

2019

Informe de resultados del estudio prospectivo para la determinación de Metales y Yodo en algas marinas (EP 10 19 ALG)



MINISTERIO
DE CONSUMO



agencia
española de
seguridad
alimentaria y
nutrición



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. RESUMEN	3
3. MUESTRAS ANALIZADAS.....	4
3.1. Modelo de colaboración de las CC. AA. y los organismos participantes.....	4
3.2. Distribución final de las muestras.	5
4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	5
4.1. Muestras aportadas por CC. AA.	6
5. RESULTADOS	8
5.1. Muestras analizadas por Laboratorio.....	9
6. CONCLUSIONES	34
7. REFERENCIAS.....	35
8. ANEXO I: RESULTADOS ANALÍTICOS.	37



1. INTRODUCCIÓN

La contribución de las **algas marinas** y las **plantas halófilas** a los patrones de consumo de determinados consumidores de la Unión cada vez es más importante.

Las algas marinas y las plantas halófilas aportan un alto valor nutricional a la dieta por la presencia de importantes **macro y micronutrientes**, pero también pueden ser una fuente de **mayor exposición a contaminantes** como arsénico inorgánico, plomo, cadmio y mercurio, así como contribuir a un exceso de algunos nutrientes, como el yodo.

Los **metales pesados** son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano.

Los metales pesados tóxicos más conocidos son el **mercurio**, el **plomo** y el **cadmio**.

Los metales pesados no son química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, principalmente debido a la actividad **industrial y minera**, pueden permanecer en el ambiente durante largos periodos de tiempo, contaminando el suelo y acumulándose en las plantas y los tejidos orgánicos.

Debido a las características específicas de su pared celular y estructura, las algas presentan un **potencial de alta concentración** para minerales y oligoelementos presentes en las aguas circundantes.

Los datos de presencia disponibles ponen de manifiesto que las algas marinas contienen concentraciones significativas de **arsénico, cadmio, yodo, plomo y mercurio**. Dado que las plantas halófilas también crecen en un entorno marino, cabe presumir que su patrón de contaminación sea similar.

En el [Reglamento \(CE\) 1881/2006](#) ⁽¹⁾ se establecen contenidos máximos de **arsénico inorgánico, cadmio y plomo** para varios productos alimenticios, pero no para las algas y las plantas halófilas, salvo los que figuran en los complementos alimenticios.

Actualmente, solo el **mercurio** tiene un límite máximo de residuo (LMR) establecido en el marco de residuos de plaguicidas, de acuerdo con el [Reglamento \(CE\) Nº 396/2005](#) ⁽²⁾ fijado en 0,01* mg / kg (a nivel del límite de determinación analítica), tanto en algas y organismos procariotas como en plantas halófilas comestibles objeto del presente estudio.

El **yodo** es un elemento esencial para la síntesis de las hormonas tiroideas, pero un consumo excesivo de yodo en el organismo puede contribuir a un aumento de patologías del tiroides.

El Comité Científico de la Alimentación Humana, [SCF \(2002\)](#), ⁽³⁾ estableció para la ingesta de yodo un límite máximo de 600 µg/día para los adultos y de 200 µg/día para los niños de 1 a 3 años.



Por tanto, es necesario **evaluar la exposición del consumidor** europeo a estas sustancias para valorar la necesidad de establecer medidas de gestión del riesgo, como el posible establecimiento de niveles máximos.

Por esta razón, la Comisión Europea ha emitido la [Recomendación \(UE\) 2018/464](#) ⁽⁴⁾ en la que se insta a los Estados Miembros, en colaboración con los explotadores de empresas de alimentos y de piensos, a proceder al control de la presencia de arsénico, cadmio, yodo, plomo y mercurio durante los años 2018, 2019 y 2020.

A fin de permitir una estimación exacta de la exposición, dicho control debe incluir muestras de las siguientes matrices:

- plantas halófilas comestibles, como *Salicornia europaea* y *Tetragonia tetragonoides*.
- especies de algas marinas que reflejen los hábitos de consumo y los usos como piensos, como el arame (*Ecklonia bicyclis*), el sargazo vejigoso (*Fucus vesiculosus*), el dulce (*Palmaria palmata*), el hiziki (*Hizikia fusiforme*), el musgo de Irlanda (*Chondrus crispus*), la laminaria digitada (*Laminaria digitata*), el kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*), el nori o el laver púrpura (*Porphyra* y *Pyropia spp.*), el alga de roca (*Ascophyllum nodosum*), la lechuga de mar (*Ulva sp.*), el espagueti de mar (*Himanthalia elongata*), el alga dentada (*Fucus serratus*), *Codium sp.*, el kelp de azúcar (*Saccharina latissima*), el wakame (*Undaria pinnatifida*) o el kelp alado (*Alaria esculenta*).

Con anterioridad, el Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) publicó en 2009 un informe sobre la [evaluación del riesgo asociado a la posible presencia de arsénico en algas destinadas al consumo humano](#) ⁽⁵⁾ y en 2012 otro sobre la [evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo](#) ⁽⁶⁾ por la constancia de que determinadas especies de algas pueden contener niveles excesivos de estos elementos químicos.

Con el objetivo de saber cuál es la situación de la presencia de arsénico, cadmio, yodo, plomo y mercurio en estas matrices, y en cumplimiento de la Recomendación (UE) 2018/464, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ha decidido organizar un estudio prospectivo. Para llevar a cabo este estudio y contar con muestras representativas del territorio nacional, AESAN ha pedido colaboración a las Comunidades Autónomas (CC AA) y a la Subdirección General de Sanidad Exterior (SANEX).

2. RESUMEN

En este estudio prospectivo han participado las siguientes comunidades autónomas: Islas Canarias, Islas Baleares, Galicia y Sanidad Exterior aportando muestras. Además, Cataluña aportó datos de muestras realizadas en su laboratorio.



Desde la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) se propuso un **muestreo de carácter prospectivo**, es decir, **no por triplicado**, como el muestreo reglamentario.

Para la elección de algas y plantas halófitas objeto del muestreo, se siguió la **Recomendación (UE) 2018/464**, **priorizando** el analizar las siguientes especies, ya que del resto de especies de la Recomendación, Cataluña tomó muestras en 2018:

- plantas halófilas comestibles, como *Salicornia europaea* y *Tetragonia tetragonoides*.
- especies de algas marinas como arame (*Ecklonia bicyclis*), sargazo vejigoso (*Fucus vesiculosus*), laminaria digitada (*Laminaria digitata*), alga de roca (*Ascophyllum nodosum*), alga dentada (*Fucus serratus*), *Codium sp.*, kelp de azúcar (*Saccharina latissima*), kelp alado (*Alaria esculenta*).

La toma de muestras se realizó en algas sin procesar, deshidratadas o en conserva, abarcando todos los productos que se elaboren en el **territorio español**, pero también incluyendo aquellos comercializados en España procedentes de **otros países**, especialmente en el caso de las muestras tomadas por la SG de Sanidad Exterior.

La obtención de las muestras se realizó tomando como referencia el [Reglamento \(CE\) nº 333/2007](#) ⁽⁷⁾ de la Comisión, de 28 de marzo de 2007, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control de los niveles de elementos traza y de los contaminantes de proceso en los productos alimenticios.

En dicho Reglamento se menciona, con carácter general, que la **muestra global** que reúna todas las muestras elementales tiene que ser como mínimo 1 kg, con la **excepción** de las algas deshidratadas en las que será de 100 gramos, salvo cuando no sea posible porque se componga de un envase o una unidad.

Las muestras fueron tomadas entre los meses de julio a octubre, incluyéndose la fecha y el lugar de muestreo en la identificación.

Los laboratorios que analizaron las muestras son el Laboratorio Arbitral Agroalimentario y el Laboratori de Salut Pública de les Illes Balears, y la comunidad autónoma de Cataluña había realizado los análisis en su propio laboratorio en el 2018 (Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya).

3. MUESTRAS ANALIZADAS

3.1. Modelo de colaboración de las CC. AA. y los organismos participantes.

CCAA	Muestreo	Análisis	Envío resultados
Sanidad Exterior	X		



Islas Baleares	X	X	X
Islas Canarias	X		
Galicia	X		
Cataluña (*)		X	X

Tabla 1. Modelo de participación de los organismos de colaboración.

(*) Aportó resultados de programa de vigilancia 2018.

3.2. Distribución final de las muestras.

Tras la solicitud de participación desde la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), las comunidades autónomas participantes ofertaron un total de **45 muestras** para análisis con la siguiente distribución, además de contar con los resultados aportados por Cataluña correspondientes a **35 muestras**:

CC. AA.	Plantas halófilas, algas marinas, productos a base de algas	Laboratorio que realiza el análisis
Sanidad Exterior	10	Laboratorio Arbitral Agroalimentario (MAPA)
Islas Baleares	4	Laboratori de Salut Pública Illes Balears
Islas Canarias	16	Laboratori de Salut Pública Illes Balears
Galicia	15	Laboratorio Arbitral Agroalimentario (MAPA)
Cataluña (*)	0	Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya

Tabla 2. Número total de muestras analizadas y laboratorio en el que se ha llevado a cabo su análisis

(*) Aportó resultados de análisis realizados en sus propios laboratorios correspondientes a **35 muestras**, descartándose tres por no corresponder a la descripción de muestras para este Estudio Prospectivo.

4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Los métodos utilizados para el análisis, detección y confirmación de muestras, han sido llevados a cabo por la técnica de **Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)**, **Cromatografía de Líquidos Acoplada a ICP-MS (HPLC-ICP-MS)** y **análisis de mercurio por Espectroscopía de Absorción Atómica con Amalgamación (AMA-AAS)**.



La **Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)**, se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas). Se utiliza para la determinación del plomo, cadmio, arsénico, yodo y también se puede utilizar para el mercurio total.

En la **Cromatografía de Líquidos Acoplada a ICP-MS (HPLC-ICP-MS)**, los analitos son disueltos en la fase móvil líquida y separados según su afinidad con la fase móvil o estacionaria. A la salida de la columna del HPLC, la muestra se introduce directamente en el ICP-MS acoplado, donde los iones de arsénico se separan y cuantifican. Se utiliza para determinación del arsénico Inorgánico y metilmercurio.

La **Espectroscopía de Absorción Atómica con Amalgamación (AMA-AAS)**, consiste en un analizador automático de mercurio (AMA), basado en la combustión catalítica de la muestra, preconcentración por amalgamación de oro, desorción térmica y espectrometría de absorción atómica (AAS), utilizada para determinación de metilmercurio y mercurio total.

4.1. Muestras aportadas por CC. AA.

Al final del estudio, las comunidades autónomas aportaron realmente las siguientes muestras:

CC.AA	Nº muestras aportadas	Laboratorio de análisis	Método analítico (*)
Sanidad Exterior	1**	Laboratorio Arbitral Agroalimentario (MAPA)	ICP-MS HPLC-ICP-MS AMA-AAS
Islas Baleares	4	Laboratori de Salut Pública Illes Balears	ICP-MS HPLC-ICP-MS
Islas Canarias	9**	Laboratori de Salut Pública Illes Balears	ICP-MS HPLC-ICP-MS
Galicia	15	Laboratorio Arbitral Agroalimentario (MAPA)	ICP-MS HPLC-ICP-MS AMA-AAS

Tabla 3. Muestras reales aportadas por las Comunidades Autónomas.

(*) ICP-MS: Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente

HPLC-ICP-MS: Cromatografía de Líquidos Acoplada a ICP-MS

AMA-AAS: Análisis de mercurio por espectroscopía de absorción atómica con amalgamación

(**) SANEX aportó 3 muestras y Canarias 10, pero se desestimaron 2 de las aportadas por SANEX y 1 de las aportadas por Canarias por tratarse de ensalada de algas, o bien algas sin indicar la especie.



Resultados aportados por las CC. AA.

CC. AA.	Nº datos de muestras	Laboratorio de análisis	CC. AA.	Método Analítico (*)
Cataluña	32**	Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya	Cataluña	ICP-MS HPLC-ICP-MS AMA-AAS

Tabla 4. Resultados aportados por Cataluña.

(*) ICP-MS: Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente

HPLC-ICP-MS: Cromatografía de Líquidos Acoplada a ICP-MS

AMA-AAS: Análisis de mercurio por espectroscopía de absorción atómica con amalgamación

(**) Aportó resultados correspondientes a 35 muestras, descartándose 3 por no corresponder a la descripción de muestras para este Estudio Prospectivo.

Muestras totales recibidas.

Teniendo en cuenta las **muestras aportadas por las CC. AA.** y añadiendo los resultados recibidos de **muestras analizadas por Cataluña en 2018**, en la **tabla 5** queda reflejada la distribución final del total de muestras obtenidas:

CC.AA/ SANEX	Total enviadas	Definitivas para EP
Sanidad Exterior	3	1
Islas Baleares	4	4
Islas Canarias	10	9
Galicia	15	15
Total muestras (2019)	32	29
Cataluña	35	32
Total (2018 + 2019)	67	61

Tabla 5. Distribución final de muestras tomadas y resultados aportados por comunidad autónoma.

Se remitieron un total de **32 muestras**. De las mismas, se descartan **3: dos de ellas por corresponder a ensalada de algas y una por no definir especie**, quedándose en 29 el cómputo de muestras válidas recogidas por las CC AA. **El estudio cuenta además con 32 de las 35 muestras enviadas por Cataluña** –se descartan 3 por no ajustarse a las características del estudio- con lo que hay un total de **61 muestras**.



5. RESULTADOS

Con el fin de lograr mayor homogeneidad en el estudio, no se han tenido en cuenta muestras en las que **no se indica la especie**, o bien corresponden a **ensaladas de algas** con especies en proporción variable no especificada, o a especies que **no figuran** en la Recomendación (UE) 2018/464.

Para que los resultados en las distintas **formas de presentación** sean comparables, se ha ajustado el resultado **corregido con la humedad** indicada por cada laboratorio para los distintos contaminantes.

De las 61 muestras válidas para el estudio, 51 corresponden a **algas deshidratadas** (83,60%), 9 tienen la presentación de **algas frescas** (14,75%) y 1 **enlatada** (1,63%).

Los resultados obtenidos de las muestras aportadas por las CC. AA. se encuentran resumidos en el **Anexo I** del presente informe, correspondiendo a la forma en que se presentan los boletines, por tanto, sin corregir la humedad en el caso de muestras no deshidratadas.

En los siguientes apartados se indica el desglose **por especies** de algas enviadas y analizadas en cada **laboratorio**, así como por **comunidad autónoma**, y a continuación, se analizan los resultados de las muestras para **cada uno** de los **contaminantes** a estudio tanto para el total de las muestras como para **cada una de las especies** que han formado parte del estudio.

Al **no haber Límites máximos** legislados en estas matrices para los distintos contaminantes analizados, las muestras se consideran a priori que cumplen con la legislación alimentaria en vigor.

Sólo el **mercurio** tiene base legal, no dentro del Reglamento 1881/ 2006 sobre contaminantes en alimentos, sino como límite máximo de residuo (LMR), de acuerdo con el Reglamento (CE) Nº 396/2005 de plaguicidas, fijándolo en 0,01* mg / kg.

Ante la ausencia de Límite máximos para analizar los resultados, se procede a su **Evaluación del riesgo** teniendo en cuenta las **opiniones de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)** para cada uno de los contaminantes, así como las consideraciones sobre **ingestas** y **peso corporal** que se describen a continuación:

- Se tienen en cuenta los **datos de consumo** de ENALIA 2 (Encuesta Nacional de Alimentación en población adulta, mayores y embarazadas), indicando una **media** de **10,39 gr/día** de algas desecadas para adultos de 18 a 74 años, que coincide con la **media** de consumo (**10 gr/ día**) determinada para España en la [Base de datos integral de consumo de alimentos de la EFSA](#) ⁽⁸⁾.
- Se considera un **peso corporal** en adultos de 70 kg, acorde a la [Guía de valores por defecto de EFSA \(2012\)](#) ⁽⁹⁾



5.1. Muestras analizadas por laboratorio

Las muestras consideradas para el estudio se desglosan por especies por orden alfabético (**Tabla 6**), indicándose el laboratorio que las ha analizado y el porcentaje de muestras que supone cada una de las especies respecto al total.

De las **61** muestras de algas y plantas halófitas, **59** corresponden a **10 especies distintas de algas**, y las **2** muestras restantes corresponden a **una especie de planta halófitas** - *Salicornia (Salicornia europaea)*-, todas incluidas en la Recomendación (UE) 2018/464.

El mayor porcentaje de muestras pertenece a la especie **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**, con un **27,87 % de las mismas**, seguida de la especie **Nori o laver púrpura (*Porphyra* y *Pyropia spp.*)** con un **18,03 %**, y del **Wakame (*Undaria pinnatifida*)** con un **16,39 %**.

	Tipo de alga o planta halófitas	LABORATORIOS			Nº Mu.	%
		Lab. Cataluña	Lab. Baleares	LAA		
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)		1		1	1,64
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)		1	1	2	3,28
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	2		1	3	4,92
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	2		5	7	11,48
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2			2	3,28
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	10	3	4	17	27,87
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	2		1	3	4,92
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3			3	4,92
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	5	4	2	11	18,03
Pl. halófitas	<i>Salicornia (Salicornia europaea)</i>		2		2	3,28
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	6	2	2	10	16,39
		32	13	16	61	100,00

Tabla 6. Distribución de especies de algas/ plantas halófitas analizadas por laboratorio.

La **proporción de muestras de cada especie** de alga o planta halófitas respecto al total, quedaría representada así:

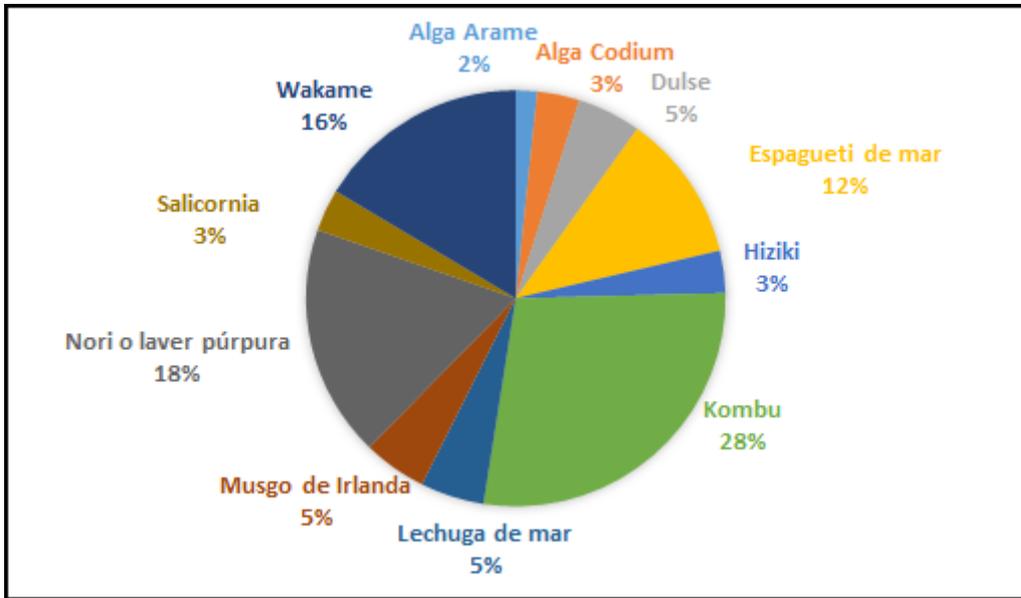


Fig. 1. Proporción del número de muestras por especie de algas y plantas halófitas.

Muestras aportadas por las CC. AA.

Se indican las especies de algas o plantas halófitas enviada por cada Comunidad Autónoma (**Tabla 7**).

Cataluña aporta un 52,45% de las muestras, encontrándose entre ellas las tres especies con mayor presencia (Kombu -*Laminaria japónica*, *Saccharina japónica*-, Nori o laver púrpura -*Porphyra* y *Pyropia spp*- y Wakame -*Undaria pinnatifida*-. El Nori o laver púrpura, asimismo, supone el 44,4% de las muestras aportadas por **Canarias**.

De la siguiente especie con mayor porcentaje de muestras, Espaguete de mar (*Himanthalia elongata*), con un **11,48 %**, **Galicia** aporta 5 de las 7 muestras analizadas de esta especie (el 71,42%).

Baleares aporta muestras que se indicaron en el actual Protocolo como preferentes por no encontrarse entre las aportadas por Cataluña en sus controles de 2018: la planta halófitas *Salicornia* (*Salicornia europaea*) y las algas Arame (*Ecklonia bicyclis*) y *Codium sp.*, **Galicia** también aporta una muestra de *Codium sp.*,

		CC AA					
	Tipo de alga o planta halófitas	Cataluña	Baleares	Canarias	Galicia	SANEX	Nº Mu
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)		1				1



Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)		1		1		2
Alga	Dulse (<i>Palmaria palmata</i>)	2			1		3
Alga	Espaguete de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	2			5		7
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2					2
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	10		3	3	1	17
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	2			1		3
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3					3
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	5		4	2		11
Pl. halófito	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)		2				2
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	6		2	2		10
		32	4	9	15	1	61

Tabla 7. Distribución de especies de algas/ plantas halófitas enviadas por CC AA.

Análisis por contaminante

A continuación, se detalla el análisis para **cada contaminante** de los que consta el Estudio Prospectivo en estas algas y plantas halófitas.

Hay un elevado número de resultados inferiores a los límites de cuantificación (LC o LOQ) o “left-censored data” en contaminantes como el **Arsénico Inorgánico** y el **Metilmercurio** –donde **todas** las muestras están por debajo del LC-. Para los **cálculos estadísticos**, se ha empleado el método de sustitución de acuerdo a las recomendaciones que proporciona la guía de EFSA [“Management of left-censored data in dietary exposure assesment of chemical substances”](#) ⁽¹⁰⁾, en el que se asignan valores determinados a estos resultados por debajo del LC. Estos cálculos pueden aportar una percepción más exacta de sus contenidos.

En el caso de los metales pesados se acepta que no existen “verdaderos ceros”, ya que son sustancias ubicuas que podrían estar siempre presentes, aunque, a veces, en bajísimas concentraciones. De acuerdo con los criterios de la guía:

- En los casos en que el número de resultados <LC es **inferior al 60%** del total, éstos resultados son sustituidos por **½ del LC**.



- En los casos en que el número de resultados <LC es **superior al 60%**, se realizan dos estimaciones, dando lugar al:
 - o nivel bajo o “**lower bound level**” cuando los resultados <LC se sustituyen por $\frac{1}{2}$ LC
 - o nivel alto o “**upper bound level**” cuando los resultados <LC se sustituyen por **el LC**.

Para la representación en las gráficas se ha tenido en cuenta el “**lower bound level**”, considerando los resultados <LC como $\frac{1}{2}$ LC.

*Para información más detallada sobre los resultados obtenidos, ver el **Anexo I** del informe.*

Plomo

Desde los años 70 se han implementado en Europa numerosas medidas legales para eliminar el plomo del entorno, lo cual ha tenido un efecto considerable en la reducción de la exposición al plomo.

En 2006, la **Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)** clasificó el plomo inorgánico como probable carcinógeno para los humanos (**Grupo 2A**).

Actualmente, en el Reglamento 1881/2006 hay establecido un límite máximo de plomo de **3 mg/ kg** en complementos alimenticios, pero no en algas, motivo por el que se desarrolla este estudio.

Análisis del contenido de plomo (en mg/ kg) en algas y plantas halófitas

Se han recopilado resultados de las 61 muestras.

Se han encontrado 2 valores por **debajo del límite de cuantificación (LC)**, (el **3,27 %** de las muestras), correspondiendo a la especie de alga **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)** y de planta halófito **Salicornia (*Salicornia europaea*)**.

	Especie	nº muestras < LC	Valor en mg/ kg del LC
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	1	0,095
P. halófito	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	1	0,020

Tabla 8. Distribución por especies de muestras con un contenido en **Pb < LC**.

Para realizar los cálculos estadísticos, a estos dos valores se les atribuye la cantidad de $\frac{1}{2}$ LC. En el caso del **alga Kombu** (corresponde a una muestra enviada por Cataluña,



analizada en el Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya), este LC es de 0,095 mg/ kg, por lo que el valor sería de 0,0475.

La otra muestra por debajo del LC (planta halófito **Salicornia**), analizada en el Laboratori de Salut Pública Illes Balears, el LC es de 0,020 mg/kg, por lo que el valor sería de 0,010.

Del **análisis estadístico** de los 61 datos, resulta un **valor medio de 0,34 mg/ kg** y un **P 95 de 1,32 mg/ kg**, oscilando el contenido en plomo entre 0,01 y 1,86 mg/ kg.

Las muestras con valores más elevados, por encima del P 95 de 1,32 mg/ kg, corresponden al alga **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**, con 1,86 mg/ kg y al **Espagueti de mar (*Himanthalia elongata*)**, con 1,63 mg/ kg. Una muestra de alga **Wakame (*Undaria pinnatifida*)** tiene un valor igual al P95 (1,32 mg/ kg).

	Especie	nº muestras con valores más altos	Valor en mg/kg > P 95	Valor en mg/kg = P95
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	1	1,86	
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	1	1,63	
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	1		1,32

Tabla 9. Distribución por especies de muestras con un contenido en **Pb** igual o mayor que el **P95**.

El análisis de **contenido medio por especie** de algas y plantas halófitas (**no hay suficientes datos por especie para determinar el P95**) sería el siguiente:

	Tipo de alga o planta halófito	Nº Mu	Media (mg/kg)
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	0,05
Alga	Alga Codium (<i>Codium</i> sp.)	2	0,23
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	0,69
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	7	0,40
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	0,21
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	17	0,27
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva</i> sp.)	3	0,58
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3	0,31
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	11	0,20
Pl. halófito	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	0,17
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	10	0,57
		61	

Tabla 10. Contenido de la media de **plomo** para cada especie de algas y plantas halófitas.

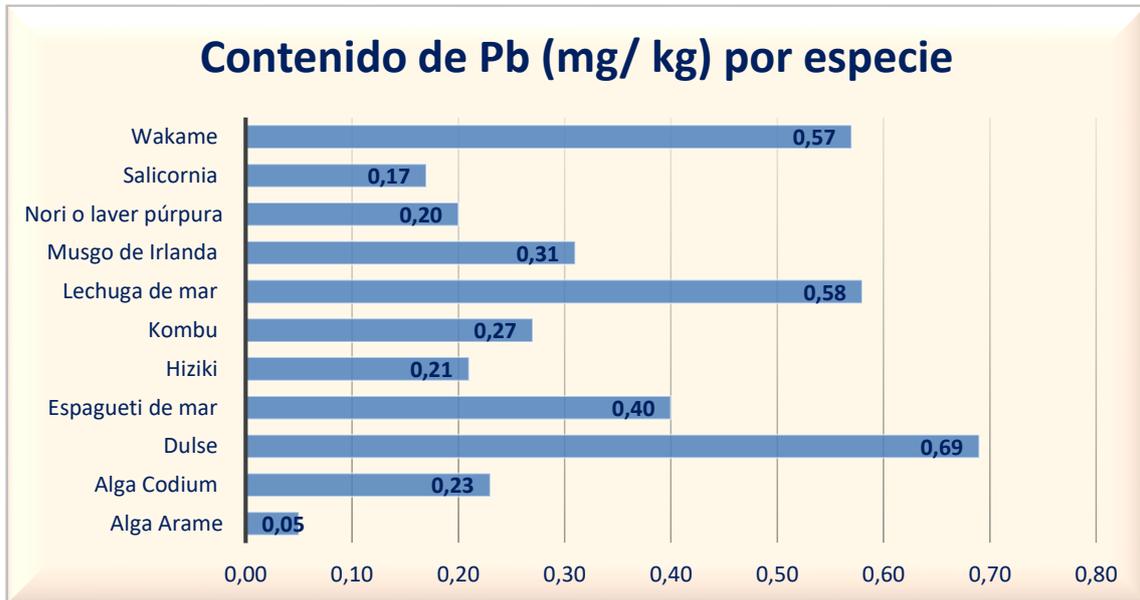


Fig. 2. Contenido de la media de **plomo** para cada especie de algas y plantas halófitas

La **representación gráfica** del contenido de plomo en las muestras recogidas por las distintas comunidades autónomas sería la siguiente:

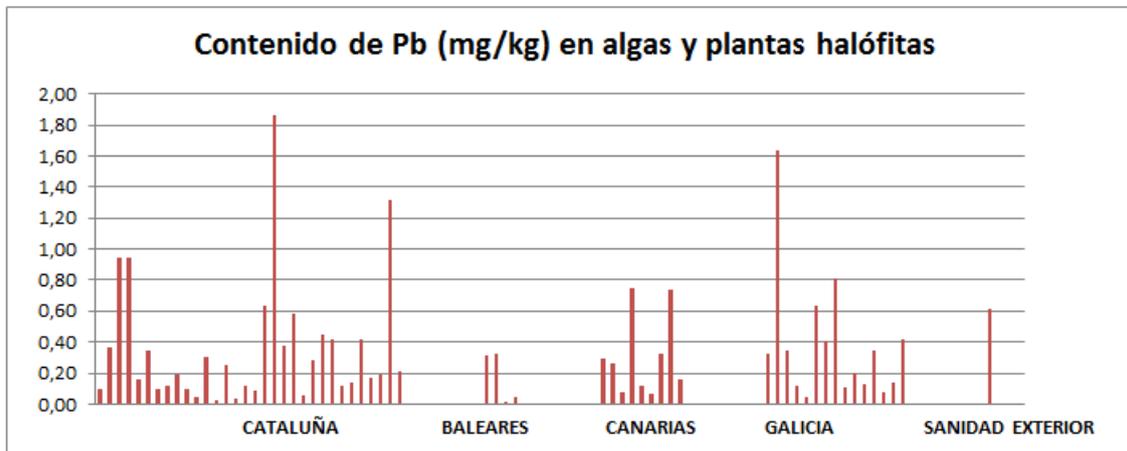


Fig. 3. Presencia de **plomo** en algas y plantas halófitas.

Ante la ausencia de Límite máximo legislado en estas matrices para el plomo, procedemos a su **Evaluación del riesgo**.

Para ello, revisamos la [Opinión científica de EFSA \(2010\)](#) ⁽¹¹⁾ sobre los posibles riesgos para la salud relacionados con la presencia de **plomo** en los alimentos. El Panel fija un **BMDL10= 0,63 µg/kg** de peso corporal por día, estimando que para un **Margen de Exposición (MOE)** igual o mayor de **10**, **no habría riesgo apreciable** para la salud, aunque, asimismo, considera que un **MOE > 1** supone un **riesgo muy bajo**.



$$MOE = \frac{RP \text{ BMDL}_{10}}{DE}$$

Para poder determinar el valor de este MOE, aplicamos el **BMDL10= 0,63 µg/kg** determinado por EFSA, y el concepto de Dosis de exposición es **DE= (Conc. Pb) µg/ g x Xg/ kg peso corporal**.

Al respecto tenemos en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un **valor de la media** (0,34 mg/ kg) y **del P 95** (1,32 mg/ kg) de la concentración de plomo en algas y plantas halófitas.
- Se consideran los **datos de consumo** de ENALIA 2 de **10,39 gr/día** de algas desecadas.
- Se considera un **peso corporal** en adultos de 70 kg, acorde a la Guía de valores por defecto de EFSA (2012), tal como se ha mencionado anteriormente.

Suponiendo como concentración para el plomo el **valor de la media** de 0,34 mg/ kg, resultaría un **MOE de 12,6, con lo que no habría riesgo apreciable para la salud**.

$$\frac{0,63 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}}{0,34\mu\text{g}/\text{gx } 10,39\text{g}/70\text{kilos}} = \frac{0,63}{0,05} > 10$$

Sin embargo, si tenemos en cuenta el valor del **P 95** con de 1,32 mg/ kg, resultaría un **MOE de 3,15** siendo por tanto menor de 10 y por tanto no se puede concluir con que no habría riesgo apreciable para la salud, si bien es un MOE > 1, y por tanto de poca preocupación.

$$\frac{0,63 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}}{1,32\mu\text{g}/\text{gx } 10,39\text{g}/70\text{kilos}} = \frac{0,63}{0,2} < 10$$

En la reciente publicación del artículo de revisión de EFSA (2019) sobre [Análisis y Evaluación del riesgo en algas](#) ⁽¹²⁾, realizada en seguimiento de la Recomendación (UE) 2018/464 sobre la recopilación de datos de contaminantes en algas, **se analiza el contenido de plomo, mercurio, arsénico inorgánico, cadmio y yodo** en muestras de algas de diferentes especies cultivadas y cosechadas en Dinamarca (*Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Fucus spiralis*, *Fucus evanescens*, *Saccharina latissima*, *ulva lactuca* y *Ccladophora sp.*).

El contenido de **plomo** descrito por **EFSA** en el estudio para estas especies oscila entre 0,072 y 9,6 µg/g -siendo este valor máximo notablemente superior al valor máximo detectado en las muestras del presente estudio con 1,86 µg/g-.

EFSA considera en su conclusión que, **si bien las algas no son una contribución principal a la dieta como fuente de exposición, el aumento de la exposición al plomo y sus efectos sobre la salud no pueden excluirse debido a su consumo**.



EFSA, en su informe de **Exposición alimentaria al plomo en la población europea** ([EFSA, 2014](#))⁽¹³⁾ concluye con que las exposiciones más altas son en *toddlers* (de 1 a 3 años) y *other children* (de 3 a 10 años).

Hay que puntualizar que EFSA considera para su **evaluación del riesgo** un consumo medio de **5 gramos/ día**.

Nosotros hemos tenido en cuenta las **cifras de consumo de ENALIA 2**, con un consumo diario de **10,39 gramos/ día**.

No obstante, aun realizando la evaluación del riesgo teniendo en cuenta el consumo de 5 gramos en lugar de 10,39 que considera EFSA en su estudio, para un valor **P 95** de 1,32 mg/ kg, el resultado del **MOE sería 6,70 (menor de 10), aunque superior a 1**, y por tanto supondría un **riesgo muy bajo**.

Cadmio

El cadmio es un metal pesado que se encuentra en el **medioambiente** como subproducto inevitable en las actividades mineras y que cuenta con muchas aplicaciones industriales.

La **Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC)** ha clasificado el cadmio como un agente de la **categoría 1 (cancerígeno para los humanos)** por existir suficiente evidencia científica que lo avala.

Actualmente, en el Reglamento 1881/2006 hay establecido un límite máximo de cadmio de **3 mg/ kg** en *“Complementos alimenticios compuestos exclusiva o principalmente de algas marinas desecadas, de productos a base de algas marinas o de moluscos bivalvos desecados”*, pero no en algas, motivo por el que se desarrolla este estudio.

Análisis del contenido de cadmio (en mg/ kg) en algas y plantas halófitas

Se han recopilado resultados de las 61 muestras.

Todos los valores están por **encima del límite de cuantificación (LC)**.

Del **análisis estadístico** de los 61 datos analizados, resulta un valor medio de 0,84 mg/ kg y un P 95 de 2,26 mg/ kg, oscilando de 0,058 a 3,43 mg/ kg.

Dos de las muestras con valores más elevados, por encima del P 95 de 2,26 mg/ kg, corresponden al alga **Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)** con 3,43 y 2,96. Una muestra de alga **Wakame (Undaria pinnatifida)** contiene 2,7 mg/ kg. Otra muestra de **Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)** corresponde al valor del P95, con 2,26 mg/ kg.



	Especie	nº muestras con valores más altos	Valor en mg/kg > P 95	Valor en mg/kg = P95
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	2	3,43	
			2,96	
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	1	2,7	
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	1		2,26

Tabla 11. Distribución por especies de muestras con un contenido en Cd igual o mayor que el P95.

El análisis de **contenido medio de cadmio por especie** de algas y plantas halófitas sería el siguiente.

	Tipo de alga o planta halófitas	Nº Mu	Media (mg/kg)
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	0,66
Alga	Alga Codium (<i>Codium</i> sp.)	2	0,12
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	0,14
Alga	Espaguete de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	7	0,41
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	0,97
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	17	0,47
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva</i> sp.)	3	0,09
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3	0,68
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	11	2,01
Pl. halófitas	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	0,30
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	10	1,23
		61	

Tabla 12. Contenido de la media de Cadmio para cada especie de algas y plantas halófitas.



$$\frac{HBGV}{DE} = \frac{TWI}{DE} = 1$$

Suponiendo:

- el **valor de la media** de 0,84 mg/ kg como concentración para el cadmio,
- los datos de consumo de ENALIA 2 descritos anteriormente de 10.39 gr/día, que **semanalmente** -con objeto de comparar con la TWI para el Cadmio- serían de **72,73 g**.
- y, tal como se ha mencionado antes, **70 kg** de peso corporal.

Aplicando la fórmula anterior, resulta un cociente de **2,87** siendo superior a 1 y por tanto **sin que se considere una situación de preocupación**.

$$\frac{2,5 \mu g / kg pc / semana}{0,82 \mu g / gx X (10,39x7g)/70kilos} = \frac{2,5}{0,87} > 1$$

Si tenemos en cuenta el valor del P 95 de 2,26 mg/ kg, el resultado es **1,06**, por tanto, aunque sólo ligeramente, también es superior a 1, por lo que **tampoco se podría considerar una situación de preocupación**:

$$\frac{2,5 \mu g / kg pc / semana}{2,26 \mu g / gx X (10,39x7g)/70kilos} = \frac{2,5}{2,34} > 1$$

La concentración de **cadmio** descrito por EFSA en su artículo de revisión de 2019 oscila de 0,017 a 1,97 µg/g, **considerando EFSA en su conclusión que supone una cantidad insignificante de contribución de cadmio por medio de la ingesta de algas**.

Los cálculos de la evaluación del riesgo realizados en el caso de nuestro estudio revelan que, incluso en un escenario más conservador con **cifras de consumo de 10,39 gramos/día** y unas **concentraciones de cadmio superiores a las obtenidas por EFSA**, tampoco suponen una situación de preocupación.

Arsénico

El arsénico es un metaloide que tiene su origen tanto de forma **natural como procedente de fuentes antropogénicas** y que se presenta en diferentes formas químicas (inorgánicas y orgánicas).

La principal fuente de exposición humana al arsénico es la ingesta de alimentos y agua. El **arsénico inorgánico** ha sido clasificado como **“cancerígeno para el ser humano (Grupo 1)”** por la IARC.



Actualmente, en el Reglamento 1881/2006 hay establecidos límites máximos para determinados productos alimenticios, que no incluyen algas.

Análisis del contenido de Arsénico (en mg/ kg) en algas y plantas halófitas

Arsénico total

Se han recopilado resultados de las 61 muestras.

Sólo hay un valor por **debajo del límite de cuantificación (LC)**, (el **1,63 %** de las muestras), correspondiendo a la especie de planta halófito **Salicornia (*Salicornia europaea*)**.

	Especie	nº muestras < LC	Valor en mg/ kg del LC
Alga	<i>Salicornia (Salicornia europaea)</i>	1	0,020

Tabla 13. Especie de la muestra con un contenido en **Arsénico < LC**.

Este valor, correspondiente a una muestra analizada en el Laboratori de Salut Pública Illes Balears, se considera para los cálculos estadísticos como $\frac{1}{2}$ LC. El LC es de **0,020 mg/kg**, adjudicándose el valor de **0,010 mg/kg**.

Del **análisis estadístico** de los 61 datos analizados, resulta un valor medio de 35,5 mg/ kg y un P 95 de 85 mg/ kg, oscilando de 0,01 a 121 mg/kg.

Las tres muestras con valores más elevados, por encima P 95 de 85 mg/ kg, corresponden dos de ellas al alga **Kombu (*Laminaria japonica, Saccharina japonica*)** con 121 y 96 mg/ kg y una al alga **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**, con 111 mg/ kg.

La muestra con el valor P 95 de 85 mg/ kg corresponde también al alga **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**.

	Especie	nº muestras	Valor en mg/kg > P 95	Valor en mg/kg = P95
Alga	<i>Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)</i>	2	121	
			96	
Alga	<i>Hiziki (Hizikia fusiforme)</i>	1	111	
Alga	<i>Hiziki (Hizikia fusiforme)</i>	1		85

Tabla 14. Distribución por especies de muestras con un contenido en **Arsénico igual o mayor que el P95**.

El análisis de **contenido medio por especie** de algas y plantas halófitas sería el siguiente:



	Tipo de alga o planta halófitas	Nº Mu	Media (mg/kg)
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	22
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	2	23,99
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	8,95
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	7	34,54
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	98
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	17	58,66
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	3	4,49
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3	15,40
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	11	20,63
Pl. halófitas	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	0,10
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	10	34,99
		61	

Tabla 15. Contenido de la media de arsénico para cada especie de algas y plantas halófitas.

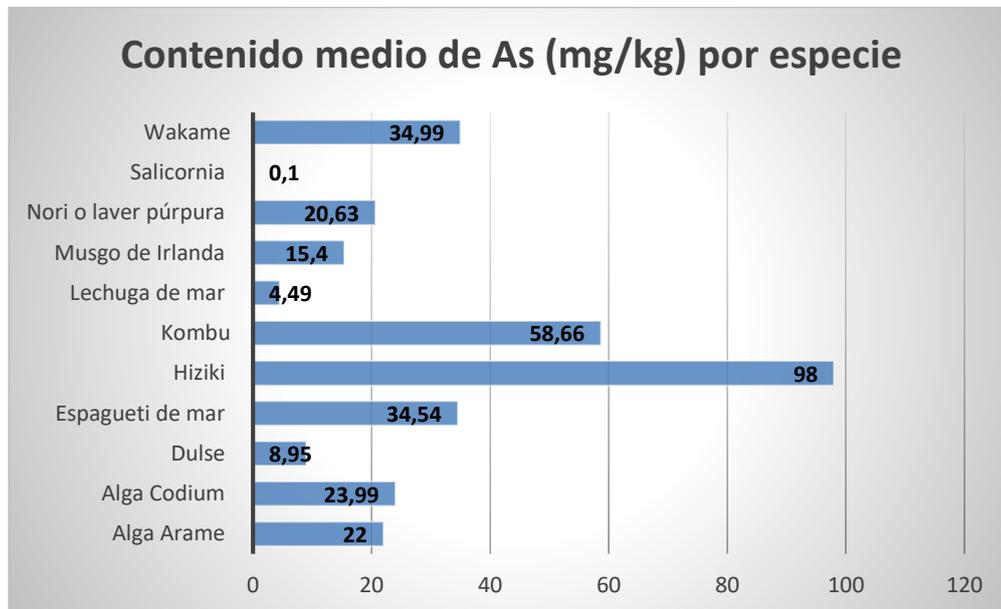


Fig. 6. Contenido de la media de arsénico para cada especie de algas y plantas halófitas

La **representación gráfica** del contenido de arsénico en las muestras aportadas por comunidades autónomas sería la siguiente:

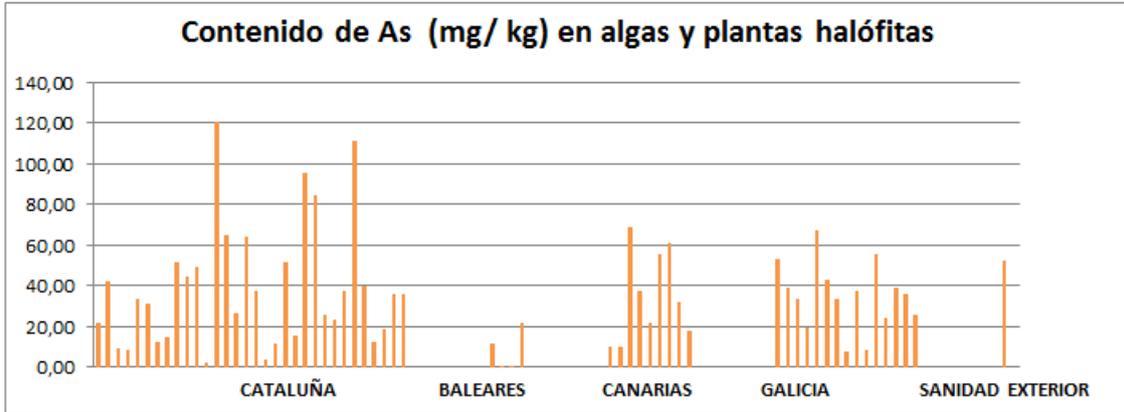


Fig. 7. Presencia de **Arsénico** en algas y plantas halófitas.

La publicación del artículo de revisión de EFSA (2019) sobre Análisis y Evaluación del riesgo en algas, indica valores de arsénico total de **3,192 a 116,677 mg/ kg**.

Para el presente estudio, de todas las muestras de arsénico total se procedió a la **caracterización de arsénico inorgánico**. El arsénico inorgánico es la especie mejor caracterizada toxicológicamente y resulta más perjudicial que las formas orgánicas de arsénico. Por lo tanto, el arsénico inorgánico es la forma arsenical de relevancia, y sobre la que EFSA fija valores toxicológicos en su [Opinión científica \(2009\)](#) ⁽¹⁵⁾ sobre arsénico en alimentos, no habiéndose determinado para el arsénico total.

Arsénico inorgánico

En el artículo de revisión publicado por **EFSA (2019)** sobre Análisis y Evaluación del riesgo en algas, el análisis del arsénico inorgánico está **aún en preparación** por lo que sólo se incluyen datos de arsénico total, sin llevar a cabo evaluación del riesgo ni datos sobre su exposición. EFSA indica en este artículo que la especiación del arsénico no es frecuentemente incluida. Sin embargo, sí se ha llevado a cabo la determinación de arsénico inorgánico en la realización de este Estudio Prospectivo.

De los 61 datos analizados, hay 32 con un contenido en **arsénico inorgánico por debajo del límite de cuantificación (LC)**, (el **52,46 %** del total de las muestras), correspondiendo a todas las especies muestreadas, a excepción del alga Hiziki (*Hizikia fusiforme*):

	Especie	nº muestras < LC	Porcentaje sobre el nº de muestras < LC (32)	Porcentaje sobre el nº de muestras total (61)
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	9	28,13	14,75
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	8	25	13,11
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	4	12,5	6,56



Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	3	9,38	4,92
P. halófito	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	6,25	3,28
Alga	Dulse (<i>Palmaria palmata</i>)	2	6,25	3,28
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva</i> sp.)	1	3,13	1,64
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	1	3,13	1,64
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	3,13	1,64
Alga	Alga Codium (<i>Codium</i> sp.)	1	3,13	1,64
	TOTAL	32	100	52,46

Tabla 16. Distribución por especies de muestras con un contenido en **Ar inorgánico < LC**.

Al ser el número de resultados **<LC inferior al 60%** del total, éstos resultados son sustituidos por **½ del LC** para efectuar el análisis estadístico. Estas muestras con resultados por debajo del LC proceden de los tres laboratorios que participan en el estudio, teniendo fijado el Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya el LC en 0,1 mg/ kg, el Laboratori de Salut Pública Illes Balears en 0,020 mg/kg, y el Laboratorio Arbitral Agroalimentario en 0,050 o 0,020 según se trate de algas deshidratadas o frescas. No obstante, también remiten resultado del Arsénico Inorgánico cuantificado, por debajo de estos LC.

De los 61 datos, destacan los valores de **98,4 mg/ kg y 73,4 mg/ kg** correspondientes a las muestras de dos algas de la especie **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**, siendo muy bajo en el resto de especies.

	Especie	nº muestras con valores más elevados	Valor en mg/kg > P 95
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	98,4
			73,4

Tabla 17. Distribución por especies de muestras con un contenido en **arsénico igual o mayor que el P95**.

EFSA, en su Informe de 2014 sobre la [exposición dietética al Arsénico inorgánico](#)⁽¹⁶⁾, destaca también el **elevado contenido de arsénico inorgánico** en esta especie **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**, que llevó a varias autoridades en el pasado a aconsejar a los consumidores que evitaran su consumo. De hecho, EFSA no tiene en cuenta esta especie de alga al realizar la exposición dietética en el informe, al contar tan sólo con un dato de consumo en la *Comprehensive database* de EFSA.

Del **análisis estadístico** de los 61 datos analizados, resulta una **media de 2,90 mg/ kg** y un **P 95 de 0,34 mg/ kg**. El P 95 tiene un valor inferior a la media, con una varianza de 242,6 al tratarse de sólo dos muestras con un valor tan elevado en contraste con el resto (el **P 98,3** tiene el valor de 73,4 y el **P 100** el de 98,4, que son los valores correspondientes a estas dos muestras de alga **Hiziki**).

Muy alejadas de los valores de estas dos muestras correspondientes a la especie Hiziki, hay tres muestras de algas con **0,337 mg/ kg -Lechuga de mar (*Ulva* sp.)-**, **0,311 mg/kg**



-Dulce (*Palmaria palmata*)- y 0,301 mg/ kg -Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)-.

El análisis de **contenido medio por especie** de algas y plantas halófitas sería el siguiente:

	Tipo de alga o planta halófitas	Nº Muestras	Media (mg/kg)
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	0,01
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	2	0,22
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	0,21
Alga	Espaguete de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	7	0,07
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	85,90
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	17	0,08
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	3	0,17
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3	0,09
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra y Pyropia spp.</i>)	11	0,09
Pl. halófitas	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	0,01
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	10	0,06
		61	

Tabla 18. Contenido de la media de **arsénico inorgánico** para cada especie de algas y plantas halófitas.

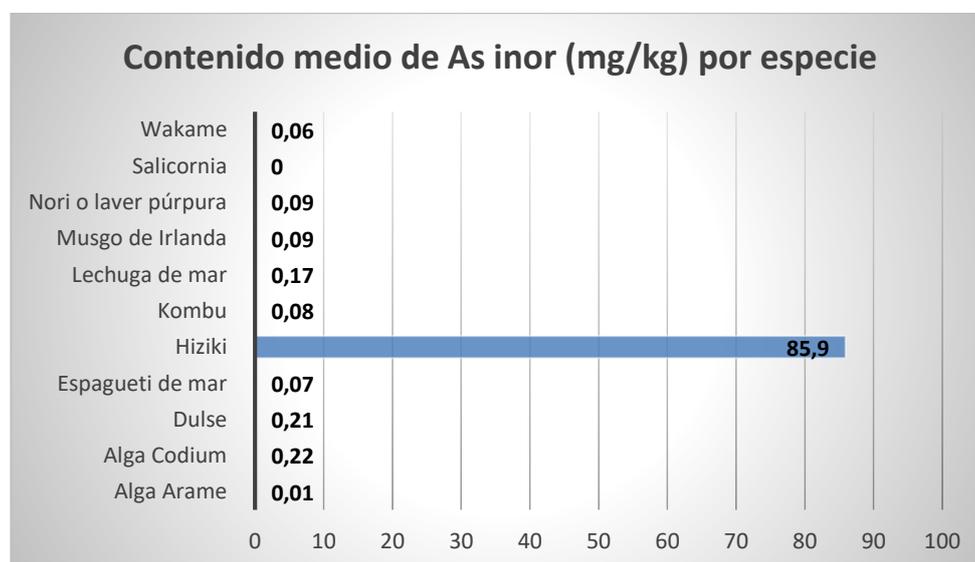


Fig. 8. Contenido de la media de **arsénico inorgánico** para cada especie de algas y plantas halófitas

La **representación en la gráfica** es apenas perceptible para las muestras de algas que no son de la especie Hiziki.



Fig. 9. Presencia de **arsénico inorgánico** en algas y plantas halófitas

Si no tenemos en cuenta los dos resultados de muestras correspondientes a la especie Hiziki, resultarían unos valores de **media** de **0,09 mg/ kg** y un **P 95** de **0,30 mg/ kg**.

De hecho, en el informe de EFSA (2014) sobre exposición dietética al Arsénico inorgánico, **las muestras de Hiziki fueron excluidas de la evaluación de exposición**, ya que solo se informa una ocasión de su consumo en la Base de datos integral de consumo de alimentos de la EFSA.

Sin embargo, este informe indica que los **valores medios máximos** estimados de arsénico inorgánico se encontraron en las algas **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)** con 352,6 µg / kg.

Llevamos a cabo una **evaluación del riesgo**, basándonos en la Opinión científica (2009) sobre arsénico en alimentos. EFSA concluyó que sería apropiado identificar un rango de posibles exposiciones totales a la dieta de los estudios epidemiológicos claves (**BMDL01= 0,3- 8 µg/kg pc/ día**) y adoptó el enfoque del margen de exposición (MOE), entre los puntos de referencia identificados a partir de los datos humanos y la exposición dietética estimada al arsénico inorgánico

$$MOE = \frac{RP \ BMDL_{01}}{DE} > 1$$

Al determinar un rango para el BMDL01 que oscila de 0,3 a 8 µg/kg pc/ día, tenemos en cuenta **de forma conservadora**, el valor más pequeño de (0,3 µg/kg pc/ día).

Utilizamos, de nuevo, el concepto de Dosis de exposición como **DE= (Conc. As) µg/ g x Xg/ kg peso corporal**, y hallamos el MOE para el valor que ha resultado **más elevado** del análisis estadístico (la media de **2,90 mg/ kg**).

Al respecto, tenemos en cuenta los **datos de consumo** de ENALIA 2 de **10,39 gr/día** de algas desecadas y el **peso corporal** en adultos de 70 kg, acorde a EFSA.



Para el **valor de la media** de **2,90 mg/ kg**, resultaría un **MOE** de **0,69**, menor de 1, por el que se tiene la consideración de **no descartar que resulte de preocupación para la salud**:

$$\frac{0,3 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}}{2,90 \mu\text{g}/\text{gx} 10,39\text{g}/70\text{kilos}} = 0,69$$

Si bien, este puede ser un caso poco realista porque estamos utilizando las cifras de ingesta de ENALIA de 10,39 gramos. Sin embargo, **si consideramos la ingesta media que EFSA estima recientemente en su estudio de 2019 de 5 gramos/ día**, el valor del **MOE sería 1,5** para este **valor de 2,90 mg/ kg**, por lo que la presencia de arsénico inorgánico en algas **no supondría motivo de preocupación para la salud**.

$$\frac{0,3 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}}{2,90 \mu\text{g}/\text{gx} 5\text{g}/70\text{kilos}} = 1,5$$

Si se excluyen las dos muestras de alga Hiziki, aun utilizando el valor P 95 de 0,30 mg/ kg, se aseguraría un **MOE por encima de 1**.

$$\frac{0,3 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}}{0,30 \mu\text{g}/\text{gx} 10,39\text{g}/70\text{kilos}} = 7,5$$

Por tanto, podemos concluir que sólo en el escenario más conservador, teniendo en cuenta la inclusión de la especie Hiziki, y con un **consumo de 10,39 gramos** –en lugar de los 5 gramos/ día de EFSA-, obtenemos un resultado desfavorable.

Análisis del contenido de mercurio (en mg/ kg) en algas y plantas halófitas

Mercurio

Es un elemento químico que forma parte de la composición natural de la corteza terrestre y se libera al medioambiente a través de procesos naturales o bien debido a la acción del hombre a través de numerosas actividades industriales.

El mercurio, una vez liberado, sufre una serie de transformaciones y se puede presentar de tres formas distintas: Mercurio metálico o elemental (Hg⁰), mercurio inorgánico (Hg⁺ y Hg⁺⁺) y mercurio orgánico, principalmente **metilmercurio**, siendo ésta su forma más tóxica.

Se han recopilado resultados de las 61 muestras.

Hay 26 muestras con un resultado por **debajo del límite de cuantificación (LC)**, (el **42,62 %** de las muestras), correspondiendo a todas las especies muestreadas salvo el Alga Arame (*Ecklonia bicyclis*) y el Hiziki (*Hizikia fusiforme*):



	Especie	nº muestras < LC	Porcentaje sobre el nº de muestras < LC (32)	Porcentaje sobre el nº de muestras total (61)
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	6	23,08	9,84
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	4	15,38	6,56
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	4	15,38	6,56
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	11,54	4,92
P. halófito	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	2	7,69	3,28
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	2	7,69	3,28
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	2	7,69	3,28
Alga	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	7,69	3,28
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	1	3,85	1,64
	TOTAL	26	100	42,62

Tabla 19. Distribución por especies de muestras con un contenido en **mercurio < LC**.

Los resultados < LC se consideran para los cálculos estadísticos como $\frac{1}{2}$ LC y se representa de esta forma en la gráfica. Estas muestras con resultados por debajo del LC proceden de los tres laboratorios que participan en el estudio, teniendo fijado el Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya el LC en 0,008 mg/ kg, y el Laboratori de Salut Pública Illes Balears, junto con el Laboratorio Arbitral Agroalimentario en 0,010 mg/kg tanto para algas deshidratadas o frescas.

Del **análisis estadístico** de los 61 datos analizados, resulta un valor medio de 0,013 mg/ kg y un P 95 de 0,037 mg/ kg, oscilando de 0,004 a 0,04 mg/ kg.

Las dos muestras con valores más elevados, por encima P 95 de 0,037 mg/ kg, corresponden al alga **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)** con 0,04 mg/ kg y la muestra con el valor P 95 de 0,037 mg/ kg corresponde al alga **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**.



	Especie	nº muestras con valores más elevados	Valor en mg/kg > P95	Valor en mg/kg = P95
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	2	0,04	
			0,04	
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	1		0,037

Tabla 20. Distribución por especies de muestras con un contenido en mercurio igual o mayor que el P95.

El análisis de **contenido medio por especie** de algas y plantas halófitas sería el siguiente:

	Tipo de alga o planta halófitas	Nº Mu	Media (mg/kg)
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	0,026
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	2	0,005
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	0,004
Alga	Espaguete de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	7	0,01
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	0,03
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	17	0,02
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	3	0,01
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3	0,01
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	11	0,01
Pl. halófitas	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	0,01
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	10	0,01
		61	

Tabla 21. Contenido de la media de mercurio para cada especie de algas y plantas halófitas.

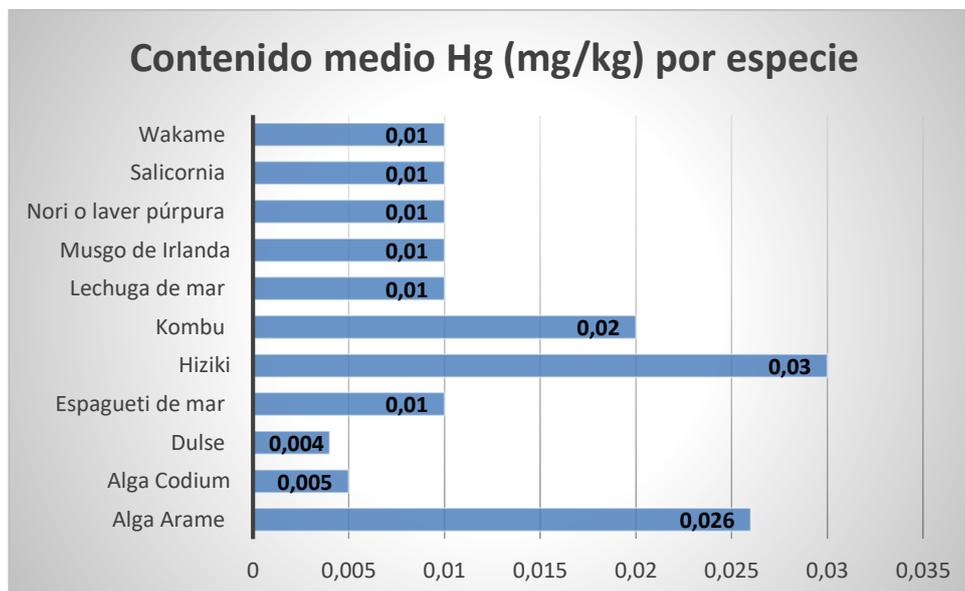


Fig. 10. Contenido de la media de **mercurio** para cada especie de algas y plantas halófitas

La **representación gráfica** por comunidades autónomas se muestra a continuación:

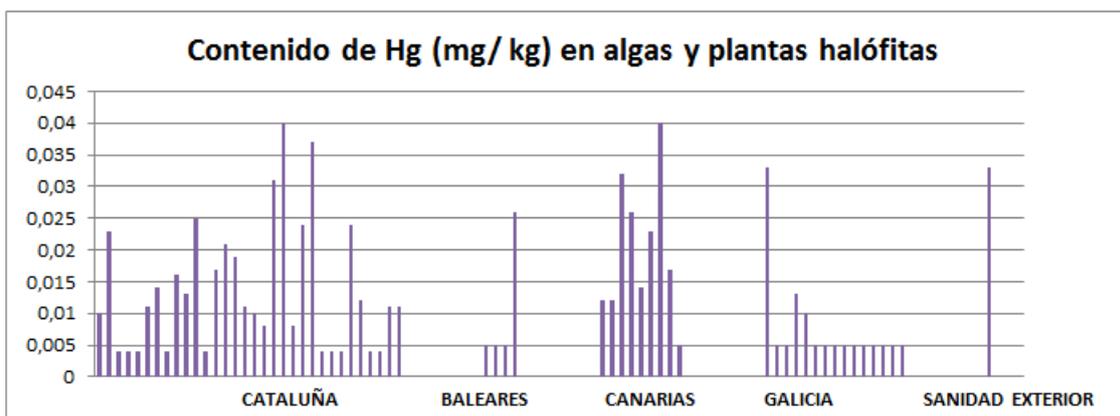


Fig. 11. Presencia de **mercurio** en algas y plantas halófitas

El Artículo 3 del [Reglamento \(CE\) N° 396/2005](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal, establece la definición del término “residuo de plaguicida” e incluye en la misma a las sustancias activas utilizadas en el pasado como productos fitosanitarios, es por ello que en el caso del **mercurio**, aunque en la actualidad no está autorizado para su uso como producto fitosanitario en la UE, sí lo estuvo en el pasado, y aunque el origen más probable de los residuos detectados sea la contaminación medioambiental, el marco legal a aplicar, según criterio de la Comisión Europea, es el correspondiente a los productos fitosanitarios y tiene un límite máximo de residuo (LMR) **fijado en 0,01* mg/ kg**.

De las 61 muestras tomadas, teniendo en cuenta la incertidumbre de la medición reportada por los laboratorios participantes en el estudio, **25 están por encima de este LMR** (el 40,9 % del total de muestras). A continuación, se desglosa **por especies** la distribución de estas muestras que exceden el LMR de 0,01* mg/kg. Es destacable que 14 de las 17 muestras de **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)** están **por encima** de este LMR, las **dos** muestras de **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**, y la única muestra de **Arame (*Ecklonia bicyclis*)**.

	Tipo de alga o planta halófitas	Nº Mu	Nº Mu Totales de cada especie
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	1
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	2
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	14	17
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	5	11



Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	3	10
------	---------------------------------------	---	----

Tabla 22. Distribución por especies de muestras con un contenido en mercurio > LMR (0,01* mg/kg).

También procedemos a su **Evaluación del riesgo**. Con este fin, tenemos en cuenta la [Opinión científica de EFSA \(2012\)](#) ⁽¹⁷⁾ sobre el riesgo en la salud pública relacionado con la presencia de mercurio y metilmercurio en alimentos. El Panel de Contaminantes de EFSA llegó a la conclusión que la ingesta semanal tolerable (**IST**) –o **TWI**- de mercurio inorgánico, expresado como mercurio, es de **4 µg/Kg** de peso corporal.

Considerando que el concepto de Dosis de exposición es $DE = (Conc. Cd) \mu g / g \times Xg / kg$ peso corporal, y que ésta debe ser como mínimo igual a la ingesta semanal tolerable (TWI), es decir, el resultado debe ser al menos 1 para que no se considere situación de preocupación, tal y como sigue:

$$\frac{HBGV}{DE} = \frac{TWI}{DE} = 1$$

Suponiendo:

- el **valor de la media** de 0,013 mg/ kg como concentración para el mercurio,
- los datos de consumo de ENALIA 2 descritos anteriormente de 10.39 gr/día, que **semanalmente** -con objeto de comparar con la TWI - serían de **72,73 g**.
- y, tal como se ha mencionado antes, **70 kg** de peso corporal.

Aplicando la fórmula anterior, resulta un cociente de **192,3** muy superior a 1 y por tanto **sin que se considere una situación de preocupación**.

$$\frac{4 \mu g / kg pc / día}{0,013 \mu g / g \times X (10,39 \times 7g) / 70kilos} = \frac{2,5}{0,013} > 1$$

Incluso si suponemos el valor del P 95 de 0,037 mg/ kg el resultado es **105,26**, igualmente muy superior a 1 por lo que **tampoco se podría considerar una situación de preocupación**:

$$\frac{4 \mu g / kg pc / día}{0,037 \mu g / g \times X 1,039} = \frac{4}{0,038} > 1$$

La concentración de **mercurio** descrito por EFSA en su artículo de revisión de 2019 indica unos contenidos similares, oscilando de 0,003 a 0,042µg/g, **considerando EFSA en su conclusión que supone una cantidad insignificante de contribución por medio de la ingesta de algas**.



Metilmercurio

El **metilmercurio** (CH₃Hg⁺) es el componente orgánico de mercurio más común en la cadena alimentaria. Asimismo, resulta la forma más tóxica y de mayor preocupación desde el punto de vista sanitario, al afectar al sistema nervioso central en desarrollo. Está clasificado como **posible carcinogénico** (IARC, 1993)

La determinación laboratorial del metilmercurio conlleva especial dificultad. Se cuenta sólo con 36 resultados, todos ellos **por debajo del límite de cuantificación**. El Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya ha realizado el análisis de metilmercurio para aquellas muestras con un resultado para el mercurio por encima del límite de cuantificación. El Laboratorio Arbitral Agroalimentario no ha llevado a cabo esta determinación porque en todas las muestras recibidas el contenido de Hg total era inferior al LC para el metilmercurio y, por tanto, no tenía sentido llevar a cabo el análisis. El Laboratori de Salut Pública Illes Balears no ha realizado el análisis de metilmercurio en las muestras porque ninguna de ellas superó el límite de cuantificación para mercurio. No obstante, se informó de este parámetro como inferior al límite de cuantificación, tal y como el laboratorio tiene descrito en su procedimiento.

Por tanto, el total de las 36 muestras tiene un resultado por **debajo del límite de cuantificación (LC)**, (el **100 %** de las muestras analizadas, y el **59,01%** del total de las muestras), correspondiendo a todas las especies muestreadas salvo el Alga Dulse (*Palmaria palmata*):

	Especie	nº muestras < LC	Porcentaje sobre el nº de muestras < LC (32)	Porcentaje sobre el nº de muestras total (61)
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	13	36,11	21,31
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	7	19,44	11,48
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	6	16,67	9,84
P. halófito	Lechuga de mar (<i>Ulva</i> sp.)	2	5,56	3,28
Alga	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	5,56	3,28
Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	5,56	3,28
Alga	Espaguete de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	1	2,78	1,64



Alga	Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	2,78	1,64
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	1	2,78	1,64
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	1	2,78	1,64
	TOTAL	36		

Tabla 23. Distribución por especies de muestras con un contenido en mercurio < LC.

Al ser el número de resultados <LC superior al 60% de las muestras analizadas (el 100%), se realizan dos estimaciones, dando lugar al:

- nivel bajo o “lower bound level” (LB) cuando los resultados <LC se sustituyen por $\frac{1}{2}$ LC
- nivel alto o “upper bound level” (UB) cuando los resultados <LC se sustituyen por el LC.

El Laboratorio de Salud Pública de la Generalitat de Catalunya tiene fijado el LC para el metilmercurio en 0,01 mg/ kg, y el Laboratori de Salut Pública Illes Balears en 0,010 mg/kg.

Del análisis estadístico de los 36 datos analizados, resulta un valor medio de **0,02 mg/ kg para el LB**, y un valor medio de **0,04 mg/ kg para el UB** no pudiéndose determinar el P95 por no disponer de suficientes muestras.

Al tener todas las muestras un resultado < LC, y por tanto, dependiente del valor fijado en cada laboratorio, no llevamos a cabo la separación por especies.

La representación gráfica por comunidades autónomas muestra a continuación el alcance del mismo, acorde a cada uno de los dos laboratorios que analizaron metilmercurio (en la gráfica se indica $\frac{1}{2}$ LC):

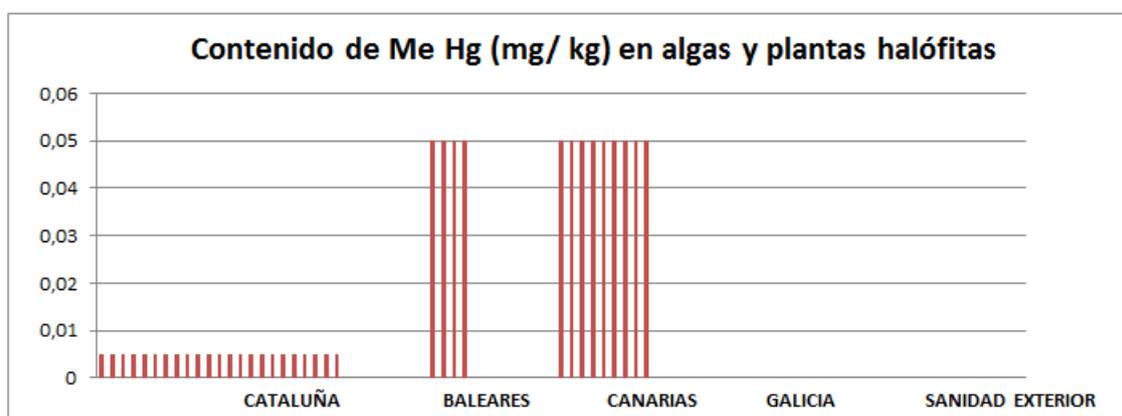


Fig. 12. Presencia de metilmercurio en algas y plantas halófitas



Ante la ausencia de Límite máximo legislado en estas matrices para el mercurio, procedemos a su **Evaluación del riesgo**.

Con este fin, tenemos en cuenta la Opinión científica de EFSA (2012) sobre el riesgo en la salud pública relacionado con la presencia de mercurio y metilmercurio en alimentos. El Panel de Contaminantes de EFSA llegó a la conclusión que la ingesta semanal tolerable **(IST) –o TWI-** de metilmercurio es de **1,3 µg/Kg** de peso corporal.

Considerando que el concepto de Dosis de exposición es $DE = (Conc. Cd) \mu g/g \times Xg/kg$ peso corporal, y que ésta debe ser como mínimo igual a la ingesta semanal tolerable (TWI), es decir, el resultado debe ser al menos 1 para que no se considere situación de preocupación, tal y como sigue:

$$\frac{HBGV}{DE} = \frac{TWI}{DE} = 1$$

Suponiendo:

- el **valor de la media (UL)** de 0,04 mg/ kg como concentración para el metilmercurio,
- los datos de consumo de ENALIA 2 descritos anteriormente de 10,39 gr/día, que **semanalmente** -con objeto de comparar con la TWI - serían de **72,73 g**.
- y, tal como se ha mencionado antes, **70 kg** de peso corporal.

Aplicando la fórmula anterior, incluso para el valor de la media correspondiente al UL, resulta un cociente de **62,5** significativamente mayor que 1 y por tanto **sin que se considere una situación de preocupación**.

$$\frac{1,3 \mu g / kg pc / día}{0,04 \mu g / gx X (10,39 \times 7g) / 70 kilos} = \frac{2,5}{0,04} > 1$$

EFSA en su artículo de revisión de 2019, indica que para las algas marinas hay pocos datos disponibles sobre la especiación de este elemento. Sin embargo, incluso considerando la cantidad total del mercurio presente como metilmercurio, **la contribución de una sola ración de algas marinas a la exposición total al mercurio sería insignificante**.

Análisis del contenido de Yodo (en mg/ kg) en algas y plantas halófitas

Yodo



El **yodo** es un elemento esencial para la síntesis de las hormonas tiroideas, responsables del desarrollo del sistema nervioso central, del crecimiento, de la regulación del metabolismo basal y, en general, del correcto funcionamiento del organismo.

En la **naturaleza** se encuentra en forma de yoduros y yodatos formando parte del suelo y de las rocas. Los procesos naturales de erosión del agua y del hielo y el lixiviado posterior de los terrenos han contribuido a que muchas regiones del planeta sean pobres en yodo y a que **la mayor concentración se encuentre en el agua del mar** y en los seres vivos que lo habitan.

Contenidos de yodo **elevados en la dieta** pueden contribuir a un exceso de yodo en el organismo que podría relacionarse con un aumento de patologías del tiroides.

Los 61 datos analizados para el estudio se encuentran por encima **del límite de cuantificación (LC)**.

Del **análisis estadístico** de los 61 datos analizados, resulta una **media de 1082,54 mg/ kg** y un **P 95 de 4428 mg/ kg**, oscilando de 1,144 a 5719 mg/ kg.

Contribuye a elevar la cuantía de estos valores el alga **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**, al tener un alto contenido en yodo. De las 17 muestras de esta especie, 3 superan el P 95, y la media de las 17 es de **3446,35 mg/ kg**,

	Especie	nº muestras con valor elevado	Valor en mg/kg > P 95
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	3	4810,02
			4815
			5719

Tabla 24. Distribución por especies de muestras con un contenido en **Yodo igual o mayor que el P95**.

Si no se tienen en cuenta las 17 muestras correspondientes a la especie **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**, la **media** de yodo en las 44 muestras restantes es de **193,60 mg/ kg**.

También sería destacable el contenido de yodo del **Alga Arame (*Ecklonia bicyclis*)**, pero sólo se cuenta con una muestra, con **2471 mg/ kg**.

El análisis de **contenido medio por especie** de algas y plantas halófitas sería el siguiente:

	Tipo de alga o planta halófitas	Nº Mu	Media (mg/kg)
Alga	Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	1	2471
Alga	Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	2	31,75
Alga	Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	3	137,47
Alga	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	7	568,14

Alga	Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	2	629,50
Alga	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	17	3446,35
Alga	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	3	64,77
Alga	Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	3	425,00
Alga	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia spp.</i>)	11	40,64
Pl. halófito	Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	2	3,09
Alga	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	10	175,43
		61	

Tabla 25. Contenido de la media de **yodo** para cada especie de algas y plantas halófitas.

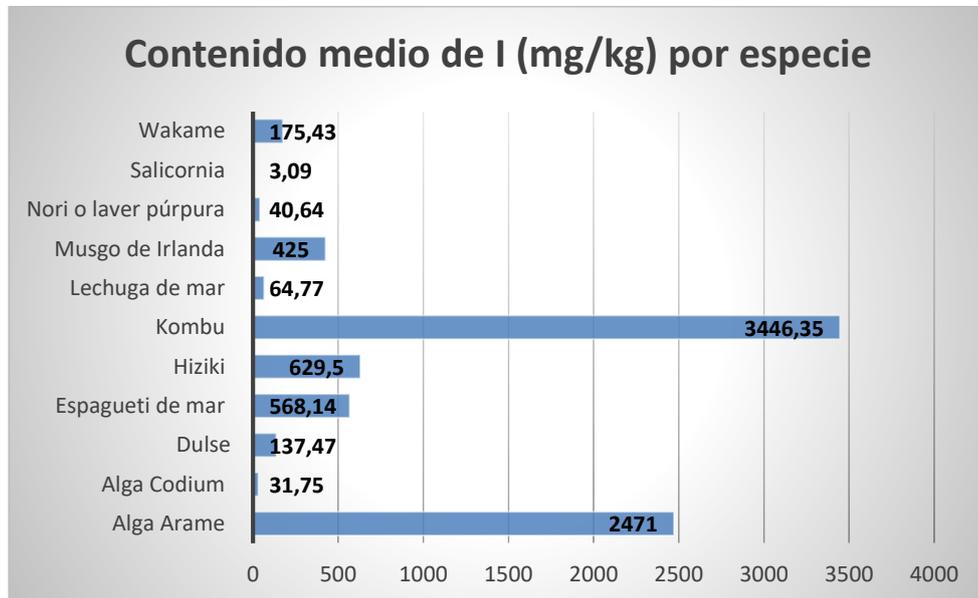


Fig. 13. Contenido de la media de **yodo** para cada especie de algas y plantas halófitas

La representación en la gráfica de su distribución por las comunidades autónomas que han intervenido en el muestreo, sería la siguiente:

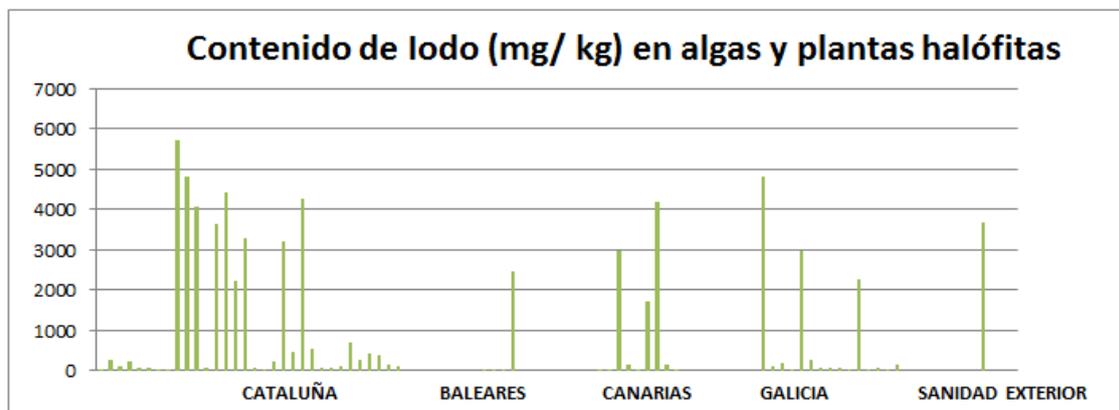


Fig. 14. Presencia de **yodo** en algas y plantas halófitas



Llevamos a cabo una **evaluación del riesgo**, basándonos en la **ingesta máxima diaria tolerable (UL) de 600 microgramos/día** en adultos fijada por el Comité Científico de la Alimentación Humana, y respecto de este valor referimos los cálculos de exposición para concluir si hay o no riesgo para la salud.

$$\frac{UL}{DE} > 1$$

Utilizamos, de nuevo, el concepto de Dosis de exposición como **DE= (Conc. As) $\mu\text{g}/\text{g}$ x Xg/kg peso corporal.**

Suponiendo:

- el **valor de la media** de 1082,54 mg/ kg como concentración para el yodo,
- los datos de consumo de ENALIA 2 descritos anteriormente de 10.39 gr/día.
- y, tal como se ha mencionado antes, **70 kg** de peso corporal.

Con este **valor medio** para el yodo, el cociente resultaría de 0,053, por tanto, bastante alejado de 1 y **no sería descartable que hubiera un motivo de preocupación para la salud.**

$$\frac{600 \mu\text{g}/\text{día}}{1082,54 \mu\text{g}/\text{gx} 10,39\text{g}}$$

Evidentemente, si tenemos en cuenta un escenario aún menos favorable, con el **valor P 95** de 4428 mg/ kg este cociente resulta 0,013, aún más alejado del valor de 1.

$$\frac{600 \mu\text{g}/\text{día}}{4428 \mu\text{g}/\text{gx} 10,39\text{g}}$$

Incluso para el **valor de la media** de **193,60 mg/ kg**, que **no** tiene en cuenta la especie con mayor contenido de yodo, Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*), y considerando la **ingesta media que EFSA** estima en su estudio de 2019 de **5 gramos/ día** más baja que la de ENALIA 2, el resultado de este cociente sería 0,62, **menor que 1**, y por tanto, **no sería descartable que hubiera un motivo de preocupación para la salud.**

$$\frac{600 \mu\text{g}/\text{día}}{193,60 \mu\text{g}/\text{gx} 5\text{g}}$$

EFSA, en su artículo de revisión de 2019, indica que el rango de presencia de yodo en las algas objeto a estudio oscila de **7,2 a 4.782 mg/ kg**, con unos valores de exposición de



86 a 18.677,2 microgramos/día, siendo el alga *Saccharina latissima* –dentro de las que forman parte del estudio- la que cuenta con los valores más elevados.

EFSA concluye en este artículo con que la ingesta de yodo por **una sola porción de algas podría exceder fácilmente el UL** para el yodo (600 microgramos/día para adultos y 200 microgramos/día para niños) para todas las especies de algas pardas que forman parte de su estudio, aunque, en general, una sola porción por semana de estas algas no supondría problema, excepto para **población sensible, como embarazadas, niños pequeños e individuos con problemas de tiroides.**

Asimismo, dispone que deben **seleccionarse especies con menor contenido de yodo y evitarse las especies ricas** en yodo debido a la falta de conocimiento sobre los efectos de exposición a largo plazo en el feto y niños pequeños.

También **Francia** ha analizado la situación que supone el **consumo de algas** en productos alimentarios, y su relación con un **riesgo derivado del exceso de la ingesta de yodo** ([ANSES, 2018](#) ⁽¹⁸⁾). En vista del riesgo no despreciable de exceder el límite superior de ingesta segura de yodo, esta Agencia **desaconseja el consumo** de algas y suplementos alimenticios a base de algas en ciertas **poblaciones en riesgo**, y recomienda que los consumidores regulares permanezcan alerta.

ANSES determina en su estudio que la ingesta media de yodo en la población adulta es de **148 µg/día**. La **exposición en España** que se concluye en el presente estudio de yodo en adultos a partir del consumo de algas, es de 11247,6 µg/día si tenemos en cuenta la concentración media, y de 46006,92 µg/día si se considera el valor P 95. Por tanto, se estima conveniente el determinar ciertas recomendaciones con objeto de proteger a la población.

A continuación se resume el contenido medio de **plomo, cadmio, arsénico, arsénico inorgánico, mercurio y yodo** para cada una de las especies que han formado parte del estudio:

	Plomo	Cadmio	Arsénico	Arsénico Inorgánico	Mercurio	Yodo
Alga Arame (<i>Ecklonia bicyclis</i>)	0,05	0,66	22,00	0,01	0,03	2471,00
Alga Codium (<i>Codium sp.</i>)	0,23	0,12	23,99	0,22	0,01	31,75
Dulce (<i>Palmaria palmata</i>)	0,69	0,14	8,95	0,21	0,00	137,47
Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	0,40	0,41	34,54	0,07	0,01	568,14
Hiziki (<i>Hizikia fusiforme</i>)	0,21	0,97	98,00	85,90	0,03	629,50
Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	0,27	0,47	58,66	0,08	0,02	3446,35
Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	0,58	0,09	4,49	0,17	0,01	64,77
Musgo de Irlanda (<i>Chondrus crispus</i>)	0,31	0,68	15,40	0,09	0,01	425,00



Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	0,20	2,01	20,63	0,09	0,01	40,64
Salicornia (<i>Salicornia europaea</i>)	0,17	0,30	0,10	0,01	0,01	3,09
Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	0,57	1,23	34,99	0,06	0,01	175,43

Tabla 26. Contenido medio en mg/ kg de cada contaminante/ elemento químico para cada especie de algas y plantas halófitas

6. CONCLUSIONES

El trabajo realizado en el presente Estudio Prospectivo sobre los resultados de las muestras tomadas y analizadas por los organismos participantes, y cuya recopilación de datos procede enviar a EFSA como cumplimiento de la Recomendación (UE) 2018/464, pone de manifiesto las conclusiones que se exponen a continuación:

- ✓ El análisis de incumplimientos para el **mercurio**, único contaminante con Límite máximo establecido para algas con base en el Reglamento (CE) 396/2005 de plaguicidas que fija en 0,01* mg/ kg el LMR, revela que un 40,9% de los resultados exceden numéricamente este límite, destacando un 82,3% de las muestras correspondientes a la especie **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**, y el 100% de las muestras de la especie **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**.
- ✓ Como resultado de las **evaluaciones de riesgo** efectuadas sobre el global de las muestras, considerando el valor correspondiente al **P 95** de concentración de cada contaminante, y teniendo en cuenta la ración de **10.39 gr/día gramos al día** recogida en los datos de consumo de ENALIA 2, **no supondría motivo de preocupación para la salud** la situación referida al caso del **cadmio, el mercurio, y el metilmercurio**.
- ✓ El resultado de la **evaluación de riesgo** con respecto al **plomo** sería de **riesgo muy bajo para salud**, tanto suponiendo el consumo *-más conservador y probablemente menos realista-* de 10,39 gr/ día, como el de 5 gr/ día *-considerado por EFSA, 2019-* (al resultar un MOE > que 1, **pero no llega a ser > 10**, que es cuando EFSA considera **riesgo no apreciable**). El plomo es un contaminante con múltiples fuentes, por lo que la población ya cuenta con valores de exposición base significativos, aunque el consumo de algas sea bajo.
- ✓ El resultado de la **evaluación de riesgo** para el **yodo** pone de manifiesto que no sería descartable que haya un **motivo de preocupación para la salud** (tanto suponiendo el consumo de 10,39 gr/ día, como el de 5 gr/ día). Los valores hallados son muy elevados en el alga **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**, pero incluso sin tener en cuenta esta especie, el valor medio del resto de especies dan lugar a un valor de exposición alto. El Comité Científico de la



AESAN en su informe de 2012 sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas, concluyó que sería aconsejable un **consumo moderado** de aquellas algas que presenten un alto contenido en yodo en la población adulta y **ocasional** en niños de corta edad y embarazadas con objeto de evitar riesgos de ingestas elevadas que pudieran tener efectos negativos sobre la función tiroidea, de especial repercusión en las etapas de crecimiento y desarrollo. Otros organismos internacionales, como ANSES, llegan a desaconsejar su consumo en estos sectores de la población.

ANSES determina en su estudio que la ingesta media de yodo en la población adulta es de **148 µg/día**. La **exposición en España** que se concluye en el presente estudio de yodo en adultos a partir del consumo de algas, es de 11247,6 µg/día si tenemos en cuenta la concentración media, y de 46006,92 µg/día si se considera el valor P 95. Por tanto, se estima conveniente valorar como medida de gestión del riesgo la emisión de ciertas recomendaciones con objeto de proteger a la población.

- ✓ En el resultado de la **evaluación de riesgo** sobre **arsénico inorgánico**, destaca el alto contenido encontrado en el alga **Hiziki (*Hizikia fusiforme*)**, no descartando la evaluación de riesgo que haya motivo de **preocupación para la salud** (considerando la ingesta de 10,39 gr/ día. Si tenemos en cuenta la ingesta de solo 5 gr/ día, no sería de preocupación para la salud). Si no se considerase esta especie en el consumo, el resultado **no supondría motivo de preocupación para la salud**. Al respecto, el Comité Científico de la AESAN en 2009 ya señaló en su **informe relativo a la posible presencia de arsénico en algas** que los contenidos de arsénico inorgánico de las muestras de *Hizikia fusiformis* analizadas excedían ampliamente los límites establecidos por la legislación en Francia, los EE UU, Australia y Nueva Zelanda.
Asimismo, la Food Safety Authority of Ireland (FSA) publicó [recomendaciones de consumo](#) ⁽¹⁹⁾ con objeto de que el productor haga constar en su etiquetado esta advertencia, e informar al consumidor.

Estas conclusiones deberán ser leídas conjuntamente con los resultados obtenidos a nivel de la UE como reacción a la Recomendación de vigilancia emitida por la Comisión Europea, y sobre la que se espera informe o en su caso, valoración por parte de las instituciones europeas.

No obstante lo anterior y en vista de los resultados obtenidos, de las conclusiones derivadas del estudio y de la revisión bibliográfica realizada al respecto, desde esta **Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN)** se considera necesario revisar las medidas de gestión del riesgo asociadas a la ingesta de algas, y en particular valorar la emisión de **recomendaciones de consumo** con la siguiente orientación:



- ✓ Se aconseja **moderar** la ingesta de algas por los elevados niveles de **yodo** que aportan en su composición, particularmente la especie **Kombu (*Laminaria japonica*, *Saccharina japonica*)**.
- ✓ Debido al alto contenido en yodo, se **desaconseja el consumo** de alimentos que contengan algas en personas con **disfunción tiroidea, enfermedad cardíaca o insuficiencia renal**, aquellos que toman medicamentos que contienen **yodo o litio**, así como mujeres **embarazadas o lactantes**.
- ✓ Ante la ausencia de datos suficientes para medir el riesgo en **niños** por el contenido en yodo de las algas, se recomienda **precaución en su consumo**. Además, aunque la cantidad de **plomo** aportada específicamente por las algas no es notable, los niños hasta 10 años de edad son el sector de la población con mayor exposición al plomo por su dieta habitual.
- ✓ Se **desaconseja** el consumo del alga Hiziki (*Hizikia fusiforme*) por los niveles elevados de arsénico inorgánico.

Por último, indicar que este estudio así como, en consecuencia, las conclusiones del mismo están referidas a la ingesta directa de algas como alimento. El consumo de complementos alimenticios a base de algas no ha sido considerado por encontrarse fuera del ámbito de aplicación de la Recomendación 2018/464 de la Comisión Europea. En este sentido, se recuerda la AESAN recomienda realizar un consumo responsable de los mismos, y el seguimiento de las indicaciones incluidas en su material divulgativo: *Decálogo para un consumo responsable de los complementos alimenticios*, disponible en la página Web.

7. REFERENCIAS

- (1) [Reglamento \(CE\) 1881/2006](#) de la Comisión por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- (2) [Reglamento \(CE\) 396/2005](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo Texto pertinente a efectos del EEE.
- (3) [SCF \(2002\)](#) Comité Científico de Alimentación. Dictamen del Comité Científico de los Alimentos sobre el nivel tolerable superior de ingesta de yodo. Commission of the European Communities. SCF/CS/NUT/UPPLEV/26Final.
- (4) [Recomendación \(UE\) 2018/464](#) relativa al control de metales y yodo en las algas marinas, las plantas halófilas y los productos a base de algas marina.



- (5) [AESAN 2009](#), Informe del Comité Científico de la AESAN relativo a la evaluación del riesgo asociado a la posible presencia de arsénico en algas destinadas al consumo humano.
- (6) [AESAN 2012](#), Informe del Comité Científico de la AESAN relativo a la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo.
- (7) [Reglamento \(CE\) 333/2007](#) DE LA COMISIÓN de 28 de marzo de 2007 por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control de los niveles de elementos traza y de los contaminantes de proceso en los productos alimenticios.
- (8) [The EFSA Comprehensive European Food Consumption Database](#)
- (9) [EFSA Journal 2012;10\(3\):2579](#). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). Orientación sobre valores por defecto seleccionados para ser utilizados por el Comité Científico de EFSA, Paneles Científicos y Unidades en ausencia de datos medidos reales.
- (10) [EFSA Journal 2010; 8\(3\):1557 \[96 pp.\]. doi: 10.2903/j.efsa.2010.1557](#). EFSA, 2010. Gestión de datos por debajo del Límite de Cuantificación en la evaluación de la exposición alimentaria de sustancias químicas.
- (11) [EFSA Journal 2010; 8\(4\):1570](#), Opinión científica sobre el plomo en los alimentos.
- (12) [EFSA EU-FORA SERIES 2 \(2019\)](#), Análisis y evaluación de riesgos de algas.
- (13) [EFSA Journal 2012;10\(7\):2831](#), Exposición al plomo en la población europea.
- (14) [EFSA Journal \(2009\) 980, 1-139](#). Cadmio en los alimentos. Opinión científica del Panel sobre contaminantes en la cadena alimentaria.
- (15) [EFSA Journal 2009; 7\(10\):1351](#). Opinión científica sobre el arsénico en los alimentos.
- (16) [EFSA Journal 2014;12\(3\):3597](#). Exposición alimentaria al arsénico inorgánico en la población europea.
- (17) [EFSA Journal 2012;10\(12\):2985](#). Opinión científica sobre el riesgo para la salud pública relacionado con la presencia de mercurio y metilmercurio en los alimentos
- (18) [ANSES, 2018](#). Opinión sobre el riesgo de consumo excesivo de yodo por el consumo de algas en alimentos.
- (19) [Food Safety Authority of Ireland \(FSA\)](#), Recomendaciones de consumo del alga Hiziki.



INDICE DE ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO	DEFINICIÓN
ENALIA y ENALIA2	Encuesta Nacional de Alimentación en la población infantil, jóvenes, adulta, mayores y embarazadas	Encuesta individual, que permite conocer con exactitud el tipo de alimentos y las cantidades que se consumen, lo que resulta esencial para valorar la ingesta de nutrientes y para la investigación científica sobre la exposición a otras sustancias químicas a través de los alimentos.
LB	Lower Bound (límite inferior)	Valores inferior y superior de un intervalo de datos recopilados para una determinada concentración de contaminante para una matriz concreta
UB	Upper Bound (límite superior)	
BMDL	Benchmark Dose Lower Confidence Limit	Aquella dosis de contaminante en la que el efecto tóxico es el más pequeño posible. Se utiliza para estimar un nivel diario de exposición oral para la población (incluyendo grupos sensibles) de cara a calcular el riesgo de presentar efectos nocivos por la exposición a un determinado contaminante de manera crónica o a lo largo de la vida del individuo.



BMDL10	Benchmark Dose Lower Confidence Limit (BMD10)	El límite de confianza inferior al 5% de la dosis diaria de contaminante que produce un incremento del 10 % en la aparición de un determinado efecto respecto a los controles, derivado del ajuste de un modelo matemático a los datos experimentales
BMDL01	Benchmark Dose Lower Confidence Limit (BMD01)	El límite de confianza inferior al 5% de la dosis diaria de contaminante que produce un incremento del 1% en la aparición de un determinado efecto respecto a los controles, derivado del ajuste de un modelo matemático a los datos experimentales.
MOE	Margen de exposición	Es la relación de su nivel de efecto adverso no observado a su dosis o concentración teórica, pronosticada o estimada de la ingesta humana. Se utiliza en la evaluación de riesgos para determinar la peligrosidad de sustancias que son genotóxicas y carcinógenas.
TWI	Ingesta semanal tolerable	Se refiere a la cantidad semanal de un producto químico que se ha evaluado como seguro para el ser humano a largo plazo



8. ANEXO I: RESULTADOS ANALÍTICOS.

Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
1.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	0,01	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,098	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,136	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	1,83	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	21,60	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Iodine	37,40	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
2.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	0,023	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,37	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	2,13	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	42,50	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	292,00	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
3.	Dulse (Palmaria palmata)	Cadmium (Cd)	0,147	ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Inorganic Arsenic	0,307	HPLC-ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Lead (Pb)	0,94	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Dulce (Palmaria palmata)	Arsenic (As)	9,50	ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Iodine	114,00	ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
4.	Dulce (Palmaria palmata)	Cadmium (Cd)	0,133	ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Inorganic Arsenic	0,294	HPLC-ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Lead (Pb)	0,94	ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Arsenic (As)	8,80	ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Iodine	249,00	ICP-MS
	Dulce (Palmaria palmata)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
5.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,158	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	1,95	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	33,90	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Iodine	70,00	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
6.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	0,011	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,35	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	2,26	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	31,30	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Iodine	80,00	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
7.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	0,014	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,094	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	0,137	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	12,30	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Iodine	14,20	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
8.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,116	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,237	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	3,43	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Iodine	13,90	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	15,00	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
9.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,016	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,141	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,194	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	52,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	5719,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
10.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,013	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,075	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,093	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	44,50	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	4815,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
11.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,025	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,319	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	49,70	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	4092,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	< LOQ ⁽⁴⁾	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
12.	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Cadmium (Cd)	0,058	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Inorganic Arsenic	0,137	HPLC-ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Lead (Pb)	0,30	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Arsenic (As)	2,39	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Iodine	62,00	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
13.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,017	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,024	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	1,69	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	121,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	3643,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
14.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,021	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,238	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,25	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,26	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	65,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	4428,00	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
15.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,019	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,032	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,18	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,301	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	26,40	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	2246,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
	16.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,011
Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)		Lead (Pb)	0,12	ICP-MS
Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)		Cadmium (Cd)	0,696	ICP-MS
Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)		Arsenic (As)	64,00	ICP-MS
Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)		Iodine	3288,00	ICP-MS
Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)		Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)		Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
17.	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Total mercury	0,01	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Lead (Pb)	0,083	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Cadmium (Cd)	0,46	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Arsenic (As)	37,70	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Iodine	79,00	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
18.	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Total mercury	0,008	ICP-MS
	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Cadmium (Cd)	0,139	ICP-MS
	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Lead (Pb)	0,63	ICP-MS
	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Arsenic (As)	3,60	ICP-MS
	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Iodine	54,00	ICP-MS
	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Lechuga de mar (<i>Ulva sp.</i>)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
19.	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Total mercury	0,031	ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Cadmium (Cd)	0,318	ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Lead (Pb)	1,86	ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Arsenic (As)	11,60	ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Iodine	216,00	ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
20.	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Total mercury	0,04	ICP-MS
	Kombu (<i>Laminaria japonica</i> , <i>Saccharina japonica</i>)	Cadmium (Cd)	0,121	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,136	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,38	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	52,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	3224,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
21.	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Total mercury	0,008	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Inorganic Arsenic	0,103	HPLC-ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Lead (Pb)	0,58	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Cadmium (Cd)	0,74	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Arsenic (As)	15,30	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Iodine	465,00	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
22.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,024	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,052	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,842	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	96,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	4273,00	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
23.	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Total mercury	0,037	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Lead (Pb)	0,28	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Cadmium (Cd)	0,88	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Inorganic Arsenic	73,4	HPLC-ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Arsenic (As)	85,00	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Iodine	558,00	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
24.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,045	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	0,137	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	2,60	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	8,30	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
25.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,042	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	0,134	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	2,32	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	8,40	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
26.	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Lead (Pb)	0,115	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Cadmium (Cd)	0,294	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Arsenic (As)	37,70	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Iodine	97,00	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
27.	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Total mercury	0,024	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Lead (Pb)	0,139	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Cadmium (Cd)	1,06	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Inorganic Arsenic	98,4	HPLC-ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Arsenic (As)	111,00	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Iodine	701,00	ICP-MS
	Hiziki (Hizikia fusiforme)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
28.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	0,012	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	0,177	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,42	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	39,60	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	288,00	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
29.	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Inorganic Arsenic	0,115	HPLC-ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Lead (Pb)	0,173	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Cadmium (Cd)	0,71	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Arsenic (As)	12,20	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Iodine	418,00	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
30.	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Lead (Pb)	0,188	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Cadmium (Cd)	0,587	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Arsenic (As)	18,70	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Iodine	392,00	ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Musgo de Irlanda (Chondrus crispus)	Total mercury	< LOQ ⁽³⁾	ICP-MS
31.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	0,011	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	0,583	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	1,32	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	35,90	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	149,00	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
32.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	0,011	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,207	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	0,56	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	35,80	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	113,00	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽²⁾	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Methylmercury	< LOQ ⁽¹⁾	AAS-AMA-254
	33.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	9,9
Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)		Inorganic Arsenic	0,12	HPLC-ICP-MS
Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)		Cadmium (Cd)	2,0	ICP-MS
Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)		Total mercury	0,012	ICP-MS
Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)		Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)		Lead (Pb)	0,29	ICP-MS
Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)		I-131	38,5	ICP-MS
34.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	10	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,082	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	2,0	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	0,012	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,26	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	I-131	38,6	ICP-MS
35.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	69	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,04	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	1,0	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,032	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,075	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	I-131	2974	ICP-MS
36.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	38	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	0,038	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	1,7	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	0,026	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,75	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	I-131	139,7	ICP-MS
37.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	22	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,058	HPLC-ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	2,1	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	0,014	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,12	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	I-131	23,6	ICP-MS
38.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	56	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,035	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,91	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,023	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,066	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	I-131	1717	ICP-MS
39.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	61	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,067	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,51	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,040	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,32	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	I-131	4197	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
40.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	32	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	0,042	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	2,7	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	0,017	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,74	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	I-131	138,6	ICP-MS
41.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	18	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,06	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	1,3	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,16	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	I-131	37,1	ICP-MS
42.	Alga Codium (Codium sp.)	Arsenic (As)	1,8	ICP-MS
	Alga Codium (Codium sp.)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS
	Alga Codium (Codium sp.)	Cadmium (Cd)	0,013	ICP-MS
	Alga Codium (Codium sp.)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	ICP-MS
	Alga Codium (Codium sp.)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Alga Codium (Codium sp.)	Lead (Pb)	0,048	ICP-MS
	Alga Codium (Codium sp.)	I-131	7,2	ICP-MS
43.	Salicornia (Salicornia europaea)	Arsenic (As)	0,021	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Cadmium (Cd)	0,055	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Lead (Pb)	0,036	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	I-131	0,56	ICP-MS
44.	Salicornia (Salicornia europaea)	Arsenic (As)	< LOQ ⁽⁷⁾	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Cadmium (Cd)	0,011	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	Lead (Pb)	< LOQ ⁽⁷⁾	ICP-MS
	Salicornia (Salicornia europaea)	I-131	0,11	ICP-MS
45.	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	Arsenic (As)	22	ICP-MS
	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS
	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	Cadmium (Cd)	0,66	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	Total mercury	0,026	ICP-MS
	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	Methylmercuric chloride	< LOQ ⁽⁵⁾	HPLC-ICP-MS
	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	Lead (Pb)	0,048	ICP-MS
	Alga Arame (Ecklonia bicyclis)	I-131	2471	ICP-MS
46.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	52,66	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,372	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,615	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	3687	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,033	AMA- AAS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,118	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,118	HPLC-ICP-MS
47.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	53,16	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,105	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,329	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	4810,0	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,033	AMA- AAS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,053	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	0,053	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Arsenic (As)	39,56	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
48.	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Cadmium (Cd)	0,612	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Lead (Pb)	1,634	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Iodine	134,5	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,059	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic	0,059	HPLC-ICP-MS
49.	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Arsenic (As)	33,85	ICP-MS
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Cadmium (Cd)	0,594	ICP-MS
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Lead (Pb)	0,346	ICP-MS
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Iodine	191,5	ICP-MS
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,034	HPLC-ICP-MS
	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁸⁾	HPLC-ICP-MS
50.	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	Arsenic (As)	19,27	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	Cadmium (Cd)	2,958	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	Lead (Pb)	0,119	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	Iodine	16,1	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	Total mercury	0,013	AMA- AAS
	Nori o laver púrpura (<i>Porphyra</i> y <i>Pyropia</i> spp.)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,054	HPLC-ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,054	HPLC-ICP-MS
51.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	67,44	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,308	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,045	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	2994,2	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	0,010	AMA- AAS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,043	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁸⁾	HPLC-ICP-MS
52.	Wakame (Undaria pinnatifida)	Arsenic (As)	2,82	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Cadmium (Cd)	0,073	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Lead (Pb)	0,042	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Iodine	18,0	ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,009	HPLC-ICP-MS
	Wakame (Undaria pinnatifida)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS
53.	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Arsenic (As)	33,62	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Cadmium (Cd)	2,161	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Lead (Pb)	0,402	ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Iodine	77,6	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,098	HPLC-ICP-MS
	Nori o laver púrpura (Porphyra y Pyropia spp.)	Inorganic Arsenic	0,098	HPLC-ICP-MS
54.	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Arsenic (As)	7,47	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Cadmium (Cd)	0,059	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Lead (Pb)	0,811	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Iodine	78,3	ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,337	HPLC-ICP-MS
	Lechuga de mar (Ulva sp.)	Inorganic Arsenic	0,337	HPLC-ICP-MS
55.	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Arsenic (As)	37,65	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Cadmium (Cd)	0,284	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Lead (Pb)	0,103	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Iodine	82,1	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,083	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Inorganic Arsenic	0,083	HPLC-ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Arsenic (As)	8,56	ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Cadmium (Cd)	0,127	ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
56.	Dulse (Palmaria palmata)	Lead (Pb)	0,200	ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Iodine	49,4	ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Dulse (Palmaria palmata)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,025	HPLC-ICP-MS
	Dulse (Palmaria palmata)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁸⁾	HPLC-ICP-MS
57.	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Arsenic (As)	5,38	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Cadmium (Cd)	0,012	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Lead (Pb)	0,012	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Iodine	219	ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,001	HPLC-ICP-MS
	Kombu (Laminaria japonica, Saccharina japonica)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS
58.	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Arsenic (As)	1,90	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Cadmium (Cd)	0,023	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Lead (Pb)	0,027	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Iodine	1,28	ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,007	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (Himanthalia elongata)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
59.	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Arsenic (As)	38,98	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Cadmium (Cd)	0,298	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Lead (Pb)	0,080	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Iodine	76,8	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,071	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic	0,071	HPLC-ICP-MS
60.	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Arsenic (As)	2,35	ICP-MS
	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Cadmium (Cd)	0,010	ICP-MS
	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Lead (Pb)	0,009	ICP-MS
	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Iodine	1,04	ICP-MS
	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS
	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,028	HPLC-ICP-MS
	Alga <i>Codium</i> (<i>Codium</i> sp.)	Inorganic Arsenic	<0,050	HPLC-ICP-MS
61.	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Arsenic (As)	2,95	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Cadmium (Cd)	0,072	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Lead (Pb)	0,048	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Iodine	17,25	ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Total mercury	< LOQ ⁽⁶⁾	AMA- AAS



Nº de muestra	Denominación de la muestra	Parámetro	Resultado (mg/Kg)	Método (*)
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic (quantified)	0,006	HPLC-ICP-MS
	Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	Inorganic Arsenic	< LOQ ⁽⁷⁾	HPLC-ICP-MS

(*) ICP-MS: Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente

HPLC-ICP-MS: Cromatografía de Líquidos Acoplada a ICP-MS

AMA-AAS: Análisis de mercurio por espectroscopía de absorción atómica con amalgamación

(**)LOQ: Limit of quantification.

(1)LOQ	0,01 mg/Kg
(2)LOQ	0, 1 mg/Kg
(3)LOQ	0,008 mg/Kg
(4)LOQ	0,095 mg/Kg
(5)LOQ	0,10 mg/kg
(6)LOQ	0,010 mg/Kg
(7)LOQ	0,020 mg/Kg
(8)LOQ	0,050 mg/Kg