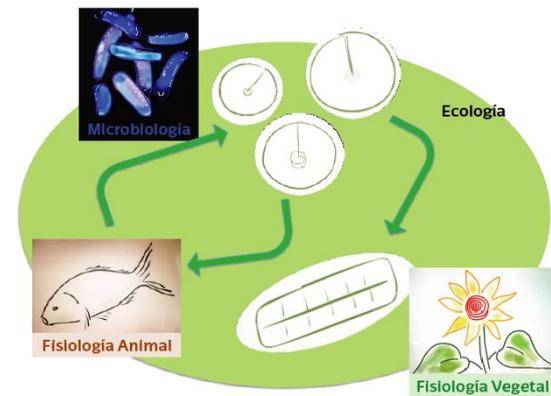


Evaluación del Impacto ambiental (EIA) de la localización de una estación depuradora de aguas residuales

Tema 4. Efecto del vertido en el funcionamiento, crecimiento y capacidad de reproducción en animales acuáticos. Bioensayos con poblaciones nectónicas y bentónicas.

Irrintzi Ibarrola



Tema 4

Efecto del vertido en el funcionamiento, crecimiento y capacidad de reproducción en animales acuáticos. Bioensayos con poblaciones nectónicas y bentónicas.



- 1. Efluentes-EDAR
- 2. Efectos biológicos

- 1.1. Esquema de una depuradora
- 1.2. Composición de los efluentes-EDAR

Parámetros físico-químicos	Características del influente		Características del efluente
	Concentración Media	Carga diaria	Concentración Media
DBO₅	200 mg/l O ₂	9.000 kg/d	15 mg/l
SS	250 mg/l	11.250 kg/d	10 mg/l
N-NTK	40 mg/l	1.800 kg/d	8,5 mg/l

Although a major proportion of the particles are removed during the treatment process, the final effluent contains detectable amounts of suspended solids (SS), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and microorganisms (Wagner et al., 2002; Payment et al., 2000).



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 1.1. Esquema de una depuradora.
- 1.2. Composición de los efluentes-EDAR.

Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 148 (2008) 258–264



Contents lists available at ScienceDirect

Comparative Biochemistry and Physiology, Part C

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cbpc



The effects of a primary-treated municipal effluent on the immune system of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Exposure duration and contribution of suspended particles

N. Hébert^a, F. Gagné^{b,*}, P. Cejka^c, D. Cyr^a, D.J. Marcogliese^b, C. Blaise^b, J. Pellerin^d, M. Fournier^a

^a INRS-Institut Armand-Frappier, 531 des Prairies, Laval, Quebec, Canada H7V 1B7

^b Fluvial Ecosystem Research, Environment Canada, 105 McGill St., Montréal, Quebec, Canada H2Y 2E7

^c Municipal Wastewater Treatment Station, 12001 Maurice-Duplessis, Montréal, Quebec, Canada H1C 1V3

^d ISMER-Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 310 Grande Allée, Rimouski, Québec, Canada

Municipal effluents are made up of a complex organic matrix collectively termed **dissolved** and **suspended organic matter (DOM and SOM, respectively)**. DOM is comprised of many hydrophilic and hydrophobic binding sites (Leenheer and Croué, 2003). Interactions between DOM and xenobiotics involve various modes of binding such as polyvalent cation interactions, hydrogen bonding, charge transfers, ion exchanges, nonpolar interaction, hydrophobic adsorption, etc. (Leenheer and Croué, 2003). There are many contaminants that bind to the fine SPM contained in primary-treated wastewater, including polycyclic musk fragrances, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), surfactants, polychlorinated biphenyls (PCB), sterol (cholesterol), and metal ions (Alberts et al., 1989; Hassett and Anderson, 1979; Paxéus, 1996; Rimkus, 1999). Municipal effluents were found to produce many effects at the endocrine, immunological and neurological levels in fish and mussels (Matozzo et al., 2008; Salo et al., 2007; Tarrant et al., 2008)



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 1.1. Esquema de una depuradora.
- 1.2. Composición de los efluentes-EDAR.

Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 150 (2009) 390–394



Contents lists available at ScienceDirect

Comparative Biochemistry and Physiology, Part C

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cbpc



Immunotoxicological effects of an activated-sludge-treated effluent on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

C. Müller^a, S. Ruby^b, P. Brousseau^a, D. Cyr^a, M. Fournier^a, F. Gagné^{c,*}

^a INRS Institut Armand-Frappier, 531 des Prairies, Laval, Québec, Canada H7V 1B7

^b Concordia University, 1455 de Maisonneuve Blvd. W, Montreal, Québec, Canada H3G 1M8

^c Fluvial Ecosystem Research Division, Aquatic Ecosystem Protection Research Division, Water Science and Technology, Environment Canada, 105 McGill, Montréal, Québec, Canada H2Y 2E7

For example, these effluents contain microorganisms, viruses and chemicals such as polycyclic aromatic hydrocarbons, highly polar organic compounds such as pharmaceutical products, bisphenol A, phthalates, pesticides, and perhaps even compounds derived from nanotechnology. Incoming wastewaters are usually first treated to remove solids and suspended matter by adding various precipitating agents such as ferric chloride or alum.

Fish mortality, reduced growth and infectious diseases were observed in fish collected adjacent to a municipal effluent dispersion plume (Grizzle et al., 1988). Signs of disease were apparent in the incidence of skin and fin erosion, hyperplasia, hypertrophy, necrosis, inflammation and leukocyte infiltration in skin, fins, jaws, gills, livers and kidneys (Burkhard-Holm et al., 1997; Bucher and Hofer, 1993).



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 1.1. Esquema de una depuradora.
- 1.2. Composición de los efluentes-EDAR.

1. ESTRUCTURA QUÍMICA COMPLEJA:

- DIVERSIDAD DE SUBSTANCIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS. (Químicas: metales pesados, PAHs, órgano-clorados, xenobióticos de estructura compleja).
- INTERACCIÓN ENTRE SUBSTANCIAS QUÍMICAS Y DE ESTAS CON OTROS FACTORES DE ESTRES (Físicos: partículas en suspensión; Biologicos: microorganismos).

1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 1.1. Esquema de una depuradora.
- 1.2. Composición de los efluentes-EDAR.

2. VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE AGENTES TÓXICOS.

- FLUJO VARIABLE DE EFLUENTES-EDAR.
- CAUDAL VARIABLE DEL RIO (REGIMEN PRECIPITACIONES).
- GRADIENTE (EFECTO LOCAL Y DISPERSIÓN)
- XENOBIÓTICOS LIGADOS A LA FRACCIÓN DISUELTA Y A LA FRACCIÓN PARTICULADA. (SEDIMENTACIÓN Y RESUSPENSIÓN)

3. EFECTOS BIOLÓGICOS A DISTINTOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA:

Molecular, celular, órgano, integración (inmunológico, neuroendocrino).



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

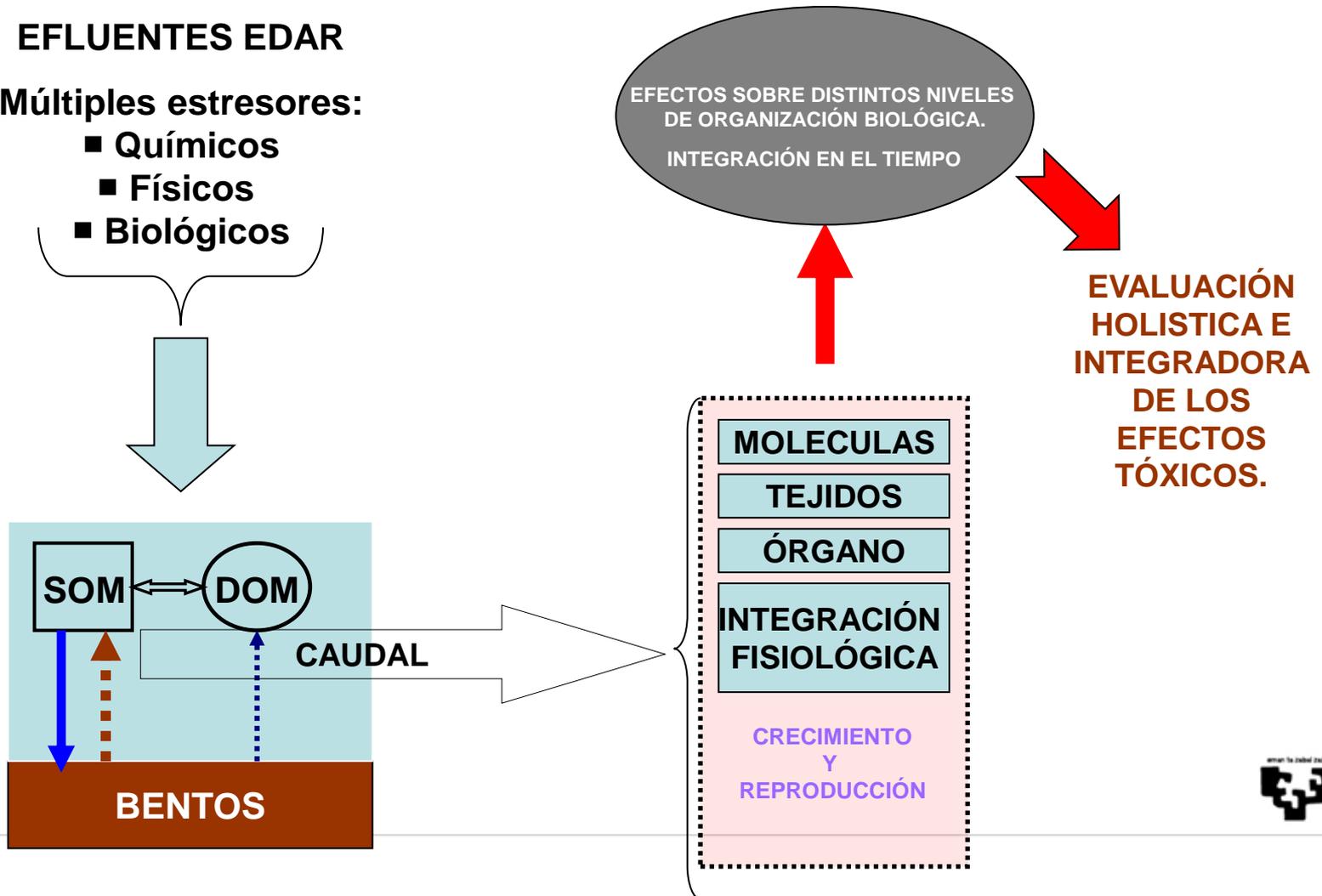
2.1. Introducción

- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

EFLUENTES EDAR

Múltiples estresores:

- Químicos
- Físicos
- Biológicos



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

CRECIMIENTO: ACRECENCIA DE TEJIDO SOMÁTICO O REPRODUCTIVO

1. ES EL RESULTADO DE UN BALANCE DE PROCESOS REGULADOS DE ADQUISICIÓN Y GASTO DE ENERGIA.

2. DEPENDE DE VARIABLES EXÓGENAS Y ENDÓGENAS.

A) EXOGENAS:

- VARIABLES FISICO-QUÍMICAS AMBIENTALES: TEMPERATURA, SALINIDAD, HUMEDAD, DISPONIBILIDAD DE O₂, ETC.
- CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA: CANTIDAD, CALIDAD, DIGESTIBILIDAD, COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA.

B) ENDÓGENAS:

- TAMAÑO Y EDAD DEL INDIVIDUO
- CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS DEL INDIVIDUO.



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

ENERGETICA FISIOLÓGICA

1. **ORGANISMO VIVO:** SISTEMA TERMODINAMICAMENTE ABIERTO INTERCAMBIADOR DE ENERGIA.

2. **ORGANISMO ANIMAL:** QUIMIO-ORGANO-HETEROTROFO.

ENERGIA QUÍMICA CONTENIDA EN LOS ENLACES ATÓMICOS DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS INCORPORADOS COMO ALIMENTOS.

ENTALPIA DE COMBUSTIÓN DE LOS COMPONENTES.

3. **METABOLISMO:** CONJUNTO DE REACCIONES QUÍMICAS EN EL ORGANISMO. TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA.

ENERGIA QUÍMICA→ATP→TRABAJO CELULAR



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

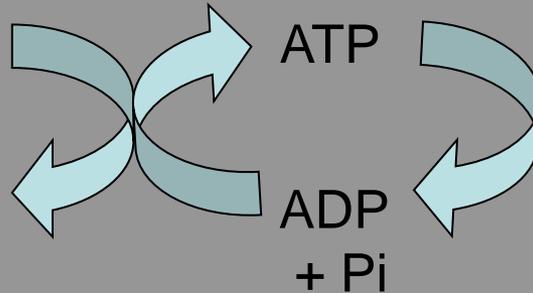
- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

COMPARTIMENTO INTRACELULAR:

TRABAJO CELULARES

COMPUESTOS
ORGÁNICOS

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
+ NH_3

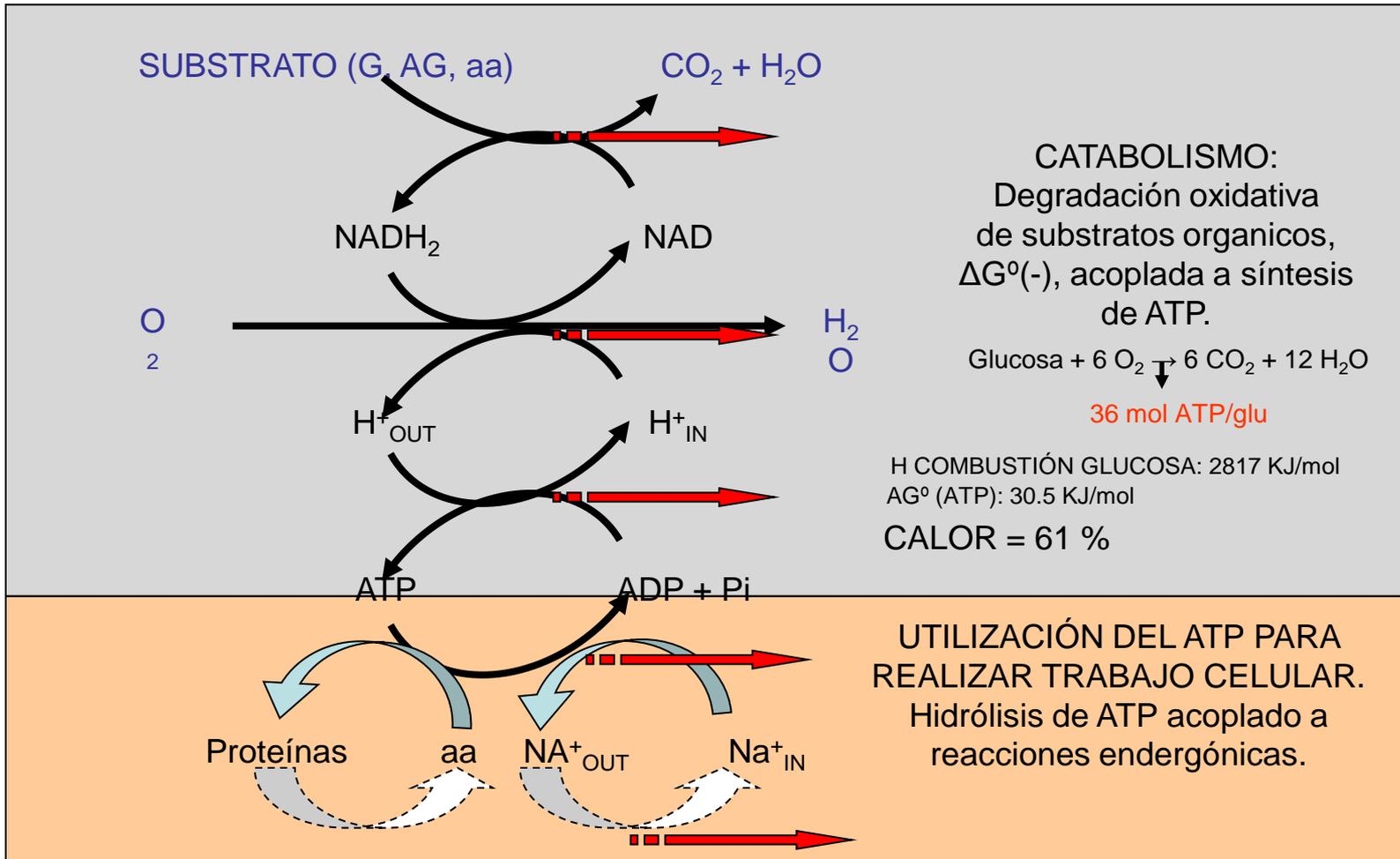


- ANABOLISMO
- MANTENIMIENTO DE GRADIENTES ELECTROQUÍMICOS:
 - POTENCIAL DE MEMBRANA
- TRANSPORTE TRANSMEMBRANA ACTIVO DE SOLUTOS
- CONTRACCIÓN MUSCULAR



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

COMPARTIMENTO INTRACELULAR:

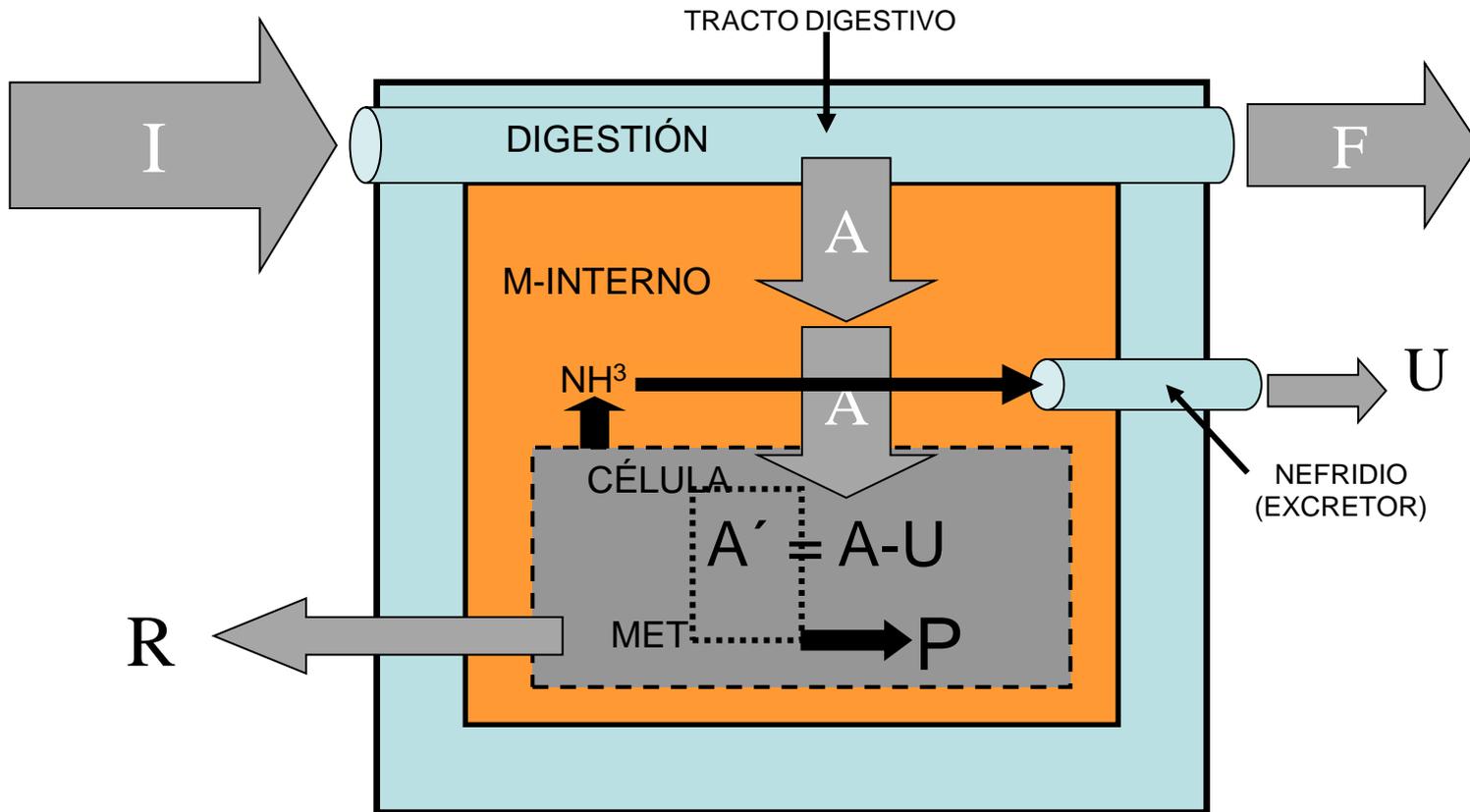
INCORPORACIÓN DE ENERGÍA:
ENTRADA DE COMPUESTOS
ORGÁNICOS (C, L, P)

GASTO DE ENERGÍA (GASTO METABOLICO):
DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGANICOS Y
TRANSFORMACIÓN DE SU ENERGIA QUÍMICA EN
TRABAJO CELULAR Y CALOR.



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.



$$I = F + U + R + P$$

$$\rightarrow P = I - (F + U + R)$$

$$\rightarrow P = A' - R$$



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

PRODUCCIÓN (ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN LOS TEJIDOS)
ES EL RESULTADO DEL BALANCE DE PROCESOS DE ADQUISICIÓN Y
GASTO DE ENERGÍA.

$$P = I - (F + U + R)$$

$$P = A - R$$

P = ENERGÍA **RETENIDA** EN LOS TEJIDOS POR UNIDAD DE TIEMPO

I = ENERGÍA **INGERIDA** POR EL ANIMAL POR UNIDAD DE TIEMPO

F = ENERGÍA **DEFECADA** POR EL ANIMAL POR UNIDAD DE TIEMPO

U = ENERGÍA **EXCRETADA** POR EL ANIMAL POR UNIDAD DE TIEMPO

R = ENERGÍA **ELIMINADA EN FORMA DE CALOR** POR UNIDAD DE TIEMPO

$$SFG = A - R$$

SFG = ENERGÍA POTENCIALMENTE DISPONIBLE PARA EL CRECIMIENTO,
EN LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES BAJO LAS CUALES SE
DETERMINAN LOS PROCESOS DE ADQUISICIÓN Y GASTO DE ENERGÍA.



- 1. Efluentes-EDAR .
- 2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

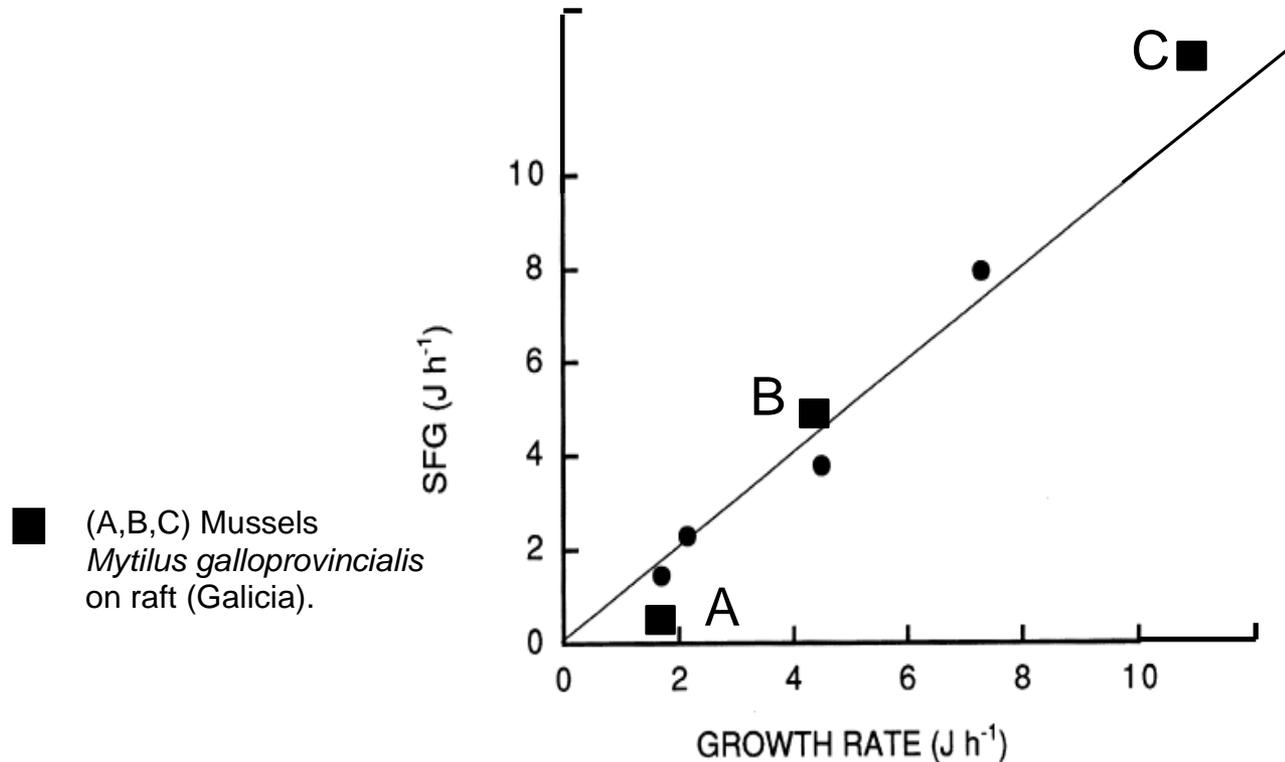


Fig. 4. Estimated scope for growth values of cockles maintained in the laboratory under different feeding conditions plotted against their corresponding measured growth rates. The thin line represents $y = x$ (Ibarrola, 1996).



- 1. Efluentes-EDAR .
- 2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

Marine Biology (1994) 119: 227–233

© Springer-Verlag 1994

R. Beiras · A. Pérez Camacho · M. Albetosa

Comparison of the scope for growth with the growth performance of *Ostrea edulis* seed reared at different food concentrations in an open-flow system

Table 1 *Ostrea edulis*. Energy budget and actual growth in oyster seed reared at different algal concentrations in an open-flow system. (See Figs. 1–3 and Fig. 5 for 95% confidence intervals of physiological rates) (K_1 , K_2 gross and net growth efficiency, respectively)

Concentration (cells μl^{-1})	Ingestion (cal $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	Absorption efficiency (%)	Absorption (cal $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	Respiration (cal $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	Scope for growth			Actual growth			Growth rate d^{-1}
					(cal $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	K_1 (%)	K_2 (%)	(cal $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	K_1 (%)	K_2 (%)	
10 ^a	7.1	95	6.7	5.4	1.3	(18)	(19)	2.5	(35)	(32)	0.89
	7.4		7.1		1.7	(23)	(24)	1.2	(13)	(18)	
30 ^b	28.7	92	26.4	10.2	16.2	(56)	(61)	14.5	(50)	(59)	4.73
	20.3		18.7		8.5	(42)	(45)	9.6	(46)	(48)	
100 ^c	68.4	74	50.6	10.8	39.8	(58)	(79)	36.3	(53)	(77)	10.83
	73.8		54.6		43.8	(59)	(80)	34.0	(46)	(76)	
200 ^d	80.3	61	49.0	10.9	38.1	(47)	(78)	47.3	(59)	(81)	13.64
	92.2		56.2		45.3	(49)	(81)	51.9	(56)	(83)	
300 ^c	83.3	64	53.3	11.1	42.2	(51)	(79)	38.9	(47)	(78)	11.64
	77.3		49.5		38.4	(50)	(78)	38.9	(50)	(78)	

a, b, c, d Actual homogeneous growth groups for $p < 0.05$



1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

Vol. 46: 113-121, 1988

MARINE ECOLOGY - PROGRESS SERIES
Mar. Ecol. Prog. Ser.

Published June 30

Physiological energetics of *Mytilus edulis*: Scope for Growth

J. Widdows¹, D. Johnson²¹ Plymouth Marine Laboratory (West Hoe), Prospect Place, The Hoe, Plymouth PL1 3DH, United Kingdom² Water Research Centre, Environment Laboratory, Henley Road, Medmenham, Marlow, Buckinghamshire SL7 2HD, United Kingdom

Table 1. Concentrations of total aromatic hydrocarbons (THC, measured by fluorescence in diesel oil equivalents, mean \pm SE, $n = 10$) and copper (Cu, nominal values), in the water of mesocosm basins. Tissue concentrations of selected poly-aromatic hydrocarbons (PAH, mean \pm semi-range, $n = 2$) and copper (Cu) in *Mytilus edulis*. Sampling date 4 Aug 86, after 15 wk exposure (3 wk for H mussels); figures in brackets: estimated concentrations at time of physiological measurements (11 Aug 86 for H mussels)

Basin	Concentration in water ($\mu\text{g l}^{-1}$)		Concentration in tissues (mg kg^{-1} dry wt)	
	THC	Cu	PAH	Cu
C	3.0 \pm 0.7	(0.5)	1.1 \pm 0.1	7.3
L	6.4 \pm 0.6	0.8	6.2 \pm 0.2	16.3
M	31.5 \pm 7.2	5.0	22.8 \pm 0.2	26.8
H	124.5 \pm 20.7	20.0	10.7 \pm 1.6 (14)	59.0

Table 4. *Mytilus edulis*. Components of the energy budget and scope for growth ($\text{J g}^{-1} \text{h}^{-1}$) in mussels exposed to 4 concentrations of petroleum hydrocarbons and copper in experimental mesocosm basins and in mussels collected from 4 sites in Langesundfjord (mean \pm SE, $n = 16$). Mesocosm mussels held in seawater from 40 m depth (POM 0.25 mg l^{-1}), field mussels in water from 1 m (POM 0.66 mg l^{-1})

Source	Energy consumed, C	Energy absorbed, A	Energy respired, R	Energy excreted, U	Scope for growth, SFG	Growth efficiency
Basin						
C	19.46 \pm 0.65	7.78 \pm 0.26	4.57 \pm 0.38	0.32 \pm 0.02	2.91 \pm 0.52	0.37
L	18.50 \pm 1.10	7.40 \pm 0.44	4.61 \pm 0.25	0.28 \pm 0.02	2.79 \pm 0.48	0.38
M	16.05 \pm 0.79	6.41 \pm 0.31	5.03 \pm 0.39	0.37 \pm 0.03	1.02 \pm 0.46*	0.16
H	3.62 \pm 0.34	0.00	1.53 \pm 0.40	0.01 \pm 0.03	-1.54 \pm 0.42**	-
Site						
1	63.62 \pm 3.12	20.36 \pm 1.00	11.88 \pm 0.57	0.46 \pm 0.04	7.99 \pm 1.04	0.39
2	56.52 \pm 3.90	18.09 \pm 1.25	12.46 \pm 0.82	0.15 \pm 0.04	5.49 \pm 1.29	0.30
3	32.28 \pm 4.56	10.33 \pm 1.46	11.31 \pm 0.60	0.11 \pm 0.02	-1.10 \pm 1.57*	-0.10
4	38.87 \pm 3.26	12.44 \pm 1.04	13.13 \pm 0.44	0.22 \pm 0.04	-0.90 \pm 1.07*	-0.07

Significant difference in scope for growth of basins (L, M, H) from control (C) and field sites (2, 3, 4) from reference site (1) indicated by * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



- 1. Efluentes-EDAR .
- 2. Efectos biológicos.**

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.**

1. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE PRODUCCIÓN.

- Determinación del incremento en contenido energético de tejidos $t_0 \rightarrow t_t$
 - A) Método directo: calorímetro adiabático.
 - B) Método indirecto: análisis de composición bioquímica de tejidos

CARBOHIDRATOS

GLUCOSA: 180 g/mol 2817 kJ/mol CE = $2817/180 = 15.6$ kJ/g

LÍPIDOS

ACIDO PALMÍTICO: 256 g/mol 10039 kJ/mol CE = $10039/256 = 39.2$ kJ/g

PROTEÍNAS

CE= 23.6 kJ/g



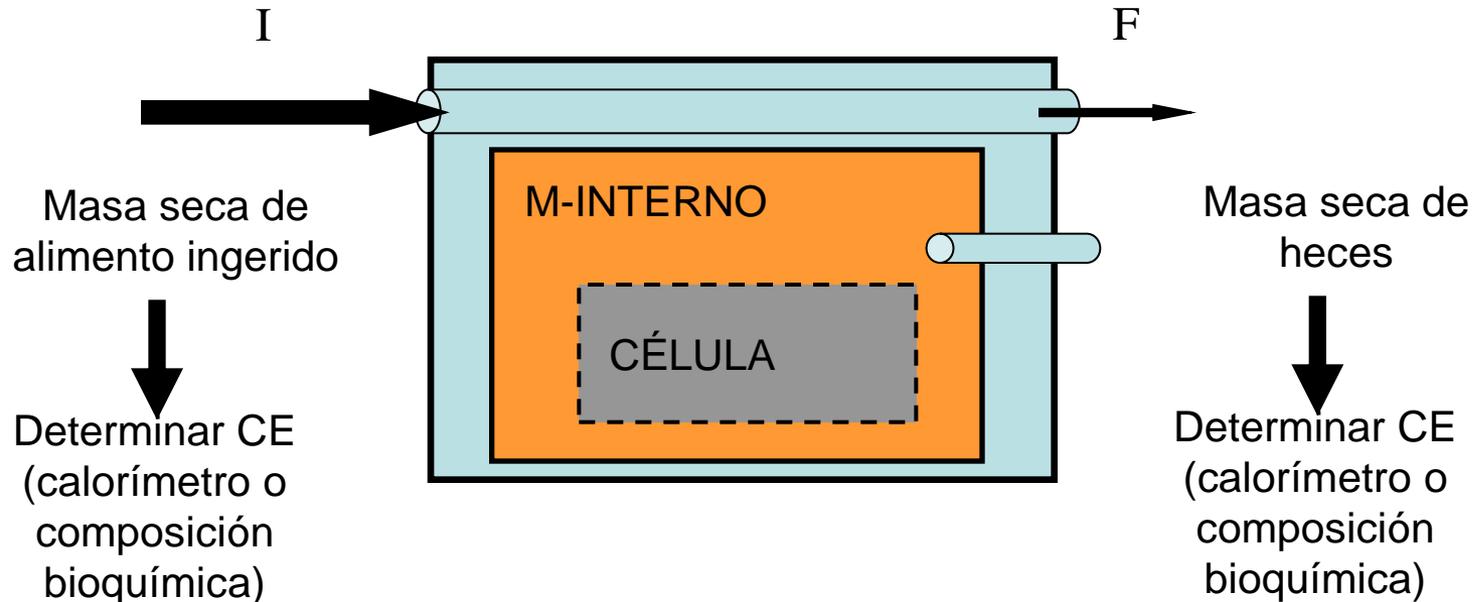
1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. Determinación experimental.

2. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL BALANCE ENERGÉTICO: ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Determinación de la cantidad de energía absorbida de $t_0 \rightarrow t_t$

$$A \text{ (J/día)} = I \text{ (J/día)} - F \text{ (J/día)}$$

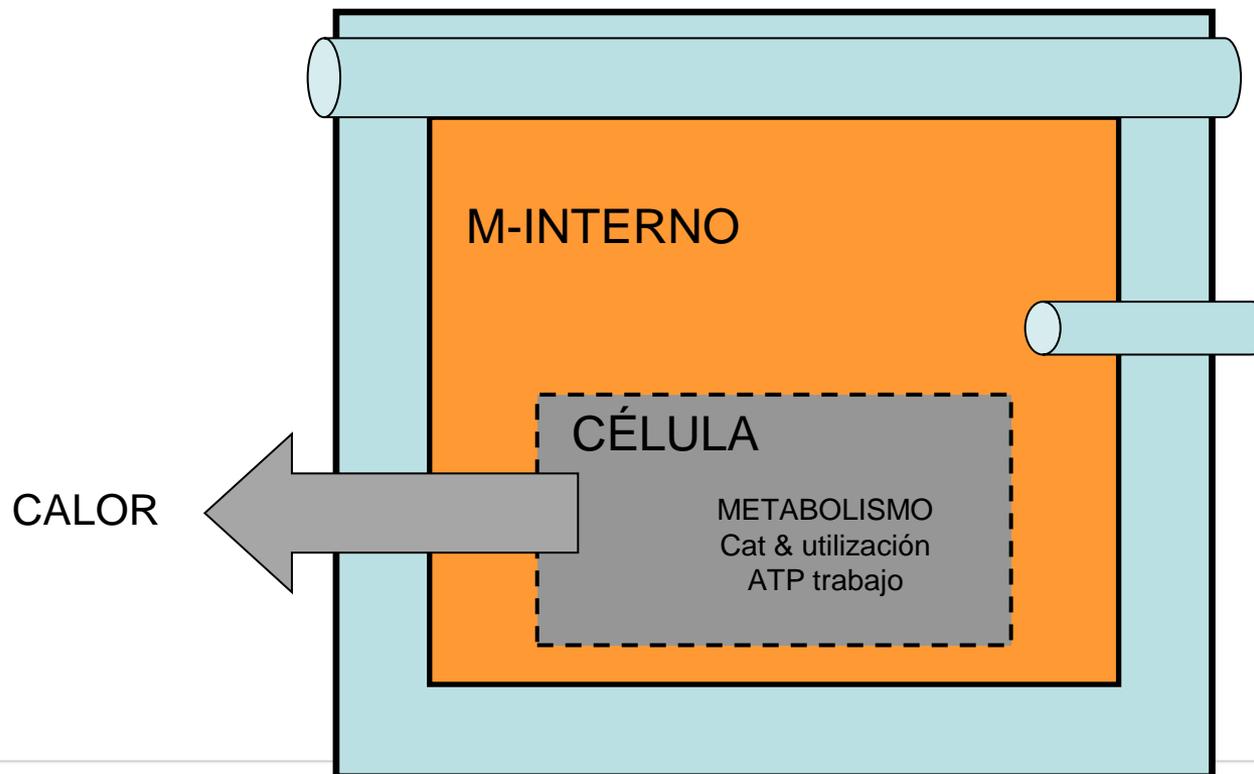


1. Efluentes-EDAR .
2. Efectos biológicos.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Bases teóricas.
- 2.3. **Determinación experimental.**

3. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA TASA METABÓLICA.

- Determinación de la cantidad de energía gastada en el metabolismo de $t_0 \rightarrow t_t$



Bibliografía

- Alberts JJ., Filip, Z., Leversee, G.J., 1989. Interactions of estuarine organic matter with copper and benzo(a)pyrene. *Mar. Chem.* 28, 77–87
- Berías R, Camacho AP, Albentosa M. 1994. Comparison of the scope for growth with the growth –performance of *Ostrea edulis* seed reared at different food concentrations in an open-flow system. *Marine Biol.* 119 (2): 227-233.
- Bucher F, Hofer R. 1993. The effects of treated domestic sewage on three organs (gills, kidney, liver) of brown trout (*Salmo trutta*). *Water Res.* 27, 255–261.
- Burkhardt-Holm P, Bernet D, Hogstrand C, 1999. Increase of metallothionein immunopositive chloride cells in the gills of brown trout and rainbow trout after exposure to sewage treatment plant effluents. *Histochem. J.* 31, 339–346.
- Grizzle JM, Horowitz SA, Streight DR. 1988. Caged fish as monitors of pollution: effects of chlorinated effluent from a wastewater treatment plant. *Wat. Res. Bull.* 24: 951–959.
- Hassett, JP, Anderson MA. 1979. Association of hydrophobic organic compounds with dissolved organic matter in aquatic systems. *Environ. Sci. Technol.* 13, 1526–1529.
- Hebert N, Gagne F, Cejka P, Cyr D, Carcogliese DJ, Blaise Cm Pellerin J. Fournier M. 2008. The effects of a primary-treated municipal effluent on the immune system of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Exposure duration and contribution of suspended particles. *Compar. Biochem. Physiol. C-Toxicol Pharmacol.* 148 (3): 258-264.
- Ibarrola Bellido I. 1996. Adaptaciones digestivas en el berberecho *cerastoderma edule* sometido a variaciones en la cantidad y el contenido orgánico de la dieta: implicaciones energéticas. Doctoral thesis, UPV/EHU.
- Leenheer, J.A., Croué, P.-P., 2003. Aquatic organic matter: understanding the unknown structures is key to better treatment of drinkingwater. *Environ. Sci. Technol.* 33,19–26.

Bibliografía

- Matozzo V, Gagné F, Marin MG, Ricciardi F, Blaise C. 2008. Vitellogenin as a biomarker of exposure to estrogenic compounds in aquatic invertebrates: A review. *Environ. Int.* 34: 531–545.
- Müller C, Ruby S, Brousseau P, Cyr D, Fournier M, Gagné F. 2009. Immunotoxicological effects of an activated-sludge-treated effluent on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem. Physiol. Part C: Toxicol. Pharmacol.* 150:390–394
- Paxéus N., 1996. Organic pollutants in the effluents of large wastewater treatment plants in Sweden. *Water Res.* 30: 1115–1122.
- Payment P, Berte A, Prévost M, Ménard B, Barbeau B. 2000. Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Can J. Microbiol.* 46(6):565-76.
- Payment P, Berte A, Prévost M, Ménard B, Barbeau B. 2000. Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Can. J. Microbiol.* 46: 565–576
- Rimkus GG. 1999. Polycyclic musk fragrances in the aquatic environment. *Toxicol. Lett.* 111: 37–56.
- Salo HM, Hébert N, Dautremepuits C, Cejka P, Cyr DG, Fournier M. 2007. Effects of Montreal municipal sewage effluents on immune responses of juvenile female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat. Toxicol.* 84: 406–414.
- Tarrant H, Mousakitis G, Wyld S, Tattersall N, Lyons A, Maloney M, Llewellyn N. 2008. Raised plasma vitellogenin in male wild brown trout (*Salmo trutta*) near a waste water treatment plant in Ireland. *Environ. Toxicol. Chem.* 27: 1773–1779.
- Wagner M, Loy A, Nogueira R, Purkhold U, Lee N, Dames H. 2002. Microbial community composition and function in waste-water treatment plants. *Antonie van Leeuwenhoek* 81, 665–680.
- Widows J, Johnson D. 1988. Physiological energetics of *Mytilus edulis*. Scope for growth. *Marine Ecol. Progress. Series* 46 (1-3): 113-121

