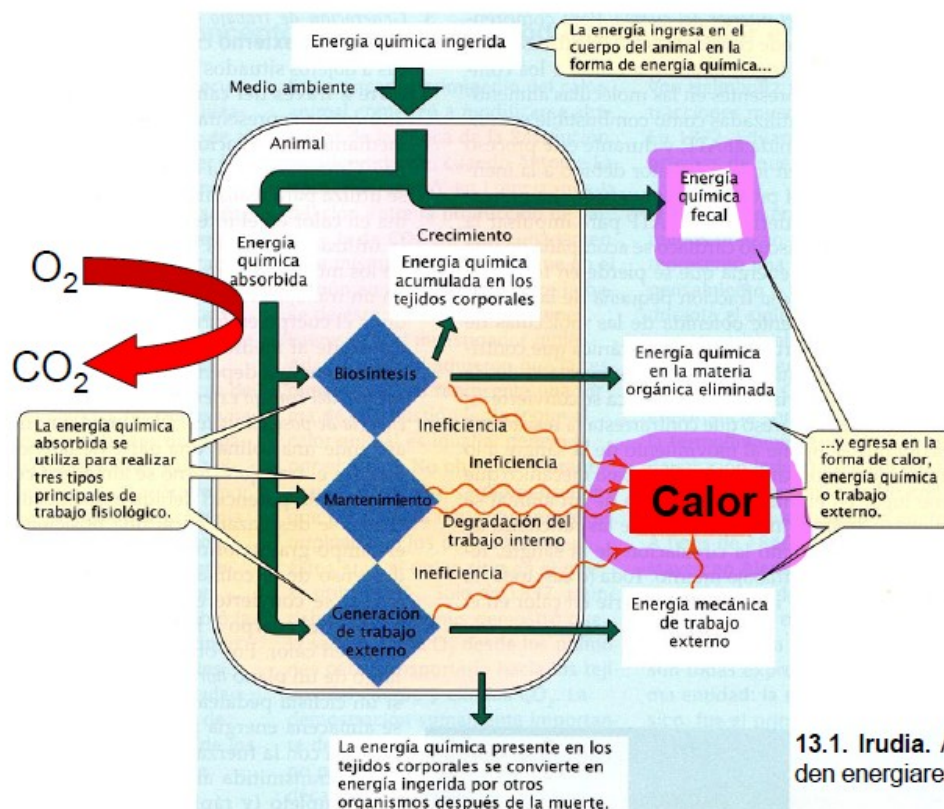


### 13. GAIA: METABOLISMOA, BERO-EKOIZPENA ETA TENPERATURAREN ERREGULAZIOA

## ZERTARAKO BEHAR DUTE ENERGIA ANIMALIEK:

1. Zelulak eta funtzioak mantentzeko: ioien eta beste zenbait substantzien ponpaketa, odol-zirkulazioa, arnasketa, koordinazio nerbiosoa, digestio-sistema, muskulua...
2. Biomasaren sintesirako: hazkuntza gertatzeko beharrezkoa den ehunen sintesia.
3. Azkenean ingurunera jariatuko diren konposatu organikoen sintesirako: gametoak, esnea, muki-sekrezioak, exoeskeletoa, ...
4. Aktibitatea garatzeko: lokomozioa, habiak eraikitzea, iragazketa, ... Lotura kimikoetan dagoen energia erabiltzen dugu metabolismoan, baina energia askatzean, ATPa erabiltzean edo loturetako energia erabiltzean, energia zati bat bero moduan galtzen da, zehazki %60. Bero hau erabiltzen den energiarekiko proportzionala da, ebraz, tasa metabolikoa neurtzeko animaliak igortzen duen beroa neurtzea da modu bat.



### 13.1. Irudia. Animalietan egiten den energiaren erabilpena.

- Tasa metabolikoa: zein abiaduratan erabiltzen/gastatzen duen animaliak xurgatu duen energia, lan fisiologikoa burutzeko.
- Makinaria fisiologikoaren jardura bere osotasunean kuantifikatzen dugu tasa metabolikoaren bidez.
- Badaude oinarritzko koste batzuk, finkoak, (basalak: ioien gradienteak, proteinen turnover-a... beti daude hor, animaliaaren integritate eta biziraupenerako ezinbestekoak izango dira) eta hortik gora gastua aldakorra da, jardura-mailaren arabera (tasa metaboliko estandarra)
- Neurtzeko modua: zuzena edo zeharka. Zeharkakoa. Sortutako energia ekoiztutako oxigenoaren arabera izango da. Salbuespenak daude: anaerobikoki O<sub>2</sub>-rik gabe, energia eskuratzea. Batez ere energia eskaria oso handia denean, oso modu azkarrean eskura daiteke, nahiz eta glukosaren efizientzia asko murriztu (soilik 2 ATP eskuratuko ditugu).

## TASA METABOLIKOA ETA AKTIBITATE MAILA

**1) Tasa metaboliko basala (TMB edo BMR).** Atsedenean dagoen animaliaaren gastu energetikoa (aktibitate motorea = 0), baraurik (xurgatze ondorengo egoera) eta ingurune baldintza optimoetan (normotermia, normoxia). Ugaztun eta hegaztietan erabiltzen da (endotermoak).

**2) Tasa metaboliko estandarra (TME edo SMR).** Atsedenean dagoen animaliaaren gastu energetikoa (aktibitate motorea = 0), baraurik (xurgatze ondorengo egoera) eta ezaguna den gorputz tenperatura batean. Hau jakitea ezinbestekoa da, tenperaturak eragina baitu.

TBM eta TME biziraupenerako ezinbestekoak diren prozesuetarako beharrezkoa den gastu metaboliko minimoa adierazten dute. Animalia baraurik eta mugitu ezinik mantenduz gero, egoera estresantera bideratzen ditu. Kasu askotan, beraz, oso zaila izaten da hau neurtzea (adibidez: arraina mugitu barik...).

**3) Atsedenaldiko tasa metabolikoa (TMR edo RMR).** Atsedenaldian dagoen animalia baten gastu metabolikoa (aktibitate motorea = 0) xurgatze egoeran. SDA (eragin espezifiko dinamikoa). Beroa sentitzen da, digestioan zehar tasa metabolikoa emendatu egiten baita eta energia asko askatzen baita.

**4) Errutina edo ohiko tasa metabolikoa ( $TM_{ROUT}$ ).** Ohiko aktibitate mailan animaliak duen gastu energetikoa da. Hala ere, egoeraren arabera tasa metabolikoa aldatuko da.

**5) Tasa metaboliko aktiboa (TMA).** Aktibitate maximoari dagokion metabolismoa da.

Aktiboa – basala = aktibitatea burutzeko eskuragarri edo erabilgarri dugun energia (SFA, aktibitaterako energia eskumendea)



13.2. Irudia. Lavoisier-en "calorímetro" zuzena. Animaliak ekoizten duen beroa neurtzeko aparailua.

Kalorimetroa: animaliak disipatzen duen bero kopurua neurtzen dugu.

Izotzeko geruza batekin lehen ganbara eta bigarren geruza ere izotzez bete zuten, lehen geruza ingurunetik babesteko. Lehen geruzako izotza urtu egiten da, eta kuantifikatu egiten da zenbat ur ekoizten den, hots, animaliak zenbat bero askatzen duen (hau estres egoera kontsidera daiteke, eta beraz, tasa metaboliko basala ekoiztea oso zaila da, horretarako metodo ez zuzen bat erabiltzen da).

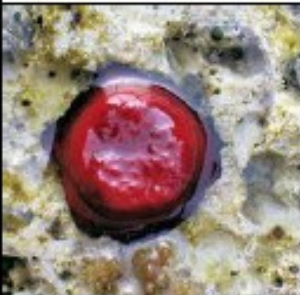

13.1. Taula. Bero ekoizpenaren eta  $O_2$  kontsumoaren edota  $CO_2$  ekoizpenaren arteko erlazioa, karbohidrato, lipido eta proteinen katabolismo aerobioan zehar.

Producto alimenticio	Calor generado por unidad de $O_2$ consumido (J/mL $O_2$ )	Calor generado por unidad de $CO_2$ producido (J/mL $CO_2$ )
Hidratos de carbono	21,1	21,1
Lípidos	19,8	27,9
Proteínas <sup>a</sup>	18,7	23,3

Koefiziente oxikalariko unibertsalak erabiltzen dira hau kalkulatzeko. 20J/ml O<sub>2</sub> bakoitzeko da bataz bestekoa. Ez da guztiz zehatza baina hurbilketa nahiko ona da.

Bestalde, CO<sub>2</sub> ere kuantifikatu daiteke (taulako azken zutabea). Hau soilik baldintza aerobioetan erabil daiteke, anaerobikoak ezin dira neurtu. Hala ere, baldintza arruntetan animalia gehienek bide aerobikoak erabiliko dituzte, efizienteagoak baitira. CO<sub>2</sub> ez da asko erabiltzen.

***Actinia equina* knidarioaren metabolismo eta arnas kontsumoaren datuak.**

Airean egondako denbora (orduak)	$Q_h$ (J/g h)	$VO_2$ (mg/g h)	$Q_{ox}$ (J/g h)	$Q_h/Q_{ox}$	
	Marearteko animaliak				
	2	4,65	0,24	4,63	1,00
	3	4,47	0,22	4,25	1,05
	4	4,23	0,22	4,25	1,04
	5	4,09	0,21	4,05	1,01
	Mareazpiko animaliak				
	2	4,81	0,21	4,05	1,19
	3	4,88	0,20	3,86	1,26
	4	4,77	0,19	3,67	1,30
	5	4,77	0,19	3,67	1,30

**Q<sub>OX</sub>:** Oxigeno kontsumoa x koefiziente oxikalarikoa (19.3 J/ml O<sub>2</sub>, da kasu hoetan, espeziea asko ezagutzen baita)

Marearteko animaliek egunean zenbait ordu airearekin kontaktuan pasatzen dituzte.

Animalia hauek airean mantendu ziren 5 orduz. Kalorimetria bidez eta oximetria bidez lortutako balioak begiratzuz, ezberdintasunak ikus daitezke eta hau, metabolismo anaerobikoa erabili dutelako da. Oximetria bidez beti tasa metaboliko baxuagoa eskuratu behar dugu kalorimetriarekin baino.

Espezien arteko ezberdintasunari behatuz, lehen espeziean tasa metabolikoa beherantz doa, hauek airean daudenean bildu egiten dira, deshidratazioa murrizteko eta tasa etabolikoa ere murriztu egiten da.

Bigarren espezieari dagokionez, oximetria bidez lortutako tasa metabolikoaren balioak askoz txikiagoak dira eta ondorioz, bide anaerobikoen bidez eskuratzen dute energia zati bat (%20-30).

Marearteko animaliak egokituak daude airean egotera ordu batzuk, beraz, ez dute jotzen metabolismo anaerobiora. Itsasazpiko animaliak tasa metabolikoa kte mantentzen saiatuko dira, eta horretarako bide anaerobioetara joko dute.



### 13.2. Taula. Animalien indize metabolikoan eragina duten faktoreak.

Factor	Respuesta del índice metabólico
<b>Que ejercen un efecto de mayor magnitud</b>	
Nivel de actividad física (p. ej., velocidad de la carrera)	↑ a medida que aumenta el nivel de actividad.
Temperatura ambiental	<p><i>Mamíferos y otros homeotermos:</i>  Mínima en la zona termoneutra.  ↑ debajo de la zona termoneutra.  ↑ arriba de la zona termoneutra.</p> <p><i>Peces y otros poiquilotermos.</i>  ↑ a medida que aumenta la temperatura.  ↓ a medida que disminuye la temperatura.</p>
<b>Que ejercen un efecto de menor magnitud</b>	
Ingestión de una comida (sobre todo si contiene abundantes proteínas)	↑ durante varias horas después de la ingestión.
Tamaño corporal	El índice metabólico específico para el peso ↑ a medida que el tamaño ↓.
Edad	Variable; en el ser humano, el índice metabólico específico para el peso ↑ hasta la pubertad y luego ↓.
Sexo	Variable; en el ser humano ↑ en el hombre.
Nivel de O <sub>2</sub> ambiental	Con frecuencia ↓ a medida que el nivel de O <sub>2</sub> ↓ por debajo de un valor umbral, pero no se modifica por encima del umbral.
Estado hormonal	Variable; por ejemplo: ↑ con una secreción excesiva de hormonas tiroideas en los mamíferos.
Hora del día	Variable; en el ser humano ↑ durante el día.
Salinidad del agua (animales acuáticos)	Variable; en los cangrejos marinos osmorreguladores ↑ en el agua diluida.

**Que ejercen un efecto de mayor magnitud:** Eragin desberdina izango du animalia motaren arabera: ektotermo eta endotermo.

**Ektotermoak:** bere bero iturria ingurunea izango da, eta beraz, barne eta kanpo ingurunea batera aldatuko dira. Animalia guztiek ekoizten dute beroa, baina ektotermoetan oso baxua da.

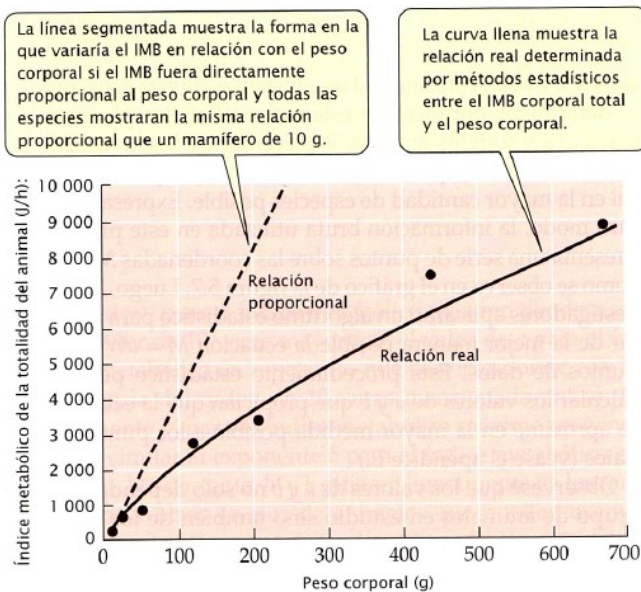
Endotermoetan tasa metabolikoa askoz altuagoa da eta bere bero iturria bertatik sortutako beroa izango da eta honela kanpo ingurunearekiko independentea izango da.

**Que ejercen un efecto de menor magnitud:** Konstante mantenduko den arren, inguruko tenperaturak eragina du, tarte termoneutro bat dago eta bertan tasa metabolikoa minimoa izango da. Temperatura baxuetan tasa metabolikoa emendatu egingo da barne temperatura mantentzeko. Temperatura altuetan ere tasa metabolikoa emendatu egingo da, beroa disipatzeko mekanismoak jarriko baitira martxan.

Tasa metabolikoa emendatu egiten da tamainuarekin. Baina tasa metaboliko espezifiko jaitsi egiten da tamainarekin.

Inguruneke O<sub>2</sub> eskuragarritasunak eragina izango du, energia lortzeko normalean bide aerobikoa erabiltzen baitute animaliek.

Osmoeraentzaileetan aktibitate ATPasikoan, gatzak kontzentratzean edo diluitzean aktibitatea emendatu egiten da.



13.3. Irudia. Indize metaboliko basalaren (IMB) eta pisuaren arteko erlazioa.

Tamaina emendatu ahala tasa metabolikoa emendatu egiten da, baina ez proportzionalki, igoera txikiagoa izango da. Horregatik, tasa metabolikoa espezifikoa tamainarekin txikitu egiten da.

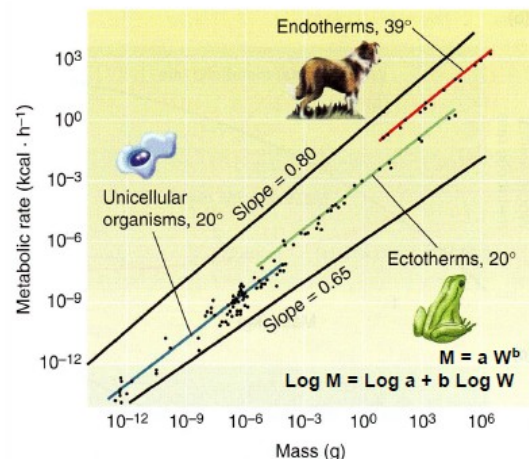
Ekuazio alometriko negatibo honek ematen digu informazioa.

$$M = a W^b ; b < 1 \text{ izango delarik}$$

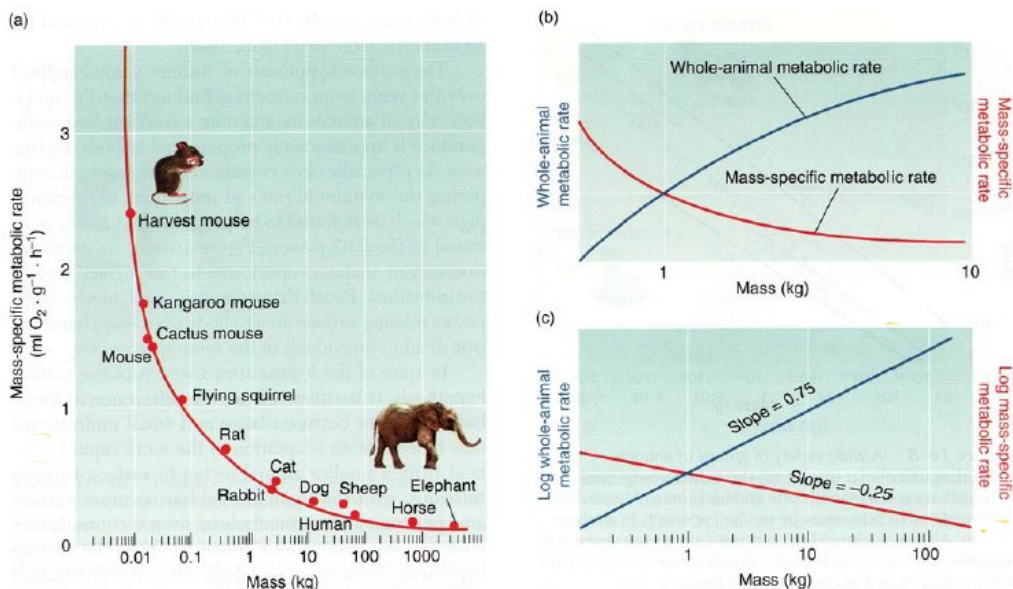
Alometriko negatiboa, emendatu egiten den arren tasa metabolikoa espezifikoa txikiagoa da.

Logaritmoa aplikatzean, ekuazio lineal baten itxura hartzen du.

Erlazioa ezta bera animali guztietan, baina bai tarte zehatz baten barnean mantentzen dira.



13.4. Irudia. Animalia gehienek antzeko erlazio erakusten dute tasa metabolikoaren eta pisuaren artean.



13.5. Irudia. a) Pisuarekiko IMB espezifikoa pisuarekin batera murrizten da. b) eta c) tasa metabolikoak eta pisuarekiko espezifikoa den tasa metabolikoak pisuarekin duten erlazioa (eredu orokorrak).

Grafikoan behatu daitekeen moduan, 10 gramotako arratoiak duen O<sub>2</sub> kontsumoa g bakoitzeko eta ordu bakoitzeko 2.5ml O<sub>2</sub>/gh da.

Txakurra: 10 kg pisatzen dituen, bere O<sub>2</sub> kontsumo espezifiko 0.2-0.3 ml O<sub>2</sub>/gh ingurukoa da. Ikusten dugunez, tasa metaboliko espezifiko askoz ere baxuagoa da animalia handietan. Kasu bietan oxigeno kontsumo totala honakoak dira:

Sagua: 25 ml O<sub>2</sub>/h

Txakurra : 3000 ml O<sub>2</sub>/h

B grafika: b-ren tasa metabolikoa txikiagoa delako ematen da erlazio mota hau.

C grafika: lerro urdina 0.65-0.85 tartean mantentzen da animalia guztietan.

Lerro gorria: Animalia txiki baten behar energetikoa gramo bakoitzeko handiagoa da, ez baita modu proportzional baten emendatzen. ATP O<sub>2</sub> gehiago eta janari gehiagoren bidez lortuko du.

13.3. Taula. Atsedeneko taupada-maiztasunak eta bihotz tamainak pisuarekin duten erlazioa, zazpi ugaztun espezieetan.

Especie y peso corporal promedio	Frecuencia cardíaca en reposo (latidos/minuto) <sup>a</sup>	Peso del corazón por unidad de peso corporal (g/kg) <sup>b</sup>
Elefante africano (4100 kg).	40	5,5
Caballo (420 kg).	47	7,5
Ser humano (69 kg).	70	5,2
Perro doméstico (19 kg).	105	9,2
Gato doméstico (3 kg).	179	4,1
Rata de los tejados (0,34 kg).	340	2,9
Ratón de laboratorio (0,03 kg).	580	4

Fuente: según Seymour y Blaylock, 2000.

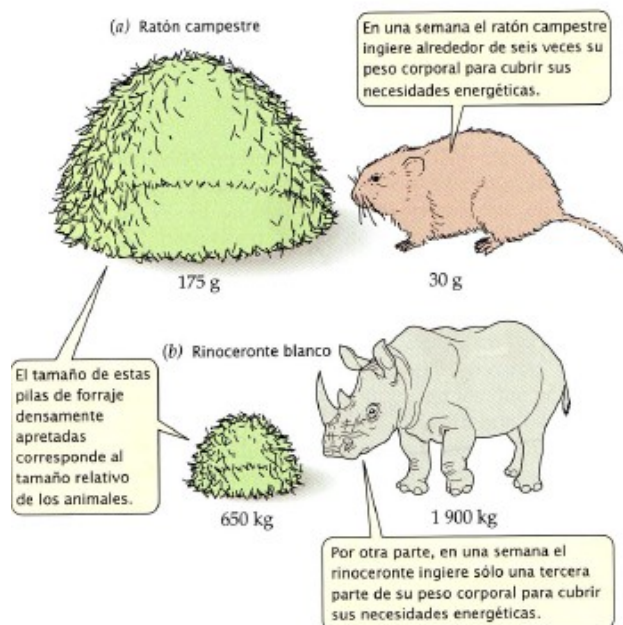
<sup>a</sup>Según la fuente de la que provienen estos datos, la relación estadística entre la frecuencia cardíaca en reposo (FCR) y el peso corporal (W) en los mamíferos es  $FCR (\text{latidos/minuto}) = 227W^{-0.23}$ , donde se expresa en kilogramos.

<sup>b</sup>Aunque el peso cardíaco por unidad de peso corporal es variable, la relación con el tamaño corporal es inconstante.

Bihotzaren tamainari erreparatuz, eta gorputz tamainarekin alderatuz gero, konturatzen gara bihotz tamainak ez direla asko aldatzen animalia batetik bestera.

Lan egiteko abiadura da aldatzen dena, hots, bihotz maiztasuna. Gastu kardiakoa maiztasunaren menpekoa izango da.

Beraz, O<sub>2</sub> eskariari dagokionez eta janari eskariari dagokionez animalia txikiek behar handiagoa dute.



13.6. Irudia. Jakien beharrean tamainak duen eragina.