

METALES Y NO METALES EN ALGAS MARINAS

Pilar Bermejo Barrera

Grupo de Elementos Traza, Espectroscopía y Especiación

Facultad de Química

Universidad de Santiago de Compostela

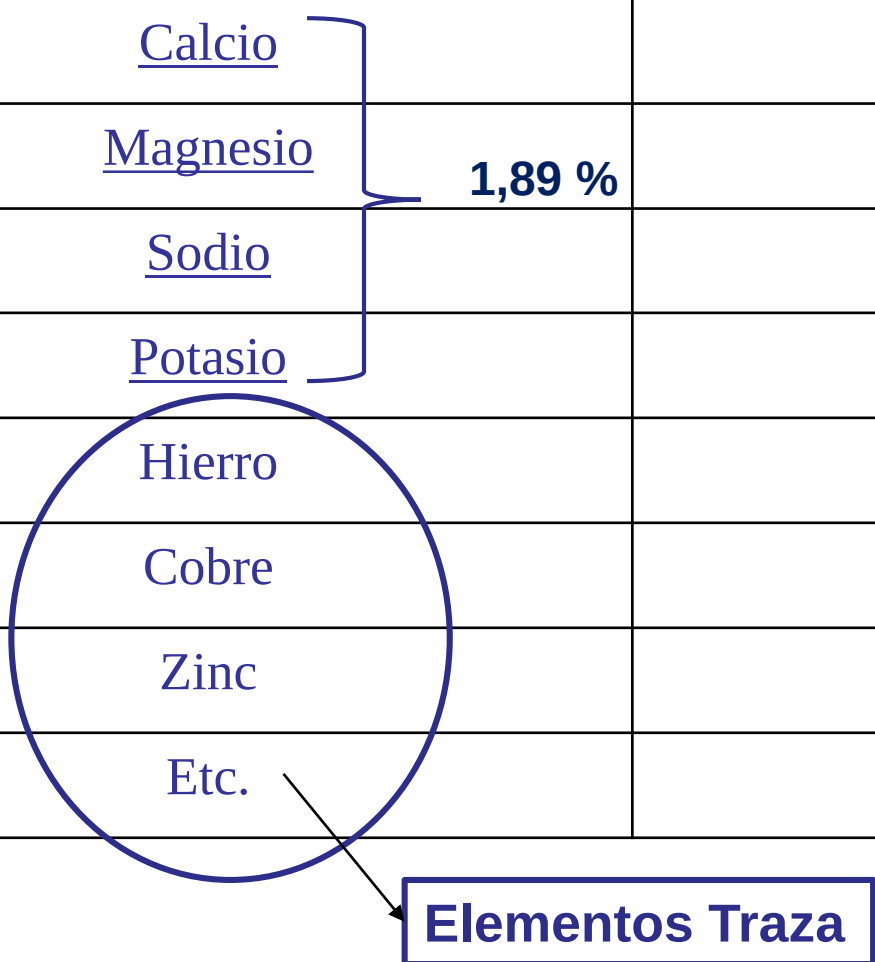


Tabla periódica de los elementos químicos

GRUPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1.008 H HIDRÓGENO																	4.0026 He HELIO
2	6.94 Li LITIO	9.0122 Be BERILIO																
3	22.990 Na SODIO	24.305 Mg MAGNESIO																
4	39.098 K POTASIO	40.078 Ca CALCIO	44.956 Sc ESCANDIO	47.867 Ti TITANIO	50.942 V VANADIO	51.996 Cr CROMO	54.938 Mn MANGANESO	55.845 Fe HIERRO	58.933 Co COBALTO	58.693 Ni NIQUEL	63.546 Cu COBRE	65.38 Zn ZINC	69.723 Ga GALIO	72.64 Ge GERMANIO	74.922 As ARSÉNICO	78.971 Se SELENIO	79.904 Br BROMO	83.798 Kr KRIPTÓN
5	85.468 Rb RUBIDIO	87.62 Sr ESTRONCIO	88.906 Y ITRIO	91.224 Zr CIRCONIO	92.906 Nb NIOBIO	95.95 Mo MOLIBDENO	(98) Tc TECNECIO	101.07 Ru RUTENIO	102.91 Rh RODIO	106.42 Pd PALADIO	107.87 Ag PLATA	112.41 Cd CADMIO	114.82 In INDIO	118.71 Sn ESTAÑO	121.76 Sb ANTIMONIO	127.60 Te TELURIO	126.90 I YODO	131.29 Xe XENÓN
6	132.91 Cs CESIO	137.33 Ba BARIO	57-71 La-Lu Lantánidos	178.49 Hf HAFNIO	180.95 Ta TÁNTALO	183.84 W WOLFRAMIO	186.21 Re RENIÓ	190.23 Os OSMIO	192.22 Ir IRIDIO	195.08 Pt PLATINO	196.97 Au ORO	200.59 Hg MERCURIO	204.38 Tl TALIO	207.2 Pb PLOMO	208.98 Bi BISMUTO	(209) Po POLONIO	(210) At ASTATO	(222) Rn RADÓN
7	(223) Fr FRANCIO	(226) Ra RADIO	89-103 Ac-Lr Actínidos	(267) Rf RUTHERFORDIO	(268) Db DUBNIO	(271) Sg SEABORGIO	(272) Bh BOHRIO	(277) Hs HASIO	(276) Mt MEITNERIO	(281) Ds DARMSTATIO	(280) Rg ROENTGENIO	(285) Cn COPIERNICIO	(285) Nh NIHONIO	(287) Fl FLEROVIO	(289) Mc MOSCOVIO	(291) Lv LIVERMORIO	(294) Ts TENESO	(294) Og OGANESÓN
LANTANÓIDOS																		
	57 138.91 La LANTANO	58 140.12 Ce CERIO	59 140.91 Pr PRASEODIMIO	60 144.24 Nd NEODIMIO	(145) Pm PROMETIO	62 150.36 Sm SAMARIO	63 151.96 Eu EUROPIO	64 157.25 Gd GADOLINIO	65 158.93 Tb TERBIO	66 162.50 Dy DISPROSIO	67 164.93 Ho HOLMIO	68 167.26 Er ERBIO	69 168.93 Tm TULIO	70 173.05 Yb ITERBIO	71 174.97 Lu LUTECIO			
ACTINÓIDOS																		
	89 (227) Ac ACTINIO	90 232.04 Th TORIO	91 231.04 Pa PROTACTINIO	92 238.03 U URANIO	(237) Np NEPTUNIO	(244) Pu PLUTONIO	(243) Am AMERICIO	(247) Cm CURIO	(247) Bk BERKELIO	(251) Cf CALIFORNIO	(252) Es EINSTEINIO	(257) Fm FERMIO	(258) Md MENDELEVIO	(259) No NOBELIO	(262) Lr LAWRENCIO			

Metales y no metales presentes en el organismo

Metales (1,9%)	No metales (98,1%)
<u>Calcio</u>	Carbono
<u>Magnesio</u>	Oxígeno
<u>Sodio</u>	Hidrógeno
<u>Potasio</u>	Nitrógeno
Hierro	Fósforo
Cobre	Cloro
Zinc	Azufre
Etc.	Etc.



1,89 %

Elementos Traza

ELEMENTOS TRAZA

¿ Que es importante estudiar?

- 1.- La naturaleza del elemento
- 2.- El nivel de concentración
- 3.- La forma química del elemento
- 4.- La biodisponibilidad

La naturaleza del elemento

A) Según su participación en el organismo

1.- Electrolitos, macroelementos ó elementos mayoritarios

Na, K, Ca y Mg

2.- Micronutrientes, elementos minoritarios, oligoelementos ó elementos traza

< 0,01 % de la masa corporal

ingresos dietéticos < 100 mg/día

B) Desde un punto de vista nutricional

A.- Elementos con probadas funciones esenciales

1.- Con problemas conocidos de nutrición y deficiencias
F, Cr, Fe, Cu, Zn, Se, I

2.- Deficiencias conocidas solamente en animales
Si, Mn, Co, Ni, Mo

B.- Elementos con función esencial sospechada, pero con un mecanismo de acción desconocido

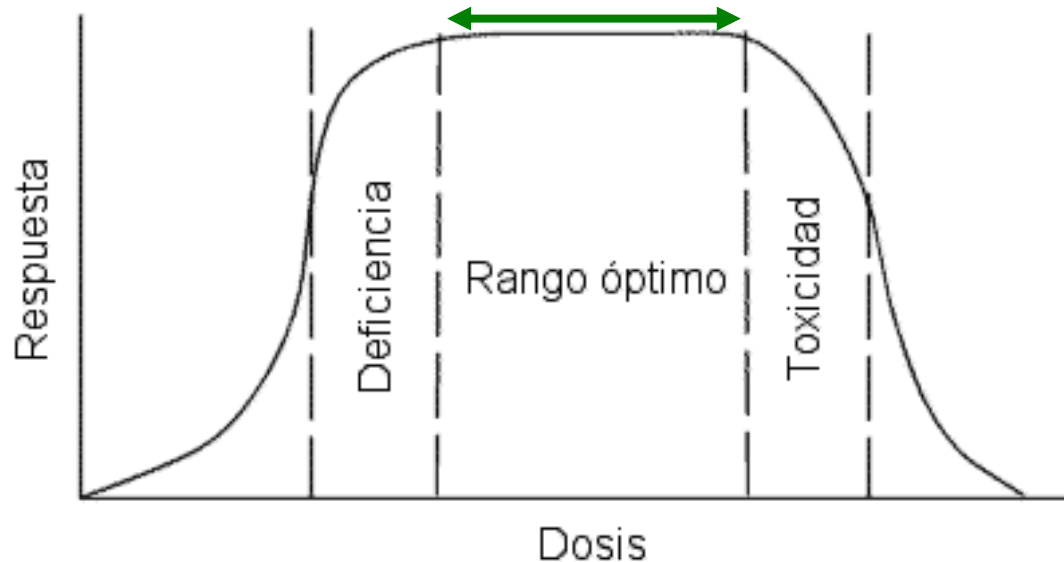
As, B, Br, Cd, Li, Pb, Sn, V

C.- Elementos sin función esencial conocida ¿tóxicos?

Hg....

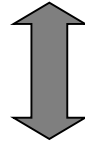
El nivel de concentración

Nivel normal: la cantidad adecuada del elemento que garantiza el desempeño cabal de las funciones biológicas en el organismo



La forma química en que se encuentra

Forma química de un elemento



Movilidad

Resorción

Biodisponibilidad

Acumulación

Toxicidad

ESPECIACIÓN

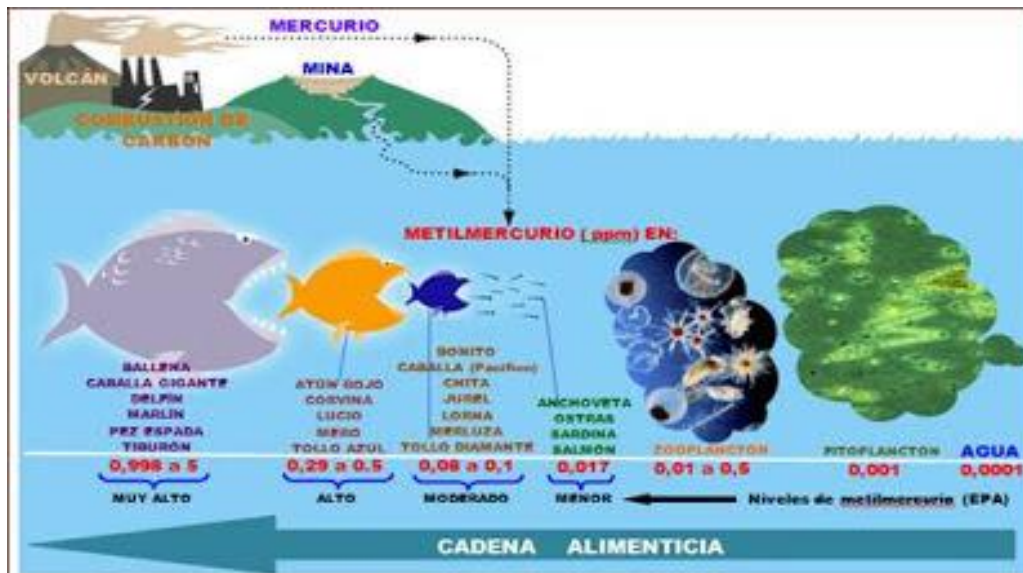
Primeros problemas relacionados con la Especiación

1950, Bahía de Minamata, Japón, vertido de mercurio

- Biotransformación de mercurio en metilmercurio



- Amplificación en cadena trófica



Actualmente prohibidos todos los usos industriales del mercurio

Recomendaciones OMS, EFSA consumo de pescados

Usos de las algas marinas

- ❑ **Cosmética**
- ❑ **Industria Farmacéutica**
- ❑ **Aditivos en industria alimentaria**
- ❑ **Alimentos**

Componentes de interés:

- **Agar. Algas rojas.**
 - Alimentación: gelificante y espesante.
 - Farmacéuticas: excipiente.
 - Cosmética: estabilizante de emulsiones.
- **Alginatos. Algas Pardas. Salsas, helados etc..**
 - E-400, E-401, E-402, E-403, E-404, E-405
- **Carragenina. Algas rojas. Elaboración de quesos, helados,...**
- **Fucoidina. Algas pardas. Anticoagulante**
- **Fucosterol. Fabricación de hormonas**



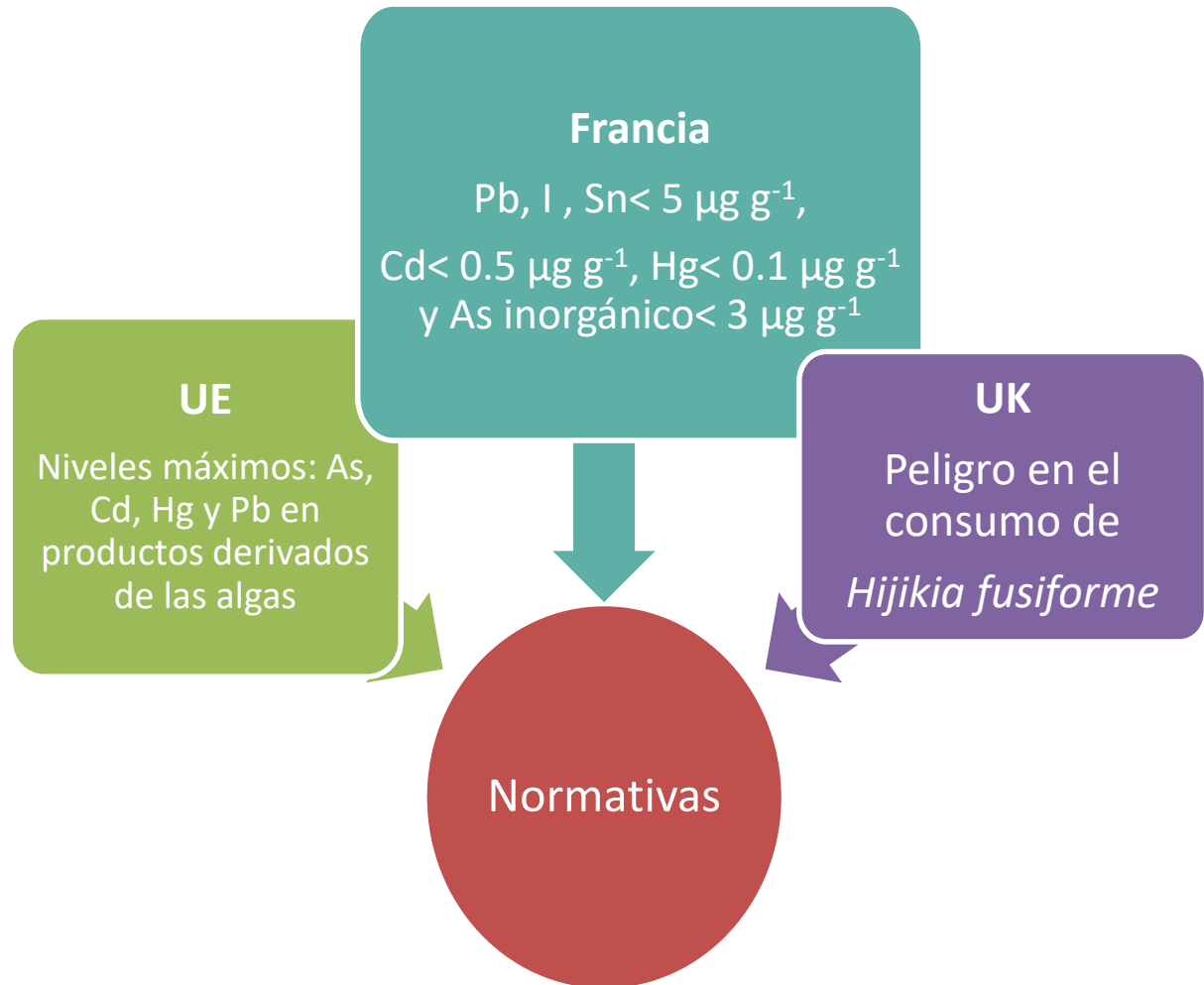


Características nutricionales de las algas

- + Alto contenido en fibra (30-50%).
- + Alto contenido en proteínas.
- + Bajo contenido en lípidos.
- + Alto contenido en elementos esenciales (8-40%): Ca, Mg, P, Na
- + Alto contenido en elementos traza esenciales, Fe, V, Mo, I etc
- + Pueden acumular metales tóxicos: Arsénico , Plomo, Mercurio... ?



¿Son las algas un alimento seguro?



ALGAS EN GALICIA

Alga	Tipo de Alga	Nomenclatura
	Verde	Lechuga de mar (<i>Ulva rigida</i>)
	Marrón	Kombu (<i>Laminaria ochroleuca</i>)
	Marrón	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)
	Marrón	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)
	Roja	Dulse (<i>Palmaria palmata</i>)
	Roja	Nori (<i>Porphyra umbilicalis</i>)

Elementos mayoritarios en algas marinas

Tipo de Alga	Nombre	Sodio %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %
Marrón	Fucus	3,53 - 3,67	3,05 - 3,15	1,60 – 1,80	0,78 – 0,82
Marrón	Spagueti de mar	3,88 - 4,22	3,80 - 4,20	0,90 – 1,10	0,81 – 0,91
Marrón	Kombu	2,99 - 3,01	5,70 - 9,90	0,86 – 1,06	0,53 – 0,73
Marrón	Wakame	7,00 - 8,00	1,60 - 11,20	0,90 – 1,30	0,80 - 1,60
Roja	Dulce	0,10 - 2,00	5,60 -10,60	0,26 – 0,50	0,15 – 0,17
Roja	Nori	0,68 - 0,96	2,10 - 3,70	0,36 – 0,39	0,26 – 0,32
Verde	Lechuga de mar	0,90 - 4,90	1,40 - 2,00	0,32 – 1,12	2,50 – 3,40

Elementos traza esenciales en algas marinas

Nombre	Bario µg/g	Estroncio µg/g	Cobre µg/g	Zinc µg/g
Fucus	12,7 – 13,3	8,50 – 8,86	4,61 – 5,11	41,3 - 42,4
Spagueti de mar	2,40 – 5,40	70,6 -88,3	3,00 – 4,54	35,5 – 69,1
Kombu	2,83- 7,23	52,3 – 102	1,28 – 1,42	21,6 – 30,1
Wakame	12,46 – 15,14	6,56 – 10,8	3,60 – 5,00	61,8 – 78,4
Dulse	0,74 – 7,40	4,26 – 5,46	3,00 – 4,28	59,8 – 68,2
Nori	1,18 – 4,74	3,00 – 5,72	5,73 – 11,5	59,0 -77,8
Lechuga de mar	3,00 – 26,2	0,60 – 0,77	11,4 – 17,4	35,5-55,5

Elementos traza esenciales en algas marinas

Nombre	Cobalto µg/g	Cromo µg/g	Manganeso µg/g	Vanadio µg/g
Spagueti de mar	0,61- 0,75	1,4 – 2,4	32,8 – 39,6	3,7 – 5,3
Kombu	0,03 – 0,05	1,8 – 2,4	2,9 – 3,7	0,9 -1,3
Wakame	0,23 – 0,33	3,4 – 5,0	5,2 – 8,4	1,0 – 1,6
Dulse	0,16 – 0,21	1,8 – 2,4	210,4 – 217,8	71,6 – 86,0
Nori	< 0,01	< 0,71	12,3 – 25,5	< 0,15
Lechuga de mar	0,17- 0,27	1,1 – 2,7	47,0 – 83,0	1,9 – 3,1

GRUPO		PERIODO																															
1	IA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
1	1.008																	2	4.0026														
H																		He															
HIDRÓGENO																		HELIO															
3	6.94	4	9.0122															5	10.81														
Li	Be																	6	12.011														
LITIO	BERILIO																	7	14.007														
11	22.990	12	24.305															8	15.999														
Na	Mg																	9	18.998														
SODIO	MAGNESIO																	10	20.180														
19	39.098	20	40.078	21	44.956	22	47.867	23	50.942	24	51.996	25	54.938	26	55.845	27	58.933	28	58.693														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																
POTASIO	CALCIO	ESCANDIO	TITANIO	VANADIO	CROMO	MANGANESO	HIERRO	COBALTO	NIQUEL	COBRE	ZINC	GALIO	GERMANIO	ARSENICO	SELENIO	BROMO	KRIPTÓN																
37	85.468	38	87.62	39	88.906	40	91.224	41	92.906	42	95.95	43	(98)	44	101.07	45	102.91	46	106.42														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																
RUBIDIO	ESTRONCIO	ITRIO	CIRCONIO	NIÓBIO	MOLIBDENO	TECNECIO	RUTENIO	RODIO	PALADIO	PLATA	CADMI	INDIO	ESTAÑO	ANTIMONIO	TELURIO	YODO	XENÓN																
55	132.91	56	137.33	57-71	72	178.49	73	180.95	74	183.84	75	186.21	76	190.23	77	192.22	78	195.08	79	196.97													
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																
CESIO	BARIO	Lantánidos	HAFNIO	TÁNTALO	WOLFRAMIO	RENI	OSMIO	IRIDIO	PLATINO	ORO	MERCURIO	TALIO	PLOMO	BISMUTO	POLONIO	ASTATO	RADÓN																
87	(223)	88	(226)	89-103	104	(267)	105	(268)	106	(271)	107	(272)	108	(277)	109	(276)	110	(281)	111	(280)													
Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																
FRANCIO	RADIO	Actínidos	RUTHERFORDIO	DUBNIO	SEABORGIO	BOHRIO	HASIO	MEITNERIO	DARMSTATIO	ROENTGENIO	COPERNICIO	NIHONIO	FLEROVIO	MOSCOVIO	LIVERMORIO	TENESO	OGANESÓN																

Especies de Arsénico

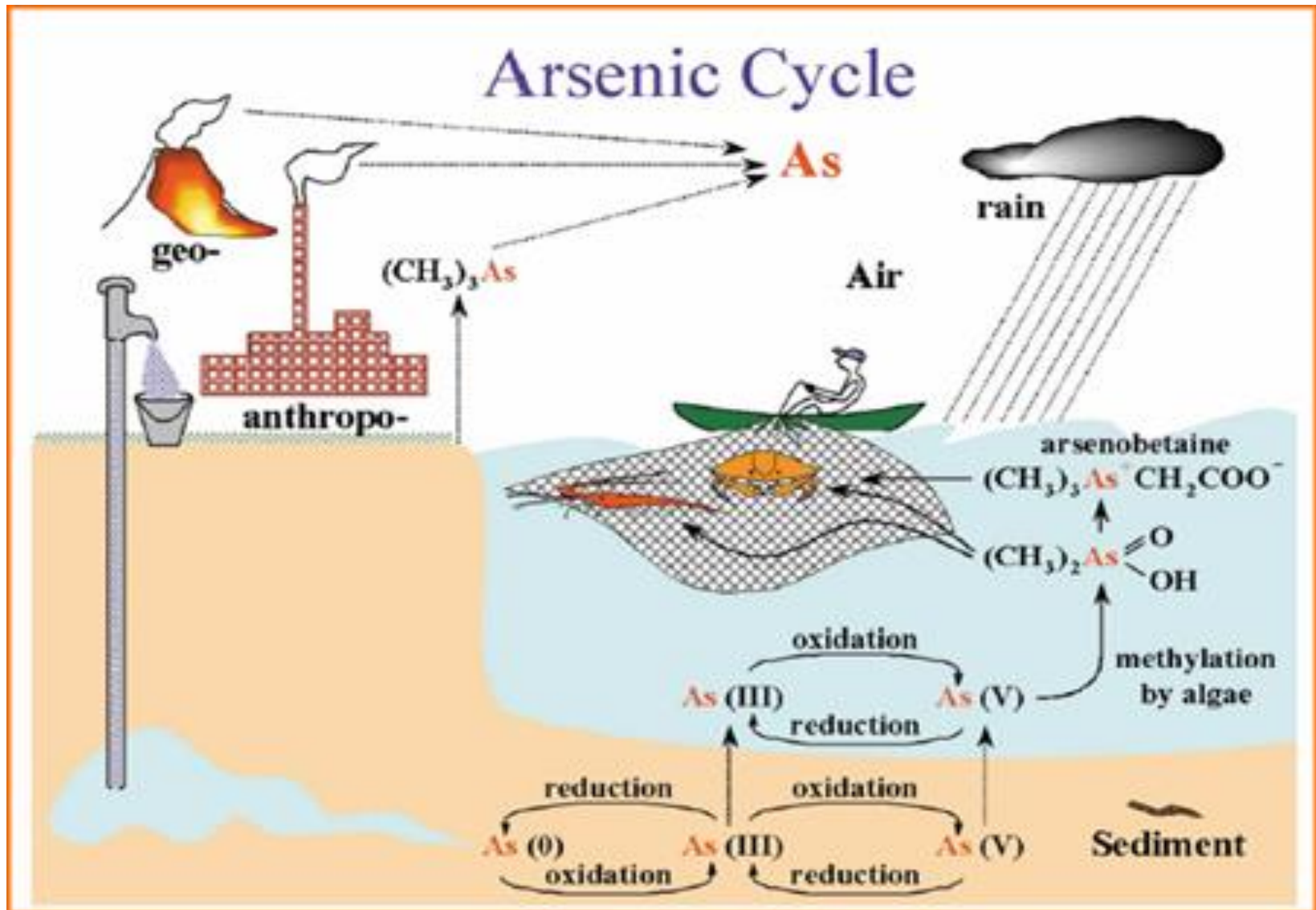
Nomenclatura	Nome abreviado	Fórmula molecular
Arsenite	AsIII	As(OH)_3
Arsenate	AsV	AsO(OH)_3
Monomethylarsenous acid	MMaIII	$\text{CH}_3\text{As(OH)}_2$
Monomethylarsonic acid	MMaV	$\text{CH}_3\text{AsO(OH)}_2$
Dimethylarsinous acid	DMAIII	$(\text{CH}_3)_2\text{AsOH}$
Dimethylmetilarsinic acid	DMAV	$(\text{CH}_3)_2\text{AsO(OH)}$
Arsenobetaine	AB	$(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$
Arsenocholine	AC	$(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropylene glycol	Glycerol-ribose, OH-sugar	
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropane sulfonic acid	Sulfonate-ribose, SO_3^- -sugar	
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropyl hydrogen sulfate	Sulfate-ribose, SO_4^- -sugar	
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropyl-2,3-hydroxypropyl phosphate	Phosphate-ribose, PO_4^- -sugar	

Tóxicas



No
tóxicas

ARSÉNICO



Arsénico en el medio marino



[As] en mar abierto: $1.5 \mu\text{g L}^{-1}$

[As] en agua de ría: $4 \mu\text{g L}^{-1}$

Principalmente como : As(III) As(V)



Organismos marinos lo pueden bioacumular por un factor de hasta 100.000

Principalmente como compuestos orgánicos



Alimentos marinos: principal fuente de As en la dieta



FUNCIONES DEL ARSÉNICO EN LOS SERES VIVOS

Funciones de arsénico en los seres vivos:

- ☐ **Metabolismo de la metionina.**
- ☐ **La ausencia de arsénico provoca un descenso de la concentración de la S-adenosil-metionina.**
- ☐ **La carencia de arsénico está asociada con el crecimiento anormal, problemas de reproducción en ratas, hamster, pollos, cabras.**

Efectos tóxicos As

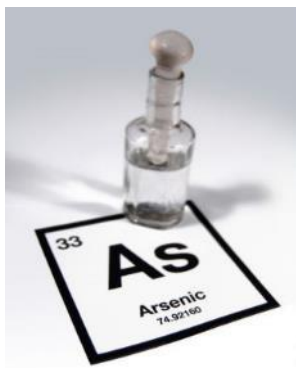
Veneno



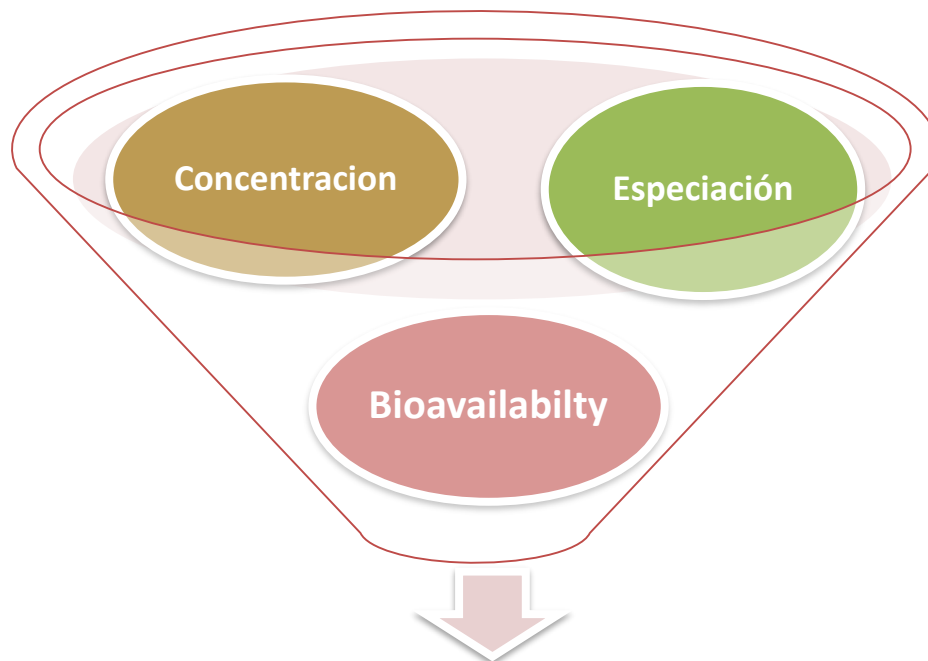
Intoxicación crónica:

- ☐ Alteraciones de la pigmentación de la piel y keratinosis.
- ☐ Cáncer de piel y de pulmón.
- ☐ Enfermedades sistema cardiovascular y sistema vascular periférico.
- ☐ Disfunciones en el sistema endocrino, reproductivo y nervioso.
- ☐ Enfermedad llamada “blackfoot” (gangrena en las extremidades).
- ☐ Descenso de la actividad sexual
- ☐ Diabetes.
- ☐ Hipertensión.





Metales



Toxicidad



Estudio del ARSENICO en algas

Kombu, Wakame, Nori y Espagueti de mar



Alga cruda

Alga cocida

15 g Kombu
20 g Wakame
5 g Nori
5 g Lechuga



1 h
20 min
15 min
5 min

300 mL H₂O Milli-Q®

Pulverización

Digestión ácida

Digestión
In-vitro

Extracción

As total

Especies As

Pulverización

Digestión ácida

*Digestión
In-vitro*

Extracción

As total

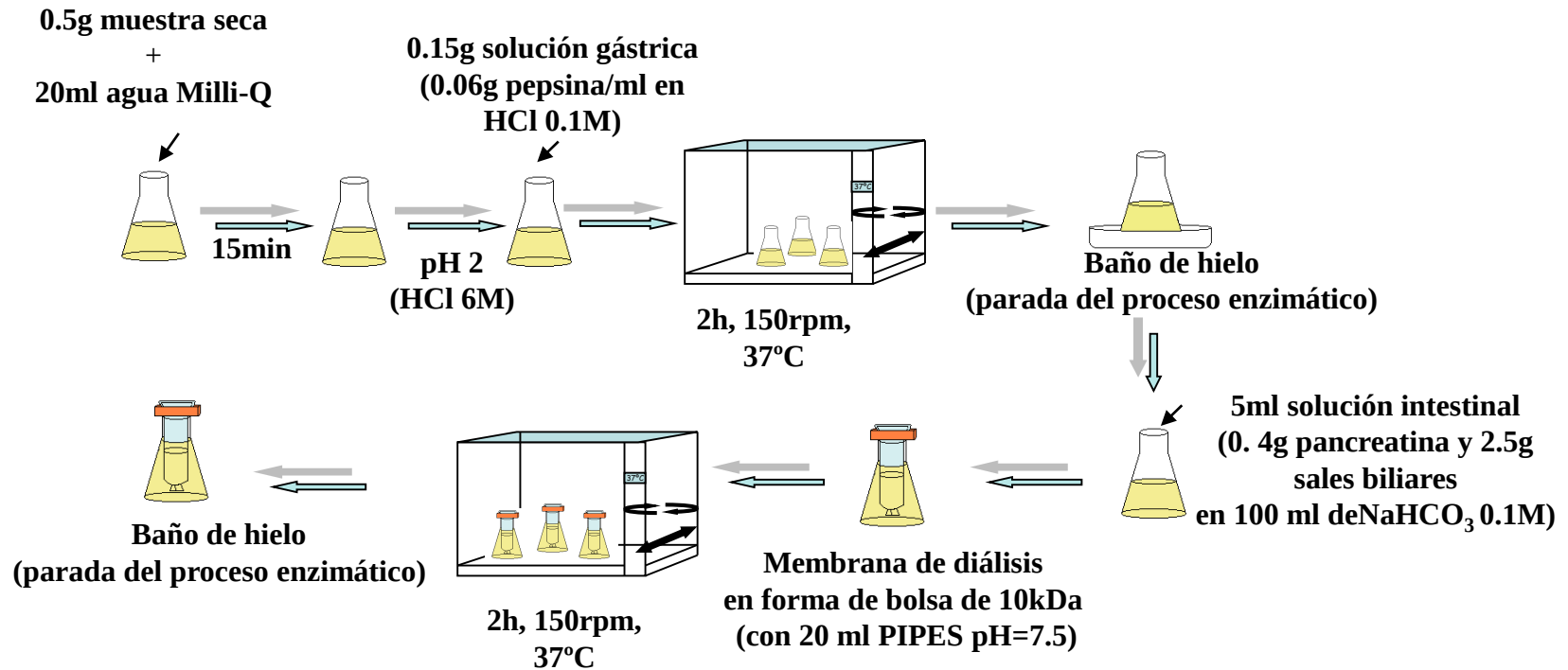
Especies As

Niveles de arsénico en algas gallegas

Alga	Nomenclatura	Rango de [As]/ $\mu\text{g.g}^{-1}$
	Lechuga de mar (<i>Ulva rigida</i>)	2.7-6.0
	Kombu (<i>Laminaria ochroleuca</i>)	56.4-383.8
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	10.5-16.0
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	23.6-45.5
	Dulse (<i>Palmaria palmata</i>)	3.1-7.3
	Nori (<i>Porphyra umbilicalis</i>)	10.7-48.8

DIGESTIÓN *IN VITRO*

DIGESTIÓN GÁSTRICA



DIGESTIÓN INTESTINAL

PIPES: ácido piperazina-NN-bis(2-etano-sulfónico)

ESTUDIO DE LA BIODISPONIBILIDAD

Etapas:

1. Determinación del contenido total en la muestra de alimento.
2. Determinación de la concentración en la fracción dializada obtenida en un proceso de digestión *In Vitro*.
3. Cálculo del porcentaje de dializabilidad.

$$\%Dializabilidad = \frac{[As]_{Dializado}}{[As]_{Total}} \times 100$$

BIODISPONIBILIDAD DEL ARSENICO

Alga	[As] _{total} ± SD /μg.g ⁻¹	[As] _{biodisponible} ± SD /μg.g ⁻¹	%Dializabilidad
Kombu	56.4 ± 1.4	7.6 ± 1.1	13.5 ± 1.9
Wakame	38.3 ± 1.7	4.4 ± 0.8	11.4 ± 2.1
Lechuga de mar	4.8 ± 0.05	0.6 ± 0.07	11.6 ± 1.4
Nori	48.8 ± 2.5	8.0 ± 1.3	16.4 ± 2.8

**Especiación de As en algas
(AE-HPLC-ICP-MS en
paralelo
con ESI-MS/MS)**



1 mL/min

**PRP-X100
Hamilton**

NH_4HCO_3 20mM pH:9.0+1% MeOH

• V_{iny} : 40 μL

• Dilución muestra: NO



0.5 mL/min

0.5 mL/min



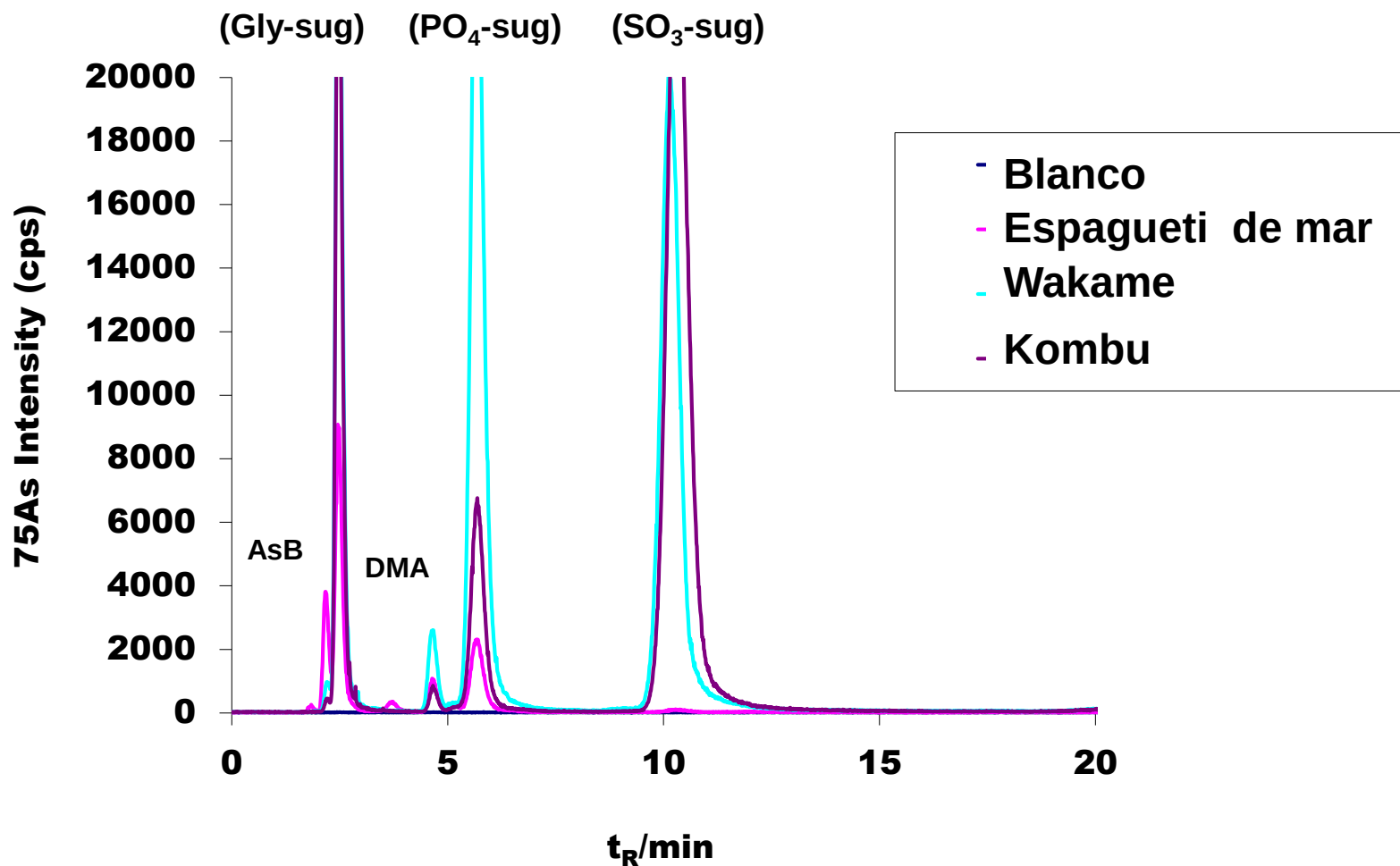
**IonTrap 6330
Agilent**



**ICP-MS 7500i
Agilent**

**Ambas interfases tienen la mismas
dimensiones**

Especiación de As en algas por AE-HPLC-ICP-MS



Especies de Arsénico

Nomenclatura	Nome abreviado	Fórmula molecular
Arsenite	AsIII	As(OH) ₃
Arsenate	AsV	AsO(OH) ₃
Monomethylarsenous acid	MMAIII	CH ₃ As(OH) ₂
Monomethylarsonic acid	MMAV	CH ₃ AsO(OH) ₂
Dimethylarsinous acid	DMAIII	(CH ₃) ₂ AsOH
Dimethylmetilarsinic acid	DMAV	(CH ₃) ₂ AsO(OH)
Arsenobetaine	AB	(CH ₃) ₃ As ⁺ CH ₂ COO ⁻
Arsenocholine	AC	(CH ₃) ₃ As ⁺ CH ₂ CH ₂ OH
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropylene glycol	Glycerol-ribose, OH-sugar	
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropane sulfonic acid	Sulfonate-ribose, SO ₃ -sugar	
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropyl hydrogen sulfate	Sulfate-ribose, SO ₄ -sugar	
3-[5'-deoxy-5'-(dimethylarsinoyl)-β-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropyl-2,3-hydroxypropyl phosphate	Phosphate-ribose, PO ₄ -sugar	

Tóxicas



No
tóxicas

Cuantificación de arsenoazúcares en algas y en los dializados

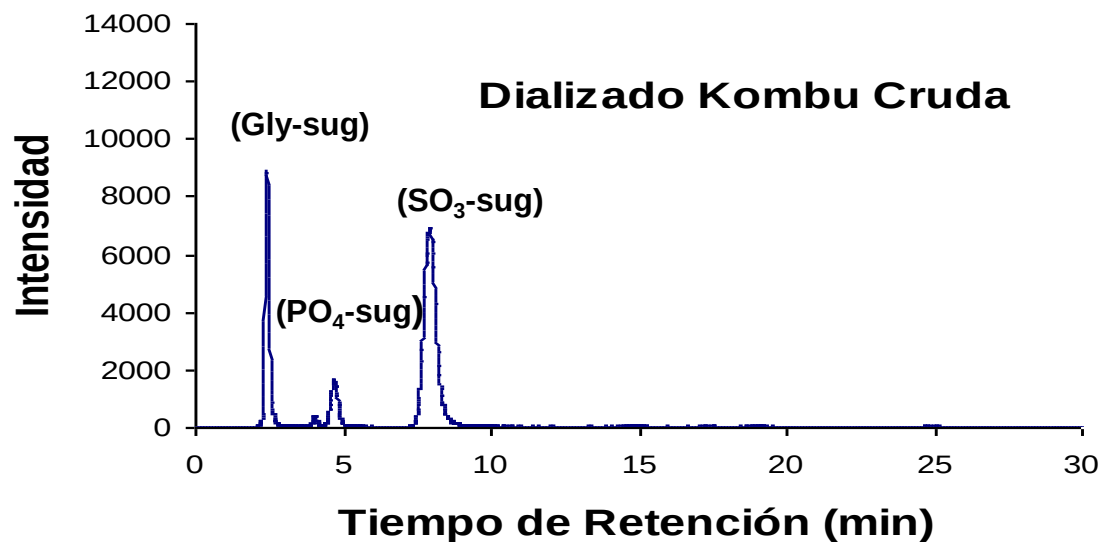
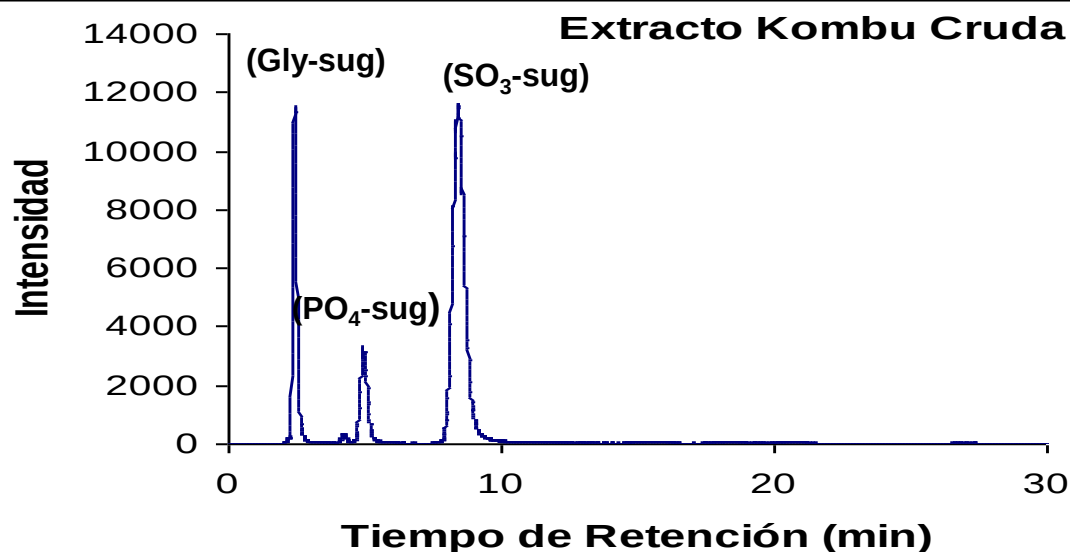
Extracts

Seaweed	Arsenosugars (as As; $\mu\text{g g}^{-1}$, n =3)			Total Arsenosugars (as As; $\mu\text{g g}^{-1}$, n = 3)	Percentage of arsenosugars in the extract (%)
	Glycerol- sugar	Phosphate- sugar	Sulfonate- sugar		
Kombu	8.12 ± 0.25	3.56 ± 0.12	22.8 ± 0.0	34.5 ± 0.3	110 ± 1
Wakame	3.17 ± 0.09	5.35 ± 0.14	5.68 ± 0.09	14.2 ± 0.2	86 ± 1
Nori	4.30 ± 0.09	26.2 ± 0.4	ND	30.5 ± 0.4	102 ± 2
Sea lettuce	0.56 ± 0.03	0.29 ± 0.01	ND	0.85 ± 0.03	44 ± 2

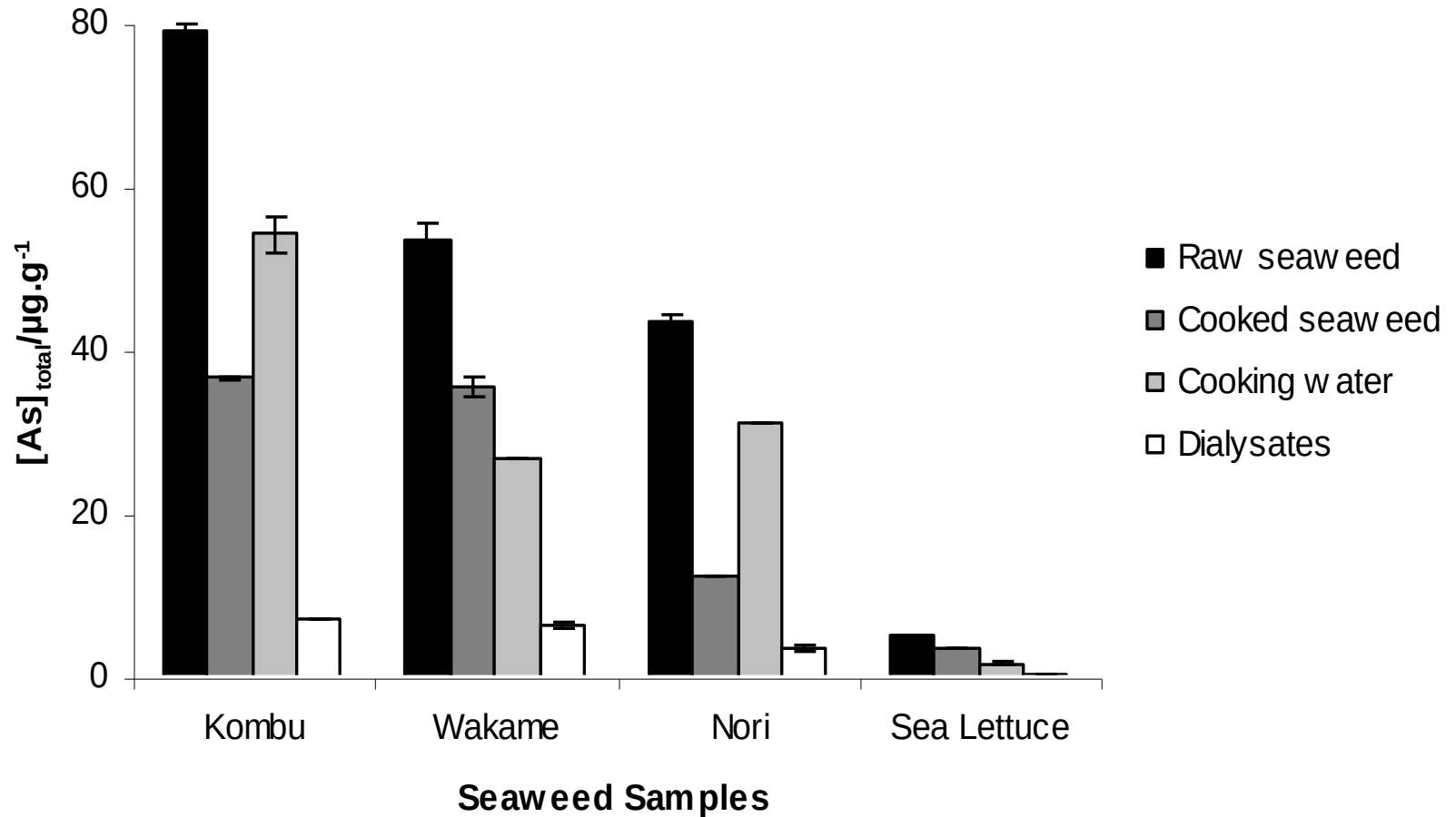
Dialyzates

Seaweed	Arsenosugars (as As; $\mu\text{g g}^{-1}$, n =3)			Total arsenosugars (as As; $\mu\text{g g}^{-1}$, n =3)	Percentage of arsenosugars in dialysates (%)
	Glycerol- sugar	Phosphate- sugar	Sulfonate- sugar		
Kombu	1.95 ± 0.02	0.64 ± 0.01	4.44 ± 0.07	7.03 ± 0.07	93 ± 1
Wakame	1.35 ± 0.02	1.64 ± 0.04	2.39 ± 0.03	5.38 ± 0.05	122 ± 1
Nori	1.78 ± 0.03	7.53 ± 0.15	ND	9.31 ± 0.15	116 ± 2
Sea lettuce	0.15 ± 0.01	0.08 ± 0.01	ND	0.23 ± 0.01	41 ± 1

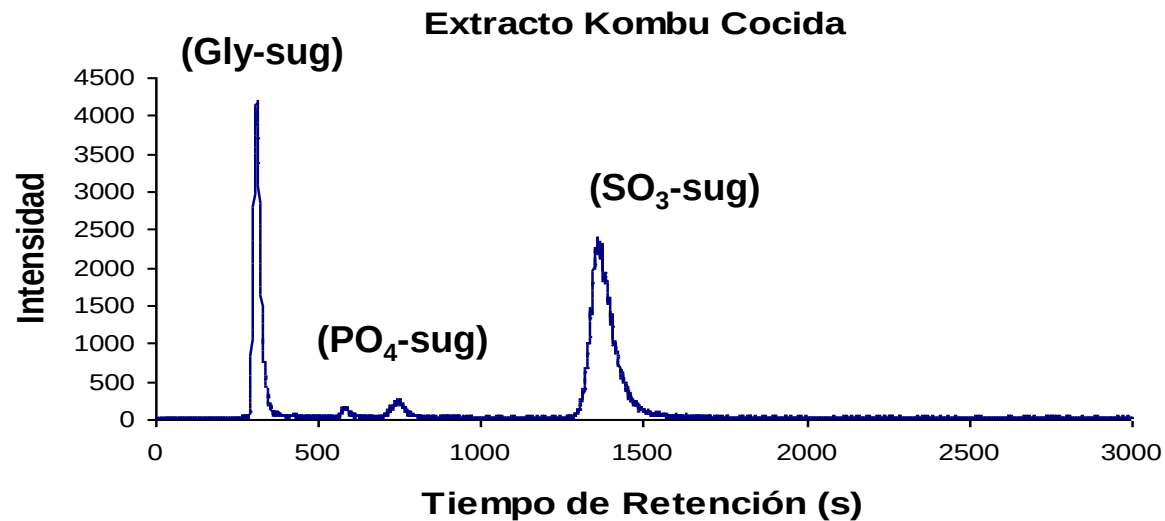
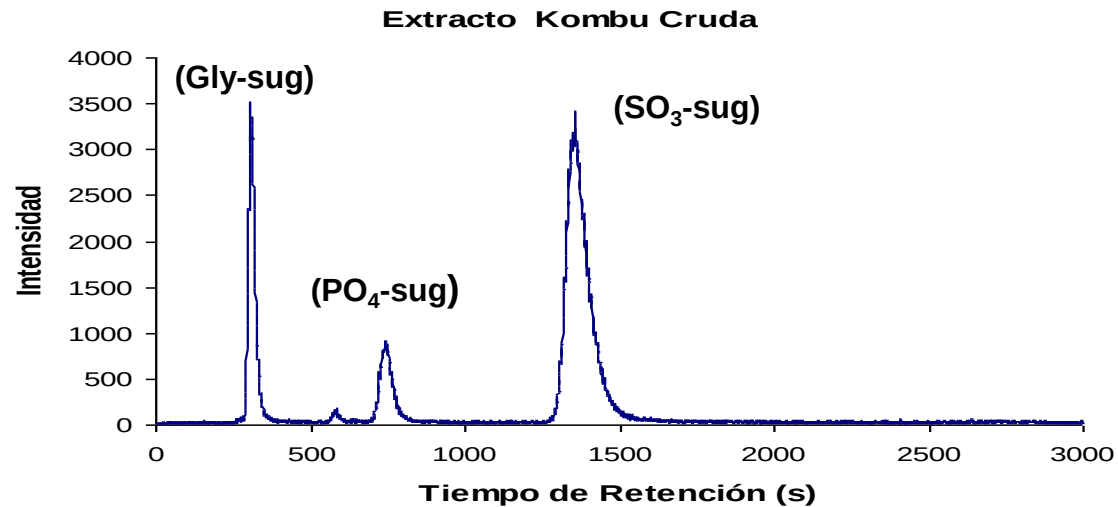
EFFECTO DE LA BIODISPONIBILIDAD SOBRE LAS ESPECIES EN EL ALGA CRUDA



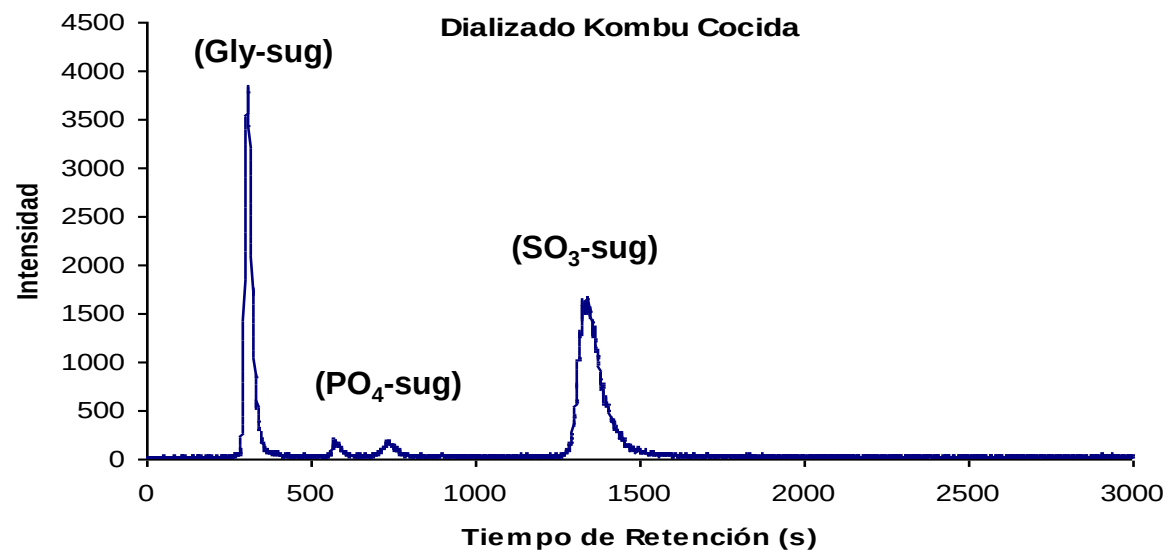
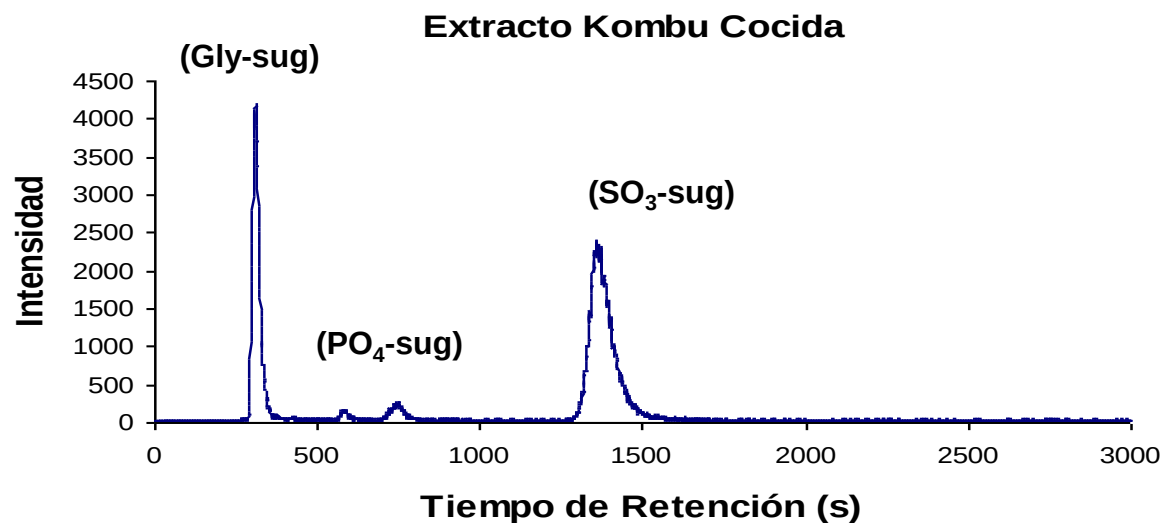
Efecto de la cocción en el nivel de As



EFFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE LAS ESPECIES



EFFECTO DE LA BIODISPONIBILIDAD SOBRE LAS ESPECIES EN EL ALGA COCIDA



Yodo y Bromo en algas

Yodo elemento traza esencial

(síntesis hormonas tiroideas)

especies importantes: MIT y DIT

Bromo elemento traza esencial?

función desconocida

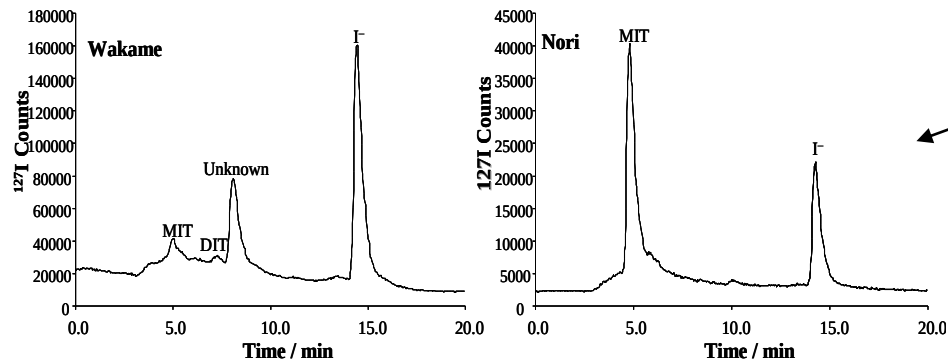
Especies problemáticas: bromuro y bromato
¿especies carcinogénicas?

[illegible]

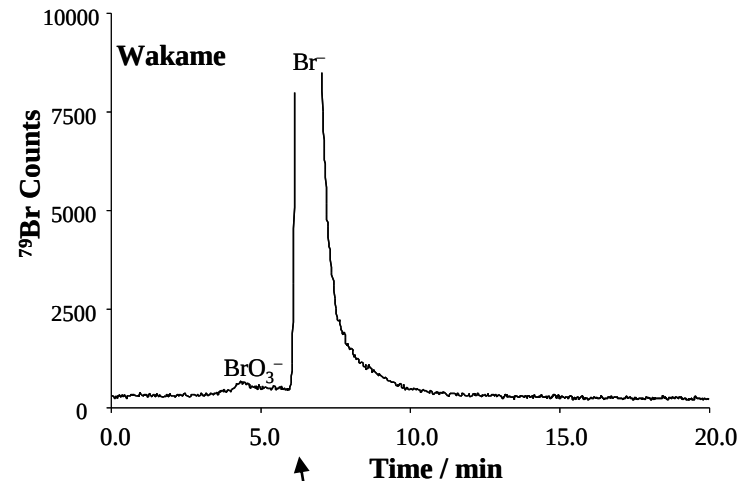
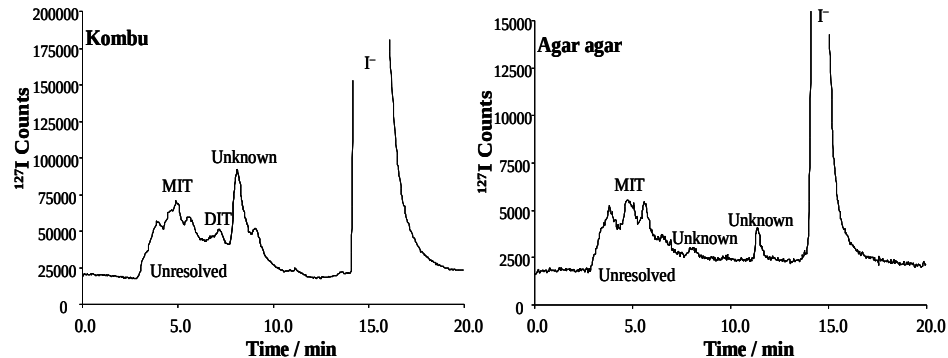
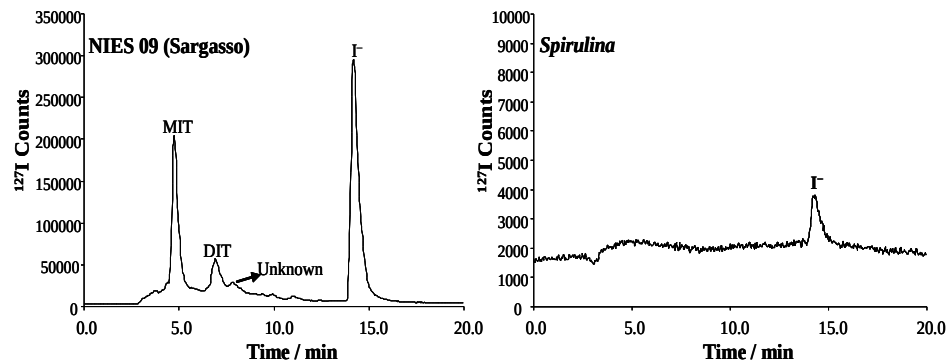
Concentraciones de yodo y bromo en algas

Tipo de alga	Yodo, $\mu\text{g/g}$	Bromo, $\mu\text{g/g}$
Dulse	$7,48 \pm 0,73$	$131,2 \pm 9,4$
Nori	$2,15 \pm 0,41$	$19,7 \pm 0,7$
Lechuga de mar	$1,41 \pm 0,03$	$95,4 \pm 27,8$
Wakame	$6,99 \pm 0,97$	$148,5 \pm 5,7$
Espagueti de mar	$4,36 \pm 0,27$	$127,9 \pm 2,3$
Kombu	1075 ± 109	$191,4 \pm 27,4$
Espirulina	ND	$4,12 \pm 0,52$
Agar Agar	$4,51 \pm 0,51$	$13,6 \pm 1,2$
Sargazzo, Nies 09	$22,5 \pm 0,23$	$28,6 \pm 2,48$
Alga cocida	ND	$22,4 \pm 2,8$

Especies de Yodo y Bromo en dializados de diferentes algas



Especies: I^- , MIT, DIT, desconocidas



Especies: Br^- y BrO_3^-
aparecen en todos los
dializados

MERCURIO

Es el único metal líquido y volátil a T ambiente



propiedades físicas y químicas especiales



muchos usos industriales

Especies químicas:

Mercurio elemental, Hg

Mercurio inorgánico : Hg^+ , Hg^{2+}

Mercurio Orgánico : HgCH_3^+ TÓXICA

TOXICIDAD

HgCH₃⁺ :

Absorción muy alta por vía digestiva (90%)

Liposoluble

Distribución uniforme a través del organismo → altos niveles cerebro

Atraviesa la barrera placentaria

Eliminación : a través de la vesícula a las heces

Vida media : 70 días

Enfermedades relacionadas con el mercurio

- Enfermedades neurológicas e inmunológicas de origen desconocido
- Efectos dañinos sobre el sistema cardiovascular
- Efectos dañinos sobre el sistema reproductor

Niveles de mercurio en algas gallegas

Tipo de alga	Mercurio, $\mu\text{g/g}$
Wakame	0,023 – 0,087
Kombu	0,127 – 0,251
Espagueti de mar	0,174 – 0,198
Nori	0,038 – 0,044

Normativa francesa: $< 0,1 \mu\text{g/g}$

¿Es seguro el consumo de algas?

¿Cómo influye el proceso de cocinado en el contenido de elementos traza y en su especiación ?

RECOMENDACIÓN (UE) 2018/464 DE LA COMISIÓN de 19 de marzo de 2018

Relativa al control de metales y yodo en las algas marinas, las plantas halófitas y los productos a base de algas marinas

1.- Que durante 2018,2019 y 2020, los Estados miembros en colaboración con los explotadores de empresas de alimentos y piensos, procedan al control de la presencia de **ARSÉNICO, CADMIO, YODO, PLOMO Y MERCURIO** en las algas marinas, plantas halofitas y productos a base de algas marinas.

5.- El análisis de mercurio debe realizarse, preferiblemente, mediante la determinación del contenido de **metilmercurio y mercurio total**, y el análisis de arsénico, mediante la determinación del contenido de **arsénico inorgánico y arsénico total**, y si es posible de otras especies pertinentes de arsénico.

