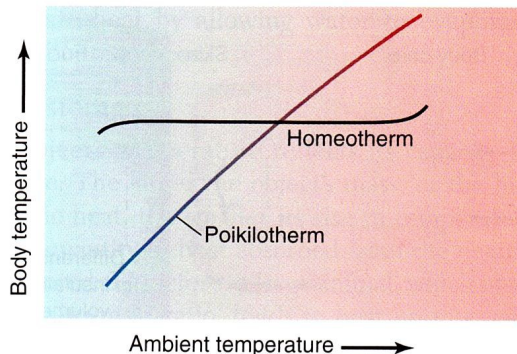


15. GAIA: METABOLISMOA, BERO-EKOIZPENA ETA TENPERATURAREN ERREGULAZIOA: Erlazio termikoak. Poikilotermoen metabolismoan tenperaturak duen eragina. Efektu termikoaren berehalako eta epe luzerako konpentsazioa.

Historikoki animaliak, poikilotermo eta homeotermoetan sailkatzen ziren:

- Homeotermo → tenperatura konstante mantentzen zutenak
- Poikilotermoak → beren tenperatura mantentzeko gai ez direnak izango dira, beraz ingurunearen arabera aldatuko da euren barne tenperatura (lerro isotermoa jarraitzen dute)



15.1. Irudia. Tenperaturaren eraenketarako ereduak sailkatzeko eskema klasikoa.

Hala ere, salbuespen batzuk ere badaude: endotermo batzuetan tenperatura alda daiteke. Animalia batzuk endotermia maila maximoa eskura dezakete baina beste batzuk oraindik partzialki menpekoak dira ingurunearekiko, nahiz eta, bere tasa metabolikoa altua izan.

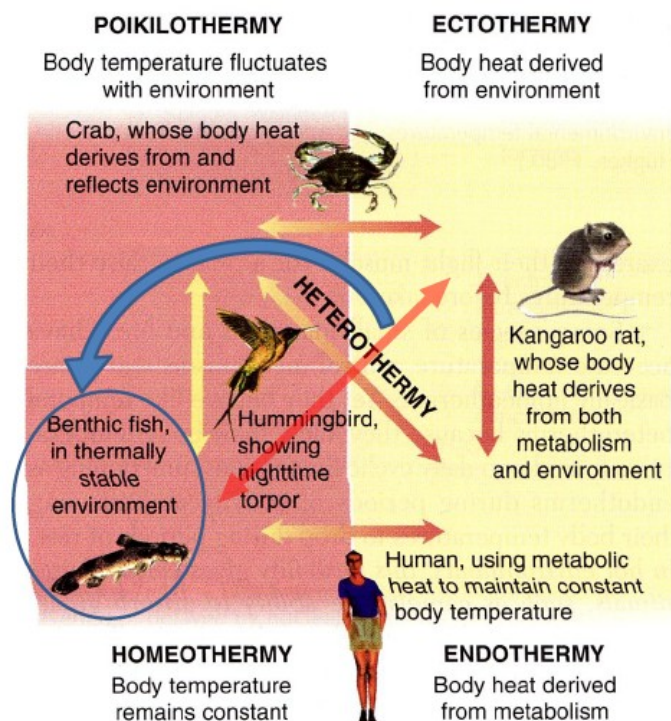
Askotan animalia txikietan endotermoak diren arren ez dira homeotermoak (adb: kolibriak).

Ektotermoa berriz, bero ekoizpen txikia duen homeotermoa izango da (adb: itsas uretan bizi den animalia, tenperatura aldakorak ez baitira emango). Hauek, kanpo medioarekiko menpekotasuna adierazten dute, baina inguruneke tenperatura ez da aldatzen. Beraz, nahiz eta, modu pasibo batean mantendu tenperatura konstante homeotermoak dira

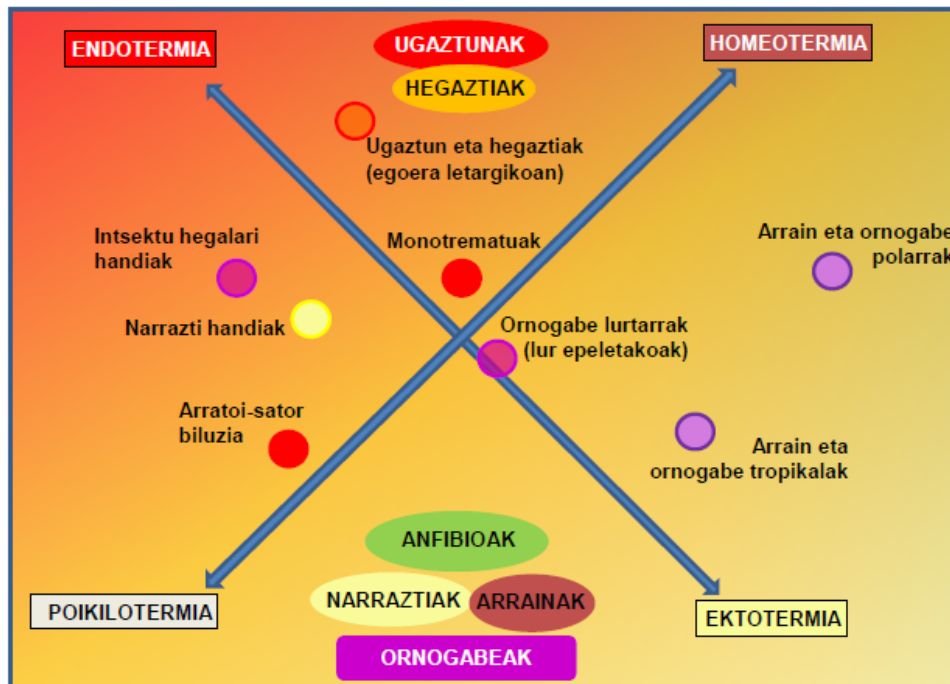
15.2. Irudia. Endotermia eta termoerregulazioaren garapen-mailaren arabera, animaliak kategoria ezberdinetan sailka ditzakegu: **tenperaturaren egonkortasunaren** arabera (ezkerra) sailka daitezke, edo **gorputzeko beroaren iturriaren** arabera (eskuma). Animalia asko ezin sailka daitezke definitiboki honela ezarritako lau talde nagusietan, heterotermoak esaterako.

Heterotermia kasuak:

Gure gorputzean, erraimasa dagoen guneean, 37°C mantenduko dira, baina gure sudur behatz eta eskuak adibidez tenperatura baxuagoetan mantenduko dira. Ez gara gai tenperatura batzuetan gorputz osoan tenperatura bera mantentzeko. Heterotermia erregionala deritzo honi.



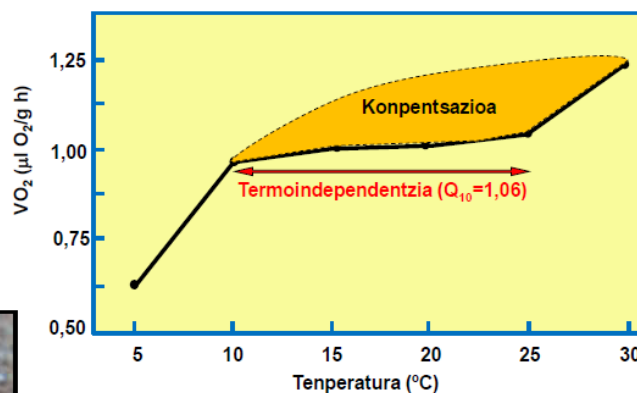
Beste heterotermia mota bat, heterotermia tenporala izan daiteke. Hibernatzaileetan ematen dena, esaterako. Hibernatzean tasa metabolikoa minimora jasiten dute animalia hauek, beraz endotermoak diren arren, une horietan ektotermo bilakatzen dira.



15.3. Irudia. Beroaren jatorriaren eta tenperaturaren erregulaziorako gaitasunaren arabera animalia talde ezberdinen sailkapen eskematikoa.

15.1 Taula. *Bullia digitalis* gasteropodo itsastarraren tenperaturaren arabera oxigeno kontsumoa (750 mg pisu lehorreko animali batentzat adierazita).

Esposizio T ^a (°C)	VO ₂ (μl/g h)
5	0.62
10	0.98
15	1.01
20	1.05
25	1.07
30	1.25



$$\begin{aligned}
 Q_{10} (5-30) &= 1.32 & Q_{10} (15-25) &= 1.12 \\
 Q_{10} (5-10) &= 2.5 & Q_{10} (25-30) &= 1.36 \\
 Q_{10} (10-25) &= 1.06
 \end{aligned}$$

10°C bakoitzeko tasa metabolikoa bikoiztu edo gehiago egiten bada, hau esperoko litzake animaliak inolako mekanismorik ez badauka.

Tenperatura igo edo jasitean tasa metabolikoaren balio konstante mantenduko da (tenperaturarekiko independentea da), konpentsazio mekanismoren bat azalduko du. Beraz, $Q_{10} = 1$ izango da.

Hala ere, trateko egoerak izango ditugu, zeinetan Q10-en balioak 1 eta 2 artekoak izango diren. Hauek konpentsazio partziala burutuko dute.

Epe laburreko mekanismoak, hots, berehalako mekanismoen bidez, konpentsazioa burutuko da, beraz, ez da tasa metabolikoa aldatuko.

Bestalde epe luzeko mekanismoen bidezko erantzunetan, aklimatazio bat ematen da. Nahiz etam berehala ez eman erantzuna (tasa metabolikoaren murrizpena), gerora berreskuratu egingo du hasierako egoera.

Ariketa:

Tenperaturarekin oxigeno kontsumoa emendatu egiten da. Baina animaliaaren portaera ez da berdina tarte guztietan.

Aldaketa hauek neurtzeko, Q10 erabil daiteke.

5-30 tarteak begiratu gero konpentsazioa partziala izango da. **HAU OKER DAGO!!! Ez dugu modu honetan kalkulatu behar!**

Egokiagoak dira tarte hauek aztertzea:

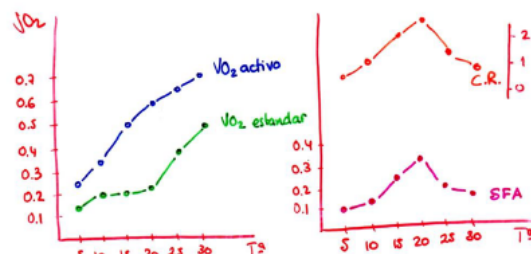
- 5-10 → Q10=2.5
 - Ez dago inolako konpentsaziorik, pasiboki gertaturiko aldaketa da (Q10>2)
- 10-25 → Q10=1.06
 - Tarte termoindependientea. Tarte honetan, tasa metabolikoa ez da tenperaturaren menpekoa.
- 25-30 → Q10=1.36
 - Konpentsazio partziala da. Mekanismoak seguraski failatzen hasi dira tarte honetan.

Berehalako erantzun bat eman da bai, 10-25 tartean zein 25-30 tartean.

Agian konpentsadore partziala den tartean denbora baten ostean, tasa metabolikoa konstantea izatea lortuko luke.

15.2. Taula. *Mytilus edulis* muskuiluren datuak.

T° (°C)	VO ₂ estandarra (ml/g h)	Q ₁₀	VO ₂ aktiboa (ml/g h)	Q ₁₀	ASFA VO ₂ A-VO ₂ S	C.R. (l/h)
5	0.15		0.25		0.10	0.5
10	0.19	1.6	0.35	1.96	0.16	1.0
15	0.22	1.34	0.50	2.04	0.28	1.5
20	0.25	1.29	0.60	1.44	0.35	1.9
25	0.43	2.95	0.64	1.14	0.21	1.3
30	0.50	1.35	0.67	1.09	0.17	1.0



Tasa metaboliko estandarra: Minimoa da. Ektotermoen kasuan, baraurik eta atsedenean neurtua. Bizirauteko behar duen tasa metaboliko minimoa da.

Tasa metaboliko aktiboa: Maximoa da.

Bien arteko diferentzia (aktiboa-estandarra), aktibitate bat burutzeko eskuragarri duen energia da (ASFA).

Modu ezberdinean eragiten du tasa metaboliko mota bakoitzean. Temperatura igoera ezberdina edo berehalako mekanismoak ezberdinak izan daitezke.

5-20 tartean, tasa metabolikoa nahiko independentea da temperaturarekiko.

Nola aldatzen da animalia honen portaera tenperaturaren arabera?

10-20 tartean, 1.3 inguruan kokatzen da Q10, hots, konpentsazio partziala ematen da. 5-10 tartean, Q10-en balioa 1.6 da, beraz, tarte honetan ere konpentsazio partziala emango da, baina ez hain ona. 25etik gora, 3koa da ia Q10en balioa, beraz, ez dago inolako konpentsaziorik.

Nahiz eta, 1.35 ageri tartearen adierazle gisa 25-30 bitartean, ez da konpentsazio partzialik ematen. Honek, tasa metabolikoaren igoera oso handia ez dela adierazten digu, jada arazoak baititu bizirik irauteko.

Tasa metaboliko aktiboak beste modu batera jokatzeko du. Muga bat du, beraz, ez da tenperaturarekin nahihaina igoko. Asintota bat agertuko zaigu muga horretara heltzen joan den heinean. Ez dago soilik tenperaturaren menpe, animaliak oxigenoa eskuratzeko gaitasunaren menpe ere egongo da. Honi Bohr efektua deritzo.

1-2 tarteko balioek, maximo horretara iristen ari garela adierazten digute. Hasiera, 2 inguruko balioak egongo dira eta ondoren, 1-2 inguruko balioak izango ditugu. Balio hauek, tasa metabolikoaren aldaketa txikia dela adierazten digute. Hau da, animaliak daukan energia gehiena estarrarentzat erabiliko du.

ASFARI erreparatuz:

- Diferentzia maximoa 20°C-tan dago.
- Animalien aklaramendu-tasa (iragazlea da, lan bat burutzen du elikatu ahal izateko, eta honek energia gastua du).
 - ASFA zenbat eta handiagoa izan, aklaramendu-tasa handiagoa izango da, lan egiteko abiadura azkarragoa izango da.
- Tarte termoindependienteak beti agertuko dira. Animaliek egoki bizi diren inguruneak hautatzeko joera baitute. Animalia hau beraz, 10-20°C artean biziko da.
- Muga letal bat egongo da 30°C baino pixkabat altuago egongo dena.
- Tarte optimoko tenperatura altuetan ASFA emendatzeko aukera izango du animaliak, energia eskuragarri gehiago izanik.
 - Nere zalantza: Hau nola da posible, tarte optimoan tenperatura konstante mantentzeko gai bada?

KONPENTSAZIO TERMIKOAREN MEKANISMO MOLEKULARRAK:

Mekanismo hauen artean, berehalako konpentsazioak eta aklimatazioak bereizten dira. Berehalako konpentsazioan entzimaren ezaugarrien ondorioz ematen diren aldaketak izaten dira. Beste hiruretan (aklimatazioetan), mekanismo berriak jartzen dira martxan: entzima edo konposatu berrien sintesia emango baita. Beraz, denbora tarte bat beharko du animaliak hauek martxan jarri ahal izateko.

1. - ALDAKETA KUALITATIBOAK: Entzimek substratuekiko duten afinitatea aldatzea (berehalako konpentsazioa)

Entzimen jarduera azkarragoa da tenperatura igotzen den heinean. Partikulen abiadura zinetikoa emendatzen da, beraz, aukera gehiago dugu partikula eta entzima elkartu eta erreakzioa emateko.

Entzimen afinitatea ere aldatu egiten da tenperaturarekin. Tenperatura igotzean loturak ahuldu egiten dira eta beraz, lotzeko gaitasuna txikitzen da. Tenperatura igo ahala afinitatea jaisi egiten da.

Beraz, tenperaturaren eragina konpentsatu egiten da erreakzio abiaduraren (erreakzioaren zinetika) eta afinitatearekin.

Hauek berehala ematen dira, entzimen ezaugarriak baitira.

2. - ALDAKETA KUANTITATIBOAK (AKLIMATAZIO TERMIKOA)

Entzimaren kantitatea ere aldatu egingo da tenperaturarekin. Tenperatura 10 gradu jaitsiz, erreakzio abiadura moteldu egingo litzake (erdira edo gehiago).

Hau konpentsatzeko entzima gehiago sintetiza daitezke. Entzima kopurua emendatuz gero, tenperaturak izan duen eragin termikoa konpentsa daiteke.

Tenperatura berriro igotzean, entzima hauen sintesia inhibituko litzake oreka bat lortuaz.

3. - ALDAKETA KUALITATIBOAK : Bariante entzimatikoen sintesia (AKLIMATAZIO TERMIKOA)

Tenperatura aldatzean, isoentzima bat ekoiztuko litzateke denpora tarte bat igaro ostean, forma entzimatiakoaren bariante bat izango dena, hots, erreakzio bera katalizatu dezakeen beste entzima bat eratuko da. Entzima honek ordea, afinitate ezberdina izango du. Afinitate hau, behar dugun eraginaren arabera izango da. Hau da, tenperatura asko igotzen bada, erreakzio abiadura emendatuko da, beraz, afinitate baxuko entzima bat ekoiztuko da hau konpentsatu ahal izateko. Tenperatura jaistean ordea, alderantzizko prozesua emango da.

Entzima bat ekoiztu behar denez, hots, sintesi proteiko bat eman behar denez, denbora bat behar da. Beraz, ez da berehalako erantzun bat izango.

4. - ZEHARKAKO ERAGINA MINTZEKO ENTZIMEN JARDUERA-MAILAN (AKLIMATAZIO TERMIKOA)

Mintzeko konposizioa aldatuz ere, tenperaturaren eragina konpentsa daiteke.

Tasa metabolikoan eragina duten entzima gehienak, mintz plasmolikoan daude kokaturik. Elektroi garraio kateko entzimak, esaterako.

Tenperatura jaistean, mintz lipidikoa gogortu egiten da (fluidotasun aldaketa ematen da, zehazki galera bat). Tenperatura altuetan jariatzen izango da. Honek, eragina izango du entzima hauen aktibitatean; tenperatura baxuetan erreakzioa motelduko litzake eta altuetan berriz azkartu.

Beraz, mintzaren konposizioa aldatu egiten da tenperaturaren arabera, hau da, gantz asetu eta asetugabeen proportzioa aldatu egiten da.

Asegabeetan, lotura bikotzak eta okerdurak agertzen dira. Gantz azido hauen paketatzea ematen da, eta asegabeetan, hidrogeno zubiak ez dira setuetan bezain sendoak, ondorioz, euren artean lotura gutxiago egongo dira.

Temperaturaren eragina konpentsatu egiten da, lehen esan dugun moduan. Temperatura igotzean mintza jariakorrango bilakatuko da, eta zurruntasuna berreskuratzeko asetuak diren gantz azidoen kopurua emendatu egiten da.

Temperatura jaistean, zurrunagoa bilakatzen da mintza, eta honela temperatura berean jariakortasuna mantentzeko asetugabeen kopurua emendatzen da eta honela, ez da bertako entzimen aktibitatean eraginik emango.

Temperaturak ez du konposizioa aldatzen, temperaturaren eragina konpentsatu ahal izateko aldatzen da konposizioa.

15.3. Taula. *Carassius auratus* karpan sukzinato deshidrogenasa entzimak aurkezten duen afinitatearen modulazio termikoa.

$T^a (^{\circ}\text{C})$	K_m
5	2,5
10	3,2
15	3,8
20	4,5
25	5,2

K_m : afinitatearen inbertsoa da, alderantzizko proportzioanala da, hain zuzen.

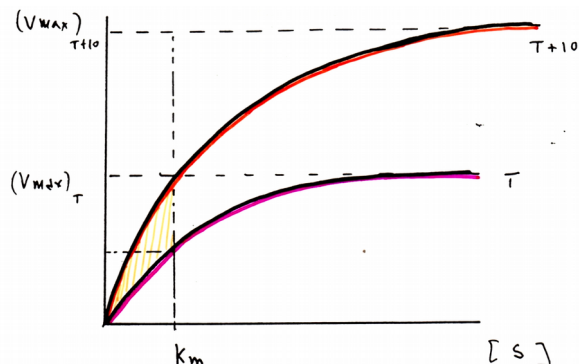
Temperatura igo ahala, k_m ere igoten da eta beraz, afinitatea murrizten da.

Temperatura igotzean bere afinitatea murriztea garrantzitsua da, temperaturak duen eragina konpentsatu ahal izateko eta arnasketa tasa murriztu ahala izateko.

15.4. Irudia. Entzimen afinitatearen aldaketak erreakzio abiaduran izan dezakeen eragina.

Bi entzima ezbedinen temperaturaren arabera afinitatea adierazten duten grafikak dira honakoak:

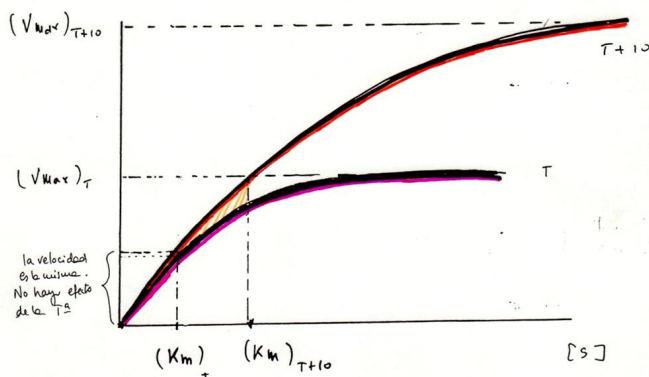
Afinitatearen aldaketarik gabe:



Bi lerro dauzkagu. Temperatura altuago batean erreakzioak azkarragoak dira eta temperatura baxuetan erreakzioaren abiadura motelagoa da, afinitatean ez baitago aldaketarik. Ez da inolako konpentsaziorik ematen.

T_{50} zein izan behar den temperatura erreakzio abiadura %50ekoa izateko?

Afinitatearen aldaketarekin:



Ikusten dugu afinitatea aldatzen bada, temperatura bie dagozkien lerroak gainjarri egiten dira. Temperatura altuago izan arren, erreakzioaren abiadura berdin mantentzen da.

Nola lortuko dugu temperatura baxuago batean erreakzio abiadura mantentzea? Afinitatea emendatuz. Hori da hemen gertatu dena. Hemen ez dugu afinitatea neurtzen baina bai erreakzioaren abiadura. 10^oko diferentziarekin erreakzioa biadurak berdinak badira, k_m -ren modifikazio bat gertatu da, eta honek afinitatearen aldaketa bat adierazten du.

Substratu kontzentrazio altuagoetan T+10 lerroa, eskubirantz desplazatzen da, hau da, makurtu egiten da. Beraz, ikusten dugu km desberdina dela. Afinitatearen beharpenarkin tenperaturaren gorakada konpentsatzen da.

Hau berehala mekanismoa da, entzimek duten aktibitatearengatik emango dena eta sustratu kontzentrazio baxuetan soilik izango da eraginkorra (animalietan normalean kasu hau ematen da).

Bi grafiken arteko ezberdintasuna:

Tenperatura altu batean erreakzioaren abiadura emendatzen da. Afinitatea ez da aldatzen lehen grafikaren kasuan, baina partikulak azkarrago mugitzen dira tenperatura altuetan. Hala ere, km berdina izango da bi temperaturetan.

Bigarren grafikan ordea, afinitatea aldatzen da. Grafikaren hasierako zatiari behatuz, tenperatura biei dagozkien lerroak gainezarri egiten direla ikus daiteke. Tenperatura altuagoa izan arren, abiadura berdintsua izango da, afinitatea murriztuz konpentsatuko baita entzimaren zinetikaren eragina. Nola lortuko dugu tenperatura baxuagoetan abiadura mantentzea? Afinitatea emendatuz. Km-ren aldaketa bat ematen da eta honek afinitatearen aldaketa bat adierazten du.

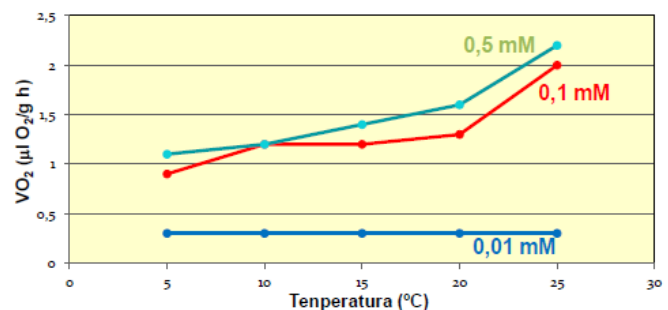
Tenperatura igo denean, bigarren lerroa eskubiralderantz desplazatzen da, makurtuaz. Abiadura erdia, sustrato kontzentrazio altuagoan lortzen du. Km afinitatearen inbertsoa izango da, alderantziz proportzionalak dira. Beraz, Km altua afinitatea txikiaren adierazlea da. Tenperatura igo ahala Km emendatu egiten da, beraz afinitatea murriztu egiten da. Arnas pigmentuekin gertatzen zenaren antzekoa gertatzen da (kurba makurtu). Sustratu gehiago behar du abiadura berdina lortzeko.

Adibidez: Sukzinato deshidrogenasak kresen zikloan, elektroio garraio katean... egiten du lan. Garrantzia handiko entzima da, enegiaren ekoizpeneka berebiziko garrantzia baitu, tenperatura igotzean afinitatea txikitu egingo da. Beraz, bere aktibitatea erregulatzea garrantzitsua izango da.

15.4. Taula. Sustratu kontzentrazioak entzimen berehalako konpentsazio termikoan eragin nabarmena du. Pirubato kontzentrazio ezberdinetan *Littorina littorea* gastropodoaren mitokondrioetako aktibitate metabolikoa (ml O₂ /g h).

T ^a (°C)	Pirubato kontzentrazioa (mM)		
	0,01	0,1	0,5
5	0,3	0,9	1,1
10	0,3	1,2	1,2
15	0,3	1,2	1,4
20	0,3	1,3	1,6
25	0,3	2,0	2,2

GOGORATU!
Afinitatearen aldaketa eraginkorra da **sustratu kontzentrazio txikietan**.



Zergatik ez da aldatu 0,01ean?

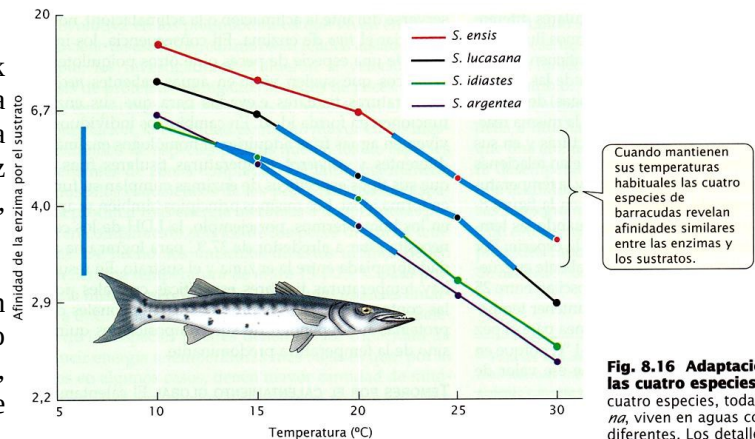
Berehalako konpentsazioa da, afinitatearen aldaketa eta sustrato kontzentrazio txikietan, esan bezala, eraginkorra da. Beraz, afinitatearen aldaketa eman da, tenperaturaren aldaketa konpentsatzeko. Beraz, berehalako konpentsazio perfektua eman da.

Kontzentrazio altuagoetan tasa metabolikoak tenperaturarekiko duen dependentzia areagotu egiten da. Q10 kalkulatzuz, ez dela 2ra iristen jabetuko gara. Beraz, mekanismoak eragina dauka, baina ez da hain eraginkorra. Ezin izango du modu eraginkor batean konpentsatu tenperaturaren eragina.

15.5. Irudia. *Sphyræna* generoko (barrakudak) lau espezieen adaptazio entzimatiakoak. Lerro urdinak arrainen ohiko gorputz-tenperatura adierazten du.

Kasu guztietan, 4 espezieetan (espezie guztiak ektotermoak dira), afinitatea murrizten da tenperatura igo ahala, tenperaturaren eragina konpentsatzeko. Kasu batzuetan 4 aldiz murriztu daiteke afinitatea, ondorioz, aldaketa nahiko nabaria da.

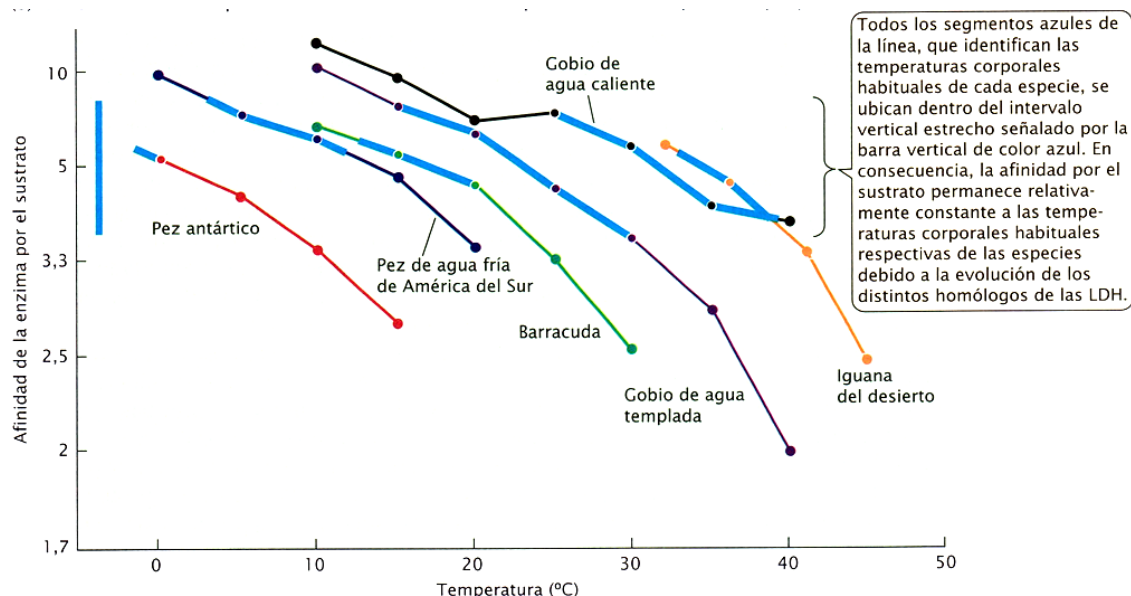
Animalia hauen ohiko baldintzetan aktibitateak ezberdinak izan arren, ohiko baldintzetan daudenean dute afinitate hori, beraz, erreakzioen abiadurak nahiko tarte estuan mantentzen dira.



Urdinez ohiko tenperaturak agertzen dira: espezie ezberdinetan, entzima horien afinitateak antzekoak dira, tenperatura antzekoetan kokatzen direnean, nahiz eta, guztiz berdinak izango ez diren. *S. lucasana* tenperatura baxuagoetan bizi da, esaterako.

15.6. Irudia. Sei poikilotermo espezierentzat, bost arrain eta iguana bat, laktato deshidrogenasa entzimaren aktibitateak tenperaturarekin duen erlazioa. Lerro urdinak animalien ohiko gorputz-tenperatura adierazten du.

Tenperatura igo ahala afinitatea murriztu egiten da, baina ohiko tenperaturetan oso tarte estuan mantentzen dira. Animalia bizi deneko ohiko tenperaturetan, beraien entzima horien aktibitateak nahiko balio berdintsua du. Afinitatearen aldaketa beraz, denbora laburrean animaliek erakusten duen mekanismoa da.



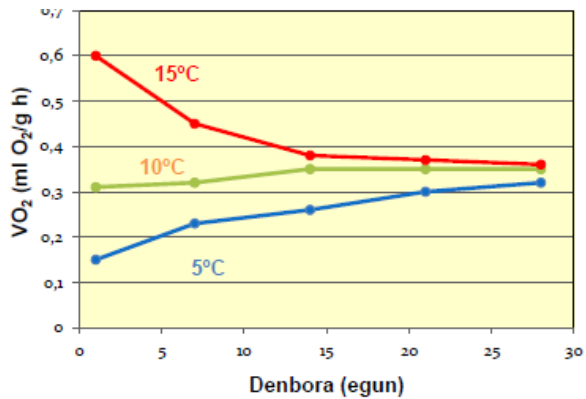
Pez antartico: 0°C inguruko tenperaturan bizi da. Tenperatura horretan, laktato deshidrogenasaren aktibitatea (afinitatea) 5 ingurukoa da.

Iguana del desierto: 30-40°Ctan bizi da. Desertuan bizi den iguanaren laktato deshidrogenasaren afinitatea 5 inguru da.

Laktato deshidrogenasa ezberdinak, afinitatea tarte estu batzuetan mantentzen da bizi diren ingurunearen arabera (ahalin eta konstanteen izateko).

15.5. Taula. *Mytilus edulis*. Epe luzeko konpentsazioa

Aklimatazio-denbora (egun)	Arnas-kontsumoa (ml O ₂ /g h)		
	5°C	10°C	15°C
1	0.15	0.31	0.60
7	0.23	0.32	0.45
14	0.26	0.35	0.38
21	0.30	0.35	0.37
28	0.32	0.35	0.36



Denbora (egun)	Q ₁₀ (5-10)	Q ₁₀ (10-15)	Q ₁₀ (5-15)
1	4,27	3,75	4
7	1,94	1,98	1,96
14	1,81	1,18	1,46
21	1,36	1,12	1,23
28	1,20	1,06	1,125

Goiko taula:

Lehen aklimatazio eguna: Epe laburrean ea mekanismoren bat martxan jarri den edo ez ikusi nahi dugu. Horretarako, Q₁₀ kalkulatu genuke. Noiz esango dugu konpentsazioa dagoela edo ez?

Q₁₀-en balioak:

- 4.27
- 3.75
- 4 (orokorra)

Nola erlazionatzen dira konpentsazio mota eta Q₁₀en balioak?

- Konpentsazio perfektua; Q₁₀=1
- Konpentsazio partzala; Q₁₀= 1-2
- Konpentsaziorik ez; Q₁₀>2

Q₁₀-en balioa 2 edo altuagoa bada ez dago aldaketarik, ez da konpentsaziorik emango, beraz, ez da afinitatearen aldaketarik emango.

Beraz, 10 °C-ko tarte batean, tasa metabolikoa bikoiztu egiten dela esan nahi du. Ikus dezakegu, 5°C-ko tarteetan, bikoiztu egiten dela balioa, beraz, $Q_{10} = 4$ izango litzateke. Epe laburrera beraz, animaliaren erantzuna honakoa da: Ez du inolako konpentsaziorik erakutsi.

5°C: Modu esangarrian igo da arnas kontsumoa.

10°C: 10°C-tan zeudenak, pixka bat igo dute beren arnas kontsumoa, baina nahiko konstante mantendu da denboran zehar.

15°C: Arnas kontsumoa, modu esangarrian jaitsi denporarekin. 28. egunen buruan, 15 °Ctan konpentsazio perfektua erakutsi du. Q_{10} kalkula ditzakegu denpora tarte bakoitzean (beheko taula).

Grafika eta beheko taula:

Epe luzera, nahiko konpentsadore ona da, ia konpentsadore perfektua da, 10°C-15°Cko tartean, Q_{10} -en balioa, 1.06 baita. Bestalde, 1.2 balioak (Q_{10} (5-10) eta 28.egunean) t5°C-10°C-ko tartean, konpentsadore partizala dela adierazten digu. Ia hilabate bat behar du mekanismo eraginkorrek garatzeko. Beraz, aklimatazio mekanismoak gradualki gertatzen direla ondoriozta genezake. Bestalde, aklimatazko behar duen denbora tarte luze hau ulertzeko, kontuan hartu behar da, orokorreak naturan ez direla aldaketak hain bortizki gertatzen (Adibidez: itsasoko uraren tenperatura aldaketak).

15.7. Irudia. Bi tenperatura ezberdinetara (16° C eta 33° C) aklimatatutako *Sceloporus occidentalis* basamortuko iguanen tasa metabolikoaren aldaketa esposizio tenperaturaren arabera

Tasa metabolikoan eman dako aldaketak ikusteko, Q_{10} begiratu behar dugu. Ezin dugu maldagatik ezer esan, Q_{10} kasu horretan, 4 baino handiagoa da, beraz ez da konpentsaziorik eman.

$$Q_{10} = \left(\frac{TM_1}{TM_2} \right)^{\left(\frac{10}{T_1 - T_2} \right)}$$


$$Q_{10} (33-28) = \left(\frac{7}{4} \right)^{\left(\frac{10}{33-28} \right)} = 3,06$$

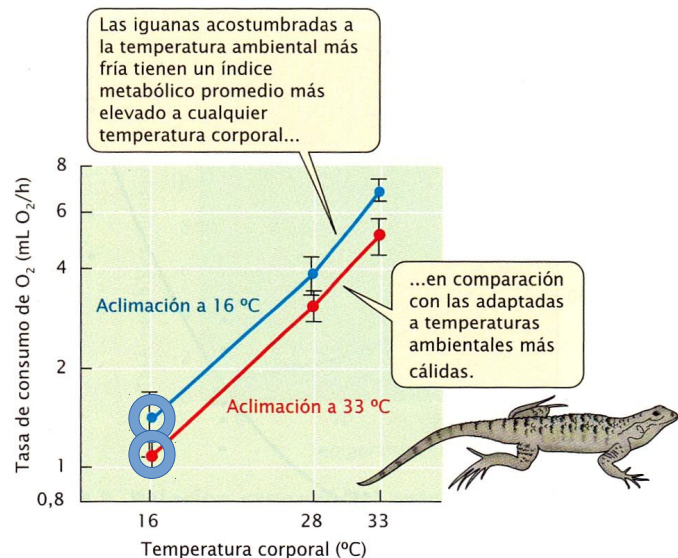
$$Q_{10} (16-28) = \left(\frac{4}{1,5} \right)^{\left(\frac{10}{28-16} \right)} = 2,26$$

Epe laburrera ez da aldaketarik egon, tenperatura igo ahala tasa metabolikoa ere igotzen baita. Gauza bera egin dezakegu beste tenperaturarekin baina emaitza berdintsuak lortuko genituzke.

Epe luzera:

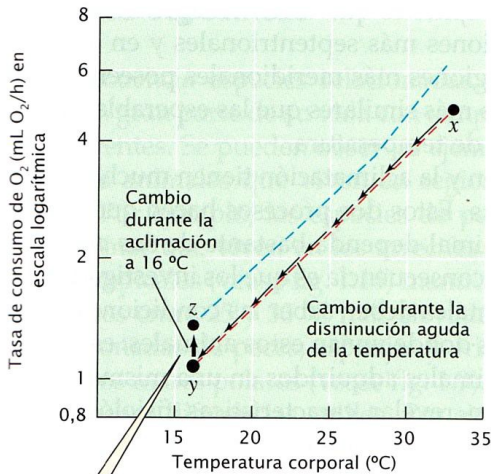
Bi lerro dauzkagu, eta inolako aklimatazioarik gertatuko ez balitz lerro bakarra izango genuke. Aldaketa bat gertatu da epe luzera, aklimatazioan tasa metabolikoa aldatuko da. 33°Ctan aklimatatutako populazioa 16°Ctan jarritz gero, tasa metabolikoaren balioa oso txikia izango da. Baina horiek 16°Ctara aklimatatuz gero, tasa metabolikoa igoko litzakete. Beraz, aldaketa horrek adierazten digu epe luzera aldaketa bat egon dela.

Epe luzera aklimataziorik dagoen jakiteko borobilduta  dauden bi balioak behatu behar dira.



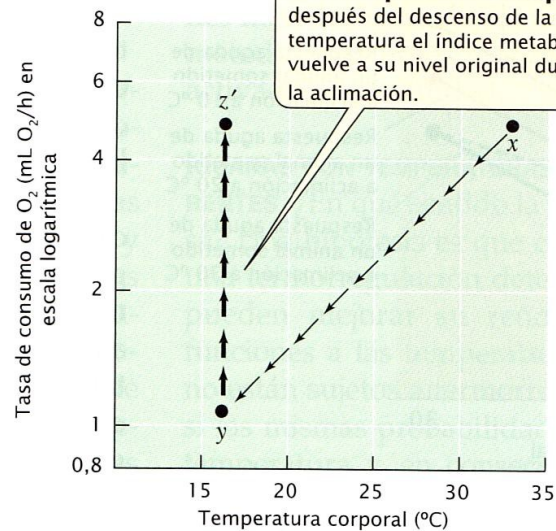
15.8. Irudia. Tenperaturaren aldaketen aurrean emandako erantzuna: **a)** konpentsazio partziala eta **b)** konpentsazio osoa.

(a) Respuesta de aclimación verdadera, que muestra compensación parcial



En la **compensación parcial**, después de la disminución de la temperatura corporal el índice metabólico asciende durante la aclimación pero no vuelve a su nivel original.

(b) Respuesta de aclimación teórica, que muestra compensación completa



En la **compensación completa**, después del descenso de la temperatura el índice metabólico vuelve a su nivel original durante la aclimación.

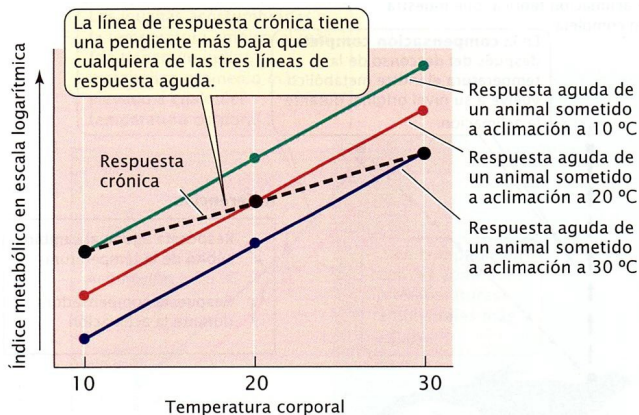
BEREHALAKO ERANTZUNA

EPE LUZEKO ERANTZUNA (AKLIMATAZIOA)

Lehen grafikoa, aldaketa epe luzera gertatu da. Hau beraz, konpentsazio partziala izango da. X eta Zren arteko alderaketa egin behar da. Berehalako erantzunean, balioak X etik Y-ra desplazatzen dira. Epe luzeko jokabidea behatuz gero, Y-tik Z-rako bidea beha daiteke, aklimatazio bat adierazten duena, baina X-en balioa hartzen ez duenez, aklimatazio hori ez da perfektua izango, partziala baizik.

Bigarren grafikoa berriz, konpentsazio perfektua eman da epe luzera. Denborarekin tasa metaboliko horrek hasierako balioa berreskuratuko du.

15.9. Irudia. Aklimatazioaren eraginez epe luzeko erantzunaren malda epe laburreko erantzunena baino txikiagoa da



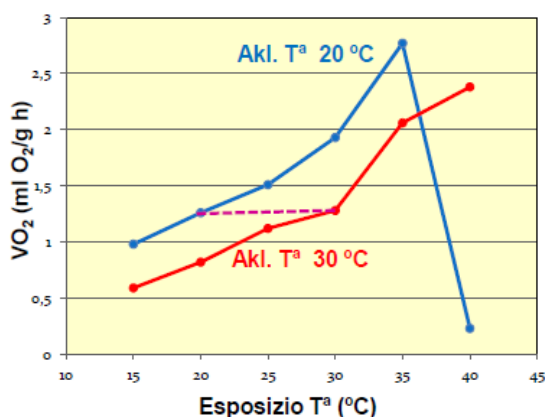
Animalia talde bat tenperatura ezberdinetara moldatu da. Behin aklimamatuta daudela, berriro ere tenperatura ezberdinetan jarri ditugu.

Epe laburrean: aklimatazio ezberdina jasandako taldeek zer erantzun duten behatu behar da. Horretarako, Q10ak kalkulatu behar dira. Behin hau kalkulaturik, epe laburrera zer gertatuko litzateke jakingp genuke.

Epe luzera: lerroak ez dira gainjartzen, beraz badaude konpentsazio mekanismoak, baina konpentsazio hori ez da perfektua.

15.6. Taula. Epe luzeko konpentsazio perfektua adierazten duten tasa metabolikoaren datuak.

Arnasketa (ml O ₂ /g h)	Aklimatazio-T ^a	
Exposizio-T ^a	20°C	30°C
15°C	0.98	0.59
20°C	1.26	0.82
25°C	1.51	1.12
30°C	1.93	1.28
35°C	2.77	2.06
40°C	0.23	2.38



$$Q_{10} (20-30) AT20 = 1,53$$

$$Q_{10} (20-30) AT30 = 1,56$$

Epe laburreko konpentsazioa adierazten digute balio hauek. Konpentsadore partziala eman da epe laburrera. Afinitate aldaketa gertatuko da entzimetan.

$$Q_{10} (20-30) akl = 1,01$$

Q₁₀ honek epe luzeko konpentsazioa adierazten digu. Konpentsazio perfektua gertatzen da. Hasierako balioa berreskuratu du hain zuzen. Aklimatazio hau, grafikanere ikus daiteke..

Epe laburrera, Q₁₀ kalkulatu behar da, berehalako konpentsaziorik dagoen behatzeko. 25-30°C tartetik behera, malda txikiagoa da beraz, bi tarte bereiz daitezke.

Epe luzera, konpentsazio perfektua burutu du, baina horren zati bat epe laburrera lortutakoa da. Epe luzera konpentsaziorik dagoen edo ez jakiteko Q₁₀ (20-30) kalkulatu behar da.

40°C-tan 20°C-tan aklimataturik daudenak hil egingo dira ez ordea, 30°C-tan aklimataturik daudenak. Aklimatazio tenperaturen arabera, tolerantzia tarteak aldatu egiten dira.

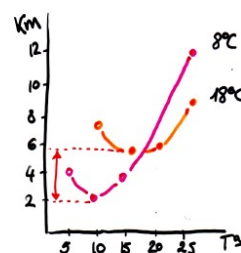
15.10. Irudia. *Littorina littorea* gasteropodoaren tenperaturaren arabeko malato deshidrogenasa (MDH) entzimaren afinitatea.

Km minimoak, afinitate maximoa adierazten du:

- 8°C-tan aklimatatutakoan, 8°C-tan adierazten du entzimaren afinitate maximoa gutxi gorabehera. (Grafikoa)
- 18°C-tan aklimatatutakoan berriz, 15-20°C bitartean adierazten du afinitate maximoa entzima honek.

T.E	Km (mM x 10 ²)	
	T.A	
5°C		
8°C		
10	4	-
15	2.3	7.6
18	3.8	5.1
20	-	5.3
25	12.5	8.3

Entzima hauek, afinitate maximoa, aklimatatuta dauden tenperaturaren erakusten dute. Baina, bi Km horiek konparatzen baditugu, ikus daiteke, 8°C-tan aklimatatutako animalia 8°C-tan dagoen ingurunean dagoenean, 2 ingurukoa dela entzimak duen afinitatea. Eta 18°C-tan aklimatatutakoa, 18°C-tan dagoenean berriz, 8 ingurukoa. Km altuagoak, afinitate baxugoa adierazten du. Beraz, entzimaren abiadura desberdina izango da 8°C-tan eta 18°C-tan. 18°C-takoak afinitate txikiagoa erakutsiko du, eta 8°C-takoak berriz, handiagoa.



Bi entzima ezberdin dira, bi lerro agertzen baitira. Entzima bera balira, lerroak gainjarri egingo lirateke. Ondorioz, erreakzio bera katalizatzen duten bi entzima ezberdin direla ondorioztatu daiteke, hots, isoentzimak direla.

15.7. Taula. *Carassius auratus* karpan maila molekularrean gertaturiko konpentsazio termikoa.

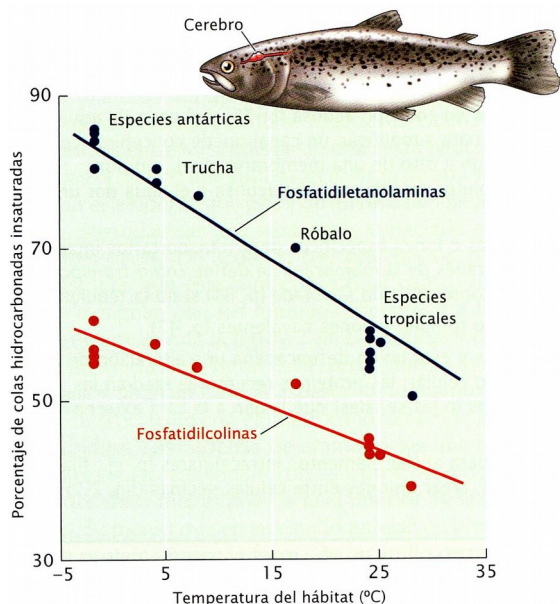
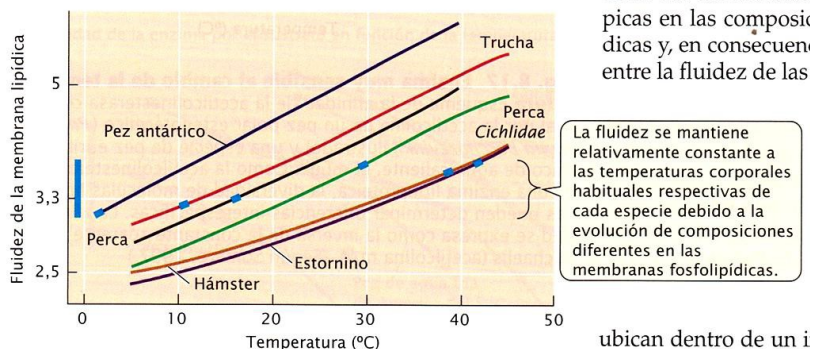
T ^a	Gantz azidoak (lipido totalen %)		
	aseak	Asegabetasun bakarrekoak	Asegabetasun anizkoitzekoak
5°C	21	14	49
25°C	23	15	44

Adaptazio homeobiskosoa emango da, gantz azido ase eta asegabeen proportzioan aldaketak, hain zuzen ere. Asegabeetan tolesdurak agertzen dira, eta beraz, ondoko kateen arteko lotura ahulagoa da. Asegabeen kopurua emendatzean, mintza jarriakorragoa izango da.

Taulan, temperatura desberdinetan aklimatatuko animaliak beha daitezke. Temperatura baxuan, zurrundu egiten da mintza. Hau konpentsatzeko, jariakorragoa bilakatu behar da eta horretarako, asetuen kopurua jaitsi behar da eta asegabeen kopurua igo. Asegabeetan loturak ahulagoak dira eta honengatik izango da mintza jariakorragoa.

Temperatura igotzean berriz, konpentsazio modura, asetuen proportzioa emendatuko da. Horrela, mintzaren jariakortasuna manten daiteke, bertan agertzen diren entzimen aktibitatea konstante mantenduz.

15.11. Irudia. Temperaturaren araberako mintzaren jariakortasuna.



15.12. Irudia. Arrain teleosteen garuneko fosfolipidoen asegabetasun maila ingurunekeko temperaturarekin batera aldatzen da.

Garuneko mintzen fosfatidiletanolaminak eta fosfatidikolinak, gantz asegabeak dira.