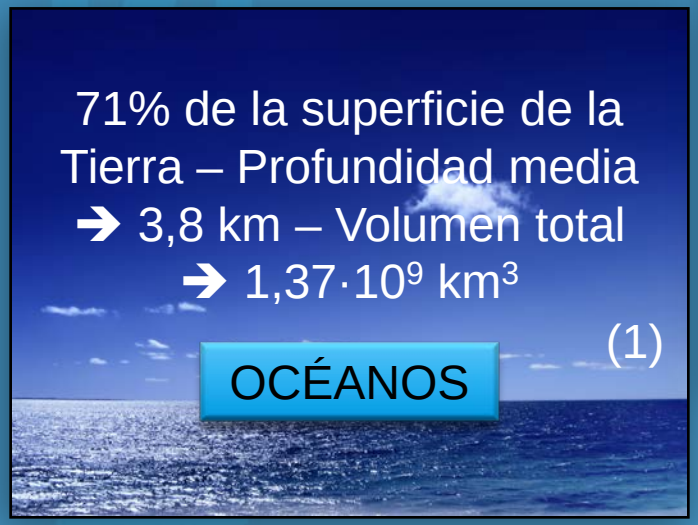
Francisco Javier Bayo Bernal
Calidad de Aguas
Grado en Ingeniería Civil
Universidad Politécnica de Cartagena

TEMA 7.
SISTEMAS MARINOS

1. Parámetros físico-químicos
2. Contaminantes en sistemas marinos
3. Conducción de vertidos
4. Calidad del agua de baño

1. Parámetros físico-químicos

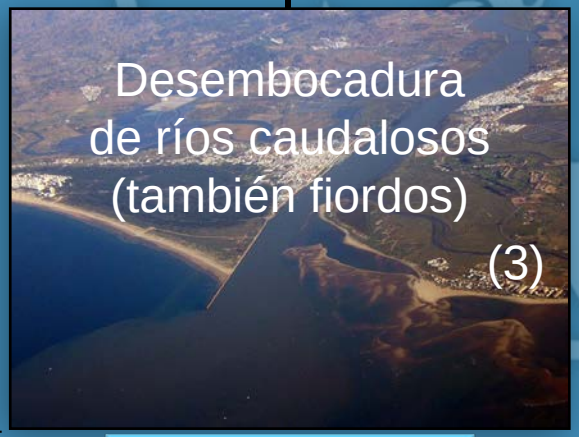


Clasificación según geomorfología y estratificación

ZONIFICACIÓN → Marisma baja – Marisma alta – Barra salada – Zona de transición

TEMPERATURA → fluctúa en unos 10 ºC

SALINIDAD → Fluctúa entre 20 y 40



ESTUARIOS

IMÁGENESTOMADAS DE:
(1) ttp://www.neuronilla.com/documentate/articulos/17-innovacion-aspectos-generales/600-la-estrategia-del-oceano-azul-concepto; (2) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PNMarismasBarbate-p1020262.jpg; (3) http://historiaantiquae.blogspot.com.es/2011/07/tipologia-costera-el-estuario.html . 10/01/2013

Temperatura

1. Parámetros físico-químicos

IMPORTANCIA

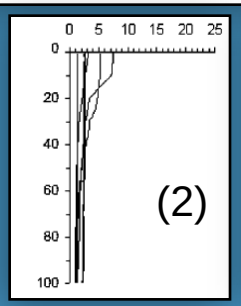
- ↑↑ ACTIVIDAD BIOLÓGICA
- ↓↓ SOLUBILIDAD DE GASES
- ↑↑ REACCIÓN QUÍMICA
- ↑↑ SOLUBILIDAD DE SÓLIDOS DISUELTOS
- INFLUENCIA SOBRE LA DENSIDAD

Parámetros de calidad en una bahía subtropical

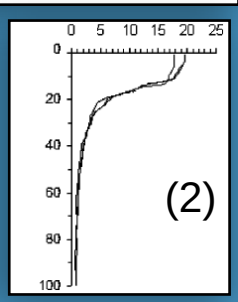
Parameters	Sep. 2008	Nov. 2008	Jan. 2009	Mar. 2009	May 2009
Temperature (°C)	31.2	16.5	8.5	12.5	22.5
Salinity	25.23	25.67	25.32	25.18	24.20
pH	8.20	8.20	8.37	8.10	8.20
DO (mg L^{-1})	9.02	9.05	9.78	9.21	9.18

(1)

Perfil de temperaturas en el mar, en invierno y verano



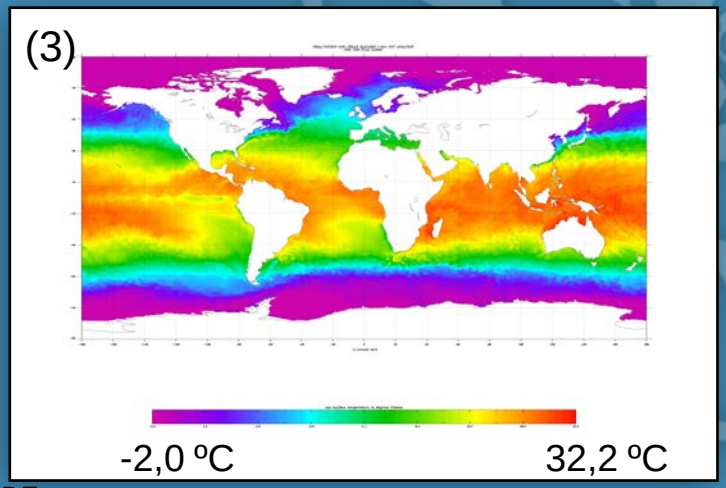
(2)



(2)

Temperatura de la superficie del mar

(3)



IMÁGENES TOMADAS DE:

(1) Jiang *et al*. (2012). Acute toxicity of crude oil water accommodated fraction on marine copepods: the relative importance of acclimatization temperature and body size. Marine Environmental Research 81: 12-17; (2) Navrotsky *et al.* (2004). Observations of internal waves and thermocline splitting near a shelf break of the Sea of Japan (East Sea). Continental Shelf Research 24: 1375-1395; (3) http://www.ospo.noaa.gov/. 15/01/2013

Componentes

1. Parámetros físico-químicos

Primeras investigaciones de componentes inorgánicos en agua del mar (SD_T) ➔ Forchhammer (1865)

Independiente de la salinidad

Ratio Na^+/Cl^- ➔ 0,557

Cl^-	$SO_4^=$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+	HCO^-
19,2 ‰	2,5 ‰	1,3 ‰	0,4 ‰	0,4 ‰	10,7 ‰	20,1 ‰

IMAGEN TOMADA DE: Zhiliang *et al*. (2006). Nutrient structure of seawater and ecological responses in Jiaozhou Bay, China. Estuarine, Coastal and Shelf Science 69: 299-307.

Variaciones en:

① Desembocaduras de ríos y estuarios.
② Climas húmedos (dilución, se mantienen las proporciones → ↓Salinidad).
③ Regiones áridas (evaporación, se mantienen las proporciones → ↑Salinidad).
④ A grandes profundidades (precipitación de $CaCO_3$).
⑤ Mares pequeños (Negro, Báltico,…).

NUTRIENTES

Table 1
Average concentrations (μmol L^{-1}) and molar ratios of nutrients in surface layer seawater in Jiaozhou Bay

Months	NO_3-N	NO_2-N	NH_4-N	DIN	DIP	DSi	DIN/DIP	DSi/DIP	DSi/DIN
2	2.97 ± 1.33	0.53 ± 0.15	9.17 ± 5.60	12.69 ± 6.74	0.47 ± 0.10	3.37 ± 1.05	27.7 ± 13.6	7.4 ± 2.6	0.32 ± 0.16
5	5.48 ± 5.50	1.35 ± 0.62	23.00 ± 12.15	29.80 ± 17.73	0.60 ± 0.06	6.36 ± 2.09	50.9 ± 32.4	10.7 ± 3.8	0.25 ± 0.08
8	13.94 ± 4.63	2.34 ± 0.41	18.77 ± 5.62	35.07 ± 9.36	0.62 ± 0.22	8.18 ± 3.14	61.6 ± 24.1	13.7 ± 3.8	0.23 ± 0.05
11	5.33 ± 3.90	1.66 ± 0.62	15.09 ± 8.26	22.09 ± 10.09	0.39 ± 0.18	8.76 ± 4.00	61.6 ± 23.8	23.1 ± 5.5	0.44 ± 0.27
Averages	6.93 ± 4.82	1.47 ± 0.75	16.50 ± 5.85	24.91 ± 9.74	0.52 ± 0.11	6.66 ± 2.42	50.5 ± 16.0	13.7 ± 6.7	0.31 ± 0.10

Salinidad

1. Parámetros físico-químicos

Cantidad total de materia inorgánica disuelta en el agua del mar

Valor medio: $\frac{35 \text{ g de sales}}{1000 \text{ g de agua del mar}}$

- 3,5%
- 35 partes por mil (‰)
- 0,035
- 35.000 ppm
- 35.000 mg/kg
- 35 PSU (g/kg)

MAR BÁLTICO (~ 5 PSU)

ESTUARIOS (0-30 PSU)

MAR MEDITERRÁNEO (hasta 40 PSU)

MAR ABIERTO (32-39 PSU)

COSTA (27-30 PSU)

$Cl^- \times 1{,}81 = S$

Organismos eurihalinos
Organismos estenohalinos

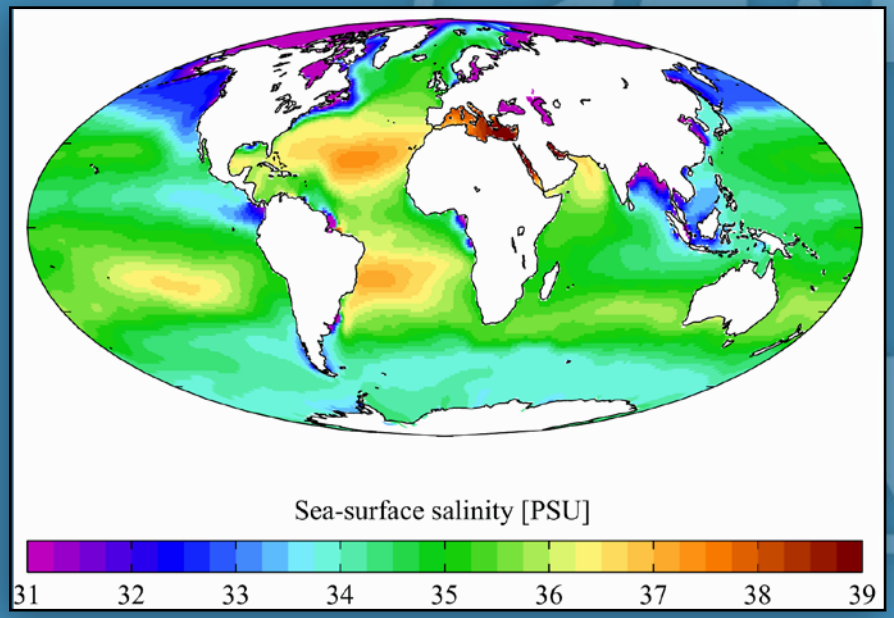


IMAGEN TOMADA DE:
http://es.wikipedia.org/wiki/Salinidad. 17/01/2013

Densidad

1. Parámetros físico-químicos

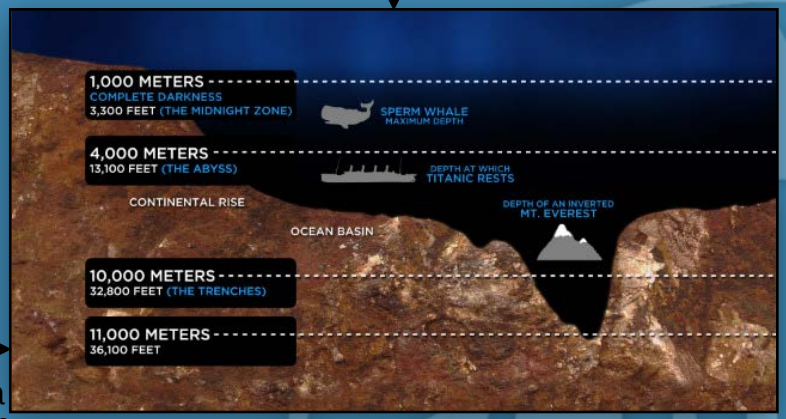
DENSIDAD
(ρ, *kg·m*$^{-3}$)

TEMPERATURA
(T, *K*)

SALINIDAD
(S, *g·kg*$^{-1}$)

PRESIÓN
(p, *MPa*)

p=0,1 Mpa
ρ=1020-1029 kg/m³ (1)



p=108,6 Mpa
ρ=1050 kg/m³

↓T

↑S

↑ρ

↑profundidad

p,ρ,T

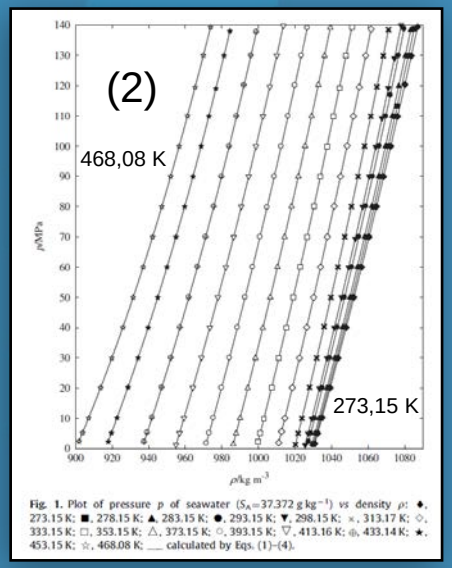


Fig. 1. Plot of pressure p of seawater (S_A=37.372 g kg^{-1}) *vs* density ρ: ♦, 273.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼, 298.15 K; ×, 313.17 K; ◇, 333.15 K; □, 353.15 K; △, 373.15 K; ○, 393.15 K; ▽, 413.16 K; ⊕, 433.14 K; ★, 453.15 K; ☆, 468.08 K; ___ calculated by Eqs. (1)–(4).

ρ,T,p

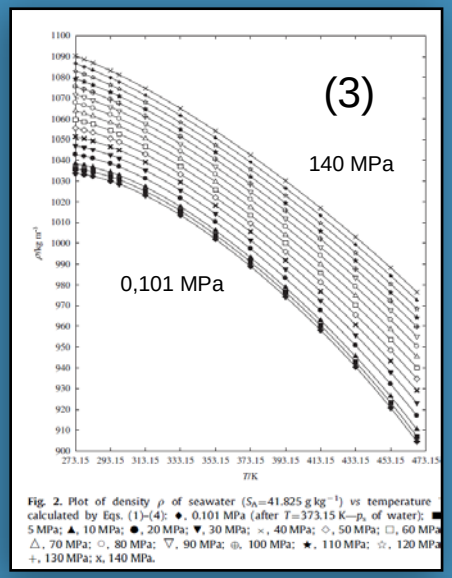
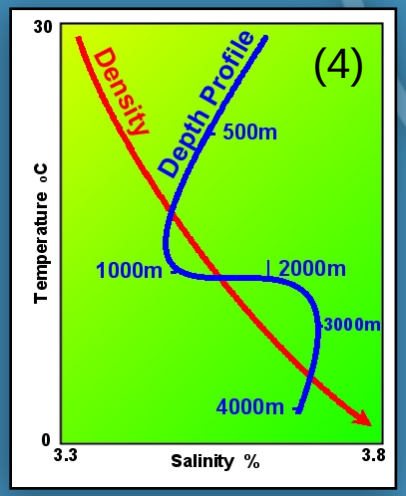


Fig. 2. Plot of density ρ of seawater (S_A=41.825 g kg^{-1}) *vs* temperature calculated by Eqs. (1)–(4): ♦, 0.101 MPa (after T=373.15 K—p_s of water); ■, 5 MPa; ▲, 10 MPa; ●, 20 MPa; ▼, 30 MPa; ×, 40 MPa; ◇, 50 MPa; □, 60 MPa; △, 70 MPa; ○, 80 MPa; ▽, 90 MPa; ⊕, 100 MPa; ★, 110 MPa; ☆, 120 MPa; +, 130 MPa; x, 140 MPa.



IMÁGENES TOMADAS DE: (1) http://apressza.blogspot.com.es/2012/09/jurang-mariana-susuk-alien-di-bumi.htm. 17/01/2013; (2) (3) Safarov *et al.* (2012). (p,ρ,T) properties of seawater: Extensions to high salinities. Deep-Sea Research 65: 146-156; (4) http://www.geo.arizona.edu/Antevs/ecol438/thermohaline.jpg. 22/01/2013.

1. Parámetros físico-químicos

Gases

O_2

CO_2

→ Propiedades mezcladoras de los océanos

0 ºC y 35 PSU → 8 mg O_2/L
20 ºC y 35 PSU → 5,4 mg O_2/L

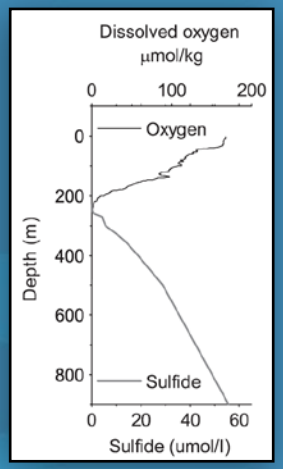
$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$
$H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$
$HCO_3^- \leftrightarrow H^+ + CO_3^=$

AIRE

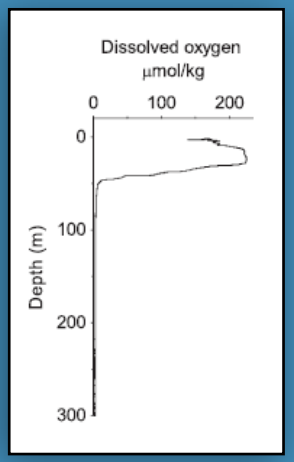
N_2 → 78%
O_2 → 21%
H_2, He, Ar, … → 1%
CO_2 → 0,03%

AGUA DEL MAR

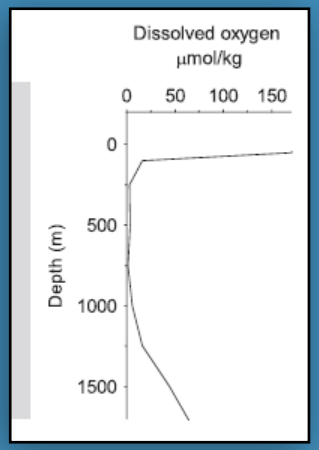
N_2 → 47,5%
O_2 → 36%
H_2, He, Ar, … → 1,4%
CO_2 → 15,1%



Golfo de Cariaco



Costa de Perú



Mar de Arabia

IMÁGENES TOMADAS DE:
Sáenz *et al*. (2011). New constraints on the provenance of hopaids in the marine geologic record: Bacteriohopanepolyols in marine subtoxic and anoxic environments. Organic Geochemistry 42: 1351-1362.

Petróleo

2. Contaminantes en sistemas marinos

DESCONTAMINACIÓN

Afección a distintos ecosistemas

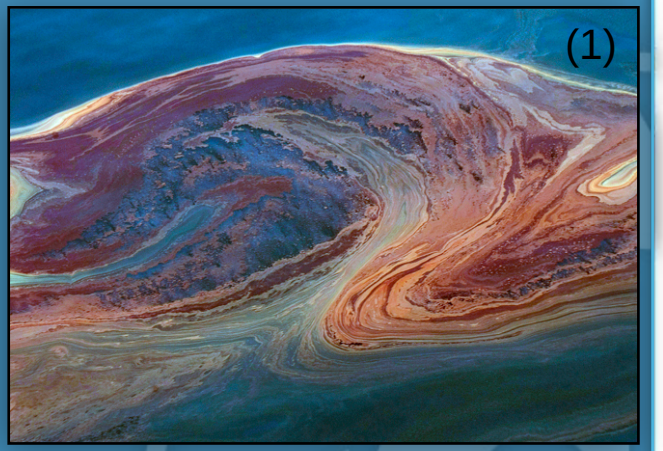
↓ O_2

↑ Compuestos policíclicos

Grado de refino

Dependencia de T

Hidrocarburos



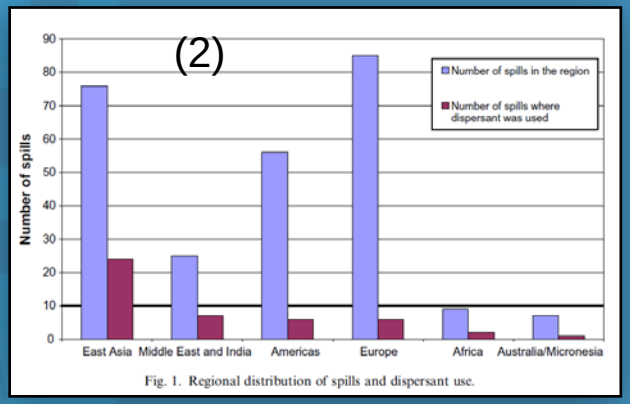


Fig. 1. Regional distribution of spills and dispersant use.

UK → Dispersantes como 1ª opción

Prohibidos en estados bálticos

Vertido reciente y ↑ T

1 Contención mecánica y recuperación

2 Métodos químicos (agentes ***dispersantes***) y biológicos (biodegradación)

3 Métodos físicos (adsorbentes)

4 Tácticas para ahuyentar animales (globos de helio)

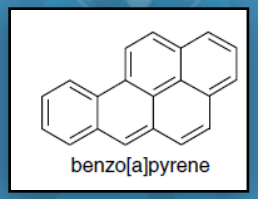
IMÁGENES TOMADAS DE:

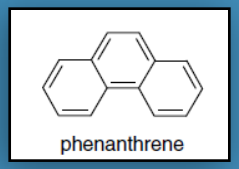
(1) http://fandelagua.com/. 24/01/2013; (2) Chapman *et al*. (2007). The use of chemical dispersants to combat oil spills at sea: A review of practice and research needs in Europe. Marine Pollution Bulletin 54: 827-838.

PAHs

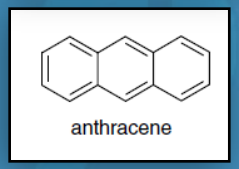
2. Contaminantes en sistemas marinos

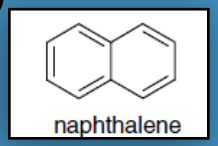
Persisten en sedimentos costeros después de un derrame





(2)





DESCOMPOSICIÓN

Transformaciones químicas

Transformaciones biológicas

(1)

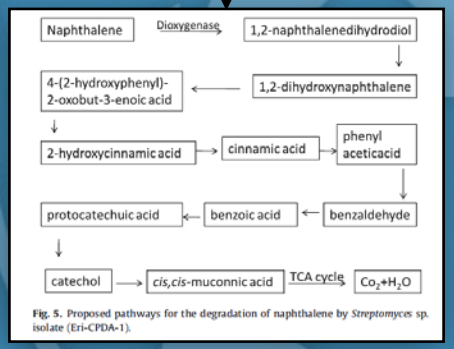


Fig. 5. Proposed pathways for the degradation of naphthalene by *Streptomyces* sp. isolate (Eri-CPDA-1).

Incluidos en lista de sustancias contaminantes prioritarias (UE y USEPA)

Estado físico (solubles, adsorbidos, emulsificados, …)

Adhesión a partículas del sedimento (ambiente anóxico, ↑hidrofobicidad)

SEDIMENTACIÓN

IMÁGENES TOMADAS DE:

(1) Balachandran *et al.* (2012). Petroleum and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degradation and naphthalene metabolism in *Streptomyces* sp. (ERI-CPDA-1) isolated from oil contaminated soil. Bioresource Technology 112: 83-90; (2) Benísek *et al.* (2008). Interference of PAHs and their N-heterocyclic analogs with signaling of retinoids in vitro. Toxicology in Vitro 22: 1909-1917.

2. Contaminantes en sistemas marinos

MACROPLÁSTICOS → >5 mm

PROBLEMAS

ESTÉTICA

- ✓ Pérdida de turismo
- ✓ Actividades pesqueras
- ✓ Imagen de la zona

INGESTIÓN

- ✓ Parecido con alimento (medusa)
- ✓ Transporte de contaminantes
- ✓ Deposición en sedimentos

PELIGRO DE ENREDO

- ✓ Muerte de muchos mamíferos
- ✓ Redes de pesca abandonadas
- ✓ “Six-pack” rings (cambios en su formulación)

IMÁGENES TOMADAS DE:
Moore (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research 108: 131-139.

3. Conducción de vertidos

Orden de 13 de julio de 1993 (MOPT), por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar (BOE núm. 178, de 27 de julio de 1993)

EMISARIO SUBMARINO

Conducción cerrada

Línea de costa en bajamar → > 500m → Boquilla de descarga más próxima

Dilución inicial calculada para la hipótesis de máximo caudal previsto ➔ >100:1

CONDUCCIÓN DE DESAGÜE

Conducción cerrada o abierta

Vertido en superficie o mediante descarga submarina

IMAGEN TOMADA DE:
http://www.terra.com.co/noticias/articulo/html/acu22897-emisario-submarino-de-cartagena-se-encuentra-en-etapa-final.htm. 05/02/2013

Playa

4. Calidad del agua de baño

PLAYA

Mantenimiento de condiciones de limpieza, higiene y salubridad

Vigilancia de puntos de vertido cercanos

Carteles informativos

CLASIFICACIÓN

- “Insuficiente”
- “Suficiente”
- “Buena”
- “Excelente”

CONTROL DE CALIDAD

Transparencia del agua

Residuos y organismos

ANEXO I

Parámetros obligatorios y valores para la evaluación anual

Agua continental

		Calidad			Unidad
		Suficiente **	Buena *	Excelente *	
01	Enterococos intestinales.	330	400	200	UFC o NMP/ 100 ml.
02	Escherichia coli.	900	1.000	500	UFC o NMP/ 100 ml.

Agua costera y de transición

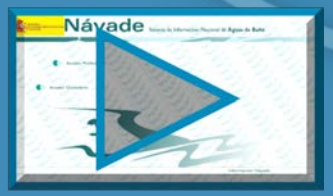
		Calidad			Unidad
		Suficiente **	Buena *	Excelente *	
01	Enterococos intestinales.	185	200	100	UFC o NMP/ 100 ml.
02	Escherichia coli.	500	500	250	UFC o NMP/ 100 ml.

* Con arreglo a la evaluación del percentil 95. Véase el anexo II.
** Con arreglo a la evaluación del percentil 90. Véase el anexo II.

IMAGEN TOMADA DE:
BOE núm. 257, de 26 de octubre de 2007

FRECUENCIA DE MUESTREO

1. Muestreo inicial
2. Control programado
3. Casos especiales



SOME ENGLISH TERMS TO BE FAMILIAR WITH

- ✓ Aguas someras → Shallow waters
- ✓ Aguas de transición → Transitional waters
- ✓ Bajamar → Low tide
- ✓ Estuario → Estuary
- ✓ Fosa de las Marianas → Mariana Trench
- ✓ Marisma → Marsh
- ✓ Playa → Beach
- ✓ Playa entre pleamar y bajamar - Banda costera – Zona intermareal → Foreshore (Intertidal zone)
- ✓ Pleamar → High tide
- ✓ Unidades prácticas de salinidad → Practical salinity units (PSU)

One step beyond!

SEA SURFACE TEMPERATURE

WHAT'S AN ESTUARY?

THE HEALTH OF OUR OCEANS

THE THERMOHALINE CIRCULATION

THE ENGINEERING TOOLBOX

OCEAN DUMPING

IMAGEN TOMADA DE: www.gifmania.com.es

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balachandran, C., Duraipandiyan, V., Balakrishna, K., Ignacimuthu, S. (2012). Petroleum and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degradation and naphthalene metabolism in *Streptomyces* sp. (ERI-CPDA-1) isolated from oil contaminated soil. *Bioresource Technology* 112: 83-90.
- Benísek, M., Blaha, L., Hilscherová, K. (2008). Interference of PAHs and their N-heterocyclic analogs with signaling of retinoids in vitro. *Toxicology in Vitro* 22: 1909-1917.
- Chapman, H., Purnell, K., Law, R.J., Kirby, M.F. (2007). The use of chemical dispersants to combat oil spills at sea: A review of practice and research needs in Europe. *Marine Pollution Bulletin* 54: 827-838.
- Jiang, Z., Huang, Y., Chen, Q., Zeng, J., Xu, X. (2012). Acute toxicity of crude oil water accommodated fraction on marine copepods: the relative importance of acclimatization temperature and body size. *Marine Environmental Research* 81: 12-17.
- Millero, F.K., Feistel, R., Wright, D.G., McDougall, T.J. (2008). The composition of Standard Seawater and the definition of the Reference-Composition Salinity Scale. *Deep-Sea Research* 55: 50-72.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moore, C.J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research* 108: 131-139
- NÁYADE. Ministerio de Sanidad, Servisio Sociales e Igualdad. “Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño”. 05/02/2013.
- Navrotsky, V.V., Lozovatsky, I.D., Pavlova, E.P., Fernando, H.J.S. (2004). Observations of internal waves and thermocline splitting near a shelf break of the Sea of Japan (East Sea). *Continental Shelf Research* 24: 1375-1395.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño (BOE núm. 257, de 26 de octubre).
- Sáenz, J.P., Wakeham, S.G., Eglinton, T.I., Summons, R.E. (2011). New constraints on the provenance of hopaids in the marine geologic record: Bacteriohopanepolyols in marine subtoxic and anoxic environments. *Organic Geochemistry* 42: 1351-1362.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Safarov, J., Berndt, S., Millero, F., Feistel, R., Heintz, A., Hassel, E. (2012). (p,ρ,T) properties of seawater: Extensions to high salinities. *Deep-Sea Research* 65: 146-156.
- Tansel, B., Fuentes, C., Sanchez, M., Predoi, K., Acevedo, M. (2011). Persistance profile of polyaromatic hydrocarbons in shallow and deep Gulf waters and sediments: Effect of temperature and sediment-water partitioning characteristics. *Marine Pollution Bulletin* 62: 2659-2665.
- Zhiliang, S., Qun, L., Yulin, W., Yun, Y. (2006). Nutrient structure of seawater and ecological responses in Jiaozhou Bay, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69: 299-307.