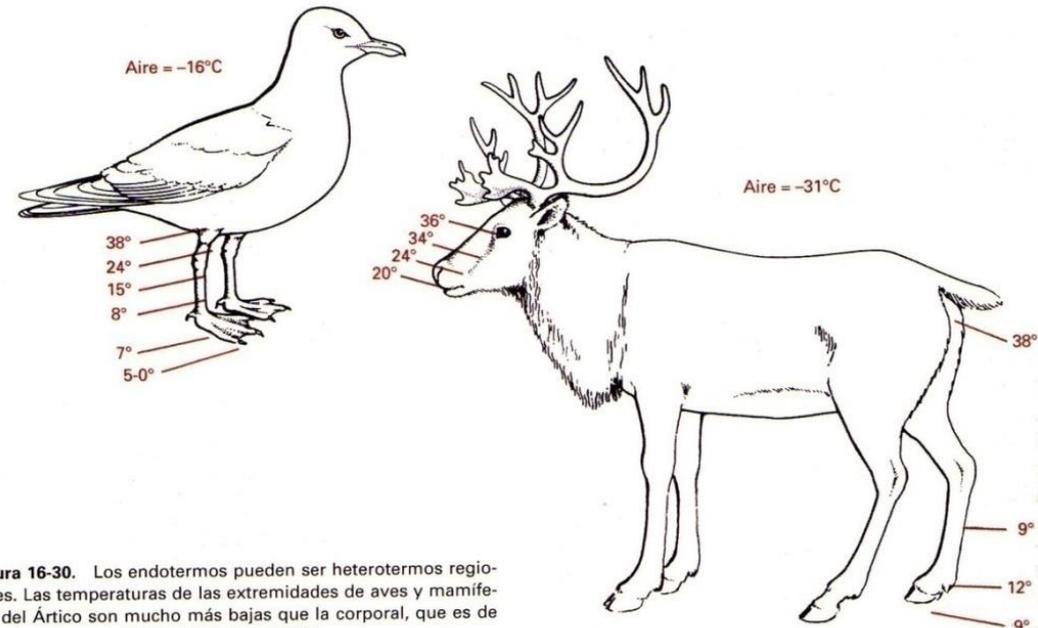


Figura 16-30. Los endotermos pueden ser heterotermos regionales. Las temperaturas de las extremidades de aves y mamíferos del Ártico son mucho más bajas que la corporal, que es de aproximadamente 38 °C. [De Irving, 1966.]

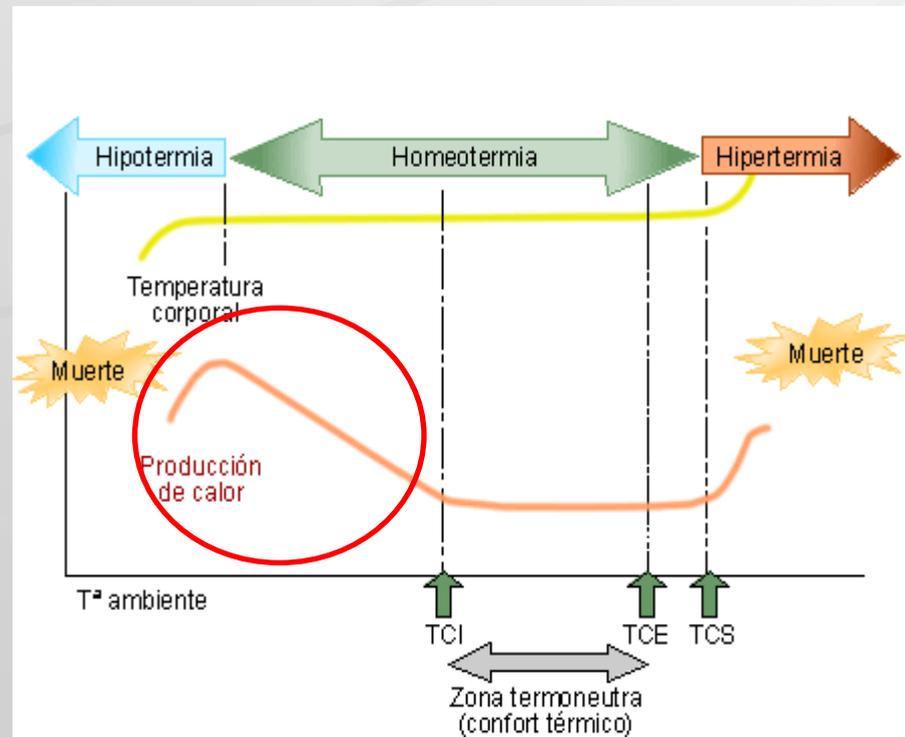
Por debajo de la TCI- TERMOGENESIS

***EJERCICIO** >> efectividad del 25%

Por cada caloría que se transforma en trabajo 3 calorías se transforman en calor.

***TIRITEO** >> contracción de músculos antagónicos, que no produce movimiento efectivo

***TERMOGENESIS SIN TIRITEO** >> Oxidación de la grasa parda



Termogénesis sin tiriteo

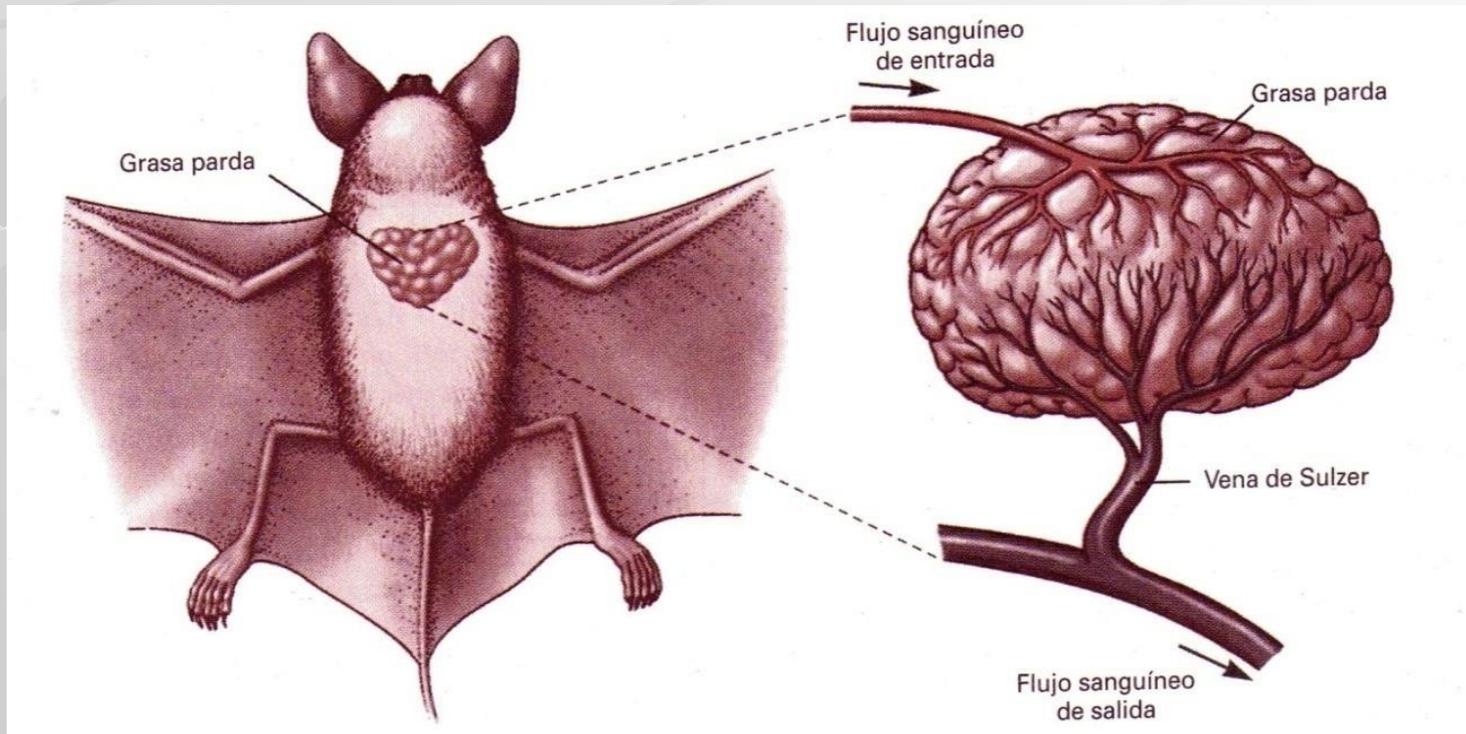
METABOLISMO DE LA GRASA PARDA

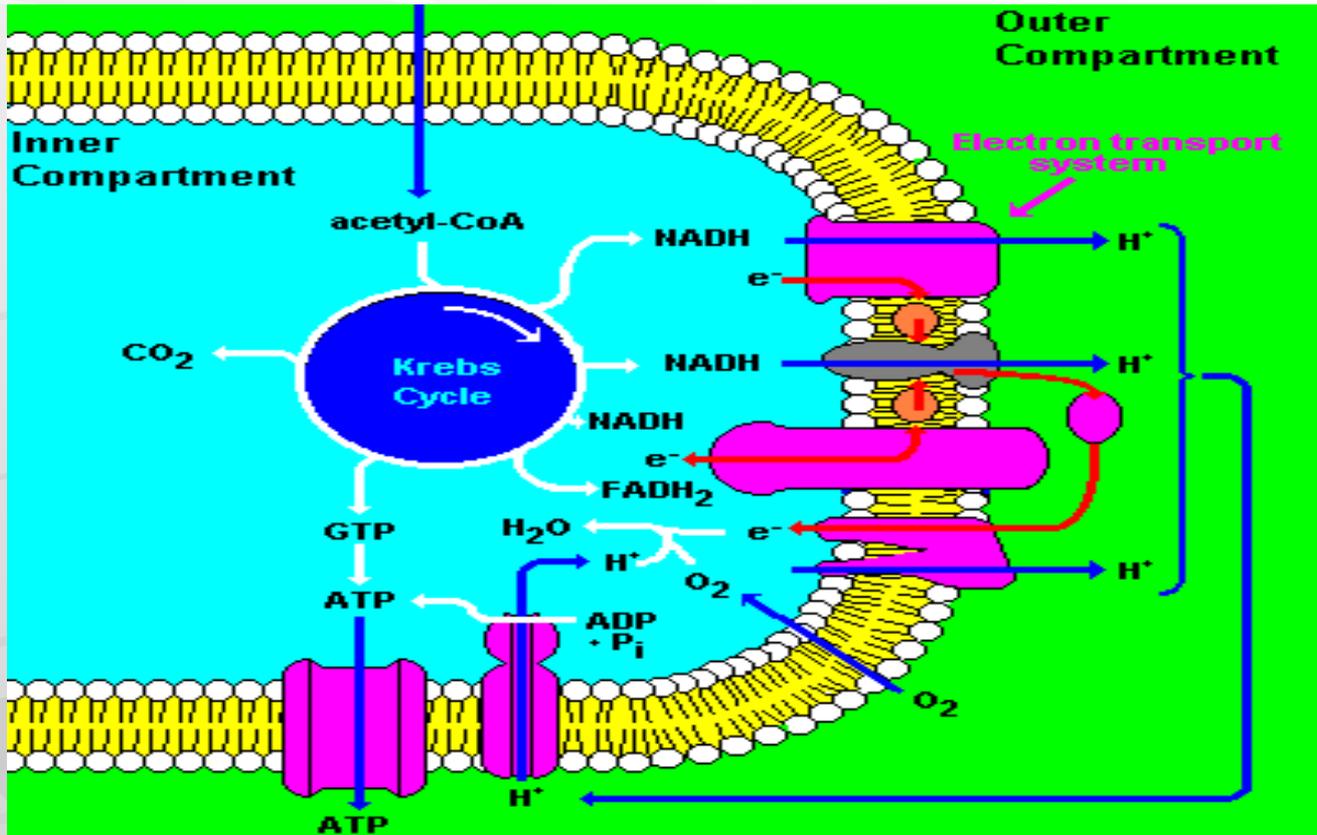
***Mamíferos > hibernadores y Crías**

***Cuello, pecho y entre los hombros**

***Tejido graso con abundantes mitocondrias > abundante cantidad de citocromo oxidasa**

***Muy vascularizada**





FRIO > Hipotálamo >> Sistema Nervioso Simpático >> Termogenina Proteína de la membrana interna de la **mitocondria** >> translocador de **H⁺** derivados de las oxidaciones en la cadena respiratoria. **Reemplaza a la ATP sintasa** y desacopla las oxidaciones de fosforilacion. De esta manera, la energía que se utiliza para fosforilar ADP a ATP se disipa como **calor**.

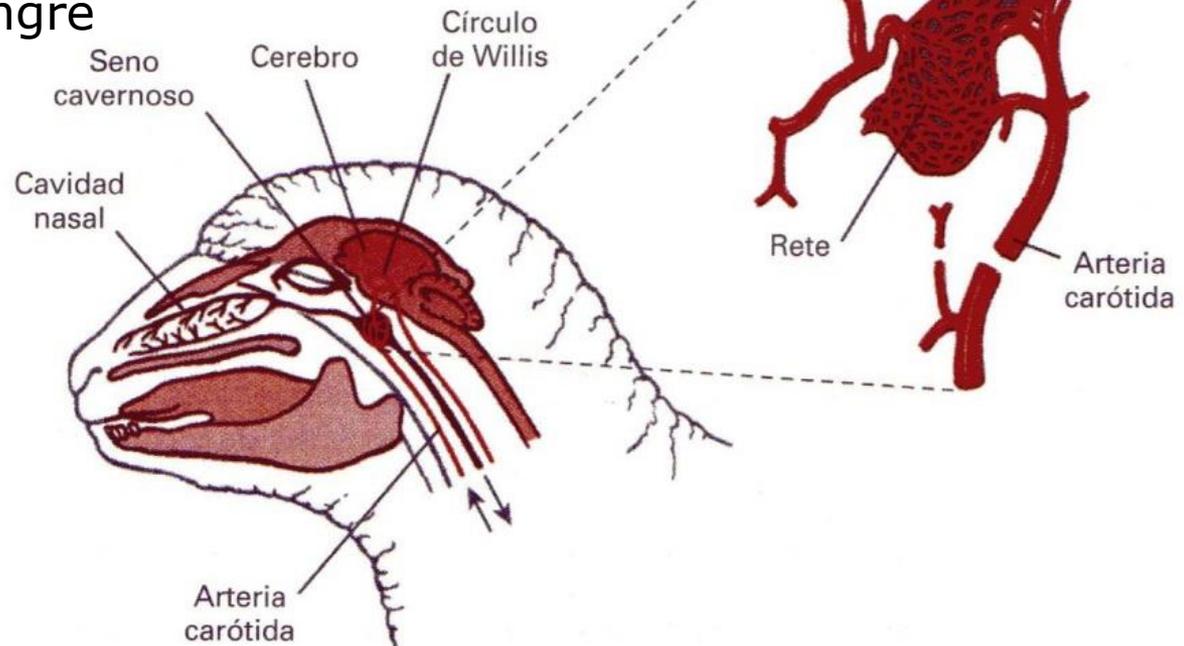
EN CALOR

*Ventanas >> zonas de disipación de calor >> cabeza, vientre, ingle, axilas, escroto, ubres.

*Radiadores >> cuernos (vacas y cabras) y orejas (conejo)

*Hidratación

Ungulados (ovejas, vacas, gacelas) y carnívoros poseen intercambiador por contracorriente en la Red Carotidea, para enfriar a sangre que irriga el cerebro



Por encima de TCS- Disipación de calor >> ADECUADA HIDRATACIÓN

*SUDORACION O TRANSPIRACION, se utiliza el elevado calor de vaporización del agua para perder calor corporal

*JADEO, se aumenta la tasa de respiración en el espacio muerto anatómico, evitando cambio de pH

*CHAPOTEO, en un charco de agua, lodo u orina

Camello >> *baja Superficie/Volúmen,

*grueso aislamiento de grasa y pelos,

*estado hidratado>> calor específico del agua imprime amplia Zona Termoneutral,

*estado deshidratado >> tolera elevación interna de la T^o de varios grados, el calor acumulado durante el día se disipa durante la noche, disminuyendo su T^o corporal varios grados por debajo de lo normal. Esto le permite iniciar el día con déficit térmico, para absorber mayor cantidad de calor.



Rata canguro >> PROBLEMA <<

- >> alta relación Superficie/Volumen,
- >> T° ambiental elevada y
- >> falta de agua

Cómo resuelve? >> Habita una madriguera fresca, sale de noche a buscar alimento y utiliza un Mecanismo Intercambiador en Contracorriente nasal.

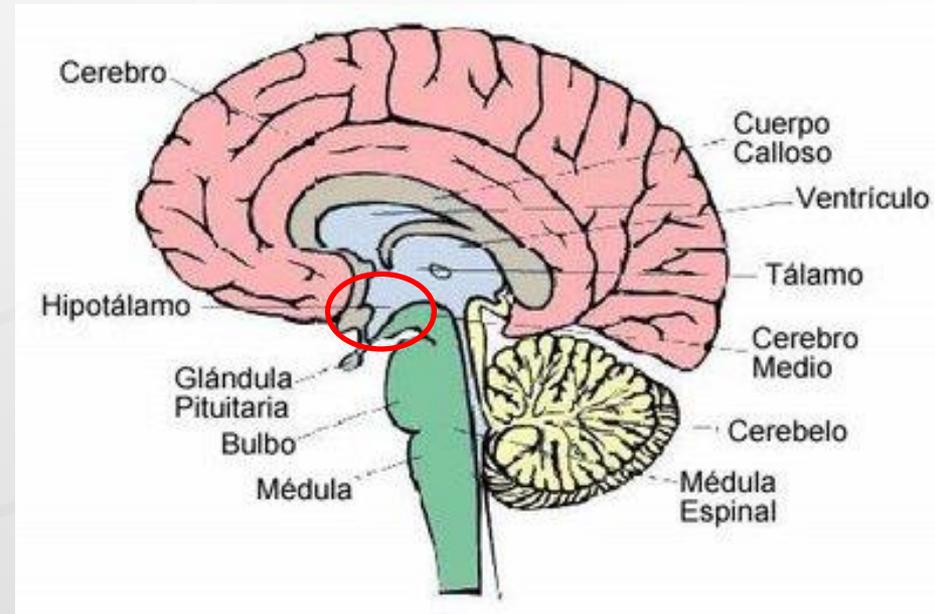
El epitelio nasal está frío porque respira aire fresco, de la madriguera. En la espiración, la humedad del aire es condensada en el epitelio nasal.



REGULACION DEL TERMOSTATO HIPOTALAMICO

Las neuronas sensibles a la T^0 , las terminales nerviosas del cerebro y médula espinal, proporcionan información al Hipotálamo, que posee un centro nervioso >> TERMOSTATO

Según la información recibida se activan respuestas de disipación de calor > vasodilatación, sudoración; o de producción de calor > erección pilosa, tiriteo, termogénesis sin tiriteo.



FIEBRE

Elevación del valor de referencia del termostato Hipotalámico. Debido a la presencia de sustancias pirógenas. Las toxinas bacterianas son pirógenos exógenos, que generan proteínas termolabiles (pirógenos endógenos) que afectan la T^0 de referencia.

HIBERNACION

Ocurre en mamíferos de talla mediana: roedores, insectívoros (erizo, topo) y chiropteros

*Con la talla suficiente para almacenar reservas energéticas para hibernar

*Ajustan el termostato hipotalámico a un valor de **20 °C o menos**.

***Disminuye el gasto cardíaco** (volumen de sangre que sale de cada ventrículo).

***Disminuye el flujo sanguíneo**. Se mantiene bien irrigado el cerebro y la grasa parda

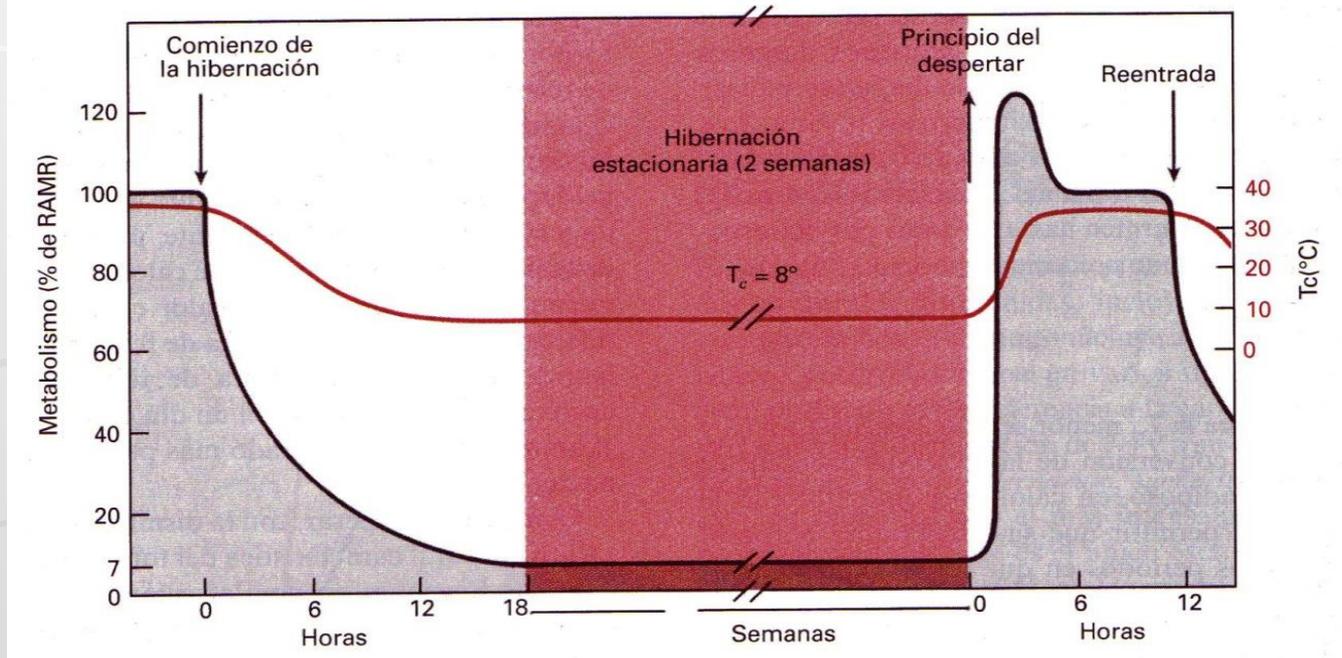
***Disminuye el intercambio respiratorio**

>> **disminuye el pH sanguíneo (7.4)**

>> **disminuye la actividad enzimática**

>> **disminuye la Tasa Metabólica.**





*El despertar de la hibernación es más rápido que la entrada en hibernación

*El calentamiento se debe al tiriteo y la oxidación de la grasa parda.

*Los grandes animales no necesitan hibernar, porque tienen reservas suficientes para mantener su TM, relativamente baja poseen **SUEÑO INVERNAL** :

- Poca disminución de la T° corporal
- Hábitat protegido
- Despierta periódicamente