

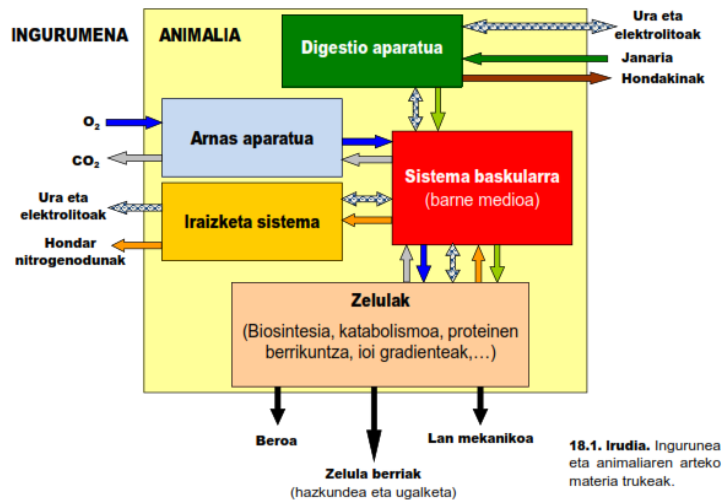
# 18. Gaia: ENERGIA BALANTZEA

Animalia etengabeko elkartrukean dago kanpo ingurunearekin. Bertatik jasoko du bizi funtzio guztiak bete ahal izateko beharrezko energia.

Janaria digestio aparatua pasako da, bertan prozesatzeko eta xurgatutako mantenugaiak barne mediora igaroko dira, zelulen beharrak eta funtzio ezberdinak asetzeko. Digestio aparatuan prozesatu ezin izan duena zuzenean hondakinetan kanporatzen da.

Barne medioa etengabeko kontaktuan dago zelulekin beste aparatuekin, hauen arteko konexioa sortuz. Arnas aparatuen bitartez, ingurunetik zelulen arnasketarako beharrezkoa

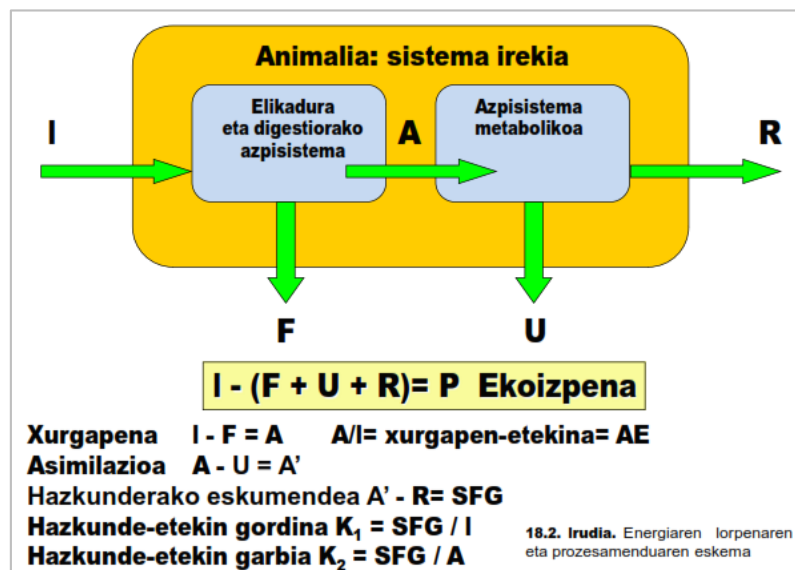
den oxigenoa lortzen du animaliak eta zeluletara garraiatzean, gasen elkartrukea ematen da hondakina den karbono dioxidoa kanporatu ahal izateko.



18.1. Irudia. Ingurunea eta animalien arteko materia trukeak.

Sistema baskularra irazketa aparatuekin ere kontaktuan dago, zeluletan sortzen diren hondar nitrogenodunak kanporatu ahal izateko. Barne medioaren eta irazketa sistemaren artean ur eta elektrolitoen trukeak ematen dira, animaliak daukan iragazkortasun mailaren eta kanpo medioarekiko zein ur ekonomiarekiko aurkezten duen izaeraren arabera (hiper edo hiposmotikoa bada).

Prozesu guzti hauei esker, animaliak energia lortzen du. Animaliak lortutako energia ugalketarako, beroaren sorrerarako, hazkuntzarako, lan mekanikoetarako eta batez ere, organismoaren behar minimoak asetzeko erabiliko du.



Goiko irudiak animaliaien eskema adierazten du.

Kanpo ingurunetik ingeritutako (I) osagai organikoak digestio sistemara bideratzen dira bertan prozesatuak izateko, eta prozesamendu hau animaliaien eta dauzkan mekanismoen arabera izango da. Liseritu ezin ditzakeen osagaiak gorotz gisa (F) kanporatzen ditu, energia galera pairatuz. Erabilgarria den gainerakoa xurgatu edo asimilatu (A) egiten du, eta zeluletara bideratu egiten da hauen behar ugariak asetzeko. Zelulek ere, mantenugai horien zati bat soilik erabiliko du eta hondakinak (U) sortuko ditu, nitrogenodunak besteak beste, iraitz aparatuen bitartez kanporatzen direnak eta energia galera suposatzen dutenak. Zelulak erabili dituen mantenugaiak metabolismorako (R) erabiltzen ditu.

Beraz, modu honetara labur genezake energia balantzea:

$$I - (U+A+R) = P \text{ (ekoizpena)}.$$

- Ekoizpena negatiboa baldin bada, animaliak barneratutakoa baino energia gehiago gastatu du barneratutako hori prozesatu eta asimilatzen, eta beraz, energia galdu duela esan dezakegu.
- Ekoizpena = 0 baldin bada, animaliak barneraturiko energia guztia erabili du prozesamenduan, baina ez du energiarik galdu (ezta irabazi). Energia hori bizirauteko eta mantentzeko erabiliko du, baina ez du energiarik izango beste hainbat funtzio betetzeko, ugalketa burutzeko, esaterako.
- Ekoizpena positiboa baldin bada, barneraturikoa prozesatu ondoren oraindik geratzen zaio energia soberan, eta beraz, ekoizpena positiboa da.

Ekoizpen positiboan energia soberan izateak ez du esan nahi animaliak bizirauteko eta hazkuntza emateko etengabea egon behar dela ekoizpen positiboko egoera batean. Urtaroaren arabera, ekoizpen nulua edo negatiboa bideragarriak dira baina soilik epe laburrean, eta urte osoko ekoizpen totalak positiboa izan behar du.

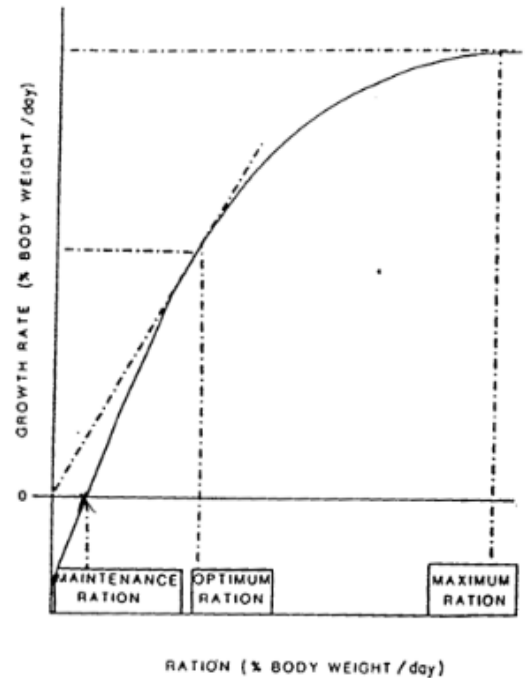
Irudiko formulak aplikatuz, etekin ezberdinak kalkulatu daitezke. SFG (Scope for Growth) delakoak, hazkuntzarako eskumendeak, animaliak **hazkuntzarako bideratu dezakeen energia** kantitatea adierazten digu.

$$SFG = A' - R$$

Hazkuntzaren mugatzaile nagusia janeurria da, eta honako grafikoan agertzen zaigu hazkuntza tasaren eta janeurriaren arteko erlazioa, ia zuzena: zenbat eta janeurria handiagoa izan, hazkuntza tasaren emendioa ere handituko da.

Hiru motako janeurriak bereizten dira, animaliak hazkuntzarako bideratzen duen energia kantitatearekin guztiz lotuak daudenak:

- **Mantenurako janeurria.** SFG=0 deneko kasuetan, energia galerak eta irabaziak berdinak direnean, animaliak lortutako energia bizirauteko erabiltzen du, mantenurako, izenak dioen bezala.
- **Janeurri optimoa.** SFGk balio positiboa dauka, eta honek adierazten digu mantenuaz gain, hazkuntzara bideratzeko energia badaukala. Grafikoko maldaren balio maximoa adierazten du janeurri optimoak. Energiaren zati handi bat hazkuntzara bideratuko du eta gainerakoa zelulen mantentura. K1 balioa bere maximoan dagoenean ematen da janeurri optimoa.
- **Janeurri maximoa.** SFGaren balioa positiboa da, eta lor dezakeen balio maximoa. Muga bat da, zeinetan mekanismo metaboliko guztiak saturatuta dauden. Ikuspuntu naturaletik, ahalik eta gehien hazi ahal izateko janeurri maximoa lortzea interesatzen zaie animaliei.



Horrez gain, aurretik aipatu bezala, SFC negatiboa deneko egoera (erreserben gastua eman denean edo baraualdian dagoenean), jasagarria izan daiteke animaliaarentzat, baina epe laburrean, bestela heriotzara hel daiteke.

Hazkunde etekinaren eta janeurriaren (eguneko pisuaren % modura adierazita) arteko erlazioa agertzen zaigu honako irudian. Etekina janeurriarekin batera emendatu egiten da optimo batera heldu arte, eta hortik aurrera, nahiz eta janeurria emendatu, etekina murriztu egiten da.

**ARIKETA.** Kalkulatu SFGa eta janeurri ezberdinak identifikatu.

**Izakia:** *Aulacomya ater* (muskuilua, iragazlea)

**Jakia:** *Dunaliella* mikroalgak ( $10^5$  zelula = 2.67 J)

**Koefiziente oxikalorikoa** 1 ml  $O_2$  = 20 J

**T<sup>a</sup>** = 12 °C

Mantenurako janeurria →  $1 \cdot 10^5$  zelula/L-ko kontzentrazioekin lortzen da. SFG balioaren -0.89 J/h, 2.3 J/h tartean SFG=0 balioa baitago, hain zuzen ere mantenurako janeurrirako behar duena.

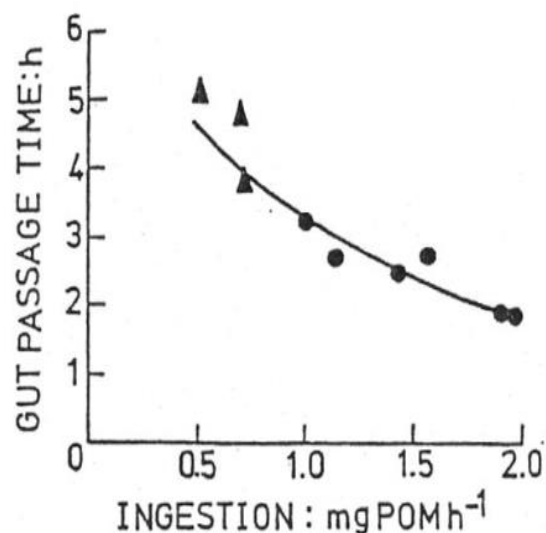
Janeurri optimoa →  $5 \cdot 10^5$  zelula/L-ko kontzentrazioarekin lortzen da, SFG=2.3 J/h eta  $K_1=0.29$  balioak (baliorik altuena) erakusten dituelako.

Janeurri maximoa →  $16 \cdot 10^5$  zelula/L-ko kontzentrazioarekin lortzen da, SFG 7.5 J/h izanik, baliorik altuena, hain zuzen ere.

Kontuan izan koefiziente oxikalorikoa:	Zelula-kontzentrazioa (x10 <sup>6</sup> /L) (K)	0	1	5	10	16	25	32
	Iragazte-tasa (L/h) (F)	0	0.58	0.61	1.26	1.61	1.51	1.62
$VO_2(\mu L/h) \cdot \frac{1 mL}{1000 \mu L} \cdot \frac{20 J}{1 mL}$	Ingestio-tasa (x10 <sup>6</sup> zel/h) (I = K x F)	0	0.58	3.05	12.6	25.8	37.8	51.8
	I (J/h) (x 2.67)	0	1.55	8.14	33.6	68.8	101	138
Gogoratu:	A (J/h)	0	1.09	4.9	9.8	12.4	9.10	0.55
	a % (a=A/I x100)	0	70	60	29	18	9	0.4
$K_1 (hazk. etek. gor.) = \frac{SFG}{I}$	VO <sub>2</sub> (μL/h)	73	94	130	141	267	319	194
	R (J/h) (R = VO <sub>2</sub> x 20/1000)	1.46	1.98	2.6	2.82	4.9	6.38	3.88
	SFG (J/h) (SFG= A - R)	-1.46	-0.89	2.3	6.98	7.5	2.72	-3.3
	K1			0.29	0.21	0.11	0.03	

**Zergatik aldatzen da asimilazio efizientzia (AE= %)?** Bibalbioak etengabe filtratzen (jaten) ari diren animaliak dira. Beraz, beraien digestioa inguruneko elikagai kopuruak eta eskuragarritasunak baldintzatuko du. Zenbat eta elikagai gehiago, orduan eta gehiago filtratuko du, baina orduan eta azkarrago kanporatu ere. Izan ere, bibalbioetan, ingeritzen den janariak jada gorputzean dagoen janaria presionatuko du kanporatzeko, eta asimilazioa murrizten da.

Irudian, ingestio-tasaren arabera digestio sisteman zeharreko iragapen denbora (GPT) azaltzen da. **Zenbat eta gehiago ingeritu, GPTa jaitsi** egiten da, denbora gutxiago irauten du janariak digestio hodian, eta denbora gutxiago dago jandakoaren liseriketa eta digestioa burutzeko. Era berean, asimilazio etekinarekin gauza bera behatu daiteke. Zenbat eta denbora gutxiago igaro digestio hodian, orduan eta jandakoa asimilatzeke kapazitate txikiagoa izango du animaliak. **Ingestioa handitzeak xugapen etekina murriztu** egiten du gehienetan. Janeurri handietan kolapsatu egiten dira elikagaiak eta xurgapena asko murrizten da.



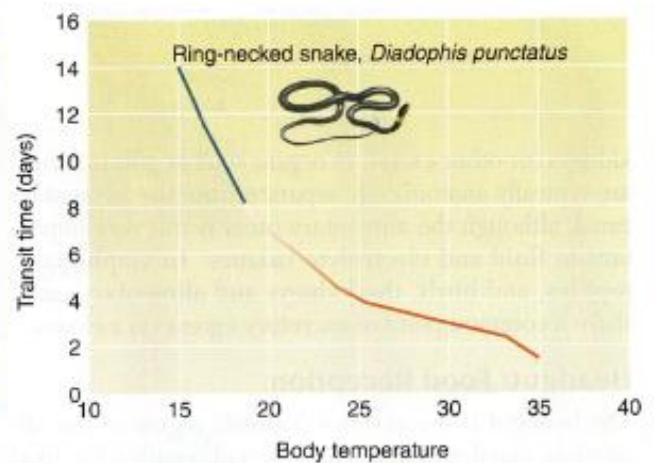
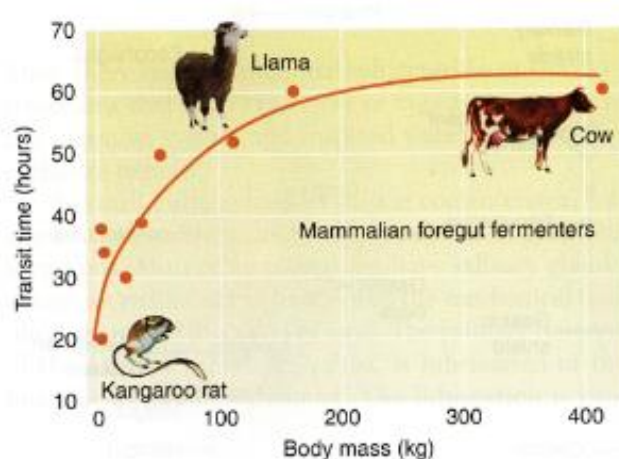
GPTa mugatzen duten bi faktore nagusi daude: liseri aparatuen kapazitatea (C) eta ingestio tasa (I).  **$GPT = \frac{C}{I}$**  Nola erregulatuta daiteke GPTa?

- Liseri aparatuen kapazitatea edo ingestio tasa aldatuz.
- Konpartimentalizazioa liseri aparatuan. Gure kasua behatuz, mekateka toki bat daukagula ikusten da, urdaila, eta liseriketa gunee espezializatuak, heste meharra. Metaketa toitik liseriketa gunerako pasabidea erregulatua dago bai hormonalki

zein esfinter baten bidez (piloroa), zabaldu egiten den urdailetik janari proportzio konkretu bat hestera igarotzeko.

- Indukzio entzimatikoa, digestio-beharren arabera entzimen gainadierazpena.

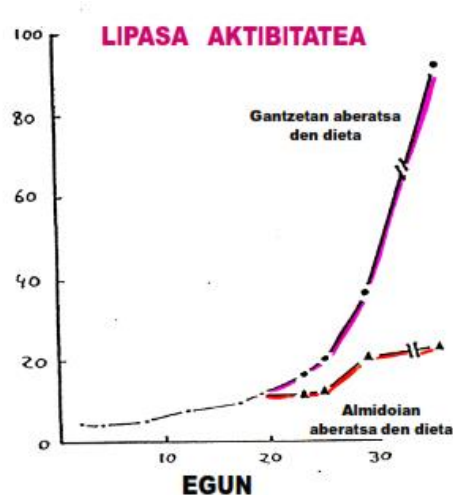
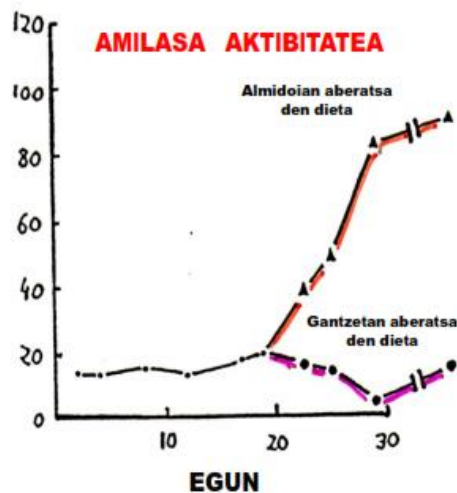
Hala ere, faktore hauek ez dira GPTan eragin dezaketen bakarrak. Animalia masaren eta GPTaren arteko erlazio bat behatu da, non **animalia zenbat eta txikiagoa izan, orduan eta denbora gutxiago igarotzen du janariak liseri aparatuan**. Hau tasa metabolikoarekin lotuta dago, eta baita ere animaliaren energia eskariarekin, animalia txikietan **tasa metabolikoa handiagoa** izanik, **energia eskaria ere handiagoa** baita. Horrez gain, ektotermoak diren animalietan tenperaturaren eragina jasotzen du GPTak. Zenbat eta tenperatura altuagoak, orduan eta GPT balio txikiagoa; tenperatura emendatzean liseriketa zein xurgapenean parte hartzen duten aktibitatea emendatzen denez, liseriketa prozesua azkartzen da.



## INDUKZIO ENTZIMATIKOA AZTERTUZ

Indukzio entzimatikoa, animaliak daukan dietaren arabera, dieta horren osagaiak lortzeko beharrezkoak dituen entzimen aktibitatea igotzean datza.

Honako bi grafikoetan, bi populazioetan burutu zen esperimentu baten emaitzak agertzen dira, indukzio entzimatiakoaren inguruan.



Denbora tarte jakin batez, bi populaziori dieta ezberdina eman zaie: **almidoian aberatsa** den dieta eta **lipidotan aberatsa** dena. Bietan, amilasa eta lipasa entzimak behatu dira. 20. Eguketik aurrera, bi populazioetan desberdintasun nabariak ikusi dira entzimen aktibitatean. **Almidoian aberatsa** den dietako populazioan, **amilasaren aktibitateak** gora egiten du eta beste populazioan, lipasa entzimak.

Beste taula honetan, giza populazio ezberdinetako amilasa aktibitatea ageri da, beren dietaren arabera. Tswana (nekazariak) populazioaren dietan sorgoa eta artoa jatea oso ohikoa da, almidoia aberatsak direnak. Boskimanoak (ehiztariak) ordea, haragijaleak direnez, almidoian txiroagoa den dieta bat hartzen dute. Europarrek ordea, mistoa. Emaitzetan argi eta garbi ikusten da amilasaren aktibitateak altuena Tswana populazioan ematen dela.

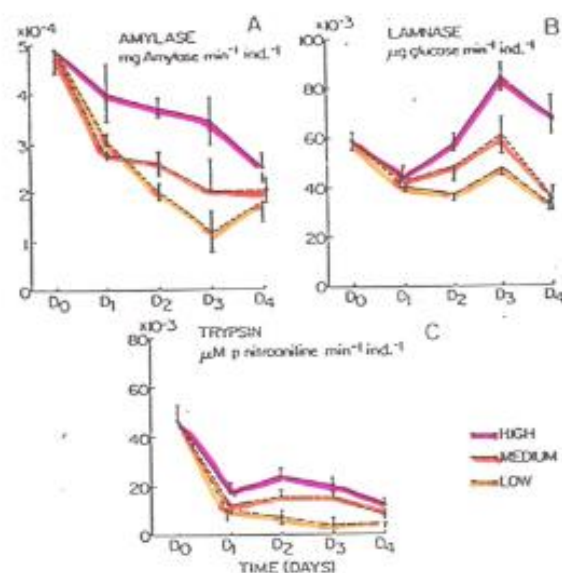
	Mean activity of salivary amylase in units cm <sup>-3</sup>	
Tswana	248	Sorgo eta artoa (almidoian aberatsa)
Europeans	101	Mistoa
Bushmen	22	Orein, txori, suge eta muskerrak (almidoian pobrea)

### OHIKO DIETA

Ondorengo grafikoetan, *Acartia clausi* kopepodoarekin eginiko esperimentuen emaitzak ageri dira. Amilasa (A), laminarinasa (B) eta tripsina (C) digestio entzimen epe ertaineko aklimatazioa hiru janeurri ezberdinetan adierazten dute grafikoek.

Kopepodoari laminarina karbohidratoan aberatsak diren algak eman zaizkio jateko 3 janeurri ezberdinetan. Emaitzetatik honakoa ondorioztatu daiteke:

- Batetik, dietan laminarinaren presentzia dela eta, laminasa entzimaren aktibitatea emendatu dela. Indukzio entzimatikoa eman dela, hain zuzen ere.
- Bestetik, kasu guztietan entzimen aktibitatea handiagoa izan dela janeurri handienetan.



1. ARIKETA – *Nereis succinea* poliketoari aklimatazio eta esposizio T<sup>a</sup> ezberdinetan neurtutako parametroak agertzen dira hurrengo taulan. Zeintzuk dira hazkuntzarako baldintza onenak? Arrazoituz erantzuna. (Koefiziente oxikalorikoa 1 ml O<sub>2</sub> = 20J)

Ikus daitekeenez, xurgapen tasak 10 °C-tan aklimataturiko alean ez du aldaketarik jaaten. Aldiz, 15°C-tan aklimataturiko alea izugarritzko xurgapen tasaren emendioa aurkezten du, forma ganbilean, eta 20°C-tan aklimataturiko aleak esposizio tenperatura handitu ahala xurgapen tasa handiagoa aurkezten du.

Aklimatazio T°	Esposizio T°		
	10	15	20
	VO <sub>2</sub> (μl O <sub>2</sub> /h)		
10	62,2	96,5	119,1
15	47,5	61,7	89,4
20	20,0	42,2	71,7
	Ingestio-tasa (J/h)		
10	2,81	4,34	5,02
15	1,67	4,03	6,42
20	1,38	3,32	6,04
	Xurgapen-efektina (%)		
10	55	40	36
15	84	70	35
20	76	51	40
	R (J/h)		
10	1,25	1,91	2,38
15	0,95	1,23	1,78
20	0,40	0,84	1,43
	Xurgapen-tasa (J/h)		
10	1,54	1,73	1,80
15	1,40	2,82	2,24
20	1,04	1,69	2,41
	SFG (J/h)		
10	0,29	-0,18	-0,58
15	0,45	1,59	0,46
20	0,64	0,85	0,98

Kontuan izan koefiziente oxikalorikoa:

$$R \left( \frac{J}{h} \right) = VO_2 (\mu L/h) \cdot \frac{1 \text{ mL}}{1000 \mu L} \cdot \frac{20 \text{ J}}{1 \text{ mL}}$$

Kontuan izan koefiziente oxikalorikoa:

$$Xurg. tasa \left( \frac{J}{h} \right) = \frac{Xurg. etekina \cdot Ingest. tasa}{100}$$

Kontuan izan koefiziente oxikalorikoa:

$$SFG \left( \frac{J}{h} \right) = Xurgap. tasa - R$$

10  
15  
20

R (J/h)

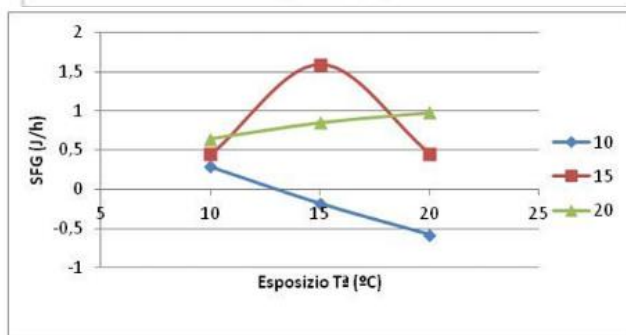
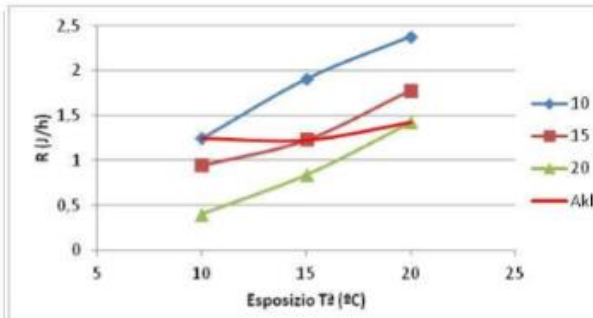
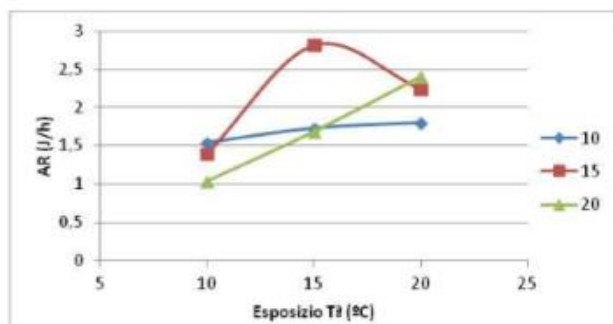
1,25 1,91 2,38  
0,95 1,23 1,78  
0,40 0,84 1,43

Epe luzerako konpentsazioa baduela ikusten da, aldiz.

Berehalako konpentsaziorik ez dago; 2 balioaren inguruan mantentzen da.

Q<sub>10</sub> = 1.9  
Q<sub>10</sub> = 1.9  
Q<sub>10</sub> = 3.6





**18.11. Irudia.** *Nereis succinea* poliketoaren xurgapen-tasa (AR), gastu metabolikoa (R) eta hazkuntzarako energia eskumendea (SFG).

Tasa metabolikoari dagokionez, hiru egoeretan joera antzekoa dutela ikusten da eta epe luzerako konpentsazioa ere badagoela ikus daiteke.

Azkenik, hazkunderako eskumendeari dagokionez (SFG), 10°C-tan aklimaturikoak erlazio alderantzizko proportzionala adierazten du, hau da, esposizio tenperatura igo ahala, SFG balio txikiagoak lortzen direla. 20°C-tan aklimaturikoak ordea, kontrakoa, erlazio zuzenki proportzionala aurkezten du. 15°C-tan aklimaturikoak, hasieran erlazio zuzenki proportzionala adierazten du baina gero beheranzko joera. Inflexio puntu horretatik beheranzko joera seguraski xurgapen etekinaren jaitsieraren ondorioz izango da.

- 2. ARIKETA.** Bibalbio haztegi batean eduki energetiko ezberdineko bi dieta probatzen ari dira. Mikroalgak (20 J/mg) eta pentsua (10 J/mg), bi tenperatura ezberdinetan (10 eta 25 °C). Zein da jaki egokiagoa? Azaldu laburki. Zenbat merkeagoa izan beharko luke pentsuak errentagarria izateko?

		E. Tª10 °C	E. Tª 25 °C
Ingestio-tasa (mg/d)	algak	5	17,5
	pentsua	10	35
Ingestio-tasa (J/d)	algak	100	350
	pentsua	100	350
Xurgapen-etekina (%)	algak	80	60
	pentsua	45	10
Xurgapen-tasa (J/d) $A = (a \times I) / 100$	algak	80	210
	pentsua	45	35
Gastu metabolikoa (J/d)	algak	60	210
	pentsua	40	140
SFG (J/d) $SFG = A - R$	algak	20	0
	pentsua	5	-105



Algak dira jakirik onenak. Xurgapen etekina altuena erakusten duten jakia dira eta aldi berean, ingeritzen den pisu gutxieneko jakia. Horrez gain, SFG balio altuenak algekin elikatutako populazioetan ageri dira. Era berean, tenperatura egokiena 10°C-koa da, emaitzarik altuenak lortzen direlako.

Hala ere, algak ekoiztea garestia da. Horregatik, leku askotan pentsua erabiltzen da. Pentsu horrek gutxienez, 8 aldiz merkeagoa izan beharko luke errentagarria izateko.

8 horren jatorria honakoa da: algen SFG balioa pentsuarena baino 4 aldiz handiagoa da eta ingeritzen den janari pisua ikusiz gero, algena 2 aldiz txikiagoa da pentsuarena baino. Ondorioz, pentsuaren pisu erdia daukaten algak janda, 4 aldiz energia gehiago lortzen da hazkuntzarako, hau da, 8 aldiz etekin gehiago dauka algak pentsuak baino.

Matematikoki horrela frogatuko genuke emaitza hau:

**ALGAK:** 5 mg alga  $\rightarrow$  20 J/egun

1 mg alga  $\rightarrow$  **X= 4 J/egun**

**PENTSUA:** 10 mg pentsu  $\rightarrow$  5 J/egun

1 mg pentsu  $\rightarrow$  **X= 0.5 J/egun**